



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Geoscienze  
Direttore Prof. Cristina Stefani

TESI DI LAUREA MAGISTRALE IN  
GEOLOGIA E GEOLOGIA TECNICA

**ANALISI GEOMORFOLOGICA DEL SOTTOSUOLO  
DEL TRATTO TERMINALE DELLE VALLI  
CHIAMPO-AGNO, ALPONE E TRAMIGNA  
(MONTI LESSINI ORIENTALI)**

GEOMORPHOLOGICAL ANALYSIS AND CHARACTERIZATION OF  
STRATIGRAPHIC SEQUENCE OF THE TERMINAL SECTION OF THE VALLEYS  
CHIAMPO-AGNO, ALPONE AND TRAMIGNA  
(EASTERN LESSINIAN MASSIF, NORTHERN ITALY).

*Relatore: Dr. Alessandro Fontana*  
*Correlatore: Dr. Paolo Mozzi*

*Laureando: Alberto Sambugaro*

ANNO ACCADEMICO 2013 / 2014



## Sommario

<b>ABSTRACT .....</b>	<b>3</b>
<b>1.INTRODUZIONE.....</b>	<b>5</b>
<b>2.INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO .....</b>	<b>7</b>
2.1.Evoluzione prequaternaria .....	10
2.2.Evoluzione quaternaria .....	28
<b>3.AREE DI STUDIO .....</b>	<b>39</b>
3.1.Val Tramigna .....	45
3.2.Val d'Alpone .....	48
3.3.Val di Chiampo e Agno-Guà .....	54
3.4.Suoli .....	60
<b>4.METODI .....</b>	<b>65</b>
4.1.Telerilevamento .....	67
4.2.Microrilievo topografico .....	67
4.3.Sondaggi geognostici.....	69
DESCRIZIONE STRATIGRAFICA E SEDIMENTOLOGICA .....	71
4.4.Rilevamento su terreno .....	74
4.5.Datazione al radiocarbonio .....	75
<b>5.ANALISI DEL MICRORILIEVO E TELERILEVAMENTO .....</b>	<b>79</b>
5.1.Modello digitale del terreno (DTM) .....	79
5.2.Analisi delle variabili topografiche .....	77
5.3.Fotointerpretazione .....	83
<b>6.DESCRIZIONE CAROTAGGI STRATIGRAFICI.....</b>	<b>85</b>
6.1.Val Tramigna .....	85
6.1.1.Carotaggio VTR 1.....	87
6.1.2.Carotaggio VTR 2.....	89
6.1.3.Carotaggio VTR 3.....	91
6.1.4.Carotaggio VTR 4.....	93
6.1.5.Carotaggio VTR 5.....	96
6.1.6.Carotaggio VTR 6.....	100
6.1.7.Carotaggio VTR 7.....	104
6.1.8.Carotaggio VTR 8.....	108
6.1.9.Carotaggio VTR 9.....	111
6.1.10.Interpretazione e correlazione geologica .....	115
6.2.Val d'Alpone .....	118

6.2.1. Carotaggio MTC 1 .....	120
6.2.2. Carotaggio MTC 2 .....	126
6.2.3. Carotaggio MTC 3 .....	133
6.2.4. Carotaggio MTC 4 .....	140
6.2.5. Carotaggio MTC 5 .....	148
6.2.6. Carotaggio MTC 6 .....	156
6.2.7. Carotaggio MTC 7 .....	164
6.2.8. Risultati della datazione al radiocarbonio .....	169
6.2.9. Interpretazione e correlazione geologica .....	170
6.3. Val di Chiampo e Agno .....	174
6.3.1. Carotaggio MTB 1 .....	176
6.3.2. Carotaggio MTB 2 .....	182
6.3.3. Carotaggio MTB 3 .....	187
6.3.4. Carotaggio MTB 4 .....	192
6.3.5. Carotaggio MTB 5 .....	198
6.3.6. Carotaggio MTB 6 .....	203
6.3.7. Carotaggio MTB 7 .....	208
6.3.8. Carotaggio MTB 8 .....	212
6.3.9. Carotaggio MTB 9 .....	216
6.3.10. Interpretazione e correlazione geologica .....	220
<b>7. CORRELAZIONE TRA LE VALLI DEI LESSINI ORIENTALI E LA PIANURA DELL'ADIGE .....</b>	<b>225</b>
<b>8. CONCLUSIONI .....</b>	<b>239</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>242</b>
<b>RINGRAZIAMENTI .....</b>	<b>248</b>
<b>ALLEGATI .....</b>	<b>249</b>
a. Carta geomorfologica semplificata della pianura tra Soave e Montebello Vicentino alla scala 1:50.000 .....	243
b. Correlazione tra i sondaggi di Montecchia di Crosara e di Montebello Vicentino .....	243



# ABSTRACT

This thesis deals with the evolution of the terminal section of the valleys Chiampo-Agno, Alpone and Tramigna belonging to the eastern Lessinian Massif, northern Italy. Particularly, geomorphological analysis and characterization of stratigraphic sequence were performed respectively using remote data, DTM and many cores made in the area in question. Indeed, the construction of detention basin, following the event of flooding fluvial in this area, necessitated the implementation of many cores to ensure the feasibility of the projects, which are description and the sampling in this work. Especially were made nine cores for the realization of the detention basin “San Lorenzo” in Soave (Tramigna valley), seven cores for the detention basin “Colombaretta” in Montecchia di Crosara (Alpone valley) and nine cores for the realization of detention basin in Montebello Vicentino (Chimpo-Agno valleys). Only a few of these, verily, make it useful to the target charge. In effect, the Tramigna valley’s cores are not use for the study of area’s evolution. During the study of the cores samples were taken to obtain absolute dates with the radiocarbon method. These samples were taken only in the MTC cores (Alpone valley), in particularly two in the MTC-S6 cores (23,50-23,52 m - 29,37-29,39 m) and one in the MTC-S3 cores (17,70-17,72 m) which were radiocarbon dated and gave respectively calibration age of 15.516-15.092 BC, 20.401-19.544 BC and 13.522-13.136 BC. The results were useful for tracking marker horizons which allowed correlations of paleosurfaces within the valleys and the plains investigated.

The data collected allowed to recognize the deposits belonging to the last glacial maximum (LGM) from to the more recent last glacial and Holocene deposit.

Furthermore, this study is equipped with a simplified geomorphological map of the plain between Montebello and Soave town that also considers the information of the micro-topography and soil characteristics. This product is thought to provide an effective integration of the first to study the subsurface. The work was carried out by collecting and analysing data that were thought to be a useful tool for the characterization of surface and subsurface geological units to the use of disciplines such as geotechnical and hydrology and serve in various aspects of civil protection.



# 1. INTRODUZIONE

Il recente evento alluvionale che ha interessato i territori più orientali della Provincia di Verona (comuni di Soave, San Bonifacio e Monteforte d'Alpone) nel periodo 31 Ottobre – 2 Novembre 2010, ha dimostrato come la situazione idrologica che interessa i fiumi Tramigna, Alpone, Chiampo e Agno-Guà si trovi in una situazione di alto rischio idrogeologico per la popolazione e la rete industriale ivi presente. La Regione Veneto, a seguito di quanto accaduto, ha individuato e permesso l'esecuzione di un articolato sistema d'invasi artificiali, allo scopo di poter contenere le singole piene del T. Chiampo (invaso di Montebello Vicentino), del T. Alpone (invaso di località Colombaretta), del T. Tramigna (invaso di San Lorenzo) e del T. Aldegà (invaso di San Vito), oltre alle miglorie da apportare al già noto bacino di laminazione a servizio del fiume Agno (invaso di Montebello Vicentino). L'esecuzione dei progetti definitivi dei suddetti invasi, ha visto la realizzazione di una serie di sondaggi geognostici del sottosuolo nei siti di realizzazione dei medesimi, allo scopo di assicurare la fattibilità dei progetti. Grazie alla collaborazione con la Direzione dell'Ufficio Difesa Suolo della Regione Veneto (dirigente Tiziano Pinato), in particolare alla notevole disponibilità del Geom. Roberto Piazza, è stato possibile accedere allo studio diretto dei carotaggi effettuati e studiarli in dettaglio poco dopo la loro realizzazione. Ciò ha consentito una caratterizzazione stratigrafica del sottosuolo che, per quanto possibile, fornisce importanti e nuovi dati sull'evoluzione tardopleistocenica – olocenica di questi territori, per i quali fino ad ora non esistevano studi approfonditi.

Nell'ambito di questo lavoro sono stati descritti e studiati i sondaggi prelevati per la realizzazione degli invasi di San Lorenzo (T. Tramigna presso Soave), Colombaretta (T. Alpone presso Montecchia di Crosara) e Montebello Vicentino (T. Chiampo e fiume Agno presso Montebello Vicentino). Solo alcuni di questi, in vero, si renderanno utili all'obiettivo preposto. Durante lo studio dei carotaggi sono stati prelevati campioni utili ai fini di ottenere datazioni assolute con il metodo del radiocarbonio.

Nella fasi iniziali della tesi si è voluto dare ampio spazio anche alla parte relativa all'inquadramento geologico e geomorfologico della zona. infatti si tratta di un'area che negli ultimi decenni non è stata molto investigata e, quindi, vi era la necessità di

fornire un inquadramento robusto. Questo è stato fatto allo scopo di capire quali erano le informazioni affidabili già disponibili sia nell'ambito di questo lavoro di tesi, sia nell'eventuale ottica da parte del gruppo di lavoro del Dipartimento di Geoscienze di ampliare nei fondovalle dei Lessini future aree di ricerca.

Le informazioni sono state raccolte nella prospettiva di ricostruire la stratigrafia dei settori indagati e riconoscere i depositi appartenenti all'ultimo massimo glaciale (LGM) rispetto a quelli più recenti tardoglaciali e olocenici. Inoltre, si sono cercati dei possibili orizzonti marker che consentano la correlazione di paleo-superfici all'interno delle valli investigate e nella pianura prospiciente.

Inoltre tale studio viene corredato con una carta geomorfologica semplificata della pianura tra Soave e Montebello Vicentino che consideri anche le informazioni del microrilievo topografico e dei caratteri pedologici. Questo prodotto si pensa possa fornire un efficace integrazione allo studio del primo sottosuolo. La cartografia è stata realizzata soprattutto con il supporto di tecniche indirette quali il telerilevamento e l'analisi del microrilievo.

Il lavoro è stato svolto raccogliendo e analizzando dati che si pensava potessero essere un utile mezzo di caratterizzazione delle unità geologiche superficiali e profonde a servizio di discipline applicative come la geotecnica e l'idrologia e servire a vari aspetti legati alla protezione civile. Difatti, una conoscenza per quanto poco generale della geologia del territorio diviene un indispensabile strumento determinate in molte decisioni connesse alla pianificazione, allo sviluppo e gestione del territorio; basti pensare alle implicazioni ambientali che esistono nella realizzazione di impianti di smaltimento dei rifiuti, bonifiche e piani di caratterizzazione, sino allo spargimento di fanghi e liquami per uso agronomico. Ci si auspica così di fornire dati interessanti e difficilmente acquisibili, se non con ingenti investimenti, che qui invece sono stati ottenuti con l'analisi di alcuni carotaggi geognostici, ottenuti grazie alla collaborazione con enti amministrativi come la Direzione Difesa del Suolo della Regione Veneto.

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

*“All'apice dell'ampio cuneo descritto dal versante meridionale delle Alpi centro-orientali verso Sud, si trovano i Monti Lessini, estremo promontorio prealpino della Pianura Padana” (Sauro, 1973).*

Con queste parole il prof. Ugo Sauro, grande conoscitore e studioso della Lessinia, incornicia geograficamente questo territorio (i Monti Lessini), intendendo per Lessinia *“un altopiano modellato in una digitazione di dorsali divergenti da nord, ramificatisi ed attenuatisi in un contatto dolce confinante con l'alta Pianura Veneta” (Sauro, 1973).*

Il nome monte “Lessini” è un toponimo riservato oggi giorno all'intero gruppo montuoso, situato alle spalle di Verona, e poi al sistema di altopiani, vali e dorsali convergenti verso Nord, compresi tra l'alta pianura vicentina, quella veronese e la bassa val d'Adige (Sauro, 2010).

Dal punto di vista geografico i Lessini appartengono alle Prealpi Venete o, secondo la nuova suddivisione orografica SOIUSA (Suddivisione orografica internazionale unificata del Sistema Alpino) e in ordine di gerarchia decrescente, delle Alpi Sudorientali, Prealpi Venete, Prealpi Vicentine. Invece il PTRC (Piano territoriale regionale di coordinamento) della regione Veneto [Regione del Veneto, 2009] distingue la Lessinia Veronese (Lessinia n. 13) dalla Lessinia Vicentina (Lessinia n. 14), indicando quest'ultima con il termine di “Prealpi Vicentine” e collocando il confine tra i due ambiti lungo la dorsale di Vestenanuova-Bolca. Da un punto di vista prettamente geologico infine i Lessini rientrano nelle Alpi Meridionali.

In termini perimetrali, il territorio della Lessinia è racchiuso nei confini della provincia di Verona a W-SW, in parte minore in quella di Vicenza ad E-SE e di Trento a N. È delimitato a Nord dalla valle dei Ronchi e dal gruppo del Carega, a Sud dal corso dell'Adige e dall'alta pianura veronese; ad Est dalla valle del Leogra, ed infine ad Ovest dalla Val Lagarina (fig. 2.1) (Pasa et al., 1960).



**Fig. 2.1:** immagini satellitari Landsat (Bing Map) raffigurante nel cerchio il promontorio dei Monti Lessini e nel riquadro in alto a destra il Nord Italia.

Così racchiuso, il gruppo prealpino dei Monti Lessini appare, ripreso da satellite, come una sorta di piano inclinato di forma trapezoidale con una base larga a sud (circa di 55 Km, lungo il tratto compreso tra lo sbocco della val d'Adige, nell'alta pianura, e le propaggini dei Lessini poco a nord-ovest di Vicenza) e stretta a nord (circa 25 Km fra Ala e Schio). Esso s'impone, in un'ottica geografica, come un elemento di separazione tra le Prealpi centro-occidentali o lombarde, in cui sono incastrati i grandi laghi vallivi e ove prevale un'idrografia trasversale alla catena (cioè diretta in senso meridiano), e le Prealpi orientali o veneto-friulane, che sono prive di grandi laghi e ove prevale un'idrografia longitudinale (cioè parallela alla catena) (Sauro, 2010).

I rilievi lessinei si compongono di una digitazione di dorsali disposte a ventaglio e separate da valli che digradano lentamente verso sud, sino a immergersi nella pianura. Procedendo da occidente verso oriente tra le valli più importanti si annoverano quelle di: Val di Fumane, Val di Marano, Val di Negrar, Valpantena, Val di Squaranto, Val di Mezzane, Val d'Illasi e le Valli d'Alpone, di Chiampo e dell'Agno.

Osservando con maggiore dettaglio nel settore meridionale del gruppo lessineo, alcune di queste valli, in particolare la bassa Valle di Fumane, la bassa Valpantena, la bassa Val d'Illasi, le basse valli del Chiampo e dell'Agno tendono ad allargarsi maggiormente, creando un fondo suborizzontale di origine alluvionale che si accorda, senza brusche rotture, con la pianura veneta antistante (Sauro, 2010).

Tra le molte valli menzionate merita un'attenzione particolare la Val d'Illasi che si impone come elemento di separazione tra i Lessini centro-occidentali e quelli orientali. Essa taglia completamente il gruppo lessieno, spingendosi fino all'interno del gruppo del Carega, ponendosi così come un profonda cicatrice nel mezzo dell'Altopiano. Tale valle permette in tal modo di distinguere due settori dei Lessini; settori già diversi sulla base di caratteristiche morfologiche e paesaggistiche. Di fatto i Lessini centro-occidentali e quelli orientali si mostrano differenti gli uni dagli altri, probabilmente per cause imputabili sia alle diverse litologie che li compongono sia per la differente evoluzione tettonica subita dai due settori.

Tornando ad un sommaria veduta dell'intero territorio, l'apparente dolcezza delle dorsali, i cui profili visti da lontano appaiono smussati e uniformi, contrasta con le sagome molto più ardite e imponenti dei gruppi montuosi che fanno da contorno. Le dorsali che a prima vista appaiono come stretti altopiani, sono in realtà sistemi articolati di dorsali minori e di vallecole per lo più asciutte organizzate in reticoli generalmente sospesi rispetto ai fondovalle principali.

Nell'insieme il rilievo spicca per i numerosi contrasti tra forme morbide e quelle spigolose, tra versanti arrotondati e privi di affioramenti rocciosi a pareti verticali, "contrastati che esprimono una straordinaria varietà di contesti e di nicchie paesaggistiche" (Sauro, 2010).

Di conseguenza, data la mutevolezza paesaggistica che caratterizza l'intero gruppo dei Lessini, nell'ambito di una trattazione scientifica è agevole distinguere da Nord a Sud diverse zone, in particolare:

- **Alti Lessini**, compresi tra la Valle dell'Adige e la Val d'Illasi, i quali si raccordano con le propaggini meridionali del Carega e sono delimitati a sud da una scarpata tettonica che è più netta nel settore occidentale. Essi si presentano come un sistema articolato di dorsali arrotondate dalle forme convesse e morbide;
- **Medi Lessini**, situati a sud della scarpata tettonica sopra menzionata, i quali presentano forme diversificate da Ovest a Est, dapprima con prevalenza di superfici tabulari e, via via che si procede verso Est, con un rilievo più articolato ed energico;
- **Lessini collinari**, i quali mostrano anch'essi significative variazioni per la presenza di dorsali più lineari a ovest e via via più ramificate verso est.

Le valli oggetto di questa tesi appartengono ai Lessini collinari e, da Ovest verso Est, esse sono la Val Tramigna, Val d'Alpone e la Val di Chiampo e Agno solcate dagli omonimi torrenti (fig. 2.2). Le suddette valli s'insinuano nel settore più orientale dell'intero altopiano lessineo, incidendo il rilievo fino alle pendici del massico del Carega e delle Piccole Dolomiti verso settentrione. Incastonate tra due grandi incisioni vallive, cioè quella della Val d'Illasi ad Ovest e della Val d'Agno-Guà ad Est, ultima insenatura all'interno del rilievo lessineo, queste valli si aprono a meridione verso la pianura antistante i rilievi che forma le propaggini più settentrionali dell'alta pianura veronese e vicentina.



**Fig. 2.2:** Rappresentazione dell'altopiano dei M. Lessini con evidenziate le valli oggetto di studio: 1) Val Tramigna, 2) Val d'Alpone, 3) Val di Chiampo, 4) Val d'Agno-Guà. Immagine da satellite Landsat (Bing Map).

## **2.1. Evoluzione prequaternaria**

Iniziando dall'assetto strutturale dell'area in esame, essa è nella sua espressione più recente il risultato dei raccorciamenti crostali avvenuti nell'ambito dell'orogenesi alpina. Si ricorda di fatto che i Lessini appartengono al gruppo delle Prealpi Venete (Alpi Sudorientali), e rappresentano un vero e proprio confine tettonico tra le Alpi Meridionali centro-occidentali e quelle orientali trovandosi, in effetti, proprio nel mezzo di queste (Viganò et al, 2008).

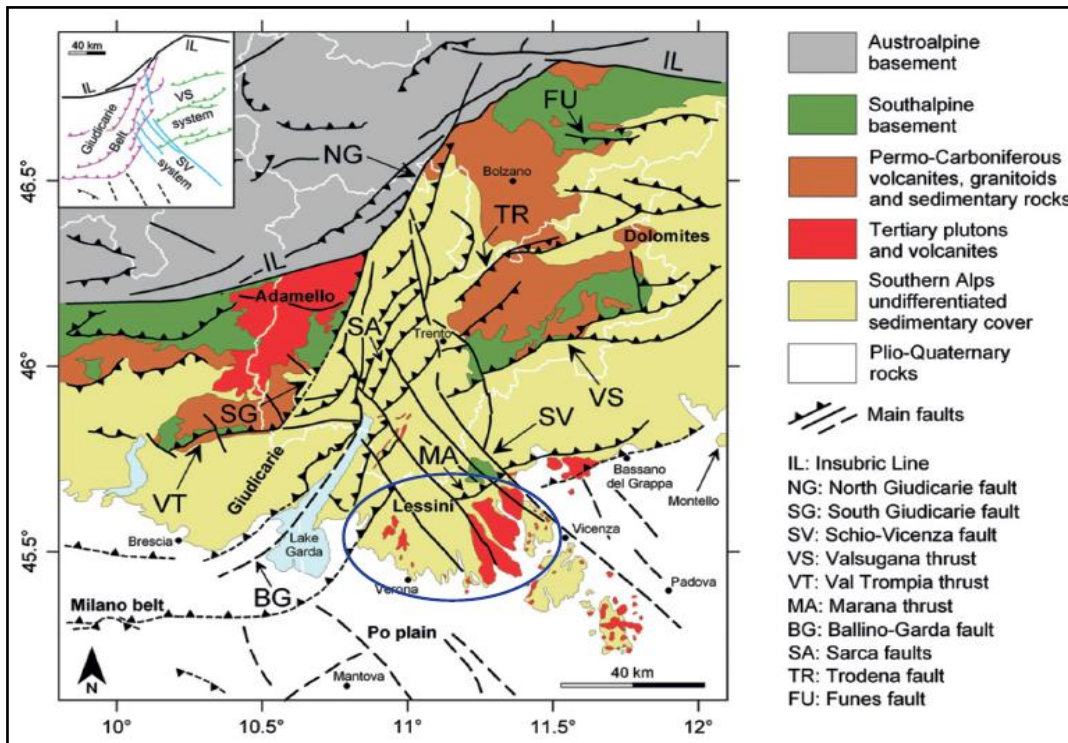
La storia di questo settore alpino conserva comunque i segni di un'iniziale fase di estensione avvenuta circa nel Giurassico medio (circa 180 Ma) quando l'inizio del formarsi di una crosta oceanica in mezzo a una vasta placca di crosta continentale,



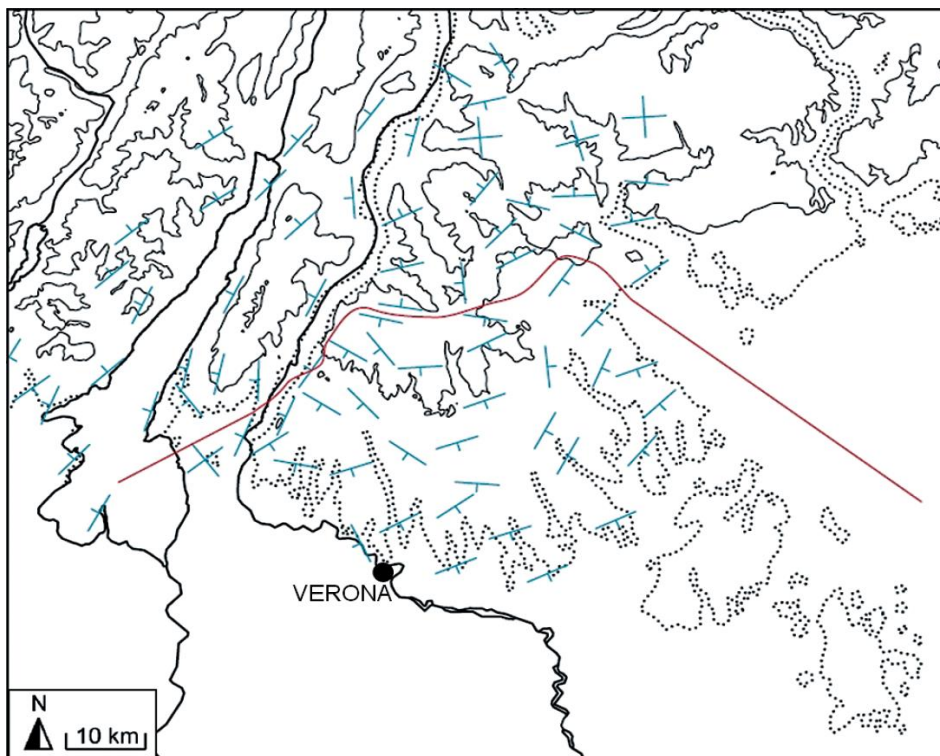
separò due zolle: una a Nord detta placca europea e una a Sud denominata placca adriatica. La massima estensione si ebbe al passaggio Giurassico-Cretaceo (150-120 Ma) quando il bacino oceanico intermedio venutosi a creare (oceano ligure-piemontese) raggiuse la sua massima ampiezza. Solo a partire dal Cretaceo medio-superiore questo movimento di allontanamento si invertì e le due placche continentali presero ad avvicinarsi, dando origine a falde di ricoprimento e fasi di metamorfismo che caratterizzò l'orogenesi alpina. Fin dal tardo Cretaceo le diverse fasi orogenetiche alpine, espresse dal continuo movimento della zolla adriatica verso Nord contro la placca europea, permisero la formazione della catena Sudalpina e l'innalzamento della catena alpina durante il Miocene. Le Alpi Meridionali (Sudalpino) corrispondono così al settore più avanzato verso Nord del Promontorio Africano o Adria. Esse sono una catena post collisionale alpina, costituita da nuclei ercinici in parte metamorfici e da una pila di depositi permo-terziari piegati variamente in più fasi dall'Eocene al Plio-Quaternario. Le Unità del Sudalpino sono separate rispetto le Unità Austroalpine dalla Linea Insubrica, un importante lineamento tettonico attivo fin dall'Oligocene (fig. 2.3) (Casati, 1997).

In seguito delle medesime fasi compressive, durante il Neogene e nel Quaternario, alcuni settori del Sudalpino via via più esterni, tra i quali i Moti Lessini, si sollevarono con formazioni di pieghe e di solchi sedimentari lungo il fronte degli stessi (Zanferrari et al, 1982). Si tratta di unità che risposero in modo rigido alla deformazione, la quale sottopose i rilievi sia a sollevamenti differenziali sia a movimenti di basculamento (Zanferrari et al, 1982).

A seguito delle suddette deformazioni, in prima approssimazione, I Monti Lessini sono rappresentati da un tavolato carbonatico caratterizzato da una monoclinale con pendenza degli strati da Nord a Sud (fig. 2.4), che attualmente si sviluppa con una inclinazione di circa 5° verso Sud, decrescendo da una massima elevazione settentrionale di 1800 m a un minimo di 40 m al limite meridionale del promontorio lessineo, prima della sua immersione sotto la copertura sedimentaria quaternaria dell'alta Pianura Veronese (Zampieri, 2000).



**Fig. 2.3:** Mappa semplificata della geologia e del contesto tettonico delle Prealpi Venete e Dolomiti trentine (modificata da Bigi et al., 1990; Castellarin et al., 2006 and Rogledi, 2010). Nel riquadro in alto a sinistra sono rappresentati i tre sistemi tettonici regionali: Valsuganese (VS); Giudicariense (G) e Scledense (Schio-Vicenza; SV). Nel cerchio di colore blu è racchiusa la regione dei M. Lessini.



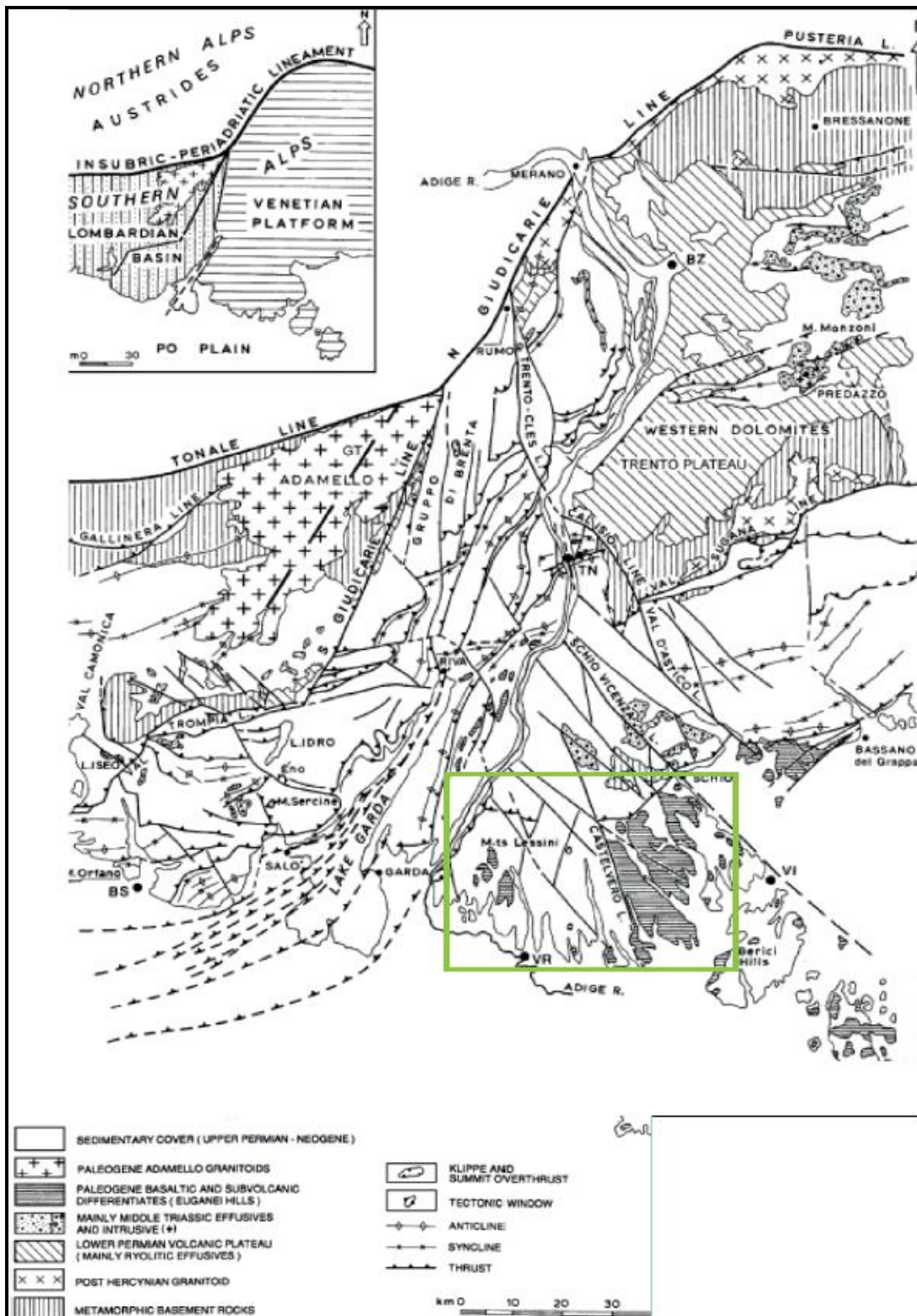
**Fig. 2.4:** Andamento delle giaciture della stratificazione delle rocce sedimentarie presenti nel Veneto occidentale - Trantino meridionale. La linea continua identifica il confine Nord dell'ambito caratterizzato dalla monoclinale lessinea rivolta verso la pianura (disegno di Scardia in Castellaccio & Zorzin, 2012).

Nel dettaglio la situazione è però più complessa. Infatti nel settore occidentale, comprendente il lago di Garda e la Valle Lagarina, lo stile tettonico è caratterizzato da pieghe e sovrascorrimenti con direzione prevalentemente NNE. In tal modo il tavolato che costituisce l'altopiano viene spezzettato in blocchi spesso allungati in senso Nord-Sud e inclinati, inoltre, verso Ovest. Tale motivo, conosciuto in letteratura come "giudicariense" (fig. 2.3), è interpretabile come un sistema di rampe impostate nei termini più competenti delle piattaforme del Triassico superiore-Giurassico inferiore (Dolomia Principale) e radicate entro un piano di scollamento principale costituito dalle unità carniche (Picotti et al, 1995).

Differentemente, il settore orientale si presenta scarsamente deformato con un assetto tabulare leggermente inarcato ed immergente verso S-SE. Gli elementi strutturali principali sono costituiti da numerose dislocazioni di tipo quasi esclusivamente disgiuntivo, caratterizzate da rigetti generalmente limitati. In tale settore, inoltre, le faglie sono raggruppabili secondo due orientazioni principali, rispettivamente NNW-SSE e NW-SE (fig. 2.5). Se la prima può essere riferita alla tettonica distensiva paleogenica (p.e. la Faglia di Castelvevo-Castelcerino [fig 2.5]; Zampieri, 1995), la seconda direzione è nota in letteratura come "scledense" (fig. 2.3) ed è riferita allo sviluppo del sistema strutturale Schio-Vicenza durante le fasi più recenti dell'orogenesi alpina (Cantelli e Castellarin, 1994).

Per quanto concerne il settore centro-occidentale del medesimo altopiano, lo stile tettonico qui presente si dimostra essere ben più complesso.

In generale si può dire che, fra le linee di dislocazione con orientamento giudicariense e scledense, si riconosce una parte intermedia centro-occidentale in cui gli elementi tettonici vengono a sovrapporsi ed intersecanti creando talora aree geologicamente assai complesse nelle quali risulta difficile la ricostruzione cronologica delle varie fasi tettoniche (Bosellini et al, 1967). Di fatto, l'interferenza dei due diversi pattern di dislocazione, cioè quello giudicariense e quello scledense, genera in una porzione di territorio limitata tra i paesi di Bosco Chiesanuova, Velo



**Fig. 2.5:** Mappa dei lineamenti strutturali del Sudalpino centro-orientale (modificata da Castellarin et al. 1992). In evidenza, nel rettangolo verde, il settore dei M. Lessini nella cui parte centrale sono evidenti le formazioni a rombo di cui al capitolo.

Veronese e Cerro Veronese, lo sviluppo di peculiari strutture a forma di rombo (lunghe circa 8 Km e ampie 6 Km) le quali sono enfatizzate dalla disposizione del drenaggio superficiale della valle di Squaranto (fig. 2.5) (Zampieri, 2000).

Tornando ad uno sguardo sommario sulla condizione tettonica dei Monti Lessini, si può inoltre evidenziare come, oltre alle dislocazioni per faglia, si aggiungono anche dislocazioni per piega, in un sommale rapporto di subordinazione rispetto alle dislocazioni per faglia.

Il loro orientamento grossomodo E-W ove presenti, cioè nella parte settentrionale, ricorda la direzione della “linea della Valsugana”, di carattere WSW-ENE mentre, nella porzione occidentale dei rilievi medesimi, esse mantengono una direzione giudicariense (fig 2.4) (Bosellini, 1967). Elemento rappresentativo di questa forma di dislocazione è l’estesa piega a ginocchio caratteristica di tutta la fascia pedemontana delle Prealpi Venete. Essa si espande al margine settentrionale dei rilievi, come probabile prosecuzione occidentale della flessura di Schio-Marostica. La flessura citata continua dai monti di Schio fino ai confini più occidentali dei Monti Lessini, dove è ancora osservabile con caratteri più o meno attenuati presso i panni elevati di Monte Belfiore e di Corno Mozzo (Bosellini, 1967). Qui, essa si manifesta come una scarpata tettonica che si impone come elemento morfotettonico di separazione fra gli Alti e i Medi Lessini, più netta nel settore occidentale dei medesimi rispetto al settore orientale (Sauro, 2010).

Trattando ora specificatamente all’area oggetto di studio di questa tesi, che ricordiamo essere esteso tra le valli del Tramigna, Alpone, Chiampo e Agno-Guà, gli elementi strutturali più significativi che lo attraversano sono esclusivamente di tipo lineare. Dei seguenti elementi lineari non si è svolta alcuna attività di rilievo in campagna; si è scelto di effettuare una ricerca bibliografica al fine di individuare, se presenti, gli elementi tettonici più significativi che interessano il medesimo settore. Di particolare interesse sono risultati i lavori di Panizza et alii (1981), Zanferrari et alii (1982) e Carton & Castaldini (1985) i quali hanno individuato, da ponente verso levante, i seguenti sistemi:

- Un sistema lineare di direzione circa N-S, morfologicamente caratterizzato dalla linearità della Val d’Illasi, sita circa nella porzione centro-orientale dei Monti Lessini, a confine W della val Tramigna (elemento n. 15 in fig. 2.6). Già citata precedentemente come elemento di separazione tra i Lessini centro-occidentali e

quelli orientali, essa presenta una lunghezza di circa 15 Km e si sovrappone prevalentemente a depositi alluvionali olocenici e, solo in alcuni tratti, attraversa calcari marnosi cretatici (Carton & Castaldini, 1985). Le verifiche, effettuate su territorio dagli autori, hanno constatato l'effettiva presenza di disturbi tettonici riferibili all'elemento stesso ma, come riferiscono i medesimi, né la morfologia né i depositi alluvionali olocenici indicano movimenti recenti. Quindi, se da un lato i dati sembrano testimoniare una sua attività almeno pre-olocenica, gli inconfutabili dati sismici raccolti da Panizza et alii (1981) lo fanno ritenere attivo in tempi recenti, soprattutto nel tratto a Nord di Tregnago.

- La ben nota Faglia di Castelvero (elemento n. 16 in fig. 2.6): faglia subverticale, diretta, con immersione tendente ad E e con direzione NNW-SSE, prossima cioè a quella scledense. Si estende da Montecchia di Crosara fino oltre Campofontana con andamento verticale a settentrione e fortemente immergente verso E a meridione (Bosellini et al,1967). Il rigetto è valutabile in alcune centinaia di metri con abbassamento relativo dei Lessini orientali rispetto a quelli centrali. Essa fu attiva dall'inizio del Terziario, favorendo l'accumulo di prodotti vulcanici paleogenici nel settore orientale. In letteratura, si ritiene che essa abbia rappresentato il limite strutturale W del graben Alpone-Agno.

Panizza et alii (1981) descrivono come il suo proseguimento verso S, probabilmente all'interno dell'alta pianura veronese, abbia potuto influenzare il percorso del F. Adige che mostra uno spostamento da una direzione tangente ai Lessini ad una N-S secondo l'allineamento S. Bonifacio-Legnago.

Zanferrari et alii (1982) la ritengono attiva durante tutto il Plio-Quaternario, tuttavia si ritiene che la sua attività possa essere limitata al Pleistocene inferiore.

- “fascia di deformazione” (elemento n. 17 in fig 2.6): si tratta di una probabile dislocazione al passaggio tra l'area montuosa dei Lessini e l'alta pianura veronese (De Zanche et alii, 1977), che avviene tramite una faglia (Faglia del F. Adige, secondo Baraldi et alii, 1980) o più presumibilmente tramite un sistema di faglie di natura ignota (flessura, struttura a graben o sinclinale fagliata, non è chiaro). Tale disturbo è stato dedotto da: la presenza nel sottosuolo dell'alta pianura veronese di masse calcaree chiaramente tettonizzate (Baraldi et alii,1980), il percorso anomalo del F. Adige tra Domegliara e San Bonifacio, e l'allineamento di acque termalizzate radioattive secondo quanto riportato da Carton & Castaldini (1985). A quanto



sembra, secondo Cassinis et al (1981), e Castellarin (1981), questo elemento corrisponde ad una faglia sub-verticale trascorrente sinistra a direzione NW-SE (orientamento scledense), che corre grossomodo lungo l'allineamento Verona-Sant'Ambrogio di Valpolicella-Castion Veronese. Qui le evidenze morfologiche ne suggeriscono una reale esistenza (Carton & Castaldini, 1985), diversamente ad E di Verona dove sono quasi assenti evidenze morfologiche utili ad accertare con sufficiente attendibilità la sua presenza nel sottosuolo. Tuttavia, in questo settore di pianura, è segnalata da autori come Panizza et al (1981), Zanferrari et al (1982), Carton & Castaldini (1985) che la ritengono estendersi fino a S. Bonifacio, interessando quindi porzioni dell'alta pianura veronese sulle quali si affacciano le valli considerati in questa tesi. Difatti alcuni rilevamenti hanno permesso di riconoscere segni che testimoniano l'attività tettonica nel Pleistocene medio del margine lessineo (Carton & Castaldini, 1985), e nell'Olocene (Baraldi et alii 1981, Panizza et alii, 1981), tali da garantirci comunque la sua reale esistenza.

Un altro lineamento strutturale di notevole importanza che per noi cade al confine orientale dell'area oggetto di studio è la ben nota Faglia di Schio-Vicenza, lineamento strutturale di notevole importanza che costituisce, per l'entità dei suoi rigetti e soprattutto per la sua estensione, uno fra gli elementi tettonici di maggior rilievo di tutta la regione veneto-trentina (Castellarin et al, 1968). La Faglia Schio-Vicenza (FSV) viene descritta come una faglia che, decorrendo dalla valle dell'Adige attraverso la Val Posina, giunge a Schio, continua poi verso Vicenza con direzione NW-SE, per arrivare probabilmente sino ai Colli Euganei e forse più a S dove risulta essere sepolta sotto le alluvioni della pianura. Con un'estensione di circa 100 km tra la Valle dell'Adige e il margine sudorientale dei Colli Euganei, la Faglia Schio-Vicenza ha agito come elemento cinematico trascorrente destro a partire dall'Oligocene-Miocene fino al Tortoniano medio-superiore, assumendo successivamente un carattere definitivo di trascorrente sinistra a partire dal Messiniano fino alle fasi deformative più recenti (Plio-Pleistocene e tuttora attive) (Cantelli, e al., 1994). La struttura gioca un ruolo fondamentale di svincolo tra le Alpi Meridionali orientali (blocco Veneto-Friulano), ancora attive nell'accrescimento tettonico, da quelle occidentali (blocco Lombardo) dove la strutturazione tettonica fondamentale si esaurisce con la fine del Miocene medio e con il Tortoniano (Cantelli et al., 1994).

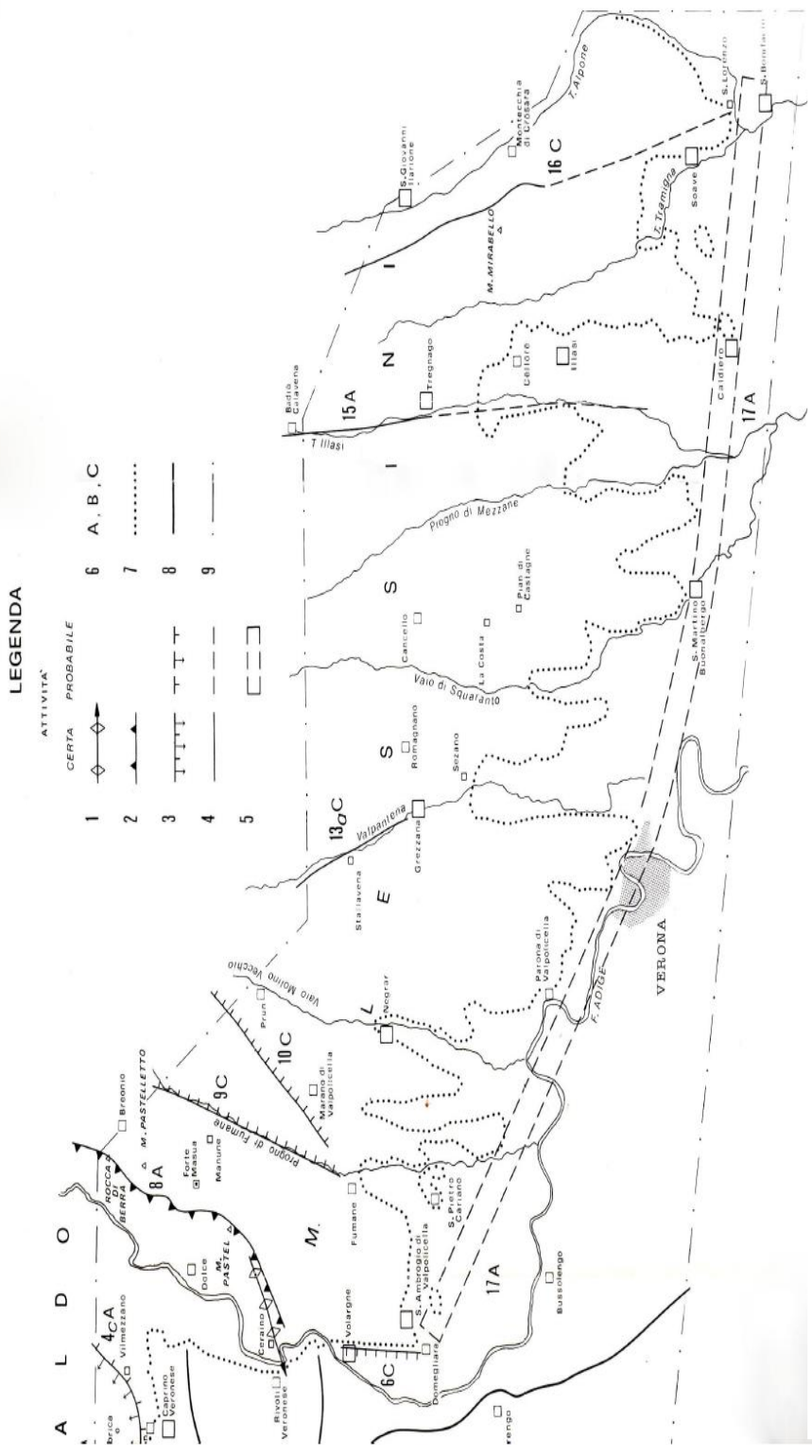


Fig. 2.6: Carta di sintesi degli elementi strutturali tettonici nel settore meridionale dei M. Lessini.

1) asse di anticlinale (freccia secondo l'immersione assiale); 2) faglia inversa con debole sovrascorrimento (triangolo verso la parte sovrascorsa); 3) faglia (tratti verso la zona ribassata, frecce secondo l'immersione); 4) fascia con caratteristiche non precisabili; 5) fascia di deformazione; 6) cronologia: A = Pliocene-Quaternario; B = Pliocene-Pleistocene superiore p.p.; C = Pliocene-Pleistocene inferiore; 7) limite dei rilievi montuosi; 8) limite anfiteatro morenici del L. di Garda e di Rivoli Veronesi; 9) limite area studiata (Carton & Castaldini, 1985).



Di notevole importanza è stato anche il ruolo che ha assunto nella formazione del graben Alpone-Agno rappresentando, in effetti, il confine più orientale di quest'ultimo e limitando od occidente di essa le manifestazioni vulcaniche che hanno caratterizzato non solo il graben Alpone-Agno ma anche l'intera attività vulcanica ladinica-terziaria della piattaforma veneto-trentina (Castellarin et al, 1968).

Per quanto concerne l'aspetto prettamente geologico delle valli oggetto di studio, essendo esse appartenenti al massiccio lessineo, è assolutamente imprescindibile approfondire il quadro evolutivo-geologico dei Monti Lessini nel quale s'inserisce la genesi e sviluppo delle medesime valli,

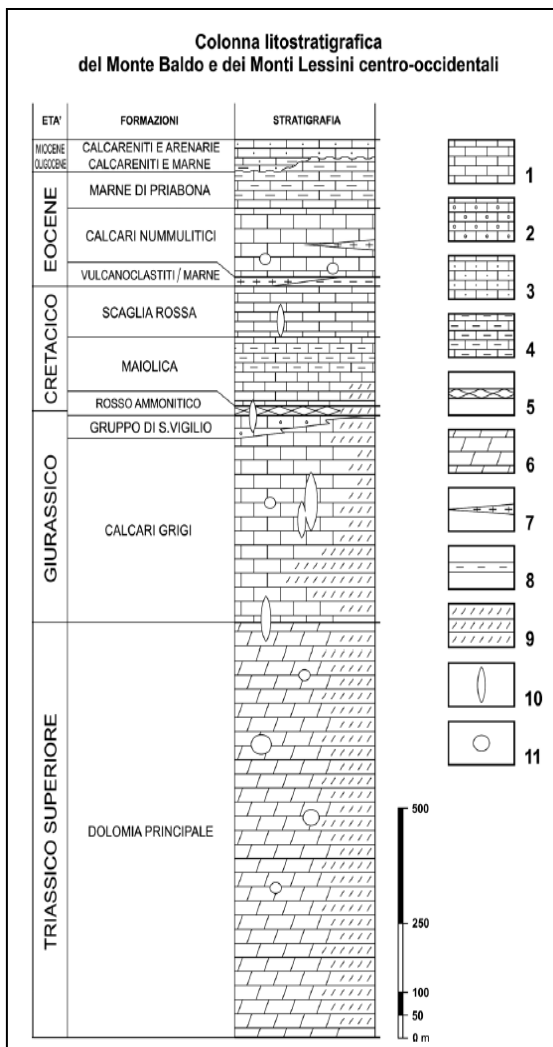
Come già accennato in precedenza, osservando da Sud verso Nord il rilievo dei Lessini, si nota con chiarezza il contrasto che esiste tra la massiccia e lineare catena del Monte Baldo e l'ampio e piatto tavolato collinare dei Monti Lessini. Questo tavolato monoclinale, con debole immersine verso sud, emerge blandamente dalla pianura fino a raggiungere quote poco superiori a 1800 m s.l.m. nel settore più settentrionale.

Da un punto di vista litologico, i rilievi dei Monti Lessini sono composti da rocce prevalentemente carbonatiche costituite da sedimenti di mare basso sovrapposti ad una struttura più antica nota come Piattaforma di Trento.

Di fatto la base rocciosa dei Lessini cominciò a formarsi circa 220 milioni di anni fa, cioè durante il Triassico superiore, quando il continente Pangea, cominciò a frantumarsi. Una spaccatura aperta sul lato orientale si allargò ospitando l'oceano Tetide, che si prolungava verso ovest nel più stretto Oceano Ligure. All'inizio del Giurassico, circa 200 milioni di anni fa, si verificò un'accelerazione del movimento di reciproco allontanamento delle masse continentali. La crosta oceanica si spezzò in blocchi allungati in senso N-S, affondando con velocità maggiori nei settori più occidentali e più orientali. Si andarono ad individuare, in questo modo, una dorsale sottomarina centrale, detta Piattaforma di Trento, e due bacini laterali più profondi detti Bacino Lombardo ad Ovest, e Bacino Bellunese ad Est (Castellani, 1972; Sauro & Zampieri, 2001; Sauro, 2007).

I Lessini corrispondono esattamente alla parte centrale della Piattaforma di Trento, la quale assunse nel corso del Giurassico i caratteri di un altopiano sottomarino inizialmente poco profondo, che digradava verso i bacini laterali con gradinate

costituite da un'alternanza di scarpate di faglia e di ripiani. Essa rappresentò una porzione rilevata rispetto ai bacini laterali fino al Giurassico medio, periodo successivo al quale iniziò ad affondare fino a sprofondare completamente. Venne così ad assumere nel Paleocene, le caratteristiche di un plateau pelagico interessato da depositi bacinali. Durante l'Orogenesi Alpina (Paleocene-Eocene) l'area fu sottoposta ad un regime di sforzi compressivo al quale rispose in modo rigido, frantumandosi in blocchi che in parte si sollevarono fino a trovarsi in condizione di mare poco profondo. Su questi blocchi si sovrainposero le piattaforme carbonatiche



**Fig. 2.7:** Colonna litostratigrafica del Monte Baldo e dei Monti Lessini.

Legenda: 1) Calcari, 2) Calcareniti oolitiche, 3) Arenarie, 4) Calcari marnosi, 5) Calcari nodulari, 6) Dolomie, 7) Epiclastiti basaltiche, 8) Marne, 9) Dolomie cristalline, 10) Cavita' carsica a prevalente sviluppo verticale (pozzi), 11) Cavita' carsica a prevalente sviluppo orizzontale (gallerie). Disegno S. Zannotti.

che diedero origine ad una vasta area sottomarina poco profonda, chiamata Lessini Schlef. (Bosellini, 1989; 2004).

Le fratturazioni che si creano nel Paleocene e nell'Eocene inferiore e medio, in seguito alle manifestazioni dell'orogenesi alpina, determinarono cicli vulcanici con emissioni di grandi quantità di lave basaltiche che proseguirono nell'Eocene superiore presso il distretto eruttivo euganeo, lasciando i Lessini in un periodo di quiete eruttiva. Le ampie e copiose eruzioni vulcaniche sono ben rappresentate nei Monti Lessini orientali, dove affiorano basalti e prodotti vulcanoclastici; solo in misura minore affiorano rocce di origine sedimentaria generalmente rappresentate da calcari di età compresa tra il Cretaceo e l'Eocene (Bosellini et al., 1967).

Nel tempo, le spinte compressive si andarono modificando e intensificando; si ebbe una cessazione

delle eruzioni vulcaniche e un sollevamento dei sedimenti marini al quale seguì un'iniziale erosione e di conseguenza una prima modellazione dell'altopiano lessineo.

Da quanto esposto, s'intuisce chiaramente che sono state proprio le modificazioni della morfologia dei fondali, insieme all'evoluzione delle diverse forme di vita, a determinare la successione degli ambienti e dei paesaggi marini che diedero origine alle formazioni geologiche principali dei Lessini, descritte qui di seguito in ordine cronologico (fig. 2.7):

- La successione stratigrafica dell'Altopiano della Lessinia è documentata a partire dalla Dolomia Principale, costituita da sedimenti che si deposero in modo costante e omogeneo per quasi tutto il Triassico superiore, tra 223 e 208 milioni di anni fa. Ciò avvenne su una bassa e piatta area costiera soggetta ad un lento e graduale sprofondamento in contemporanea a cicliche oscillazioni del livello marino, che permisero l'accumulo di strati per centinaia di metri di spessore (Barbieri, 1995).

La Dolomia Principale affiora nella fascia inferiore dei versanti della media e alta Val Lagarina, nelle scarpate settentrionali dei Lessini (versante destro della vale dei Ronchi) e nella val d'Illasi. La dolomia Principale costituisce inoltre gran parte del gruppo del Carega. (Sauro, 2010).

- Verso la fine del Triassico con l'apertura dell'oceano atlantico, fenomeni di distensione e assottigliamento e conseguente lacerazione della crosta terrestre, in gran parte del mediterraneo occidentale, portarono alla frammentazione della piattaforma triassica in blocchi (Antonelli 1990). Tutto il Vento sudoccidentale, tra il lago di Garda e la valle del Piave, durante il Giurassico inferiore si venne a trovare in posizione rilevata (Piattaforma di Treno) rispetto alle zone adiacenti che costituivano il Bacino Lombardo e quello Bellunese. Le dolomie triassiche vennero così ad essere ricoperte da strati di calcari più o meno puri, i Calcari Grigi, che si vennero a depositare tra 208 e 78 milioni di anni fa. Il limite inferiore della formazione è raramente raggiunto dalle incisioni vallive dei Lessini. Dove esso è visibile (alti valli del Chiampo e del Progno d'Illasi) il passaggio dalle dolomie triassiche ai Calcari Grigi avviene perlopiù insensibilmente. Anche il limite superiore non è nettamente definibile (Bosellini et al 1967).

Al gruppo dei Calcari Grigi appartengono diversi membri che nei Lessini sono rappresentati da:

- La Formazione del monte Zugna: è il membro inferiore nell'ambito del gruppo dei Calcari Grigi (Mietto et al 2000; Roghi, 2008) e risale a circa 200 milioni di anni fa, quando nell'area esistevano estese piane di marea.
- La Formazione di Rotzo: membro superiore nell'ambito del gruppo dei Calcari Grigi, (insieme all'Oolite di Massone che è espressione di un ambiente marino più aperto e che manca nei Lessini), depositata intorno a 190 milioni di anni fa.
- Tra il Giurassico Medio e il Cretaceo Inferiore la piattaforma di Trento, pur restando in posizione rilevata rispetto al Bacino Bellunese e a quello Lombardo, sprofondò lentamente fino ad una profondità stimata di oltre 1000 m, raggiunta circa 130 milioni di anni fa. Le mutate condizioni portarono alla sedimentazione di un nuovo tipo di sedimento (Barbieri 1995). Sono di questo periodo le formazioni del Gruppo di San Virgilio e il Rosso Ammonitico, potenti complessivamente 400 - 450 m che costituiscono l'ossatura principale delle dorsali lessinee formanti i versanti dei "vaj", strette e profonde valli incise intensamente, spesso con pareti verticali.

Appartengono al Gruppo di S. Virgilio la Formazione di Tenno e i calcari dell'Oolite di San Virgilio:

- La Formazione di Tenno: si trova la di sopra della formazione di Rotzo. È costituita principalmente da marne e calcari marnosi in strati nodulari a cui seguono sabbie oolitiche e a crinoidi. Questa formazione diminuisce di spessore procedendo da Ovest verso Est e dall'alta Valpantena, dove raggiunge i 20 metri, alla val d'Illasi, dove l'altezza è solo di poche metri.
- I calcari dell'Oolite di San Virgilio: si trovano sopra la Formazione di Tenno. Sono calcari oolitici, testimonianza di antiche "barre oolitiche". Anche questa formazione diminuisce da Ovest verso Est, sino a mancare completamente in alcuni settori della Lessinia orientale e meridionale.

Per quanto concerne la formazione del Rosso Ammonitico Veronese, essa è rappresentata da una serie rocciosa molto dura (un calcare micritico) ricca di fossili di ammoniti che si depose all'incirca fra 175 e 135 milioni di anni fa, per uno

spessore massimo di circa 30 metri . La colorazione tipicamente rossa si spiega con la presenza di ossido di ferro trivalente.

- Con la fine del Giurassico la piattaforma trentina ed il bacino bellunese persero la loro individualità andando a costituire un unico bacino nel quale da una sedimentazione rallentata si passò ad un incremento della precipitazione di fanghi di origine biochimica. Quindi, in un periodo compreso tra 146 e 90 milioni di anni fa, i Calcari del Biancone si deposero in un ambiente paleogenico al di sopra del Rosso Ammonitico (Barbieri 1995).

Il Biancone (riconosciuto anche con il nome di Maiolica), che prende tale appellativo per il suo colore bianco, ha uno spessore complessivo è di circa 150-200 metri. Nella parte alta il Biancone diventa più ricca di argille azzurrognole le quali segnano il passaggio con la formazione successiva detta Scaglia Variegata alpina.

- Tra gli 85 e i 55 milioni di anni fa, durante il Cretaceo Superiore e all'inizio del Terziario, fanghi calcareo-argillosi ricchi in microscopici gusci di foraminiferi planctonici si deposero su un fondo marino ben ossigenato dando origine alla formazione della Scaglia Variegata e della Scaglia Rossa. Costituite da strati di spessore decimetrico di limi carbonatici di colore rossastro dovuto alla presenza di ossidi di ferro, la serie di strati della Scaglia si chiude con un livello ricco di ossidi di ferro (hard ground, nel senso di "fondo indurito") forse derivante, come accaduto per il Rosso Ammonitico, da impatti meteorici (Sauro, 2010).

- Alla fine dell'eocene medio (circa 38 milioni di anni fa) a causa del protrarsi dei movimenti convergenti tra la placca africana e la placca europea, anche nella nostra regione il fondo marino iniziò a sollevarsi sino ad emergere in qualche punto. Le rocce terziarie, che prima dell'erosione pleistocenica dovevano ricoprire la scaglia rossa cretacea, vengono ora erose dagli agenti atmosferici, dando origine così ad una grande lacuna stratigrafica che si estende dal Cretaceo superiore al Pleistocene superiore (Barbieri 1995).

Nelle formazioni sedimentarie del settore centro-orientale dei Monti Lessini, depositatesi a piccola profondità in ambiente merino, sono intercalati orizzonti di rocce attestanti intensa attività vulcanica prevalentemente sottomarina, verificatasi nell'arco di tempo che va dal Paleocene Superiore all'Eocene Medio, periodo nel quale si inquadra la formazione del graben dell'Alpone-Agno in un regime tettonico distensivo (Barbieri et al., 1982).

Il graben dell'Alpone-Agno si presentava come una grande depressione allungata, delimitata ad Ovest dalla Faglia di Castelvero e dal lineamento Schio-Vicenza ad Est. All'interno del graben sono stati riconosciuti almeno sette cicli distinti in cui, a brevi episodi di attività vulcanica si sono alternati locali episodi di sedimentazione marina (calcarei marnosi e marne). L'accumulo di considerevoli volumi di materiali vulcanici (rocce basaltiche di colata, ialocalstiti, breccie extradiatremiche e rocce vulcano-clastiche) è andato lentamente a colmare il graben, permettendo la formazione di isole più o meno estese oltre a veri vulcani come il Monte Crocetta e il Monte Calvarina.

Come conseguenza dell'attività vulcanica, ci fu la circolazione all'interno delle rocce sedimentarie di acque calde ricche di ioni minerali tra cui il magnesio che provocò la dolomitizzazione di formazioni originariamente calcaree. Venne così a costituirsi la "dolomia indifferenziata", diffusa soprattutto nei Lessini orientali, che obliterò le differenze litologiche che caratterizzavano le formazioni geologiche originarie che ora risultano considerevolmente ridotte. Pertanto, i paesaggi della Lessinia centro orientale, tra le val d'Illasi e la val di Chiampo sono diversi da quelli più occidentali, nei quali l'influenza morfostrutturale dei vari tipi di roccia risulta più evidente (Sauro, 2010).

- Per tutto l'oligocene e per parte del miocene, in un lasso di tempo compreso tra i 35 e 20 milioni di anni fa, momenti di emersione si alternarono a periodi in cui il territorio ritornava a essere sommerso dalle acque.

Nel miocene una trasgressione riportò tutto il Veneto occidentale nel dominio marino: vennero a deporsi arenarie, calcari marnosi e biocalcareni nulliporiche.

Testimonianza del succedersi di questi eventi non sono comunque conservate sull'altopiano della Lessinia. Di fatto i sedimenti terziari furono asportati dall'erosione causata da susseguirsi di almeno cinque glaciazioni quaternarie, l'ultima delle quali terminò circa 15.000 anni fa. (Barbieri, 1995).

Solo durante gli ultimi due milioni di anni il territorio veneto raggiunse gradualmente la sua attuale fisionomia; il lento sollevamento orogenetico dell'area montuosa fu parzialmente bilanciato dai processi erosivi che lentamente intaccarono la pila di rocce sedimentarie fino a modellare l'altopiano nelle forme attuali. Si delineano così le grandi incisioni vallive che caratterizzano l'intero altopiano dei

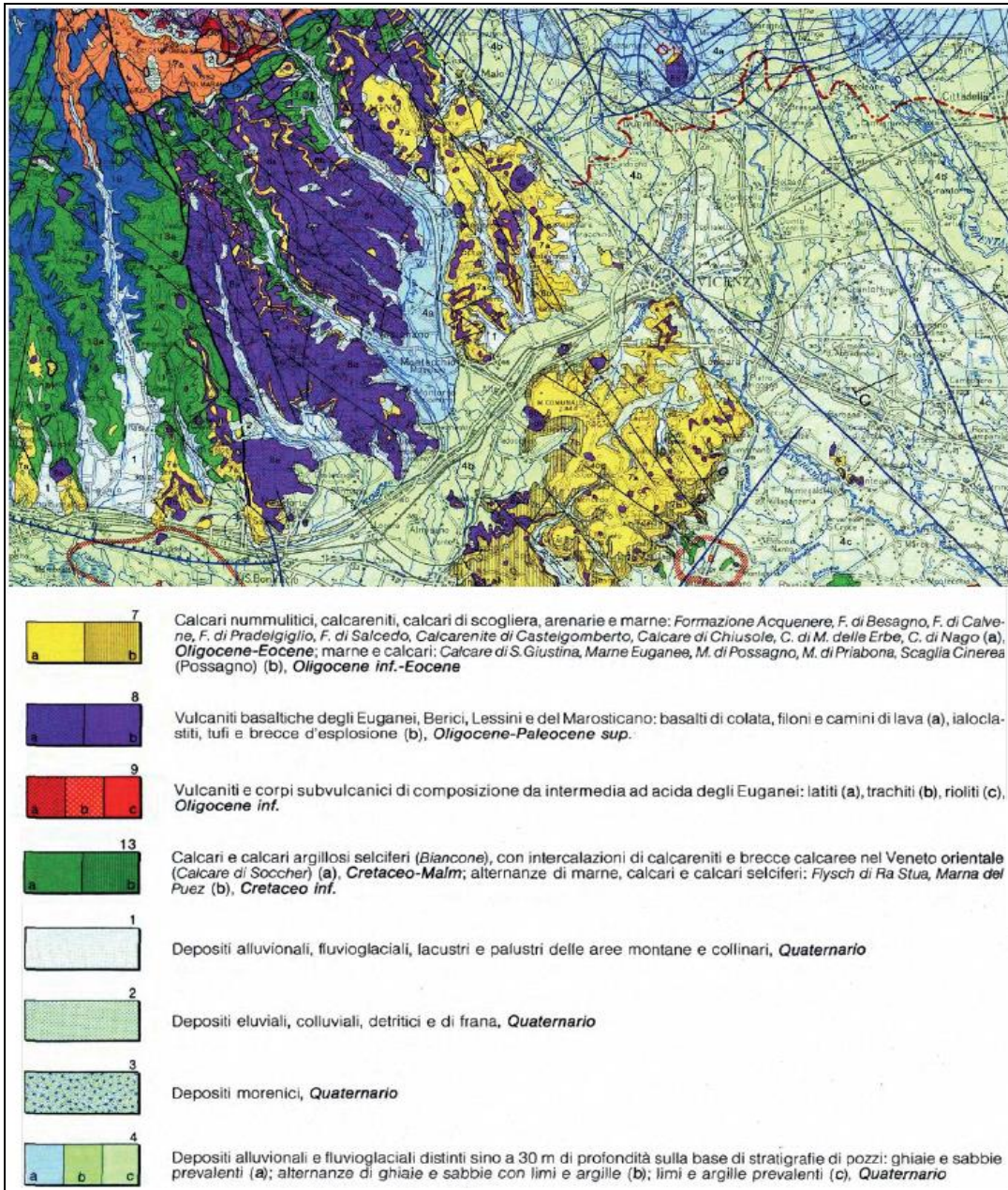
Lessini, alle quali appartengono anche le valli del Tramigna, Alpone, Chiampo-Agno sulle quali ora vogliamo focalizzare la nostra attenzione.

### **2.1.1. La geologia delle valli Tramigna, Alpone e Chiampo-Agno**

La geologia dell'area delle quattro valli è ovviamente inquadrata nella natura geologica dei Monti Lessini già discussa. Precisamente le valli insistono sul solo complesso geologico lessineo caratterizzato da rocce di natura carbonatica con elevata presenza di calcare, terrigena, con presenza di argille, e vulcanica con età compresa fra il Triassico inferiore e il Miocene medio (fig. 2.8). In questo grande periodo di genesi, si sono succedute anche importanti movimenti tettonici che, negli ultimi periodi geologici, hanno interessato la crosta terrestre di questa regione come già accennato in precedenza. Durante il sollevamento della “piastra” lessinea, infatti, si tracciarono importanti spaccature con disposizione N-S. (Carton et al, 1985). Queste fratture interrompono la continuità delle formazioni rocciose e fanno sì che formazioni più vecchie vengano a contatto con formazioni più recenti. Nel caso specifico delle tre valli, già descritta precedentemente è la Faglia di Castelvero. Tale faglia, insieme alla più nota Faglia di Schio-Vicenza posta ad Est in prossimità del perimetro dell'area oggetto di studio, ha delimitato nell'Eocene il graben Alpone-Agno. Quest'ultimo fu progressivamente riempito durante tutta la fine dell'Era terziaria (Oligocene) dalle potenti effusioni vulcaniche (discusse in precedenza nel medesimo capitolo) ben riconoscibili nella porzione più meridionale della Val d'Alpone e Chiampo-Agno le quali presentano analogia geologia; esemplari sono i basalti colonnari di S. Giovanni Ilarione dove sorgono tuttora importanti cave di basalto e tufi. Oltretutto nel territorio di S. Giovanni Ilarione e di Roncà, e parzialmente anche in quello di Montecchia di Crosara, affiorano in superficie rocce basaltiche. Esse sono testimonianza di antiche colate laviche e di resti di camini vulcanici dell'Eocene, spesso associate a una serie di rocce tufacee disposte in lenti (ialoclastiti e tufiti), derivanti dall'originaria deposizione del materiale piroclastico in bacini lacustri poco profondi e generalmente di modeste dimensioni.

Diversamente nei settori più settentrionali della val di Chiampo e Alpone invece si rendono più manifeste le caratteristiche successioni carbonatiche dal Trias superiore all'Eocene (Dolomie principale, Calcari grigi, Rosso ammonitico, Biancone, Scaglia

Rossa e Calcari Nummulitici eocenici), nelle quali sorge l'importante centro paleontologico di Bolca.



**Fig. 2.8:** Estratto della Carta Geologica del Veneto rappresentante la porzione orientale dei M. Lessini. (Antonelli et alii, 1988).

La disgregazione meccanica di queste rocce ha dato origine a materiali granulari di diverse dimensioni come ghiaie, sabbie e limi distribuiti in tutte le valli. Inoltre l'alterazione chimica delle rocce basaltiche, ad opera degli agenti atmosferici, porta alla formazione di argille. Tale materiale forma uno strato, al di sopra delle rocce principalmente basaltiche, di spessore variabile da 0,50 a 4 m (Mastella, 2006). Il materiale argilloso di alterazione insieme ai materiali granulari, viene poi dilavato



dalle acque correnti, trasportato e depositato nel fondovalle andando a costituire potenti depositi alternati tra loro che caratterizzano lo strato di copertura del substrato roccioso vulcanico.

Le rocce vulcaniche effusive s'interrompono bruscamente verso occidente in corrispondenza della Faglia di Castelvero, dove un sollevamento della crosta stessa ha determinato l'affioramento dei depositi sedimentari più antichi di natura calcarea (cretacei-giurassici). Tali depositi costituiscono il tipo roccioso più diffuso nella Val Tramigna che quindi, dal punto di vista litologico, si differenzia nettamente dalla vicina Val d'Alpone-Chiampo.

Nella Val Tramigna, specie a Cazzano di Tramigna, ove sgorga il torrente che presta il nome alla valle, le rocce presenti sono prevalentemente calcaree di periodo Giurassico-Cretaceo. Queste sono spesso modificate in dolomie, che per la notevole fratturazione dovuta al sollevamento delle Prealpi e il susseguirsi di fenomeni carsici, danno vita ad una circolazione idrica di notevole importanza per portata e qualità.

In conclusione è bene quindi far notare come l'area oggetto di studio sia nel suo complesso divisa in due regioni dai caratteri litologici nettamente diversi:

- Una regione calcarea, che si sviluppa nella porzione a Ovest della Faglia di Castelvero, dove affiorano rocce calcaree, calcareo-dolomitiche e dolomie;
- Una regione vulcanica, ad oriente della suddetta linea, in corrispondenza della quale si hanno basalti e tufiti.

Tali regioni sono separate dalla Faglia di Castelvero, che si impone come lineamento tettonico-morfologico di separazione non solo della seguente area di indagine, ma anche dell'intero altopiano lessineo. Essa divide i Monti Lessini, analogamente alle due valli, in un settore orientale prettamente vulcanico e in un settore occidentale più esteso di natura calcarea-dolomitica.

Tuttora, a seguito dei processi di denudazione dei versanti operati da agenti esogeni, come gli agenti atmosferici, il deflusso di acqua nel complesso roccioso e la circolazione di acqua superficiale, le valli dei Monti Lessini sono caratterizzate dalla presenza di depositi di versante di tipo pluvio-colluviale e riempite da coperture quaternarie di vario tipo che vengono trattate di seguito.

## 2.2. Evoluzione quaternaria

Iniziando dall'aspetto strutturale, studi di carattere regionale hanno cercato di stabilire la cronologia delle fasi deformative all'interno di quella che potrebbe essere stata l'evoluzione neotettonica della regione indagata. Rifacendoci in particolar modo ai risultati proposti da Zanferrari et alii (1982), riassunti e approfonditi da Carton & Castaldini, (1985), l'evoluzione neotettonica della regione dei Lessini può essere così schematicamente inquadrata:

*Pliocene - Pleistocene inferiore*: nell'area dei Lessini il movimento geodinamico in atto è il sollevamento, intervallato a fasi di stabilità, con maggiori velocità nel gruppo del Carega e, subordinatamente, negli alti Lessini. Tale sollevamento differenziale è in rapporto all'attività di faglia con direzione NW-SE e di pieghe di direzione WNW-ESE che individuano un movimento a gradinata secondo un profilo di direzione NNE-SSW, mentre fra il gruppo del M. Carega e la depressione Vicenza-Montecchio si verifica un prevalente inarcamento in direzione NNW-SSE. Il netto passaggio con la pianura è caratterizzato dalla presenza della "faglia di deformazione".

Si verificano anche limitati movimenti di basculamento di blocchi, associati all'attività di faglie di direzione giudicariense a cui corrispondono grandi scarpate. Durante il sollevamento dei Colli Berici, si approfondisce il "graben Vicenza-Montecchio" che determina la separazione dei Colli Berici dai Lessini.

Si segnala un movimento di subsidenza nell'alta pianura veronese.

*Pleistocene medio – Pleistocene superiore*: mentre continua il sollevamento del settore settentrionale, nei Lessini centro-occidentali si accentuano i movimenti di basculamento con attività lungo faglie di direzione giudicariense o N-S. Risulta invece stabile la porzione di pianura in precedenza soggetta a subsidenza.

*Pleistocene superiore p.p. – Olocene*: ad un sollevamento continuo si accompagnano movimenti verticali differenziali e di basculamento dei blocchi con caratteri morfostrutturali tipo "horst", "graben" e di monoclinale. Continua l'attività della fascia di deformazione pedemontana suggerita dal fatto che il F. Adige, tra Domegliara e S. Bonifacio, corre nella parte più settentrionale della pianura. Attivi risultano elementi con orientamento WSW-ENE.

Per quanto concerne, invece, all'evoluzione geomorfologica della porzione di pianura antistante ai rilievi lessinei e dei medesimi, essa si è basata su un approccio multidisciplinare: I dati geologici e geomorfologici, le stratigrafie, le analisi polliniche e le datazioni ottenute con il metodo del  $^{14}\text{C}$  hanno permesso, in studi precedenti, di delineare alcuni momenti significativi del quadro evolutivo dell'area.

Le formazioni quaternarie che si trovano nella zona dei rilievi lessinei sono rappresentate esclusivamente da depositi continentali. Detriti di falda e cono detritici sono frequenti ai piedi dei versanti più ripidi costituiti dalle formazioni calcaree, specialmente dolomitiche, mentre i torrenti, provenienti dai Lessini e dalle loro propaggini collinari, riempiono le valli generando conoidi delimitati ad E ed a W dai versanti stessi. Nelle porzioni più meridionali dei rilievi, dove quest'ultimi s'immergono nella pianura, i conoidi delle valli si interdigitano con le alluvioni dell'Adige tramite contatti che non hanno evidenza morfologica. Ne consegue che sono stati catalogati come appartenenti a detti conoidi i sedimenti che litologicamente si distinguono da quelli caratteristici del conoide atesino dell'Adige (A. Bosellini, 1967). Di fatto la litologia dei conoidi dei torrenti lessinei è piuttosto varia e da un punto di vista litologico, esse si distinguono nettamente da quelle dell'Adige per l'assoluta mancanza di elementi tipici del bacino atesino (porfidi e matamorfiti). Le vallate minori situate circa a N-NW di Verona (quali Valdonega, Fontana del Ferro, Biondella, Musella e Pontesello), essendo prive di corsi d'acqua di una qualunque importanza, sono parzialmente riempite da depositi colluviali. Questi ultimi sono costituiti essenzialmente da sedimenti limosi e argillosi spesso costituiti dall'erosione dei suoli un tempo sviluppati sui versanti e quindi caratterizzati da un colore bruno rossastro. Per quanto riguarda invece i sedimenti delle valli maggiori (Quinzano, Avesa, Pantena, Squaranto, Marcellise, Illasi, Alpone, Chiampo e Agno), questi si presentano quasi ovunque con una prevalenza di limo (Bosellini, 1967). Non mancano depositi ghiaiosi in corrispondenza delle aste attuali o antiche dei torrenti (Sorbini et alii, 1984). Inoltre nei tronchi superiori delle valli (Agno, Chiampo, Illasi), si riscontrano lembi di terrazzi cementati riferibili ad un ciclo nettamente più antico (Bosellini, 1967).

Per quanto concerne i depositi quaternari che ricoprono la vasta porzione di pianura antistante i rilievi dei Lessini, essa è costituita dalle alluvioni generalmente grossolane e terrazzate appartenenti all'antica conoide dell'Adige e dalle alluvioni

più recenti del suddetto fiume. La loro storia geologica è per alcuni aspetti comune alla storia evolutiva di tutti i sistemi alluvionali che caratterizzano l'intera pianura veneta-friulana, settore specifico della pianura padana in cui ricade anche il sistema Adige. Il fattore dominante nell'evoluzione di questo settore di pianura, e non solo, nel tardo Quaternario fu di certo il clima, che comportò lo sviluppo di estesi ghiacciai nelle zone più settentrionali e occidentali dei rilievi alpini durante il periodo delle glaciazioni (Pleistocene medio-superiore).

Mentre i dati riguardanti il periodo pre-LGM (precedentemente a circa 30.000 anni fa) sono piuttosto scarsi, limitati a pochi carotaggi in tutto il territorio della pianura veneto-friulana, permettendo così solo ad una ricostruzione sommaria dell'evoluzione geologica del settore nord-orientale italiano, le informazioni in nostro possesso inerenti l'Ultimo Massimo Glaciale (30.000 – 17.000 anni fa) sono ben maggiori. Queste ci consentono di tracciare con maggiore precisione l'evoluzione geologica di questo settore di pianura.

Durante LGM il grande volume di acqua immobilizzato negli *inlandis* causò l'abbassamento di circa 10 metri del livello marino globale e la conseguente estensione della pianura alluvionale del Mar Adriatico fino all'altezza di Pescara (Correggiari et al, 1996). Difatti l'Adriatico, durante l'acme glaciale, si ritirò a oltre 400 Km di distanza dalle attuali coste veneto-friulane, lasciando in condizioni di pianura continentale il precedente fondale marino (Cattaneo & Trincardi, 1999). Il bassissimo gradiente topografico che caratterizzava i territori emersi ridusse gli effetti dell'abbassamento eustatico pleniglaciale, impedendo che esso provocasse l'incisione della pianura retrostante fino alle zone considerate. Nella pianura veneto-friulana i sistemi alluvionali furono così controllati "da monte" (Fontana et al., 2004; 2008). A monte della pianura emersa, i bacini dei maggiori sistemi fluviali del versante meridionale delle Alpi furono occupati da ghiacciai vallivi che spesso raggiungevano la Pianura Padana (Castiglioni, 2004; Monegato et al., 2007; Fontana et al., 2008). L'Ultimo Massimo Glaciale fu tra le più importanti fasi nell'evoluzione geologica del Nord-Est italiano in quanto corrispondente al periodo durante il quale l'abbondante sedimentazione favorì un rapido e diffuso sviluppo dei megafan alluvionali (Fontana et al., 2008).

Nel medesimo periodo, numerosi cordoni morenici vennero a caratterizzare lo sbocco delle maggiori valli alpine in pianura distribuiti nella più nota forma ad

anfiteatro, tutt'ora ancora riconoscibili,. La maggior parte delle datazioni effettuate su tali anfiteatri li attribuiscono difatti all'Ultimo Massimo Glaciale (Venzo, 1977; Orombelli, 1983; Cremaschi, 1987; Bini, 1997; Bavec et al., 2004; Carraro e Giardino, 2004; Castiglioni 2004; Monegato et al., 2007; Gionotti et al., 2008), anche se di più vecchi sono certamente presenti (riferibili alla glaciazione un tempo conosciuta come Riss, oggi meglio definita in un periodo compreso tra 166.000 - 132.000 anni fa; MIS 6) (Accorsi et al., 1990).

Nell'area atesina la massa glaciale principale, estesa dal bacino del Garda fino alle valli del Brenta e dell'Astico, defluiva dall'attuale spartiacque alpino verso Sud attraverso la Val d'Adige e l'asse gardesano, costituendo i due più grandi ghiacciai della provincia di Verona, quelli del Garda e dell'Adige, separati dalla catena del Monte Baldo (Penck and Brückner, 1909; Habbe, 1969; Cremaschi, 1987; Castiglioni, 2004). Lungo l'asse gardesano avveniva il principale deflusso glaciale dell'area atesina permettendo al ghiacciaio del Garda di depositare più a valle numerosi cordoni morenici in un ampio anfiteatro. Datazioni a luminescenza termica effettuate su tale anfiteatro suggeriscono che l'ultima avanzata glaciale riferibile al suddetto sistema ebbe luogo circa 18.000 anni cal BP (Ferraro, 2009). Unitamente al ghiacciaio del Garda, anche il più piccolo ghiacciaio dell'Adige andò a costituire un più piccolo anfiteatro morenico, tutt'ora conservato nei pressi di Rivoli Veronese. La sua estensione è di appena 15 Km, se confrontata con i 60 Km di estensione del più grande anfiteatro morenico del Garda. L'ultima grande espansione glaciale (LGM) nell'ampio bacino dell'Adige è marcata da una datazione radiometrica nella media Val d'Isarco ( $24,000 \pm 210$  anni BP) che cade nella fase in cui le grandi colate vallive si stavano rapidamente formando (Basseti & Borsato, 2005).

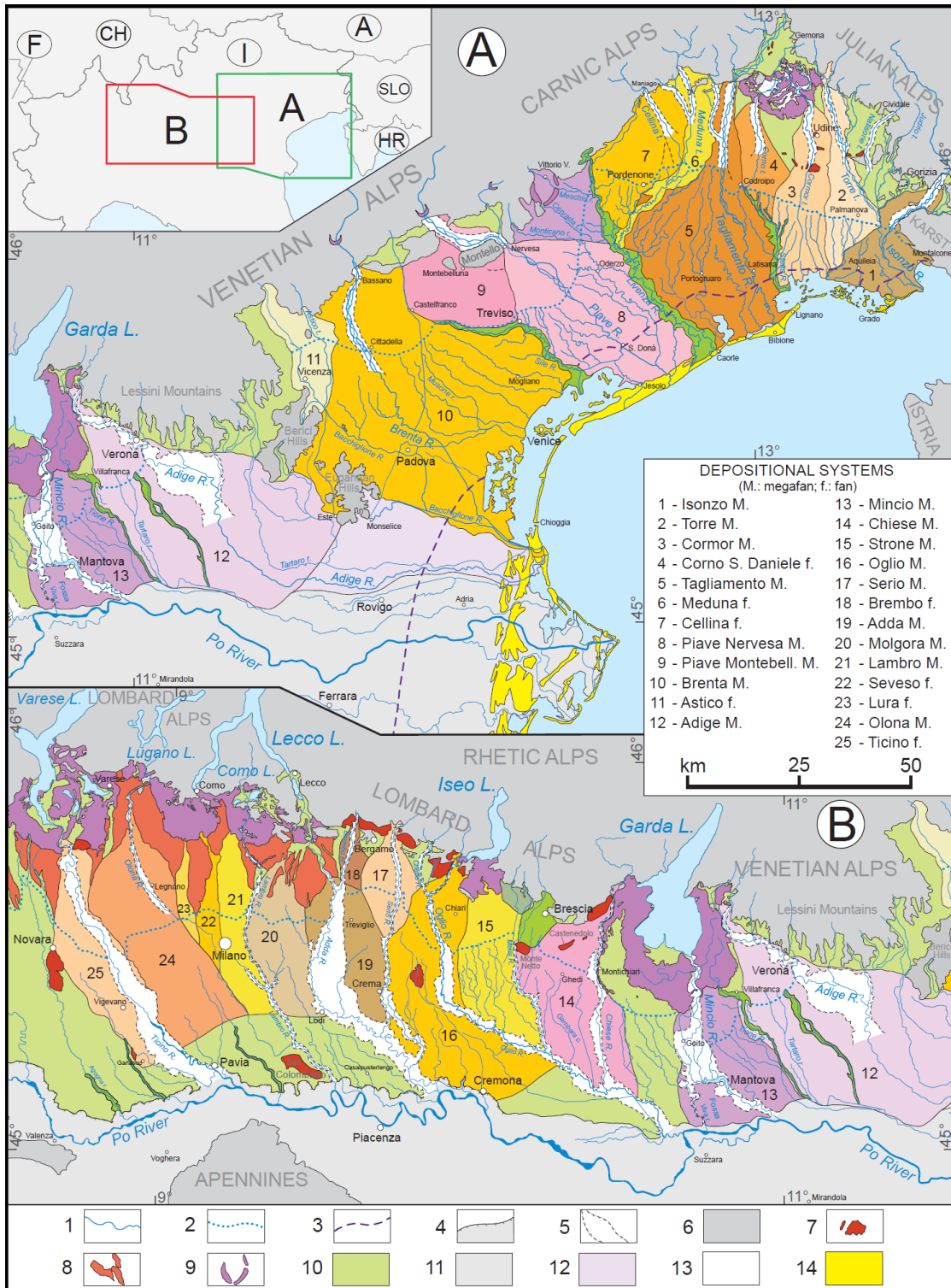
In questa fase di deterioramento climatico le condizioni ambientali, nonché la presenza dei ghiacciai in prossimità della pianura, favorirono la produzione di ingenti quantità di detriti in tutta l'area alpina e prealpina. Il movimento dei ghiacciai verso valle, unitamente ad una notevole portata liquida e solida dei sistemi fluvioglaciali, di certo garantì un efficace trasporto di sedimenti in pianura ed un rapido e diffuso sviluppo areale e verticale dei megafan alluvionali che, proprio nel LGM, raggiunsero la loro massima espansione. Questa fase di sedimentazione interessò tutto il versante della pianura padana su cui si affacciavano i grandi

ghiacciai alpini ed è proprio in questo periodo che nella pianura lombarda venne formato il cosiddetto "livello fondamentale della pianura" (Fig. 2.6-B)(Petricci e Tagliavini, 1969; Cremaschi, 1987; Marchetti, 1990; Castiglioni 2001).

Nella pianura veneto-friulana, la crescita dei sistemi alluvionali durante tutto LGM portò a una notevole e consistente differenziazione sedimentologica tra i settori apicali e distali nei megafan medesimi; tipica è quella dei megafan del Piave (Bondesan et al., 2004) e del Tagliamento (Fig. 2.6-A) (Fontana et al., 2006; 2008). Le porzioni apicali dei medesimi sono formate da depositi ghiaiosi probabilmente depositati da fiumi a conformazione braided. Tali fiumi, abbandonando gran parte del loro carico sedimentologico entro 15-25 Km dall'apice del sistema, più a valle non depositavano ghiaie e i canali fluviali erano costituiti prevalentemente da sabbie. Nel settore distale, al disotto del limite delle risorgive, le tracce fluviali sono tipicamente costituite da alvei con pochi canali o canale singolo poco sinuoso. I canali fluviali erano leggermente rilevati e costituiti da sabbie fini e medie, separati fra loro da estese piane di esondazione argilloso limose.

Tale struttura è pressappoco rappresentata anche dal megafan dell'Adige nel quale si nota una notevole variazione di granulometria dall'apice della conoide alla periferia. Da NO a SE si passa progressivamente da depositi grossolani prevalentemente ghiaiosi ad alluvioni più minute, sabbiose o sabbioso-argillose. Più a Sud, all'altezza di Isola della Scala-Bovolone, la granulometria del deposito alluvionale si fa sempre più fine con una netta prevalenza delle sabbie sulle ghiaie ed un consistente inspessimento dei sedimenti a bassa permeabilità (Sorbini et al., 1984).

Generalmente, in bassa pianura, nelle sequenze pleniglaciali di tutta la pianura veneto-friulana, dall'Isonzo all'Adige, si trovano frequenti livelli torbosi e limosi organici di spessore pluricentrico a testimonianza di limitati momenti di stasi sedimentaria. Tali orizzonti organici presentano un'età radiometrica compresa in genere tra 24.000-14.500 BP e più comunemente tra 22.000-18.000 BP, corrispondente all'acme glaciale LGM. Inoltre i livelli organici nelle sequenze LGM dei megafan hanno permesso datazioni utili alla stima del tasso di sedimentazione durante e dopo LGM. I dati rivelano una forte aggradazione di 20-30 m avvenuta nei sistemi alluvionali tra circa 30.000 e 19-18.000 yr cal BP, in accordo con l'espansione glaciale avvenuta nel medesimo periodo dei principali



**Fig. 2.6:** Schema dei grandi conoidi e megafan alluvionali lungo le Alpi meridionali (da Fontana et alii, 2014). Legenda (1) fiume, (2) limite superiore delle risorgive, (3) scarpata fluviale, (4) limite interno dei depositi lagunari olocenici, (5) montagne e colline, (6) terrazzi tettonici, (7) depositi alluvionali del Pleistocene medio e inferiore ("ferretto" Auctorum), (8) anfiteatro morenico, (9) depositi LGM indifferenziati, (10) incisioni fluviali del post-LGM, (11) pianura del Po, (12) pianura dell'Adige, (13) depositi connessi ai maggiori fiumi di risorgiva, (14) depositi costieri olocenici .

sistemi glaciali quali Tagliamento, Piave, Brenta (Fontana et al., 2014). Altrettanto non si può dire, sfortunatamente, per il megafan dell'Adige del quale non si hanno informazioni così precise e recenti. Un piccolo dato ci viene fornito dallo studio condotto da Sorbini et al. (1984) i quali accertarono un periodo di intensa aggradazione del megafan suddetto intorno a circa 30.000 e 20.000 yr cal BP.

Dopo l'ultimo picco glaciale, i ghiacciai iniziarono a ritirarsi nelle valli alpine prealpine. Attorno a 17.000 anni fa (14.500 anni BP) si verificò un rapido miglioramento climatico. In tale periodo, assunto come limite di separazione tra LGM e il cosiddetto Tardoglaciale, il riscaldamento globale causò un rapido ridimensionamento dei ghiacciai alpini che, nelle Alpi Orientali, portò al loro definitivo ritiro nelle alti valli già attorno a 14.000 anni fa (Venturini, 2003; Pellegrini et al., 2005; Bavec et al., 2004). Con l'inizio del tardoglaciale ebbe avvio una nuova fase nell'evoluzione della pianura, essenzialmente caratterizzata dalla mancanza di sedimentazione e dalla formazione di incisioni fluviali. Difatti, successivamente al ritiro dei ghiacci dagli anfiteatri morenici, gli scaricatori glaciali vennero a coincidere con gli attuali fiumi Alpini che, a loro volta, terrazzarono il settore prossimale dei megafan (corrispondente al loro sbocco in pianura) per alcuni chilometri verso valle (Marchetti, 1996; 2001; 2002; Guzzetti et al., 1997). La mancata sedimentazione sulla superficie dei megafan e la conseguente incisione fu dovuta al ritiro dei ghiacciai all'interno delle vallate alpine. Studi approfonditi indicano che tra 15.000-14.000 anni  $^{14}\text{C}$  BP la deglaciazione delle Alpi Orientali era probabilmente quasi completata (Pellegrini et al., 2005). Nelle valli deglacciate si formarono estesi laghi intravallivi per effetto della presenza di sbarramenti creati dalla presenza degli apparati morenici frontali, formati durante il di ritiro, o per sopravvenute frane che sbarrarono temporaneamente i deflussi degli scaricatori alpini (Castiglioni, 2001; Hinderer, 2001; Marchetti, 2001; 2002; Soldati et al., 2004). Questi laghi, descritti nei bacini montani di Isonzo (Bavec et al., 2004), Tagliamento (Venturini, 2003; Monegato et al., 2007) e Piave (Pellegrini et al., 2005; 2006) intrappolarono il sedimento grossolano e causarono quindi una drastica diminuzione nel flusso sedimentario verso la pianura. Anche nella Valle del Sarca, l'inizio Tardoglaciale risulta essere caratterizzato di un'importate fase lacustre. A Nord di Riva del Garda, presso S. Giogio, gli studiosi hanno trovato, tra 102 m e 154 m di profondità dal piano campagna, una successione di limi e argille limose talora finemente laminate e ricche in frammenti vegetali le cui datazioni hanno



restituito un'età di circa  $12.560 \pm 60$  anni  $^{14}\text{C}$  BP (14.635-15.383 anni cal. BP) (Bassetti e Borsato, 2005). Oltre tale dato, nel sistema alluvionale dell'Adige non sono ancora state studiate e datate significative tracce relative all'avvenuta deglaciazione del corrispettivo ghiaccio, utili a definire con maggior dettaglio l'inizio e l'evoluzione della deglaciazione corrispondente. Si presume, comunque, che circa 15.000 anni cal BP la Valle dell'Adige fosse già deglaciata e in parte occupata da un grande lago (Bassetti a Borsato, 2005) e che, molto probabilmente, l'apice del megafan venne inciso già all'inizio della fase di deglaciazione (Fontana et al., 2014). Nella porzioni apicale del megafan il fiume scorre in una valle incisa nella superficie LGM e delimitata su entrambi i lati da una scarpata alta 45 m, che progressivamente si chiede dopo circa 40 km verso valle (Fontana et al., 2014).

In tutto l'Olocene, il miglioramento climatico si esprime con una durevole e progressiva copertura forestale che ridusse notevolmente la dinamica dei processi di degradazione (Vescovi et al., 2007). Inoltre l'effetto di alcune fasi pedo-climatiche come quella che si verificò durante l'Atlantico, caratterizzata cioè da un clima caldo-umido con stagioni contrastate (Cremaschi 1990), permise l'inizio di una significativa fase di formazione di suoli sulle superfici formatesi durante il LGM (Fontana et al., 2008). Nel post-LGM, dall'Adige all'Isonzo, tutti i fiumi alpini rimangono incisi nelle porzioni più apicali dei rispettivi megafan. Nei settori più a valle dei medesimi, i fiumi furono caratterizzati dei corsi d'acqua meandriformi con formazione di lobi deposizionali i quali hanno interagito dinamicamente con la trasgressione marina olocenica (Fontana et al., 2014). A partire da 15.000 anni BP la fusione dei ghiacciai causò difatti un rapido innalzamento marino. La fusione della calotta artica e degli *inlandsis* nordeuropeo e nordamericano permise l'innalzamento del livello relativo dell'Adriatico fino a 6.000-4.000 anni fa, quando raggiunse un livello relativo di pochi metri inferiore all'attuale, nonostante lo scioglimento dei ghiacciai nella valli alpine fosse terminato già circa 13.000 anni BP. (Correggiari et al., 1996; Cattaneo&Trincardi, 1999; Preti, 1999; Lambeck et al., 2004). Perciò da circa 7.000 anni cal BP al momento della massimo innalzamento del livello relativo del mare, quando il mar Adriatico era tra i 10 e i 5 m più basso rispetto situazione attuale, a nord del Delta del Po la costa adriatica era situata in una posizione abbastanza paragonabile a quella attuale (Lambeck et al, 2004.. Amorosi et al, 2008). Tale ambiente ha innescato la formazione di delta e lagune che si imposero con una geometria onlapping sulla pianura LGM, portando ad una

leggera progradazione della pianura. Tuttavia, grazie all'apporto di sedimenti, il delta del Po avanzò di oltre 30 km nel mare Adriatico, anche se la maggior parte di questa crescita avvenne dopo la deviazione artificiale nel 17 ° secolo (Stefani e Vincenzi, 2005). In questo modo l'evoluzione delle porzioni più a valle dei megafan non furono più soggette esclusivamente a specifici processi alluvionali, ma bensì subirono anche un controllo diretto da mare. Leggermente differente fu la dinamica evolutiva delle porzioni più distali del megafan dell'Adige, il cui tratto terminale passava ad una piatta pianura alluvionale non connessa direttamente al mare, ma bensì in contatto con la pianura padana e il delta del più grande fiume Po (Piovan et al., 2010, 2012).

Infatti, negli ultimi 6.000 anni, un largo lobo deposizionale venne formato dal sistema Adige nel settore più a valle del corrispettivo megafan. In questo periodo la direzione principale del fiume era prossima ai piedi dei Colli Euganei, vicino la città di Este. Contemporaneamente molti altri più piccoli corsi d'acqua, scaturiti da quello principale dell'Adige, costruirono una complessa rete di canali i quali, più a sud, si intrecciavano con i rami più settentrionali del sistema alluvionale del Po attorno a circa 4.000-3.000 anni cal BP. (Piovan et al., 2010,2012). Le porzioni più distali del lobo postglaciale depositato dell'Adige, negli ultimi 5.000 anni, interagirono fortemente con i paleoalvei del sistema Po ed evolsero in una pianura alluvionale controllata da fenomeni di avulsioni fluviali connessa direttamente con il sistema deltizio olocenico Po-Adige (Piovan et al., 2010; 2012).

Fino a circa 6.000-5.000 anni fa, mentre l'*highstand* marino consentiva la progradazione dei sistemi fluviali nella zona costiera, i fiumi alpini hanno manifestato una scarsa capacità sedimentaria nella pianura, persino nei loro tratti terminali a ridosso dell'ambiente deltizio. Tale fase di no-sedimentazione fluviale verificatasi nel post-LGM, continuò fino all'ultima parte del periodo climatico Subborale (1000 a.C circa), quando si verificarono importanti cambiamenti nella dinamica fluviale in tutta la pianura (Arnau-Fassetta et al., 2003 Bondesan et al., 2004; Fontana, 2004; 2006). Evidenze stratigrafiche e geomorfologiche suggeriscono che la formazione di dossi fluviali iniziò a influenzare ampie porzioni del settore distale dei megafan solo circa 3.000-4.000 anni fa. Questo stile deposizionale è ancora attivo, anche se, durante gli ultimi secoli, esso è stato

fortemente controllato antropicamente con interventi di arginature e deviazioni artificiali.

Il grande conoide dell'Adige così formato nel tempo, è costituito per lo più da materiali grossolani, spesso stratificati ed alternati a strati e lenti discontinue di sabbie, i cui ciottoli, che costituiscono lo scheletro del conoide, sono prevalentemente porfidi, metamorfiti e graniti mentre solo il 10-15% sono calcari-dolomie (Sorbini et al., 1984; Garzanti et al., 2011).

Studi precedenti hanno permesso di individuare sulla superficie del megafan dell'Adige tre unità geomorfologicamente distinte: il grande conoide dell'Adige, i conoidi provenienti dai Monti Lessini e il piano di divagazione dell'Adige, incastrato nel conoide medesimo (Sorbini et al., 1984). A sua volta nel piano di divagazione dell'Adige sono presenti due aree con morfologia differente: la prima è stata interpretata con un conoide incastrato a canali intrecciati, mentre la seconda è caratterizzata da una morfologia di pianura a meandri (Sorbini et al., 1984). Mentre è sicuramente indubbio attribuire la formazione del grande conoide dell'Adige al periodo glaciale LGM e la sua incisione all'inizio della deglaciazione tardoglaciale, essendo tali eventi comuni anche alla storia evolutiva degli altri sistemi alluvionali che caratterizzano l'intera pianura veneto-friulana, altrettanto non si può dire per le unità geomorfologiche che caratterizzano il piano di divagazione dell'Adige incastrato nel megafan stesso. Se da un lato possiamo essere sicuri che le unità in esso individuate siano posteriori cronologicamente all'incisione, in quanto incastrate in essa, dall'altro lato i nostri dati in possesso attualmente non ci permettono ancora di poter compiere delle corrette correlazioni cronostratigrafiche per ciascuna unità riconosciuta.



### 3. AREE DI STUDIO

Nel seguente capitolo vengono descritte le caratteristiche generali dei bacini dei torrenti Tramigna, Alpone, Chiampo e Agno-Guà, che sono oggetto della successiva caratterizzazione stratigrafica del sottosuolo.

I torrenti Tramigna, Alpone, e Chiampo appartengono più ingenerale al bacino dell'Adige; il torrente Agno-Guà forma un sistema a sé stante assieme ai corsi dello scolo Fratta e Gorzone che drena poi nel Brenta.

Il fiume Adige, con sorgente vicina al lago di Resia a quota 1.586 m s.l.m., un bacino imbrifero di circa 12.100 km<sup>2</sup> ed un percorso di 409 km, sbocca nel mare Adriatico a Porto Fossone (tra la foce del fiume Brenta ed il delta del fiume Po) dopo aver attraversato i territori della Regione Trentino Alto Adige e delle Province di Verona e Vicenza in Veneto.

Inerentemente la porzione veronese del bacino dell'Adige, la maggioranza degli affluenti sono in sinistra idrografica e si originano nell'area montana dei Lessini. Essi hanno caratteristiche fisiche e idrologiche simili con regime delle portate irregolari in quanto scorrono, soprattutto nei tratti inferiori, su importanti coltri alluvionali. Le portate significative si hanno solo con eventi meteorici di forte intensità. Sono corsi d'acqua che hanno uno sviluppo planimetrico generalmente rettilineo e parallelo tra gli stessi e che confluiscono in unico collettore prima di gettarsi nell'Adige. È questo il caso dei Torrenti Alpone e Tramigna.

Per quanto concerne il sistema Agno-Guà-Fratta-Gorzone, pur nella sua secondaria importanza a scala regionale, è caratterizzato da una estrema complessità idraulica; interessando i territori di una settantina di comuni appartenenti alle Province di Verona, Vicenza, Padova e Venezia, il suo bacino copre un'area complessiva di circa 1.350 Km<sup>2</sup>, costituita in massima parte da ambienti planiziali prevalentemente destinati ad agricoltura intensiva. Entra a far parte del sistema solo una limitata porzione di territorio montano, coincidente col sottobacino dell'Agno che rappresenta circa il 20% dell'estensione totale.

La rete idrografica è costituita sommariamente da due aste principali aventi direzione Nord-Sud denominate l'una Agno – Guà – Frassine – S. Caterina e l'altra Roggia Grande – Rio Acquetta – Rio Togna – Fratta; i due corsi si uniscono

all'altezza del comune di Vescovana formando il Canale Gorzone, che in fine sfocia in Brenta.

### **ALLUVIONE 31 OTTOBRE – 02 NOVEMBRE 2010**

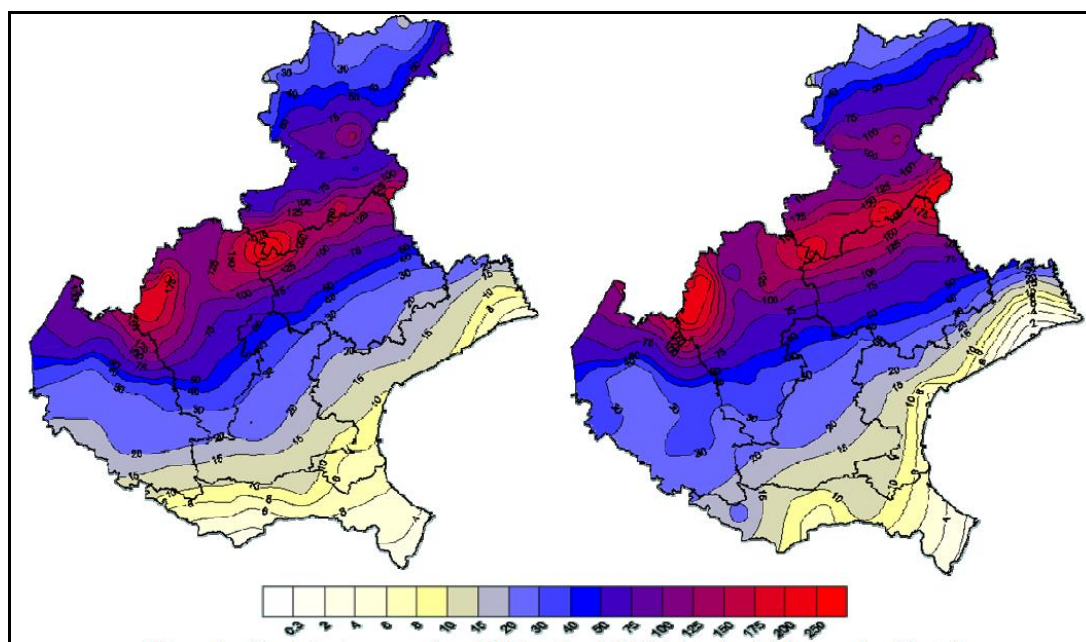
A causa di una intensa perturbazione atlantica, nei giorni compresi tra domenica 31 ottobre e martedì 2 novembre 2010, il Veneto fu interessato da persistenti precipitazioni che comportarono l'alluvionamento di 130 comuni veneti e l'allagamento di 140 km<sup>2</sup> di territorio. Di fatti la perturbazione atlantica diede luogo, nel bacino del Mediterraneo, ad un'ampia circolazione ciclonica tra il Mar Ligure ed il Mar Tirreno che si spinse fino alle coste africane convogliando un intenso e persistente flusso di correnti sciroccali caldo-umide sul Veneto. Questa particolare configurazione meteorologica determinò precipitazioni su tutta la Regione Veneto con quantitativi estremi sulle zone prealpine e pedemontane. Alla fine della perturbazione, su Dolomiti meridionali, Prealpi e pedemontana in prevalenza, furono misurati più di 200 mm complessivi di precipitazione, con una vasta area sulle zone prealpine e pedemontane con valori tra i 300 e i 400 mm e locali punte oltre 500 mm. In pianura vennero misurati dai 200 mm sulle zone più settentrionali prossime alla pedemontana e meno di 10 mm sul rodigino.

Considerando l'evento nel suo complesso, si può affermare che l'eccezionalità dell'episodio meteorologico risiede nei quantitativi estremi di precipitazione da imputare più alla persistenza delle precipitazioni che non alla loro intensità (Fig: 3.1). Difatti l'entità della precipitazione oraria è stata sempre inferiore ai 25/30 mm e nella maggior parte dei casi inferiore ai 15 mm. Non sono tuttavia assenti rovesci temporaleschi che, in intervalli inferiori ad un'ora, hanno determinato valori di intensità forte o a carattere di nubifragio, ma rimangono pur sempre eventi estremamente circoscritti, con attenuazione prima dei 60 minuti. Invece, in alcune aree prealpine e pedemontane, precipitazioni con intensità dell'ordine di 10-20 mm/h sono risultate anche persistenti per diverse ore consecutive, determinando quantitativi particolarmente significativi nelle 6-12 ore. Inoltre, i valori medi areali su base giornaliera di precipitazione misurati su diverse zone, suggeriscono come abbondanti precipitazioni abbiano interessato aree vaste e non solo singole località (Fig: 3.2). Si deduce quindi, da un sommario confronto tra i dati raccolti, come l'evento alluvionale in questione fu determinato dalla particolare persistenza e

abbondanza delle precipitazioni cadute in 24 e 48 ore su tutta la fascia prealpina e pedemontana della regione Veneto.

Zona di allerta	31/10		1/11		2/11		Totale	
	Precipitazione		Precipitazione		Precipitazione		Precipitazione	
	Massima	Media	Massima	Media	Massima	Media	Massima	Media
Vene-A	255,6	64,5	241,8	81,4	124	28,9	586,6	174,8
Vene-B	197	138,8	230,2	149,5	89,6	50,6	501,6	338,9
Vene-C	146,2	71	163,2	67,4	76,2	37	385,6	175,3
Vene-D	24,8	12	33,4	17,5	27,4	4,9	81,4	34,3
Vene-E	89,6	34,9	81,6	35,3	55,2	24,1	223,6	94,5
Vene-F	149,2	41,3	164,2	53,9	56,4	30	369,8	128,2
Vene-G	65,4	29,6	84,8	39,9	28	23,3	167,6	92,8

**Fig. 3.1:** In tabella sono riportati di dati pluviometrici massimi puntuali e medi areali misurati nei giorni 31/10;2/11/2010. (Fonte Elaborazioni Regione Veneto – Direzione Sistema Statistico Regionale su dati Arpav).



**Fig. 3.2:** In figura le precipitazioni cumulate in Veneto tra il 31 ottobre e 2 novembre 2010 (Elaborazioni Regione Veneto – Arpav).

Oltre a questo, i venti di scirocco sia sulla costa che in quota (dove determinarono un sensibile innalzamento del limite della neve con conseguente scioglimento di quella preesistente) hanno, da un lato, impedito un regolare deflusso dei fiumi veneti in mare e, dall'altro lato, contribuito all'apporto di maggiore acqua nei fiumi, già in crisi per la notevole precipitazione.

L'evento si colloca, nella storia regionale, al secondo o terzo posto tra tutti gli eventi più intensi ed abbondanti degli ultimi 50 anni circa, che hanno colpito le zone prealpine e pedemontane del Veneto le quali, come noto, rappresentano anche le aree mediamente più piovose della regione, specie nella stagione autunnale. In particolare sulle zone centro occidentali (Prealpi – pedemontana di Vicenza e Verona) i valori massimi registrati nelle 24 e 48 ore hanno in alcuni casi superato i massimi storici che appartenevano nella maggior parte dei casi agli eventi dell'ottobre 1992 e del novembre 1996.

Proprio in queste zone l'evento calamitoso in questione ha causato l'inondazione di Vicenza e della sua provincia, della provincia di Padova e della provincia di Verona. Le forti piogge hanno fatto straripare i fiumi Timonchio, Bacchiglione, Retrone, Alpone, Tramigna e Frassine con conseguenze nefaste per i territori coinvolti (Fig: 3.3; 3.4 ).

In specifico, nei bacini considerati, l'esondazione del torrente Tramigna e Alpone ha travolto le cittadine di Soave e Monteforte d'Alpone. La persistenza delle precipitazioni è stata tale che, lunedì 1 novembre alle ore 4.30, presso la stazione pluviometrica di San Bortolo, si misurava una quantità complessiva di precipitazione, caduta ininterrottamente, pari a 200 mm dopo 28 ore dall'inizio del mal tempo. L'Alpone arriva a toccare i 2,97 metri di altezza (+ 2,27 metri sulla normale portata). La portata dell'onda di piena del torrente è eccezionale; a San Bonifacio l'acqua arriva a sfiorare il ponte della Motta, ove vengono alzate le paratie per evitare che l'acqua invada il paese. Nello stesso tempo il torrente Tramigna, che non riesce più a defluire nell'Alpone, si gonfia velocemente, raggiungendo il limite dei muretti che costituiscono l'argine in centro Soave; l'acqua inizia ad uscire dalle fessure dei medesimi. Non passerà molto tempo che il Tramigna inizierà a tracimare in centro paese fino a quando il torrente non romperà l'argine e si riverserà violentemente sull'abitato di Soave. Con il passare del tempo la situazione diviene sempre più critica. L'incessante pioggia innalza continuamente



il livello del torrente Alpone che non permette, così, al T. Tramigna di defluire in esso il quale, di conseguenza, continua a riversarsi in paese allagandone gran parte.

Alle ore 7.00 l'accumulo di precipitazione è tale che si misurano 243,8 mm in 30 ore. L'Alpone arriva a quota 3,29 metri di altezza (+ 3,04 sulla normale portata). Il torrente oramai scorre al limite dei propri argini siano alle ore 8.30 quando, in località Confine, tra Monteforte d'Alpone e San Bonifacio, alla confluenza fra Alpone e Chiampo si apre uno squarcio sull'argine destro dell'Alpone. L'acqua si riversa sui campi sottostanti, sommerge l'autostrada A4 e si dirige verso l'abitato di Monteforte d'Alpone. L'autostrada A4 viene chiusa in entrambe le direzioni. La parte bassa del paese di Monteforte d'Alpone diviene un immenso lago dove il livello dell'acqua continua a salire fino a sfiorare i 2 metri di altezza.

Alle ore 17 si registra una significativa pausa nelle precipitazioni che permette un lento deflusso dell'acqua. In seguito la situazione torna a peggiorare, portando nella giornata di martedì 2 novembre ad una nuova risalita dei livelli dei fiumi con conseguente nuova tracimazione del torrente Tramigna che sommerge gli abitati precedentemente evitati alla prima alluvione. La nuova ondata di piena si sente anche a Monteforte d'Alpone dove l'acqua raggiunge la sua massima altezza.

Dalle ore 16.00 di martedì 2 novembre le precipitazioni cessano di cadere definitivamente. Complessivamente, a fine dell'evento, si registrano 357,6 mm di pioggia caduta in 76 ore, quasi ininterrottamente, su entrambe le valli.

A seguito della manifesta situazione di rischio idrogeologico che affligge l'intero sistema idrico Tramigna, Alpone, Chiampo e Agno-Guà, la regione ha individuato un sistema articolato di invasi che, una volta completati, avranno il compito di laminare le singole piene del T. Chiampo (invaso di Montebello Vic.), del T. Alpone (invaso della *Colombaretta*), del T. Tramigna (invaso di San Lorenzo) e del T. Aldegà (invaso di San Vito).

## I NUMERI DELL'ALLUVIONE

Comuni colpiti	131
Popolazione coinvolta	500 mila persone
Morti	2
Abitanti sfollati/isolati	6.670
Comuni gravemente danneggiati	86
Autostrade chiuse	l'A4 per quattro giorni
Strade principali chiuse	55
Frane e smottamenti	51
Esondazioni e allagamenti	29
Rotture di argini	15
Superficie interessata da allagamenti	140 Km quadrati
Animali morti	230 mila
Ospedali evacuati	1
Strutture socio-sanitarie evacuate	2

**Fig. 3.3:** in tabella "i numeri dell'alluvione". Breve bilancio di quanto provocato dall'alluvione del 2010 nella Regione del Veneto, con una stima dei danni complessiva, segnalata tramite i comuni per privati cittadini, imprese ed opere pubbliche di 426 milioni di euro (Regione Veneto, 2010).



**Fig. 3.4:** in foto i paesi di Soave (in alto a sinistra) e di Monteforte d'Alpone (an lato a destra e in basso a sinistra e a destra) poco dopo l'evento alluvionale. (Regione Veneto, 2010).

### **3.1. Val Tramigna**

Valle incisa nei medi Lessini orientali, sita tra le più imponenti val d'Illasi e val d'Alpone, la val Tramigna si colloca come una delle ultime valli presenti ad Ovest di Verona. La valle è scavata nella successione carbonatica terziaria-eocenica e trae il proprio nome dall'omonimo torrente Tramigna.

Il bacino dal quale il torrente deriva le proprie acque è di modeste dimensioni. Dalla morfologia stretta e profondamente inciso su roccia nella parte settentrionale, quasi a ricordare un piccolo canyon, verso meridione (circa a quota 170 m) il bacino si apre maggiormente dando origine ad modesta valle ampia quasi 3 km nel suo tratto più ampio (presso il centro abitato di Soave). In questo settore, da un punto di vista geologico-stratigrafico generale, l'area è interessata dalla presenza di un sottosuolo costituito da detriti classificati nella carta geologica di Italia alla scala 1:100.000 come "alluvioni terrazzate grossolane e minute dell'Adige e alluvioni dei corsi d'acqua sbarrati dalla antico conoide dell'Adige" con una componente di depositi colluviali (Bosellini et al, 1967). Tali materiali mostrano una spiccata eterogeneità granulometrica variando la composizione dei depositi da maggiormente ghiaiosi ad argillosi restando comunque sempre presente una frazione limosa. Più a monte la valle risulta essere ricoperta da depositi detritici con clasti di natura calcarea-calcarea marnosa in matrice limosa argillosa, mentre più a meridione la natura del deposito si fa meno detritica e più ricca in matrice limosa argillosa. La costituzione stratigrafica del sottosuolo risente inoltre della diretta adiacenza del rilievo collinare, che ha certamente comportato un accumulo di materiali detritici e colluviali provenienti dal versante.

L'intera valle del Tramigna è dominata dalla presenza dell'omonimo torrente il quale nasce da una risorgiva (rinominata recentemente Lago della Mora) sita nel centro del paese di Cazzano di Tramigna a 96 m s.l.m. Il torrente è lungo appena 12 Km e tocca diversi paesi, tra cui Costeggiola, San Vittore, Soave e San Bonifacio dove trova confluenza nel fiume Alpone.

Fin poco sopra il paese di Cazzano di Tramigna, cioè per metà della sua lunghezza, il torrente, che qui viene chiamato Tramegnola, si presenta quasi come un semplice solco stretto e profondo con il letto inciso nella roccia in posto, (corrispondente a calcari del Cretaceo inferiore o Giurese superiore). Trae origine dall'emergenza di acqua che si raccolgono presso il monte Fajardam (837 m) ed è rappresentato da un

ruscello che scorre per un certo tratto alla superficie, sinché sparisce nelle ghiaie che occupano il fondo della valle sino a un paio di chilometri sopra Cazzano.

In tutto questo tratto fino a Cazzano di Tramigna, il torrente Tramegnola non solo resta asciutto in tempi normali, ma diviene anche pensile, fino a raggiungere un'elevazione di circa 3-4 metri rispetto la valle circostante.

Recentemente, dopo l'evento alluvionale del 2010, la Regione Veneto ha stabilito la realizzazione di un invaso artificiale a servizio del torrente Tramigna. L'intervento è finalizzato alla riduzione del rischio idraulico dei territori della provincia di Verona ricadenti nel bacino del fiume Adige interessati dalle piene del torrente Tramigna ed in particolare della città di Soave. Esso consiste principalmente nel completamento delle opere di arginatura e di regolazione in parte già realizzate dal Genio Civile di Verona a seguito degli eventi alluvionali dell'autunno 2010.

Con gli interventi in progetto, insieme alle opere già realizzate o in corso di completamento si vuole realizzare un sistema di difesa idraulica con il quale controllare l'eventuale immissione delle acque del Tramigna nell'area destinata alla realizzazione dell'invaso, facendo in modo che, in condizioni di emergenza, l'invaso delle acque all'interno del bacino costituisca una misura di sicurezza per il territorio adiacente e, come detto, in particolare per la città di Soave.

L'invaso progettato è collocato in località San Lorenzo, alla confluenza del Tramigna con l'Alpone (Fig 3.4). Si tratta di una porzione del territorio compreso tra l'alveo del Tramigna a Ovest, l'alveo dell'Alpone a Sud, un rilevato stradale (via S. Lorenzo) e le pendici del versante collinare ad Est, e l'abitato di Soave sul lato Nord. Essa costituisce un'area altimetricamente depressa rispetto alle zone circostanti che, durante i recenti eventi di piena causa di allagamenti nei comuni di Soave e Monteforte d'Alpone, è stata di fatto occupata dalle acque fuoriuscite dagli alvei per rotte o cedimenti arginali o per sormonto delle difese.

La realizzazione dell'opera prevede l'esecuzione di interventi che consistono nella realizzazione delle opere per la derivazione della portata del Tramigna nell'area di espansione, di quelle occorrenti per il completamento del manufatto per lo svuotamento dell'area stessa e, infine, di quelle necessarie per rialzare le difese idrauliche e/o la conterminazione del bacino di San Lorenzo in alcuni punti critici. Si prevede l'esecuzione di un'opera di presa, di un sfioratore, di una vasca di dissipazione e di un'opera di scarico (in parte esistente) allo scopo di realizzare un bacino di laminazione con volume massimo invasabile di 860.000 m<sup>3</sup>. A supporto

del progetto, la Regione Veneto ha inoltre predisposto, oltre l'esecuzione dei rilievi plano-altimetrici e il piano particellare di esproprio, lo svolgimento delle indagini geologiche, geotecniche e la caratterizzazione dei terreni che sono state affidate alla ditta "Vicenzetto s.r.l." la quale, per le opportune verifiche, ha svolto 10 sondaggi. Tali sondaggi sono stati, messi a disposizione per l'analisi stratigrafica svolta in questa tesi.

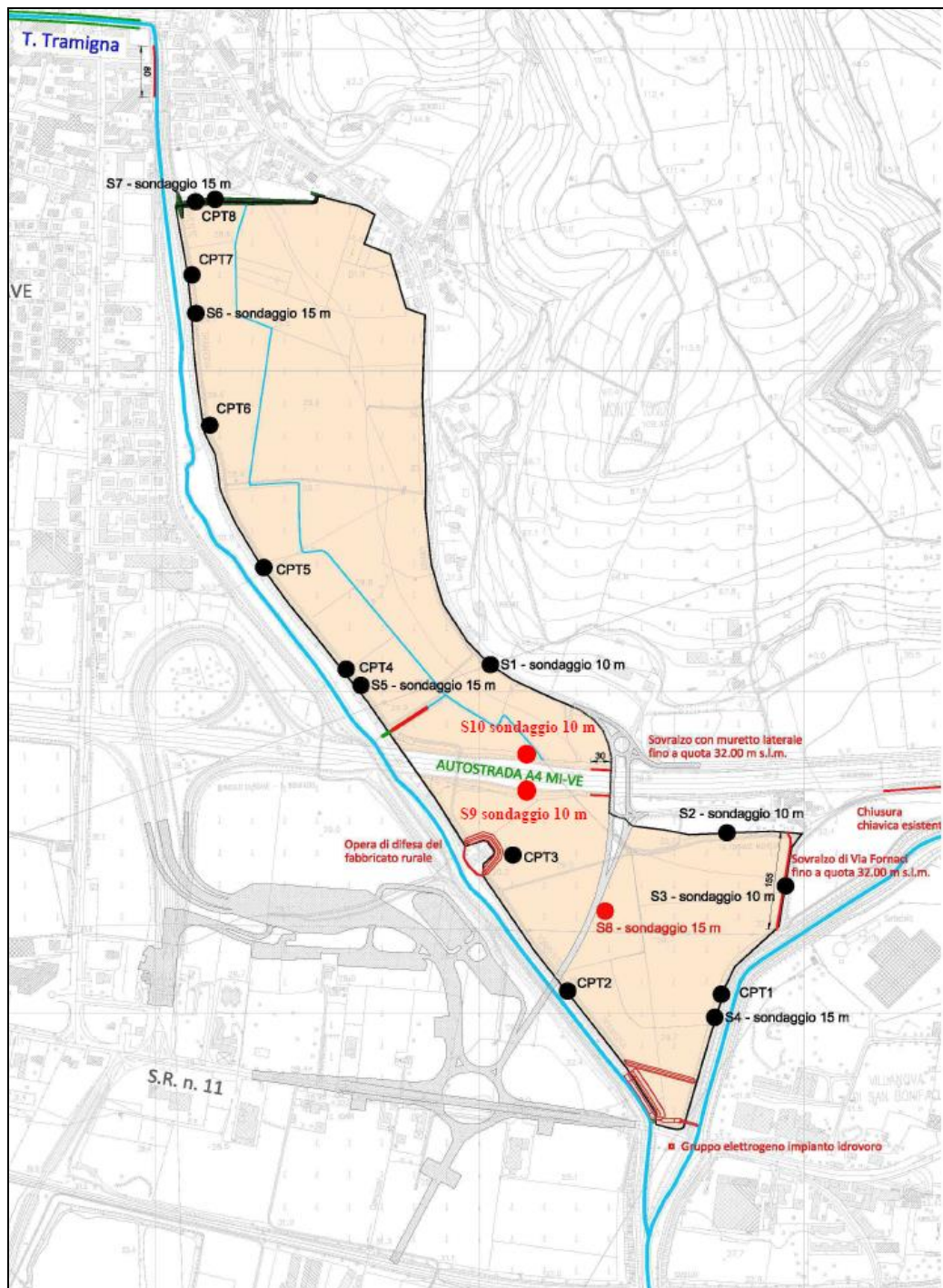


Fig. 3.4: Pianta del bacino di laminazione di S. Lorenzo.

### **3.2. Val d'Alpone**

La Val d'Alpone è l'ultima valle dei Monti Lessini orientali veronesi; essa segna il confine con la Provincia di Vicenza.

In essa, da settentrione verso meridione, sono ubicati i comuni di Vestenanova, San Giovanni Ilarione, Montecchia di Crosara, Roncà e Monteforte d'Alpone; confina ad Est con la Valle del Chiampo, che si trova in territorio vicentino, ad Ovest con la Val Tramigna e la Val d'Illasi e a Sud con l'alta pianura veronese.

La Val d'Alpone eredita il proprio nome dall'omonimo torrente che nasce a 550 m sul livello del mare dalle pendici del monte Purga che si erge presso Bolca (comune di Vestenanova) e, dopo aver attraversato tutta la valle in questione ed il territorio di S. Bonifacio ed Arcole, confluisce nel fiume Adige presso Albaredo d'Adige.

L'Alpone è caratterizzato da un bacino imbrifero con una morfologia articolata ma complessivamente dolce avente un perimetro di circa 60 Km, con un'area di 285 Km<sup>2</sup>. Presenta una disposizione allungata in direzione NNW-SSE per quasi tutto il suo percorso all'interno della valle; subisce un drastico cambiamento di direzione presso la località di Brognoligo-Costalunga, dove la valle si apre verso la pianura antistante, assumendo una direzione NNE-SSW che mantiene pressoché inalterata fino alla confluenza con l'Adige.

Le formazioni presenti nell'area hanno un'età compresa fra il Cretaceo e il Quaternario. Il margine destro (occidentale) del bacino è scavato nei calcari cretacei del M. Pergo (945 m s.l.m.); poi prosegue nelle formazioni terziarie, per lo più basaltiche, che si sviluppano a Sud del M. Purga di Bolca. Litologicamente il bacino è suddiviso in due domini dalla linea di Castelvero. Tale lineamento mette a contatto le formazioni carbonatiche cretache ed eoceniche di Nord-Ovest con i prodotti vulcanici del magmatismo basaltico veneto, di età paleogenica, presenti a Est e a Sud che occupano circa l'80% del territorio in esame (Piccoli, 1989; Barbieri et al., 1981).

Dalla zona di origine fino a circa 375 m. s.l.m. l'Alpone incide profondamente le rocce basaltiche della vallata, risultando così profondamente incassato in esse. Da quote inferiori alla precedente, la valle dell'Alpone procede allargando il suo fondo; da prima lentamente in modo che da S. Giovanni Ilarione fino a Montecchia di Crosara non supera il mezzo chilometro, poi rapidamente all'altezza di Roncà dove

si fonde con le valli dei brevi e numerosi torrenti che scendono dai colli circostanti (Fabiani, 1913). Da qui il letto dell'Alpone inizia a divenire pensile man mano che la valle si allarga, tanto che pensili sono anche i relativi affluenti ivi incontrati. A valle di Montecchia di Crosara si ritiene che le arginature siano determinate più che altro dal forte trasporto solido proveniente da monte e dalle modalità di manutenzione attuate nel passato dalla popolazione. Conseguentemente, allo stato attuale, nell'ambito collinare il corso dell'Alpone scorre rilevato fino a 9 m rispetto alle aree circostanti, il che non può essere spiegabile naturalmente nei tratti di torrente ancora in valle. Infatti gli affluenti del torrente Alpone drenano bacini di piccole dimensioni con tempi di corrivazioni brevi, quindi solo quelli di maggiore sviluppo areale presentano deflussi per tutto l'anno. Gli alvei di tutti questi torrenti sono per lo più asciutti; solo le acque che si raccolgono lungo le valli, incanalate in vari rii, formano tutti una rete che irriga la bassa val d'Alpone per confluire poi in gran parte nell'Aldegà che a sua volta si getta nel Chiampo (che lambisce in direzione ENE-WSW la parte più meridionale della val d'Alpone), il quale sopra S. Bonifacio entra nell'Alpone.

Indiscussa invece è la capacità di produzione di sedimento del bacino del torrente Alpone, proveniente dalle formazioni rocciose presenti nel medesimo, che ha dato modo alla valle di riempirsi. Le potenti successioni basaltiche che caratterizzano la maggior parte della valle producono un'ingente quantità di materiale di alterazione superficiale che presenta un alto grado di erodibilità. La copertura eluviale e colluviale delle rocce vulcaniche costituita da materiale argilloso, spesso presenti sopra o lungo i fianchi di rilievi più o meno acclivi, in condizioni di abbondante precipitazione vengono interessati da intensa denudazione per ruscellamento superficiale a causa della scarsa permeabilità dell'argilla di alterazione. Evidente è infatti la colorazione bruno scura-rossastra della superficie del suolo della zona (color vinaccia), sia in valle che sulla superficie dei rilievi, a testimonianza di una tipica derivazione da alterazione di rocce vulcaniche.

Inoltre, proprio a causa della peculiare origine basaltica dei rilievi che coronano la valle, e a seguito dell'alterazione di queste rocce in portanti coltri di alterazione argillosa, la val d'Alpone è da sempre interessata dallo svilupparsi di fenomeni franosi più o meno intensi. Questo, oltretutto, aggravato dall'intervento antropico recente; una realtà che da cinquant'anni ad oggi si è sviluppata sempre più. Il



grande impulso economico che ha contraddistinto il mercato del vino locale e di conseguenza i forti incentivi alla viticoltura, ha consentito la realizzazione d'ingenti opere di disboscamento e sbancamento di versanti per la messa in posto di colture. I versanti interessati dalla coltivazione divengono così sempre più esposti all'azione dell'acqua che scava nel terreno favorendo l'instabilità del suolo, aggravando di conseguenza lo stato di sicurezza della popolazione ivi presente.

L'abbondanza delle precipitazioni, la predominanza di formazioni impermeabili e il profilo longitudinale molto inclinato rappresentano fattori sfavorevoli non solo per gli eventi franosi ma anche in occasione di piene, come reso evidente dall'evento alluvionale dell'autunno del 2010.

Il fiume Alpone rappresenta una fonte di pericolo che grava su molti centri abitati a valle del bacino e sull'intero intreccio artigianale/industriale, infrastrutturale (autostrada A4 MI-VE, Strada Regionale n. 11, linea ferroviaria MI-VE), e agricolo della zona (con colture altamente specializzate).

Lo stato di sofferenza che si riscontra nell'area trova significative radici storiche già in tempi passati. Per quanto concerne all'area compresa tra i torrenti Alpone e Guà, è sufficiente richiamare il fondamentale studio svolto da Miliani nel 1939 che espone le continue controversie esistenti tra Veronesi e Vicentini sulla opportunità di convogliare le piene del torrente Chiampo nel fiume Guà (ricettore originario) o nel torrente Alpone. Decisioni salienti furono l'attuazione di un partitore delle acque del Chiampo (in grado di assegnare pari portata al Guà ed all'Alpone), decretato dai Provveditori alle Acque della dominante Repubblica Serenissima il 20 aprile 1411 e successivamente, a seguito di una grave rotta, la decisione nel 1515 di dirottare per intero le acque del Chiampo e dell'Aldegà verso l'Alpone. La decisione, pur trovando conferma tuttora per il necessario alleggerimento delle piene del Guà, ha definitivamente penalizzato la situazione del territorio veronese. Di fatto la confluenza delle acque cosiddette vicentine nell'Alpone determinò che a valle si venissero a sommare ben maggiori ostacoli a deflusso dell'Alpone. Ne consegue che oggi gli inevitabili rigurgiti a valle finiscano per avere ripercussioni anche nei tratti a monte. Infatti studi condotti a seguito delle recenti inondazioni hanno potuto evidenziare come sia la sezione di deflusso che la pendenza motrice dei torrenti Alpone e Chiampo si riducono notevolmente nel passaggio dall'ambito collinare a quello di pianura. Di conseguenza il notevole sovraccarico idraulico imposta dalla



confluenza del Chiampo nell'Alpone e il restringimento della sezione dei torrenti a valle, rendendo rilevante il rischio di sormonto degli argini da parte delle piene, con conseguente collasso delle strutture in terra per erosione all'unghia esterna.

La fragilità idraulica che quindi affligge la zona da vari secoli, e anche a fronte dei recenti sviluppi della situazione idraulica nell'ambito pedecollinare dell'intera Lessinia collinare, ha spinto le autorità all'approvazione nella realizzazione della cassa di espansione a servizio del torrente Alpone (Fig. 3.5)..

Il bacino verrà realizzato su una superficie di circa 30 ettari coltivata a vigneto specializzato, posta in destra orografica del torrente Alpone (zona *Colombaretta*). Collocata immediatamente a monte dell'immissione della roggia Vienega, l'area presenta uno sviluppo con asse prevalente est-ovest di circa 1.500 m, a fronte di una larghezza trasversale variabile tra 100 m e 300 m.

Storicamente l'area "Colombaretta" è stata individuata per la sua conformazione idraulica, geologica, altimetrica, pedologica e colturale come sito adeguato per la funzione d'invaso di laminazione delle piene del torrente Alpone. L'importanza rivestita dal progetto è sottolineata anche dal fatto che la zona in esame è stata classificata tra le aree ad alto rischio idrogeologico (classe R1 e R2, ai sensi della legge 3 agosto 1998. n\_267), ed è quindi necessario prevedere interventi di laminazione atti a fronteggiare ondate di piena di forte intensità.

Al riguardo, la valutazione complessiva degli eventi più significativi ha portato alla considerazione che l'evento che determina le situazioni più gravose dal punto di vista generale è quello caratterizzato da una precipitazione della durata di 24 ore.

L'onda di piena di riferimento, prodotta con il modello di trasformazione afflussi – deflussi geomorfoclimatico, per il dimensionamento dei manufatti di gestione delle portate e dei volumi di laminazione è la seguente:

- tempo di ritorno: 100 anni;
- tempo di precipitazione: 24 ore;
- portata al colmo in corrispondenza dell'invaso: 115 m<sup>3</sup>/s;
- portata al colmo in corrispondenza di Monteforte: 135 m<sup>3</sup>/s.

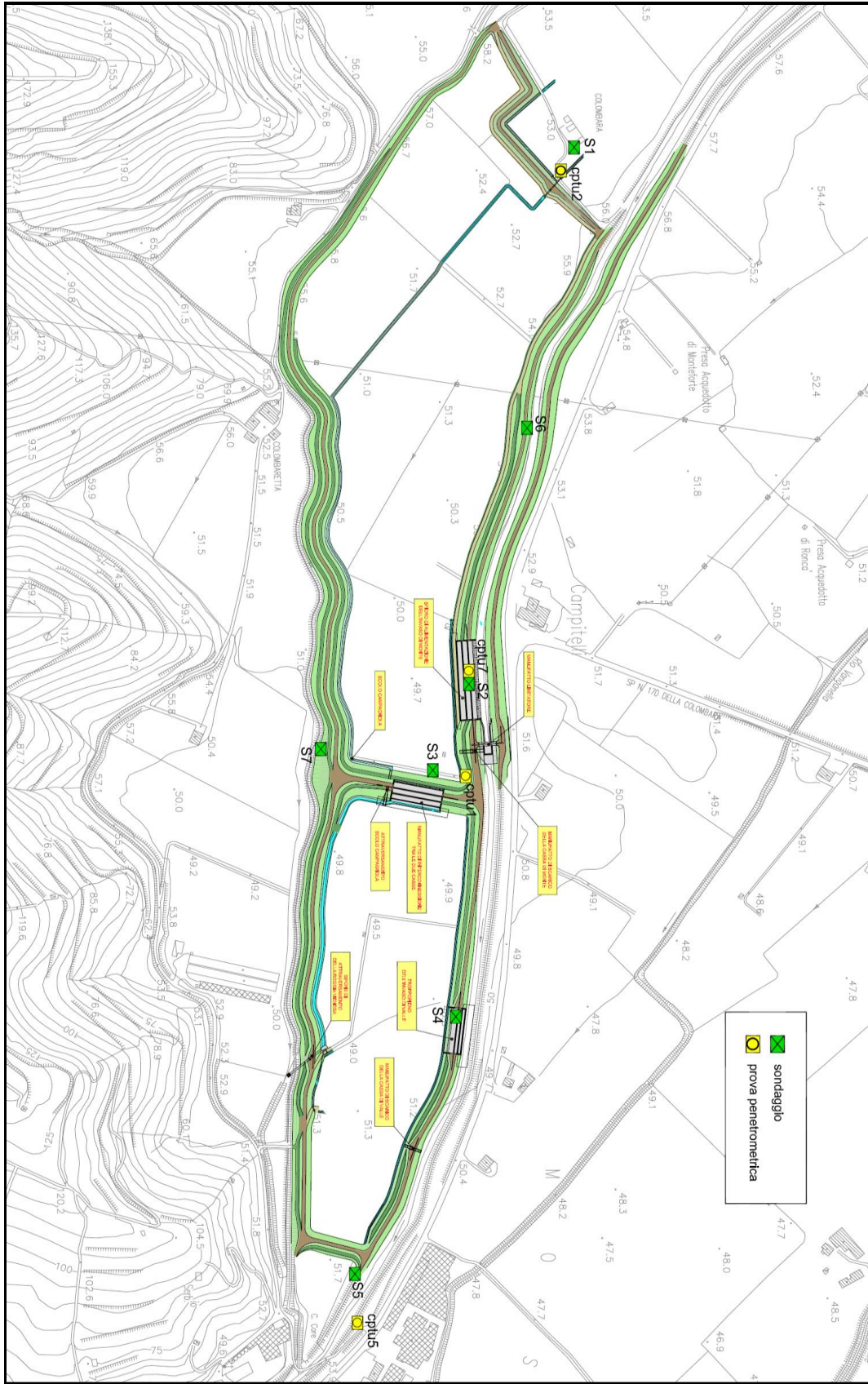
Considerato che la portata limite dell'Alpone a Monteforte è stata definita in circa 80 m<sup>3</sup>/s con franco dell'ordine di 50 cm, la portata massima rilasciata a valle

dell'invaso deve essere contenuta al di sotto del valore limite di  $60 \text{ m}^3/\text{s}$ : ne consegue una portata massima di laminazione pari a  $55 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Stante le caratteristiche pienamente torrentizie dell'Alpone, con onde di piena estremamente rapide e a abbondante trasporto solido di ghiaie e massi, la scelta del dispositivo di limitazione delle portate verso valle è stata orientata per un manufatto a luce centrale funzionante "a fessura" sviluppata sull'intera altezza, anziché a battente. Per ovvi motivi di sicurezza, il manufatto sarà dotato anche di sfioro superiore per il passaggio di eventuali onde di piena anomale. Secondo lo schema classico di queste opere, al manufatto limitatore viene associato uno sfioro laterale avente le funzioni di "deviare" il flusso in eccesso verso l'area costituente l'invaso. L'Invaso è dotato di due casse d'invaso funzionanti "a cascata" separate da arginature, a cui corrispondono volumi di invaso pari  $600.000 \text{ m}^3$  per la prima e  $335.000 \text{ m}^3$  per la seconda.

La cassa di Colombaretta, così progettata, risulta in grado di mettere in sicurezza, rispetto alla piena centenaria il tratto di Alpone, tutto il tratto arginale de medesimo fino alla confluenza in Chiampo con grande beneficio dell'abitato di Monteforte d'Alpone.

Per la realizzazione della suddetta cassa si sono eseguite preliminarmente le dovute indagini di sito tra qui una campagna di prove geotecniche, realizzata dalla ditta Georicerche s.r.l. nei giorni 15-19 Marzo 2013. La campagna di prove è consistita in 7 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, che in un secondo momento sono stati gentilmente messi a disposizione per l'analisi svolta in questa tesi.



**Fig. 3.5:** nell'immagine è rappresentata il progetto semplificato dell'invaso di Montecchia di Crosara.

### **3.3. Val di Chiampo e Agno-Guà**

A confine tra la Provincia di Verona e di Vicenza, si estendono le ultime due valli dell'intero altopiano lessineo: la Val di Chiampo e la Val d'Agno.

Si sviluppano come estese vallate prealpine in direzione prevalente N-S e ricadono all'interno dei confini più occidentali della Provincia di Vicenza. Verso meridione entrambe le valli si gettano nell'alta pianura veneta antistante, caratterizzata in questo settore dall'accumulo di depositi fluvioglaciali e alluvionali dei corsi d'acqua che scendevano dalle valli dell'attuale Chiampo e Guà. Si tratta di materiali grossolani con presenza di ciottoli e talora di massi, immersi in una matrice limoso argillosa variabile in percentuale dal 5% al 20%, individuabile anche sotto forma di intercalazioni lenticolari discontinue. Essi costituiscono i cosiddetti "materassi alluvionali" del Chiampo e del Guà, citati spesso in letteratura, che possono inglobare lenti di argilla di spessore ridotto e distribuzione discontinua. Lo spessore della coltre alluvionale è notevole; per la conoide del Chiampo esso varia da 60 m a 75 m in corrispondenza del centro di Arzignano e fino agli 85-90 metri all'altezza della zona Industriale, mentre per la conoide dell'Agno-Guà gli spessori risultano maggiori superando anche i 100 metri. Nella conoide del Chiampo sono presenti esclusivamente elementi calcarei, calcareodolomitici e basaltici, mentre nella conoide dell'Agno-Guà compaiono anche, sia pur in subordine, elementi filladici e porfirritici, provenienti dal bacino di Recoaro.

#### **TORRENTE CHIAMPO**

Il torrente Chiampo, lungo circa 40 Km dalla zona di origine all'affluenza con il torrente Alpone, nasce dalle pendici del Monte Gramolon (1814 m) e, scendendo verso valle con direzione circa NNW-SSE, attraversa i paesi di Crespadoro, San Pietro Mussolino, Chiampo e Arzignano presso il quale esce dalla valle per gettarsi nell'antistante pianura, condivisa con il torrente Agno-Guà. In questo tratto il fiume inizia ad essere arginato e diviene pensile, soprattutto dopo il paese di Arzignano. Nei pressi di Montebello Vicentino devia bruscamente il proprio tragitto in direzione NE-SW; qui riceve l'apporto del Rio Rodegotto per poi proseguire attraverso il territorio di Gambellara. A monte dell'abitato di San Bonifacio riceve l'apporto del torrente Aldegà, e termina poco più a valle, presso San Bonifacio, con l'immissione delle sue acque nel torrente Alpone.

Il bacino del torrente in questione, avente una superficie di circa 115.7 km<sup>2</sup>, è particolarmente esteso in direzione circa NNO-SSE. È caratterizzato da una morfologia complessivamente dolce che insiste su formazioni rocciose da triassiche a eoceniche. Le diverse formazioni incontrate dal torrente Chiampo comprendono i termini della serie sedimentaria veneta che vanno dal Trias superiore all'Eocene. Sono infatti ben rappresentati la Dolomia principale (Trias sup.) i Calcari Grigi di Noriglio (Lias sup. – medio), nella parte settentrionale della valle; il Biancone (Giurassico sup. – Cretaceo inf.) e la Scaglia Rossa (Cretaceo sup.) nella parte centro-settentrionale; i Calcari Nummulitici (Eocene medio) nella parte centrale.

I versanti della media e bassa vallata sono costituiti quasi interamente da un potente complesso di rocce eruttive basaltiche di età paleocenica- miocenica, sovrastate la Scaglia Rossa, cui s'intercalano i Calcari nummulitici. La notevole diffusione di litotipi sfavorevoli dal punto di vista statico (coltri argillose da alterazione di rocce vulcaniche) e l'entità degli afflussi piovosi conferiscono al territorio un'alta predisposizione ai fenomeni franosi. La vallata del Chiampo è infatti una delle zone a maggior grado di piovosità del Veneto assieme a quelle dell'Agno-Guà. Inoltre, influisce negativamente sulla stabilità di versante anche l'attività estrattiva che viene svolta in numerose cave a cielo aperto su entrambi i fianchi della vallata.

Per quanto riguarda la struttura tettonica del bacino, essa è piuttosto semplice. Nella maggior parte del territorio le varie formazioni rocciose assumono giaciture con deboli e costanti inclinazioni verso lo sbocco della vallata. Solo nella parte settentrionale la situazione è resa più articolata dalla presenza di una piega a ginocchio che conferisce alle formazioni giurassiche inclinazioni notevoli.

### **TORRENTE AGNO-GUÀ**

Per quanto concerne la valle dell'Agno, essa è percorsa in tutti i suoi 30 Km di lunghezza dal torrente Agno. Solo più a valle il torrente abbandona il nome Agno e assume quelli di Guà.

Il torrente Agno-Guà è un fiume che ha origine dal versante meridionale del monte Obante (2072 m), presso il confine fra le province di Vicenza e Trento, ed è alimentato nel suo tronco iniziale da un complesso di torrenti che scendono tutto intorno alla conca di Recoaro sita nelle Piccole Dolomiti. Scorre nell'omonima valle per circa 25 Km fino al paese Tezze di Arzignano. Da Recoaro a Tezze di Arzignano confluiscono nell'Agno numerosi torrenti che recapitano gli apporti di

altrettante valli e vallette laterali con disposizione a pettine e che acquistano importanza per contributi ed estensione a mano a mano che si avvicinano alla pianura. Tra questi vale la pena ricordare i torrenti Arpega e Restena, entrambi affluenti di destra che s'immettono tra Trissino e Tezze di Arzignano. Dalla confluenza con il Restena, l'Agno assume il nome di Guà. Una volta uscito dalla Valle dell'Agno il torrente Guà si allarga nella pianura scorrendo su di una coltre alluvionale di potenza crescente. Proseguendo verso sud, sfiora le pendici occidentali dei Colli Berici. Attraversa quindi l'abitato di Lonigo ed entra in provincia di Verona lambendo S. Stefano di Zimella e Cologna Veneta. Si insinua fra Pressana e Roveredo di Guà verso Montagnana, dove in località Borgo Frassine, entrando in provincia di Padova, prende il nome di Frassine. Infine s'immette nel canale Gorzone, che sfocia nel Brenta a 5 km dal mare Adriatico in prossimità di Brondolo, frazione di Chioggia, scorrendo per un totale di 110 km.

Il bacino idrografico dell'Agno-Guà, chiuso alla sezione di Cal di Guà (67 m s.l.m.), cioè a valle della confluenza del torrente Poscola, ha una superficie di 196 km<sup>2</sup>. È caratterizzato da sviluppato circa in seno NNO-SSE, che insite nella sua porzione più settentrionale su una successione di rocce davvero unica: l'area di Recoaro, ove viene a giorno il basamento cristallino Sudalpino, ricoperto in discordanza dalle formazioni sedimentarie permo-triassiche. La Linea Marana-Piovene, che costituisce il tratto occidentale della flessura pedemontana delle Prealpi Venete, porta alla stessa quota le formazioni permo-triassiche e quelle giurassiche, cretacee e terziarie. Si ha così che l'età delle unità rocciose affioranti è compresa tra il Pre-Permico e l'Oligocene. Inoltre, prodotti eruttivi di due cicli magmatici attraversano o si intercalano ai vari termini della successione: il ciclo medio-triassico, caratterizzato da materiali acidi e basici, e quello "basaltico" paleogenico. Elemento caratteristico di tale successione, presente in tutto l'alveo del torrente Ano-Guà, è la fillade quarzifera, roccia metamorfica molto friabile.

Scendendo a valle, al di sotto della flessura precedentemente citata, la successione delle rocce in valle rispecchia maggiormente la successione tipica dei Lessini orientali. (Dolomia Principale, i Calcari Grigi e Scaglia Rossa fino alle vulcaniti basaltiche paleoceniche-oligoceniche). Si differenziano le propaggini collinari più meridionali, in sinistra idrografica dell'Agno-Guà (Castelgomberto-Montecchio Maggiore), dove alle rocce eruttive si sostituiscono calcari marnosi oligocenici

(Calcari di Castelgomberto), calcari (Calcari di Spilecco), calcari marnosi e marne paleoceniche –eoceniche (Marne di Priabona) con locali intercalazioni di lave.

Una volta attraversata tutta la vale sopra descritta, l'Agno, o più precisamente Guà, si getta nell'alta pianura veneta che, dal punto di vista geomorfologico, presenta un assetto generalmente pianeggiante, abbastanza uniforme ed indifferenziato, degradante dolcemente in direzione Sud. L'area è caratterizzata da forme di accumulo costituite dai depositi fluvio-glaciali e alluvionali dei corsi d'acqua che scendevano dalle valli dell'attuale Chiampo e Guà.

I fiumi Chiampo e Guà, per svariati secoli, furono soggetti ad opere di arginature e regimentazione delle acque che, in primis, furono realizzate per bonificare i territori più a valle e, solo successivamente, per contrastare le innumerevoli tracimazioni alle quali furono sottoposti. Esempio è il bacino di laminazione di Montebello. Realizzato tra il 1926 e il 1927 fra gli argini del Guà sulla sinistra e quelli dal Chiampo sulla destra, in prossimità del centro abitato di Montebello Vicentino, il bacino di Montebello è stato attivato in occasione di oltre 130 piene, dimostrando la sua efficacia nel trattenere una parte delle acque di piena del torrente Guà in modo da garantire la sicurezza di terreni e paesi posti più a valle. Ciò nonostante, in seguito allo stato di sofferenza che ancora affligge il sistema Chiampo – Alpone (evidenziata dai recenti eventi alluvionali del 2010), le autorità competenti hanno deciso di intervenire con nuove opere di regimentazione delle acque. Infatti, il sistema è caratterizzato da condizioni di elevato rischio idraulico che insiste, in modo accentuato, nei pressi del nodo di San Bonifacio (confluenza Chiampo – Alpone, Tramigna – Alpone) dove attualmente, in fase di piena, si provvede ad intervenire manualmente con presidi provvisori delle sommità arginali.

Difronte alla notevole efficacia storica del bacino di laminazione di Montebello, le autorità hanno stabilito di intervenire con l'ampliamento del bacino di Montebello (attualmente ad uso esclusivo del fiume Guà) a servizio del torrente Chiampo. Obiettivo principale dell'intervento è di rendere disponibile un volume di laminazione per il torrente Chiampo tale da lasciar defluire a valle (per eventi con tempo di ritorno uguale o inferiore a 100 anni) una portata al picco di 120 m<sup>3</sup>/s. In tal modo verrebbe alleggerito il carico idraulico del torrente Chiampo che, durante il più gravoso evento, caratterizzato da un tempo di ritorno di 100 anni, possiede una

portata al picco di 300 m<sup>3</sup>/s; portata che pone in un profondo stato di sofferenza idrica l'Alpone (Fig. 3.6).

Il progetto prevede di estendere di 17 ha l'attuale area di invaso di Montebello, sia a nord che a ovest, per un'estensione complessiva di 155 ha. Si prevede di realizzare due casse di espansione separate da un argine avente direzione predominante nord-sud e quota di sommità pari a 66 m s.l.m. Le due casse sono interconnesse attraverso un apposito manufatto, posto nella parte più a sud dell'argine di separazione delle due casse, con la funzione di permettere l'eventuale trasferimento d'acqua dal settore ovest a quello est e viceversa. L'opera di presa sul torrente Chiampo entrerà in funzione a partire da valori delle portate transitanti in alveo pari a 90 m<sup>3</sup>/s.

La Regione del Veneto ha affidato alla Società Vicenzetto S.r.l. di Villa Estense (PD) l'incarico di realizzazione delle indagini geognostiche e di redazione della relazione geologica propedeutiche alla progettazione definitiva degli interventi. In particolare è stata eseguita una prima serie di indagini in sito, realizzando 9 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo (S1, S2, ..., S9) che successivamente sono stati utilizzati per l'analisi stratigrafica compiuta in questa tesi.



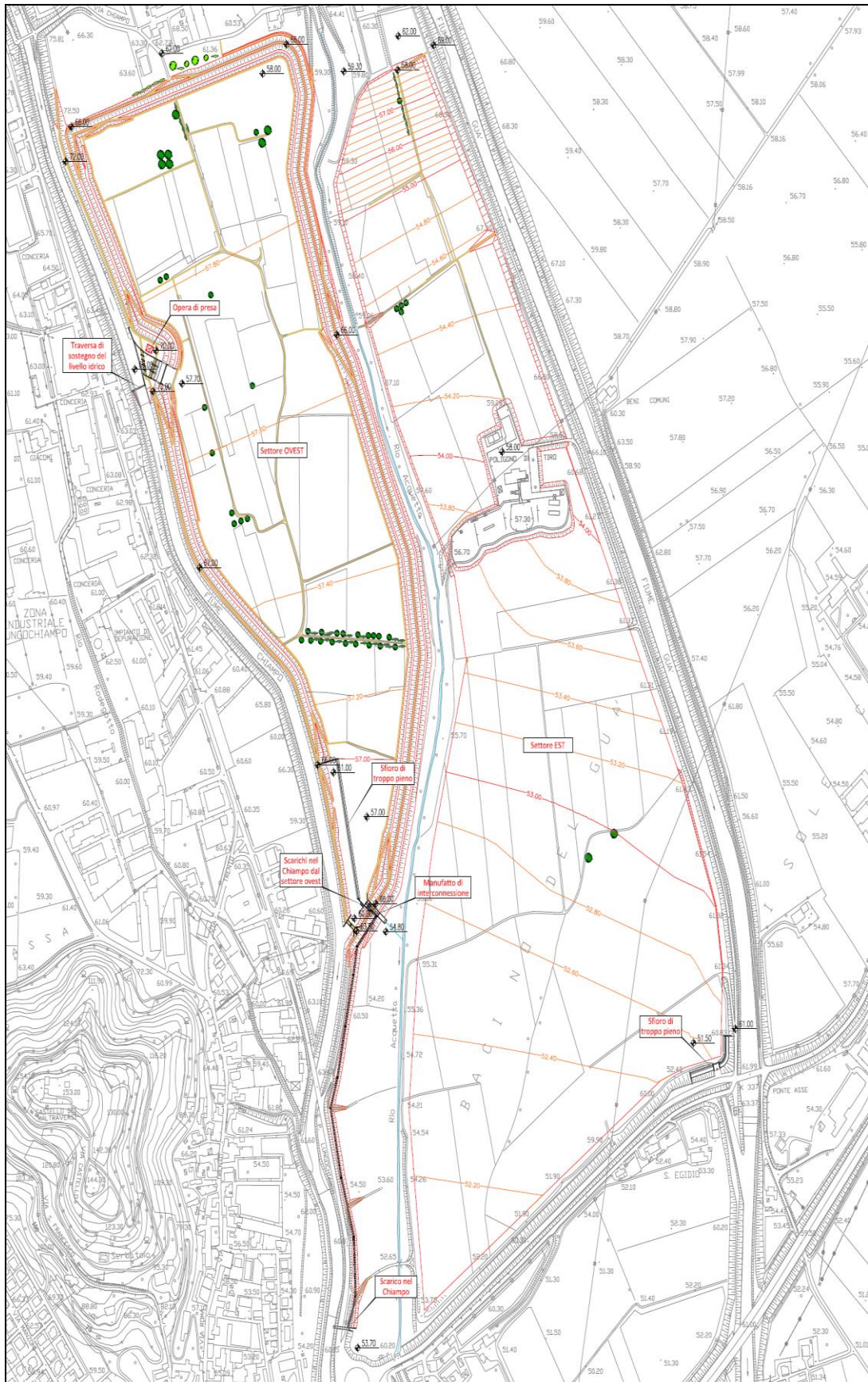


Fig. 3.6: nell'immagine la planimetria della cassa di laminazione di Montebello Vicentino.

### 3.4. Suoli

Le porzioni più meridionali dei bacini in oggetto si sviluppano sulla pianura veneta, nella fascia di contatto tra i depositi uscenti dalle valli dei Lessini e quelli prevalentemente formati dalle alluvioni dell'Adige. Nel caso specifico le valli in questione sono interessate da conoidi e superfici terrazzate dei torrenti prealpini, formatesi da materiali misti (ghiaie e materiali fini), da poco ad estremamente calcarei, che costituiscono l'alta pianura recente (Olocenica). I suoli sono da moderatamente profondi a profondi, ghiaiosi, a differenziazione del profilo da moderata a bassa e a iniziale decarbonatazione.

Nel caso specifico, la val Tramigna, a Sud del centro abitato di Soave, lambisce una porzione di bassa pianura antica (Pleistocenica) di origine fluvioglaciale, risalente quindi all'ultima glaciazione, caratterizzata da sedimenti prevalentemente sabbiosi e incisa successivamente dall'Adige; qui si trovano suoli profondi, a forte differenziazione del profilo con accumulo di argilla in profondità, denominati, secondo la classificazione FAO – ISRIC, come Cutani-Chromic Luvisols. A Sud dell'incisione si sviluppa la bassa pianura recente calcarea (Olocenica) con suoli molto profondi, a differenziazione del profilo da bassa a moderata (Calcari-Fluvic Cambìsois) (ARPAV 2005).

Differente è la situazione per le valli d'Alpone, Chiampo e Agno-Guà dove l'alta pianura recente è in contatto con una porzione di bassa pianura recente originatasi a partire da una coltre di sedimenti fini non calcarei di colore scuro. Questa è stata trasportata dai torrenti prealpini, principalmente l'Agno-Guà-Frassine, e si è sovrapposta ai sedimenti sabbiosi di origine fluvioglaciale dell'Adige. Le caratteristiche di questo materiale, originatosi dall'alterazione di rocce vulcaniche basiche (basalti) presenti nei rilievi a monte, si riflettono sui suoli che sono a tessitura fine, molto scuri e scarsamente calcarei che ricoprono, per uno spessore inferiore a 2 m, i sedimenti pleistocenici dell'Adige. In profondità, quindi, possono essere presenti orizzonti calcici che corrispondono ai suoli sepolti formati su di essi. Le alluvioni dell'Adige affiorano poco ad Ovest della suddetta porzione di pianura, più precisamente a Sud-Est del centro abitato di San Bonifacio senza una particolare evidenza morfologica. Infatti, circoscritta tra i paesi di S. Bonifacio, Arcole, San Stefano-Bonaldo e Veronella, si estende un lembo di pianura antica (Pleistocenica) con modello deposizionale a dossi sabbiosi e piane limoso argillose. In occasione di

una uscita in campagna, presso la località Tombole in S. Bonifacio, più precisamente circa a 1 Km in direzione E rispetto la medesima (coordinate geografiche WGS84: 45°23'36.59'' N; 11°18'32.34'' E), si è descritta una sezione stratigrafica sfruttando uno scavo preesistente effettuato per riordini agrari. Si è inoltre scavato manualmente fino a una profondità di 65 cm e, successivamente, si è proceduto con trivella a mano sino ad una profondità di circa 3,20 m. La descrizione della sezione stratigrafico-pedologica è descritta in Tabella 3.1.

Peculiare è il settore a SO del parte meridionale della val d'Alpone, compreso tra gli abitati di Monteforte d'Alpone e S. Bonifacio, dove l'alta pianura recente si sovrappone direttamente sulla bassa pianura pleistocenica. Tramite il rilevamento di campagna si è potuto osservare come il T. Alpone abbia qui lievemente inciso l'antica bassa pianura e, successivamente, riempito l'incisione con propri sedimenti. L'ipotesi dell'incisione è supportata dall'andamento delle isoipse che testimoniano un lieve dislivello tra il punto di edificazione dell'abbazia di Villanova presso S. Bonifacio e l'attuale alveo del T. Alpone, appurato inoltre con le osservazioni su terreno.

All'interno delle incisioni dei Monti Lessini e alla base dei medesimi si trovano riempimenti vallivi e conoidi formati da depositi fini derivanti da rocce vulcaniche, nel settore orientale, e da rocce sedimentarie nel settore occidentale, che s'interdigitano con l'alta pianura veronese. Nel primo caso si trovano suoli profondi, con poco scheletro, scarsamente calcarei, argillosi, spesso con tendenza a fessurare (*Hypereutric-Fluvis Cambisols, Vertic*) mentre, se il materiale parentale proviene da rocce sedimentarie, i suoli sono estremamente calcarei, moderatamente profondi con un discreto contenuto in scheletro (*Calcaric-Fluvis Cambisols, Endoskeletalic*) nelle parti alte delle valli vicino ai corsi d'acqua, invece molto profondi a tessitura medio-fine e privi di scheletro (*Calcaric-Fluvis Cambisols*) nelle parti distali dei fondovalle (ARPAV 2005).

I rilievi composti dalla serie terziaria del Biancone e Scaglia Rossa presentano suoli da moderatamente profondi a profondi con accumulo illuviale di argilla e caratterizzati da una completa decarbonatazione degli orizzonti superficiali. Differentemente, sui rilievi impostati sulle colate basaltiche dovute al vulcanesimo terziario, alle quote più basse, dove avviene la coltivazione della vite, si sviluppano principalmente suoli molto argillosi e profondi con un orizzonte organico di

notevole spessore (*Cromi-Vetic Luvisol*). Sui versanti più ripidi, a quote maggiori invece, si trovano suoli meno profondi e con una moderata differenziazione del profilo (*Eutric Cambisol*) (ARPAV 2005).

Profondità	Colore	Orizzonte	Sedimento	Descrizione
00 – 18 cm	7.5YR - 4/4	A <sub>p</sub>	12% Argilla 20% Sabbia fine	Arativo. Struttura poliedrica subangolare moderata di dim. 2 cm con comuni radici. Limite inferiore chiaro.
18 – 30 cm	7.5YR – 4/6	B <sub>t</sub>	8% Argilla 70% Sabbia media 250µm	Orizzonte argilloso. L'argilla è di origine pedogenetica. Struttura poliedrica angolare-subangolare di dim. 4 cm ben sviluppata. Presente una struttura secondaria poliedrica-subangolare di dim. 1 cm. Probabile patina di argilla lungo il perimetro degli aggregati. L'orizzonte è attraversato da una tana di diametro 3 cm. Limite inferiore chiaro.
30 – 50 cm	7.5YR – 5/4	B <sub>t</sub> C	2% Argilla 80% Sabbia media 250µm	Struttura poliedrica subangolare di dim. 1-2 cm ma debole (meno strutturata). Patine di argilla (≈ 20%) sulle pareti degli aggregati. Sono presenti ossidi di Fe-Mn soffici di dim. 2 mm in abbondanza 2%. Presenti screziature di dim. 3 mm colore: 7.5YR 6/2 in abbondanza 10%. Presenti screziature di dim 3-4 mm colore: 7.5 YR 5/6 in abbondanza 10%. Limite inferiore graduale su 8 cm.
50 – 85 cm	10YR – 6/3	CB	0% Argilla 80% Sabbia media 300µm	Struttura massiva principalmente. Un 30% presenta una struttura poliedrica subangolare da 2 cm debole. Non sono presenti concrezioni. Un 30% presenta screziature di 7-8 mm colore: 7.5YR 6/4 Gli ultimi 20 cm sono stati eseguiti in trivellata. Intercettata la falda. In questi si riscontra concrezioni in plaghe di 2-3 cm di Fe-Mn. Limite inferiore graduale.
85 – 125 cm		C <sub>k1</sub>	Sabbia fine limosa 125-180µm	Limite inferiore abrupto. Presente un livello di 10 cm con concrezioni di CaCO <sub>3</sub> dure in abbondanza 5% di dim. 3 mm, e soffici in abbondanza 15%
125 – 145 cm		C	Sabbia fine limosa (maggiore contenuto in limo rispetto orizzonte precedente)	Limite inferiore abrupto.
145 – 320 cm	10YR – 5/2		90% Sabbia media ben classata 300-400µm	

**Tabella 3-1:** Descrizione profilo suolo della pianura pleistocenica ad E della località Tombole di S. Bonifacio (coordinate geografiche WGS84: 45°23'36.59" N; 11°18'32.34" E). *Fino a 65 cm la sezione è stata scavata a mano, successivamente si è proceduto con trivella a mano. HCl = 0 fino a 85 cm; 4 in orizzonte Ck1 (85-125 cm); 3 in orizzonte C (125-fine sezione). L'intera sezione dalla base al tetto si presenta come una sequenza fining upward. Il limite della sequenza si pone circa a 3,20 m dove si raggiunge una granulometria di 500µm. Al di sotto si trovano sabbie fine 180µm con limo (30%-40% di limo) alterate (presenza della falda) di colore 2.5Y 5/1. Si presuppone che il limite della falda sia a circa 125 cm di profondità e tra 85 e 125 cm la zona di oscillazione.*

Dato che le ricerche riguardanti la pedologia della zona condotte direttamente sono state solo la descrizione di un profilo pedologico di una trivellata manuale profonda si è deciso di descrivere i risultati all'intero di questo capitolo. In questo modo le nuove informazioni son facilmente confrontabili con quanto noto dagli studi precedenti e non è stato creato un capitolo apposito nei risultati che sarebbe risultato estremamente breve.



## 4. METODI

Nel seguente lavoro di tesi, allo scopo di poter compiere in modo completo la caratterizzazione stratigrafica del tratto terminale delle valli oggetto di studio (Tramigna, Alpone, Agno-Guà), si è proceduto in prima istanza ad una approfondita ricerca bibliografica di quanto già pubblicato inerentemente alle condizioni geomorfologiche, litologiche e strutturali delle zone. Mentre le pubblicazioni a carattere regionale, concernenti alla natura litologica e l'influenza strutturale che ha subito l'intero altopiano dei Lessini, sono molteplici, di fatto si è riscontrata una certa difficoltà nel pervenire ad informazioni di maggior dettaglio relativamente alle condizioni delle singole valli dell'altopiano lessineo, specialmente nell'ambito dei Lessini orientali dove sono ubicate le valli in questione. Di fondamentale importanza si è rivelato comunque lo studio pubblicato da Sorbini et al., 1984 che ha indagato le condizioni geologiche e geomorfologiche di una porzione della pianura a Sud-Est di Verona. Tale lavoro ha compreso solo in parte la porzione di pianura tratta nel seguente lavoro di tesi, ma di certo ha fornito indicazioni utili sulla dinamica fluviale dell'Adige, circa il periodo LGM – post LGM, divulgando specifiche informazioni riguardanti la formazione del livello fondamentale della pianura veronese, interessata dal conoide del fiume Adige. Di conseguenza, essendo la porzione meridionale delle valli oggetto di studio in diretto contatto con l'alta pianura veronese, il lavoro pubblicato da Sorbini et al. ha di fatto posto le basi concrete per una possibile correlazione delle valli lessinee con l'evoluzione del megafan alluvionale dell'Adige, che certamente con la sua estensione, ha interagito con i torrenti che scendevano dalle valli lessinee e di conseguenza condizionato il riempimento di quest'ultime.

Compiuta la ricerca bibliografica, e raccolti i dati in essa contenuti, si è proseguito con un'attenta valutazione della situazione geomorfologica attuale della porzione di pianura a meridione delle valli già citate. Tramite l'ausilio di tecniche indirette come il telerilevamento e analisi di microrilievo, si sono raccolti una serie di dati che hanno permesso di giungere alla realizzazione della carta geomorfologica semplificata della pianura tra Soave e Montebello Vicentino. Non solo, l'osservazione dei dati raccolti da telerilevamento e analisi di microrilievo ha offerto indicazioni utili per la pianificazione del rilevamento in campagna, svolto

per poter appurare di persona, ove possibile, quanto visto ed analizzato con le tecniche indirette precedenti.

Di assoluta e fondamentale importanza è stata la possibilità di poter visionare i molteplici sondaggi geognostici, per gentile concessione della Direzione Difesa del Suolo della Regione Veneto, compiuti per la realizzazione dei progetti definitivi dei bacini di laminazione ad uso dei torrenti che percorrono le valli in questione, brevemente descritte nel capitolo precedente. I sondaggi osservati, descritti e campionati in svariate uscite presso i siti di deposito dei medesimi, in un periodo compreso tra Maggio-Novembre 2013, hanno permesso l'analisi stratigrafica della successione di sedimenti presenti in valle e di compiere le opportune correlazioni stratigrafiche tra le valli vicine e la pianura veneta antistante. Inoltre, con le opere di campionamento, sono stati raccolti numerosi campioni dai carotaggi, a profondità e in punti ritenuti significativi, allo scopo di poterli sottoporre a datazione col radiocarbonio.

I risultati così raccolti sono stati successivamente elaborati per le opportune interpretazioni e alla fine raccolti nei seguenti capitoli.



#### **4.1. Telerilevamento**

È stato redatto sulla base dei dati ottenuti dalla fotointerpretazione delle coperture aerofotografiche zenitali disponibili per l'area considerata, implementato con l'analisi d'immagini satellitari. La visuale più ampia fornita da queste ultime, infatti, ha permesso di raccordare e correlare fra loro le tracce riconosciute in dettaglio nelle foto aeree. Sono state analizzate ed interpretate le seguenti serie di foto aeree e immagini satellitari:

- Volo GAI 1954 – bianco/nero; scala media 1:31.000
- Volo Reven 1987 – colori; scala media 1:20.000
- LANDSAT 7 – SPOT 5 (dal portale earth.google.com e bing.map.com).

Consistono in una composizione a falsi colori quasi nelle bande del visibile, saltuariamente con infrarosso vicino. Infatti le immagini sono visualizzabili ma non è nota la combinazione di bande utilizzata. Viene mostrata invece la data di ripresa.

È stata posta particolare attenzione al riconoscimento di unità geomorfologiche relazionate all'attiva deposizionale – erosiva dell'Adige nel settore più meridionale dell'area di indagine, nonché alla individuazione di unità geomorfologiche relazionate all'attività dei sistemi torrentizi maggiori. Il riconoscimento di queste ha permesso loro discriminazione spaziale dal contesto geomorfologico nel quale sono inserite, che è stato necessario per la loro successiva rappresentazione nella carta geomorfologica semplificata della pianura tra Soave e Montebello Vicentino.

#### **4.2. Microrilievo topografico**

A causa del basso rilievo dell'area di studio e, spesso, della notevole antropizzazione ed edificazione delle superfici, si è proceduto ad una attenta analisi del microrilievo topografico realizzato per la pianura veneta.

La realizzazione del microrilievo topografico è avvenuta grazie a una convenzione, per la realizzazione di un modello altimetrico della pianura veneta, stabilita da il Dipartimento di Geografia “G. Morandini” e l'Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto ARPAV. Prima fase fu il tracciamento delle isoipse con equidistanza 1 m, interpolando manualmente i punti quotati della CTR alla scala 1:10.000 della Regione Veneto. Nell'elaborazione sono

stati considerati solo i punti che si riferivano al terreno "naturale", evitando invece o correggendo quelli posti su manufatti come strade, piazzali, abitazioni. Le misure riferite agli argini fluviali e lagunari, ai rilevati stradali e ai ponti sono state scartate e si sono anche analizzati con attenzione i punti riferiti a luoghi in cui, dalle conoscenze pregresse, si sapeva che erano stati effettuati importanti interventi come spianamenti, riporti o livellamenti. A questa prima stesura è seguito poi un confronto con i dati ottenuti dalla fotointerpretazione e dal rilevamento di campagna; si sono così effettuate alcune correzioni che hanno reso il microrilievo più aderente alla realtà. Durante il rilevamento si è posta particolare attenzione nel cartografare i bordi dei terrazzi fluviali, che normalmente non si riesce a rappresentare in modo corretto attraverso una carta del microrilievo a causa della distribuzione casuale e della scarsa densità dei punti quotati presenti nella CTR.

Le isoipse sono state poi digitalizzate e si è proceduto alla loro elaborazione tramite il Sistema Informativo Geografico IDRISI<sup>®</sup> per ottenere un modello digitale del terreno (DTM). Il dato lineare della curva di livello è stato interpolato per ottenere un dato areale; un piano quotato con informazioni a intervalli regolari. Su questo è stata elaborata una rete a maglia triangolare irregolare (TIN) attraverso la triangolazione Delaunay. L'elaborazione, avvenuta scegliendo l'algoritmo d'interpolazione TIN del software GIS Idris 15<sup>TM</sup> Andes edition, ha prodotto 5 DTM a risoluzione 5, qui utilizzato, 10 e 20 m. Questo ha consentito un'analisi tridimensionale della topografia che si è rivelata di grande aiuto nel riconoscimento di alcune forme naturali, nell'analisi della loro disposizione spaziale, nonché nella comprensione dei rapporti esistenti fra le varie unità geomorfologiche.

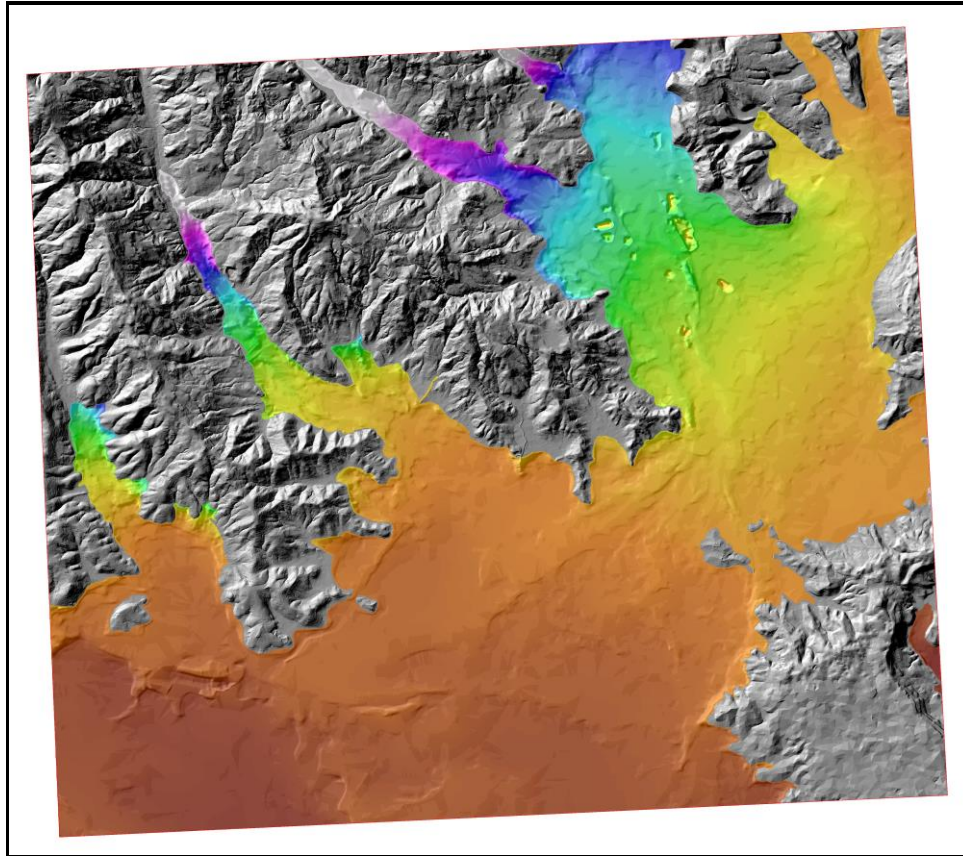


Fig. 4.1: DTM dell'area di indagine, sovrapposta in trasparenza a *hillshading* con lumeggiamento.

### 4.3. Sondaggi geognostici

Come già accennato in precedenza, di fondamentale importanza si è rivelata l'osservazione e la descrizione di carotaggi che hanno permesso di delineare la successione stratigrafica delle valli d'interesse, nonché di poter effettuare le correlazioni stratigrafiche tra le valli e la pianura veneta antistante.

In particolar modo, in accordo con la Direzione Difesa del Suolo della Regione Veneto, si è avuta la possibilità di poter analizzare i sondaggi geognostici eseguiti per la realizzazione del progetto definito delle casse di espansione ad uso dei torrenti Tramigna, Alpone, Chiampo-Agno-Guà.

Nel dettaglio, si è avuto accesso a:

- n. 7 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo (denominati MTC-S1, MTC-S2, MTC-S3, MTC-S4, MTC-S5, MTC-S6, MTC-S7) effettuati dalla Ditta "Georicerche s.r.l." ed eseguiti a supporto del progetto di realizzazione di un opera d'invaso sul Torrente Alpone, in località "Colombaretta", nel Comune di Montecchia di Crosara (VR) . I lavori di carotaggio sono iniziati in data 26 febbraio

2013 e si sono conclusi in data 24 aprile 2013. Le carote sono state deposte dalla Ditta in apposite cassette catalogatrici di p.v.c. contenenti ognuna 5 m di carotaggio e trasportate presso il magazzino della Protezione Civile di Monteforte d'Alpone. Qui, ove le cassette sono state riposte, per cortese autorizzazione della Ditta medesima e del responsabile della Protezione Civile di Monteforte, le cassette catalogatrici sono state riaperte dallo scrivente e, con il supporto del Relatore o del dott. Sandro Rossato, sono state debitamente nominate con la sigla "MTC (MonTecchia di Crosara)", pulite dallo strato superficiale di alterazione, fotografate, descritte e campionate.

- n. 10 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo (denominate VTR-S1, VTR-S2, VTR-S3, VTR-S4, VTR-S5, VTR-S6, VTR-S7, VTR-S8, VTR-S9, VTR-S10) effettuati dalla Ditta "Vicenzetto s.r.l." nell'area interessata dalla progettazione definitiva del bacino di laminazione del torrente Tramigna in località S. Lorenzo nel comune di Soave (VR), nel periodo Febbraio-Marzo 2013. I sondaggi sono stati riposti dagli operatori in cassette catalogatrici di p.v.c. contenenti ognuna 5 m di carotaggio e trasportate presso il magazzino di Villa Estense (PD), di proprietà della Ditta ove, su cortese permesso della medesima, sono state riaperte dallo scrivente e, con il supporto del Relatore o del dott. Sandro Rossato, debitamente nominate con la sigla "VTR (Val TRamigna)", pulite dallo strato superficiale di alterazione, fotografate, descritte e campionate.

- n. 9 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo (MTB 1, MTB 2, MTB 3, MTB 4, MTB 5, MTB 6, MTB 7, MTB 8, MTB 9) realizzati dalla medesima Ditta "Vicenzetto s.r.l." nell'area interessata dalla progettazione definitiva dell'espansione e miglioramento del bacino di laminazione presso Montebello Vicentino ad uso del torrente Chiampo, Agno-Guà, nel periodo aprile maggio 2013. I sondaggi sono stati riposti dagli operatori in cassette catalogatrici di p.v.c. contenenti ognuna 5 m di carotaggio e trasportate presso il magazzino di Villa Estense (PD), di proprietà della Ditta ove, su cortese permesso della medesima, sono state riaperte dallo scrivente e, con il supporto del Relatore o del dott. Sandro Rossato, sono state debitamente nominate "MTB (MonTeBello)", pulite dallo strato superficiale di alterazione, fotografate, descritte e campionate come descritto ora.

## DESCRIZIONE STRATIGRAFICA E SEDIMENTOLOGICA

Inizialmente si è proceduto alla pulizia delle carote utilizzando palette da stucco allo scopo di poter togliere i primi centimetri di sedimento alterato, con l'obiettivo di raggiungere la zona centrale della carota non ancora soggetta ad alterazione per esposizione all'aria. La scelta dell'ausilio di palette da stucco per la pulizia della carote, e non del classico e più comune filo in acciaio armonico, deriva dal fatto che i sondaggi sono stati conservati in magazzini senza opportuna protezione dalle intemperie del momento, favorendo il processo di indurimento della carote per disseccamento delle argille. Inoltre i sondaggi sono stati analizzati in un tempo successivo rispetto alla loro estrazione dal suolo, dando così modo ad esse di seccarsi. Di conseguenza, il filo in acciaio armonico non sarebbe risultato idoneo all'asportazione del primo strato d'alterazione. Successivamente, si sono scattate le fotografie che, in prima istanza sono state eseguite sull'intera cassetta catalogatrice e poi ad ogni metro, scattando una foto ogni 30 cm circa.

Consegue la descrizione della carota, la quale è stata eseguita prima in dettaglio, cercando di procedere per intervalli che sembravano avere caratteristiche omologhe, e successivamente si è proceduto a fare un resoconto generale dell'intero sondaggio, corredando la descrizione con il disegno a mano delle stratigrafie nel quale venivano ed essere evidenziate tutte le caratteristiche riportate anche nella descrizione. Tra le varie proprietà descritte si ricordano la tessitura, il colore, la struttura, la consistenza, il grado di consolidazione, l'effervescenza, le geometrie sedimentarie, gli orizzonti pedologici, il contenuto paleontologico animale e vegetale. Inerentemente la stima percentuale delle diverse categorie di sedimento riconosciute durante l'analisi del sondaggio, come il riconoscimento della presenza di limo o argilla, essa è stata condotta attraverso la manipolazione dei sedimenti inumiditi (plasticità, adesività) (Sanesi, 1977; Cremashi & Rodolfi, 1987).

L'effervescenza, che serve a rivelare i tenori di carbonati presenti nel sedimento, è stata distinta in quattro gradi di effervescenza ed è stata valutata con l'utilizzo dell'Acido Cloridrico (HCl) diluito al 10% e misurata sugli intervalli stratigrafici che si sono riconosciuti in fase di descrizione.

Per quanto concerne i colori dei sedimenti, essi sono stati stimati solo dove l'avanzato stato di ossidazione ancora lo permetteva, con l'ausilio dell'apposita tavola cromatica di riferimento prodotta dalla Munsell Color Company (1996). Per

la descrizione di questa proprietà sono stati considerati sedimenti umidi osservati alla luce non diretta del sole, quando presente.

Oltre a queste proprietà fisiche sono state descritte, quando possibile, le percentuali di abbondanza, le dimensioni e i colori di eventuali elementi pedologici quali screziature, noduli di ossidi, concrezioni carbonatiche e patine. Si sono poi descritti i resti vegetali e paleontologici, generalmente rappresentati da frammenti di gusci di gasteropodi esclusivamente continentali.

Per quanto riguarda i campionamenti eseguiti, essi sono stati raccolti laddove nel carotaggio si presentava un intervallo di sedimento organico, o sufficientemente ricco in materia organica, allo scopo di poterlo sottoporre a datazione col radiocarbonio. Solo in un secondo momento, di tutti i campioni raccolti e adeguatamente conservati, si è scelto quali destinare a datazione presso il laboratorio *Ion Bean Laboratory* dell'EHT di Zurigo (Svizzera) con l'obbiettivo di inserire all'interno della scala temporale l'evento significativo individuato dalla descrizione.

Una volta raccolti tutti questi dati, si è proceduto alla trascrizione delle descrizioni e alla rielaborazione del disegno dei log stratigrafici con l'ausilio del software Adobe Illustrator CS5; si sono realizzati i log stratigrafici con colonnine di 5 m e, al termine di tutto, si è creato il log stratigrafico complessivo del carotaggio.

Si ritiene ora indispensabile precisare che tale procedimento di analisi dei sondaggi non è stato possibile applicarlo a tutte le carote qui riportate. Ci si riferisce al caso specifico ai sondaggi di Montebello Vicentino (MTB) e Soave (VTR).

Per i carotaggi di Montebello Vicentino, le modalità di descrizione rispecchiano quelle già discusse in precedenza solo per un numero relativamente ristretto di carote. Di fatto le caratteristiche proprie delle medesime (costituite in stragrande maggioranza da ghiaia) e le cattive condizioni metereologiche del giorno prescelto per l'analisi delle suddette (si ricorda che le carote erano all'aperto senza possibilità di protezione) ha indotto la scelta di aprire comunque tutte le cassette catalogatrici e di operare con una descrizione dettagliata solo per quelle che, a primo sguardo, sembravano possedere orizzonti interessanti, lasciando alle rimanenti solo una descrizione veloce, spesso desunta da quanto già descritto all'interno della relazione geologica redatta per il progetto definitivo del bacino di laminazione.

Lo stesso vale per alcuni sondaggi di Soave (VTR). Essendo carotaggi relativamente superficiali e situati ai margini più meridionali della valle, si è deciso di eseguire un'analisi dettagliata solo per quelli più interni (VTR1; da VTR5 a VTR10), lasciando ai rimanenti una descrizione veloce, spesso desunta dalla relazione geologica. In fine, si è oltremodo deciso di non considerare tali carotaggi in fase di correlazione tra le valli e l'Adige, in quanto la relativa superficialità di tali sondaggi rispetto a quelli di Montecchia di Crosara e Montebello, di certo non avrebbe restituito correlazioni interessanti.

#### **4.4. Rilevamento su terreno**

Allo scopo di verificare di persona alcuni elementi dedotti da interpretazione con telerilevamento e analisi del microrilievo si è deciso di procedere con rilevamento su terreno. Principalmente si è voluto prendere atto della potente incisione che il fiume Adige ha scavato nell'antica pianura pleistocenica. Di fatto questa scarpata si sviluppa per un tratto con direzione E-W a Sud della località Villabella, presso Soave (VR), con peculiari curvature riconducibili alle anse del fiume Adige, per poi deviare bruscamente in direzione N-S a Sud dell'abitato di San Bonifacio. Di conseguenza la prima tappa della giornata è stato l'abitato di Villabella. Qui, oltre ad aver constatato di persona quanto la pianura pleistocenica sia stata incisa dal fiume Adige, ovvero sicuramente più di 2 metri, si è osservato la superficie presente al di sotto della scarpa, appartenente alla attuale piana di divagazione dell'Adige (detta anche pianura recente) avvalendoci di alcuni solchi scavati per la coltivazione di viti.

Lasciata la località di Villabella, successiva tappa dell'escursione è stata la pianura pleistocenica che si sviluppa, con forma quasi rettangolare allungata in direzione N-S, a Sud-Est del centro abitato di S. Bonifacio, circoscritta tra i paesi di S. Bonifacio, Arcole, San Stefano-Bonaldo e Veronella. Presso la località Tombole in S. Bonifacio, più precisamente circa a 1 Km in direzione E rispetto la medesima (coordinate geografiche: 45°23'36.59" N; 11°18'32.34" E), si è scelto, dato la presenza di attività di scortico dei primi centimetri della coltre superficiale del suolo, di approfittare di una sezione già scavata sulla pianura pleistocenica allo scopo di analizzarne lo sviluppo verticale. I dati di quanto raccolto sono già stati discussi nel precedente capitolo "Arre di Studio".

Nel pomeriggio ci si è recati direttamente presso le vasche di laminazione di Montecchia di Crosara e di Montebello per constatare su terreno, con foto dei sondaggi alla mano, la possibile evoluzione stratigrafica delle zone prese in esame. Le osservazioni raccolte nel pomeriggio sono riportate nei sotto-capitoli "interpretazione e correlazione geologica" relativi ai capitoli dei rispettivi sondaggi.



#### **4.5. Datazioni al radiocarbonio**

Per lo svolgimento di questo lavoro di tesi si sono rivelate fondamentali alcune datazioni con la tecnica AMS del metodo del radiocarbonio, condotte su 4 campioni prelevati dai carotaggi di Montecchia di Crosara (MTC). Tali analisi sono state condotte dal laboratorio Ion Beam Laboratory dell'ETH (Swiss Federal Institute of Technology; [www.eth.ch](http://www.eth.ch)) dal gruppo della Dr. Irka Hajdas. Anche se non si è partecipato direttamente alle analisi, sulla base del rapporto fornito dal laboratorio, vengono descritte le conoscenze fondamentali che stanno alla base del metodo del radiocarbonio e una breve descrizione delle tecniche connesse alle analisi e alle procedure di calibrazione delle datazioni.

La datazione con il metodo del radiocarbonio è stata sviluppata negli anni '40 del XX secolo da Libby (Libby et al., 1949) e da quel momento ha straordinariamente arricchito la conoscenza e la comprensione della cronologia degli eventi riguardanti gli studi paleoambientali e archeologici. La determinazione dell'età si basa sul decadimento radioattivo del  $^{14}\text{C}$  contenuto in un campione rispetto al tempo, considerando un tempo di dimezzamento ( $T_{1/2}$ ) pari a  $5730\pm 40$  anni.

La misurazione convenzionale tramite conteggio indiretto è stata gradualmente sostituita dallo sviluppo della tecnica della spettrometria di massa accelerata (Accelerated Mass Spectrometry, AMS). Questa consente tempi di misurazione molto più rapidi e l'utilizzo di campioni di dimensioni molto ridotte. Dall'inizio dell'utilizzo di tale tecnica si sono sviluppate numerose altre applicazioni che hanno portato ad un conseguente notevole sviluppo della datazione  $^{14}\text{C}$ .

Le discipline delle geoscienze legate allo studio del Quaternario sono sicuramente tra i settori in cui le datazioni con il radiocarbonio sono fondamentali (Hajdas, 2006). Attualmente il limite di utilizzo del  $^{14}\text{C}$  raggiunge i 50.000 anni da oggi e comprende quindi un periodo di tempo in cui la Terra ha subito importanti variazioni climatiche e paleoambientali, in particolare il LGM e l'Olocene che possono essere quindi datati in dettaglio.

### 4.5.1. Età radiocarbonio convenzionale

La datazione con il radiocarbonio è stata sviluppata originariamente a seguito dello studio della radiazione cosmica. All'epoca venne anche scoperto che le interazioni dei raggi cosmici con l'atmosfera esterna generano la produzione di neutroni termici che, bombardando l'azoto presente, causano la formazione di atomi di  $^{14}\text{C}$ . A causa del miscelamento e della circolazione atmosferica, si può assumere un'egual concentrazione di  $^{14}\text{C}$  nell'atmosfera. L'elevato tasso di scambio che avviene con la biosfera fa sì che il  $^{14}\text{C}$  sia incorporato all'interno del ciclo vitale. Il carbonio, infatti, viene continuamente riciclato attraverso il ciclo del carbonio, prima tramite la fotosintesi e poi attraverso la catena alimentare.

Questo sistema circolare chiuso consente uno stato costante tra decadimento e arricchimento di  $^{14}\text{C}$  in tutti i composti organici e inorganici del carbonio. Comunque, appena l'organismo muore, esso si pone al di fuori del ciclo del carbonio e rimane attivo solo il processo di decadimento.

Quindi l'età radiocarbonio viene calcolata in accordo con la legge del decadimento radioattivo:

$$A = A_0 \cdot \exp^{-\lambda T} \quad (2.1)$$

$$\Leftrightarrow T = -8033 \cdot \ln(A/A_0) \quad (2.2)$$

Dove T corrisponde all'età radiocarbonio, lambda la costante di decadimento, A la misura dell'attività del  $^{14}\text{C}$ ,  $A_0$  è l'attività iniziale in  $t_0$ ,  $T_{1/2} = 5568$  yr (tempo di dimezzamento di Libby) e  $T_{1/2}/\ln(2) = 8033$ .

All'inizio del metodo Libby assunse un contenuto atmosferico del  $^{14}\text{C}$  costante nel tempo, ma poi si è scoperto che esso ha subito importanti cambiamenti nel corso del tempo a causa di variazioni dell'attività solare, immissioni da parte di eruzioni vulcaniche e, più recentemente, alterazioni legate alle immissioni inquinanti umane. Inoltre, si deve anche considerare che il frazionamento isotopico che avviene per vari processi chimici e fisici all'interno di organismi e di ecosistemi può complicare il processo di datazione. Infatti, per esempio, la fotosintesi l'arricchimento in isotopi

stabili più leggeri del carbonio,  $^{12}\text{C}$ , rispetto a quelli pesanti,  $^{13}\text{C}$ , che, di conseguenza, è meno favorevole ad inglobare  $^{14}\text{C}$ .

#### **4.5.2. Trattamento dei campioni e metodologia AMS**

In laboratorio i campioni sono stati prima osservati al microscopio ottico al fine di rimuovere gli eventuali macro contaminanti presenti. Successivamente è stato condotto il trattamento chimico di rimozione delle contaminazioni del campione sottoponendo il materiale selezionato ad attacchi chimici alternati acido-alcalino-acido. Il materiale estratto è stato poi convertito in anidride carbonica mediante acidificazione, e quindi in grafite mediante riduzione.

La sigla AMS è l'acronimo di Accelerated Mass Spectrometer e misura il rapporto tra  $^{14}\text{C}$  e  $^{12}\text{C}$  basandosi sulla differente massa posseduta dai diversi isotopi. I campioni che vengono misurati hanno un peso di circa 1 mg e, quindi, sono notevolmente più ridotti di quelli necessari alla misurazione del  $^{14}\text{C}$  con la tecnica standard della scintillazione fluida. Nel 1977 Muller si accorse per primo che accoppiando un acceleratore ad uno spettrometro di massa poteva essere la soluzione per individuare isotopi con abbondanza molto limitata ( $^{14}\text{C}$ ). Infatti, il maggior problema nel conteggio degli atomi di  $^{14}\text{C}$  in un campione è l'abbondanza molto bassa del radiocarbonio, come anche la presenza di interferenze isobariche e molecolari quali ad esempio  $^{14}\text{N}_2$ ,  $^{12}\text{CH}_2$  and  $^{13}\text{CH}$ . Quindi, il principio di funzionamento dell'AMS si basa sulla selettività potenziata e sulla specificità attraverso la produzione di ioni con elevate energie cinetiche, seguito dall'eliminazione dell'interferenza molecolare che viene effettuata prima del conteggio finale dei singoli ioni.

Dal 2007 presso il laboratorio ETH Ion Beam di Zurigo è attivo un sistema definito MICADAS (Mini Radiocarbon Dating System). Tale strumento segue il principio di funzionamento dell'AMS.

### **4.5.3. Limitazioni del metodo del radiocarbonio e calibrazione dei risultati**

La produzione di isotopi cosmogenici è dominata dalla modulazione del flusso dei raggi cosmici e, fondamentale, dal vento solare. Variazioni climatiche come gradi di frazionamento differente generano una distribuzione casuale del  $^{14}\text{C}$  all'interno della biosfera. Ad esempio le eruzioni vulcaniche producono  $\text{CO}_2$  e diluiscono quindi il contenuto atmosferico del  $^{14}\text{C}$ . Le recenti attività umane hanno poi completamente alterato le piccole variazioni nella produzione di  $^{14}\text{C}$ . Infatti, l'aumento dell'uso di combustibili fossili iniziato con la rivoluzione industriale alla fine del XIX secolo ha significativamente diminuito il rapporto atmosferico del  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ . I test nucleari successivi alla seconda Guerra Mondiale hanno condotto ad una vera esplosione di vari isotopi in atmosfera, incluso il  $^{14}\text{C}$ , creando il cosiddetto "bomb-peak". Quindi, a seguito di tutte le motivazioni sopra descritte, l'equazione 2.2 è utilizzata per il calcolo della cosiddetta età radiocarbonio, che deve poi essere convertita in età calendario vera dopo le operazioni di calibrazione.

A causa delle variazioni di concentrazione di  $^{14}\text{C}$  atmosferico, la scala temporale  $^{14}\text{C}$  non corrisponde alla scala temporale in anni calendario. La procedura di calibrazione permette quindi di convertire le età radiocarbonio in età calendario utilizzando la curva di calibrazione del  $^{14}\text{C}$ , che viene periodicamente aggiornata e copre l'intero periodo compreso tra 50.000 anni fa e oggi. Tutte le calibrazioni effettuate in questa tesi sono state condotte utilizzando Oxcal v4.2.3 e la curva di calibrazione IntCal13 (Reimer et al., 2013).

## 5. ANALISI DEL MICRORILIEVO E TELERILEVAMENTO

Essendo la zona di indagine un'area che comprende una vasta superficie di bassa pianura e alcuni settori intravallivi, l'analisi geomorfologica del tratto terminale delle valli Tramigna, Alpone e Chiampo-Agno è iniziata dallo studio non solo di quanto già raccolto e pubblicato in passato, ma pure dalla ricerca di informazioni derivanti dall'applicazione di tecniche indirette, che considerassero l'intera superficie da indagare. Sono così stati effettuati principalmente lo studio del microrilievo e il telerilevamento, dal cui incrocio sono state trovate superfici di interesse geomorfologico e grazie al quale è stato possibile evidenziare le zone più interessanti in cui eventualmente concentrare maggiormente le indagini di campagna.

### 5.1. *Modello digitale del terreno (DTM)*

Poiché le ricerche bibliografiche sulla geomorfologia avevano restituito scarsi risultati in questo settore (Monti Lessini orientali) e nell'esigenza di dover raccogliere informazioni geomorfologiche distribuite sulla superficie dell'area di indagine, in primo luogo si è scelto di dare uno attento sguardo al microrilievo della Regio Veneto, opportunamente digitalizzato ed elaborato allo scopo di ottenere il DTM usato nelle seguenti ricerche. La scelta di utilizzare come primo metodo tale strumento risiede nel fatto che l'analisi del microrilievo è una metodologia oramai normalmente utilizzata negli studi geomorfologici in pianura, in quanto esso aiuta ad individuare i processi geomorfici che l'hanno rimodellata. Nel nostro caso, ciò si rende ancor più utile poiché la densa urbanizzazione della pianura e l'intesa coltivazione del suolo (coltivazione di vigneti), sia in valle che in pianura, non permette una facile osservazione della superficie tramite metodi più classici, come la fotointerpretazione di ortofoto o immagini telerilevate.

Esso è inoltre un importante strumento nella valutazione del rischio idraulico. Ricordando che difatti l'avvio di tale studio geomorfologico e stratigrafico deriva principalmente da quanto accaduto a seguito dell'alluvione dell'ottobre-novembre

2010, il microrilievo digitalizzato, in tal contesto, diviene un utile strumento nell'individuazione di zone di basso topografico, che rappresentano in genere aree a maggiore rischio idraulico. Inoltre la conoscenza generale dell'altimetria permette di prevedere il percorso nonché le eventuali aree interessate dalle acque derivanti da possibili rotte fluviali e tracimazioni da fiumi e canali.

Per le analisi geomorfologiche utili a questa tesi, dell'intero DTM della bassa pianura veneta si è estrapolato soltanto quella porzione necessaria a ricoprire l'intera estensione delle valli oggetto di studio, più una lauta porzione di pianura antistante le valli. Successivamente, tramite l'utilizzo del software ArcGis, versione 10.2 (di proprietà ESRI), il DTM è stato opportunamente modificato per il raggiungimento dei nostri obiettivi: è stata scelta una scala cromatica e una estensione di tipo "massimo-minimo", tali da poter meglio enfatizzare le strutture geomorfologiche presenti, soprattutto laddove esiste un basso gradiente topografico, come nel caso della bassa pianura veronese antistante le valli.

È stato così possibile rendere principalmente evidente un improvviso salto delle quote nel settore posto a sud-ovest del DEM analizzato, preso l'abitato di Villabella. Tale variazione di quota mette in luce l'esistenza di due superfici poste a diversi metri di dislivello tra loro, separate da un orlo di terrazzo irregolare. È con sufficiente certezza, infatti, che ciò che è stato descritto, sia associato all'incisione tardoglaciale dell'Adige avvenuta sulla pianura pleistocenica del megafan del medesimo fiume sviluppatosi in età LGM. Tale incisione ha lasciato, difatti, tracce ben distinguibili in settori più occidentali rispetto alla zona di indagine, ben descritte in bibliografia che, se ricondotte sino a questo settore, sono assolutamente in linea e quindi probabilmente coeve a quest'ultime. Inoltre, tale terrazzo dal bordo irregolare continua anche dopo l'abitato di San Bonifacio in direzione circa N-S. Diviene quindi possibile distinguere la pianura pleistocenica dalla pianura olocenica, posta a quote inferiori e confinata nei settori più sudoccidentali rispetto alle valli in questione.

Spingendo ora l'analisi del DEM verso i settori più nordorientali, tale strumento non sembra mettere in luce nulla di rilevante ai fini dell'individuazione di unità geomorfologiche significative. L'andamento delle quote, evidenziato nel DEM da una progressiva discesa dei colori dalle porzioni più settentrionali delle valli verso meridione, mette in evidenza solamente come la superficie dei tali settori siano

dolcemente progradante verso Sud, Sud-Est. In ultima, tali superfici si raccordano dolcemente (senza evidenza superficiale) con la pianura avantistante che mantiene la medesima progradazione verso meridione in direzione, stavolta, Sud-Ovest.

## **5.2. Analisi delle variabili topografiche**

Al fine di localizzare le principali unità geomorfologiche presenti nell'area e nell'obiettivo di generare prodotti cartografici di utile utilizzo per molteplici scopi, è stata condotta un'analisi preliminare del DTM, come precedentemente descritto, applicando inoltre le funzionalità di analisi territoriale messe a disposizione del software ArcGIS 10.2. Si è potuto realizzare in tal modo il modello delle ombre (Hillshade), il modello delle pendenze (Slope).

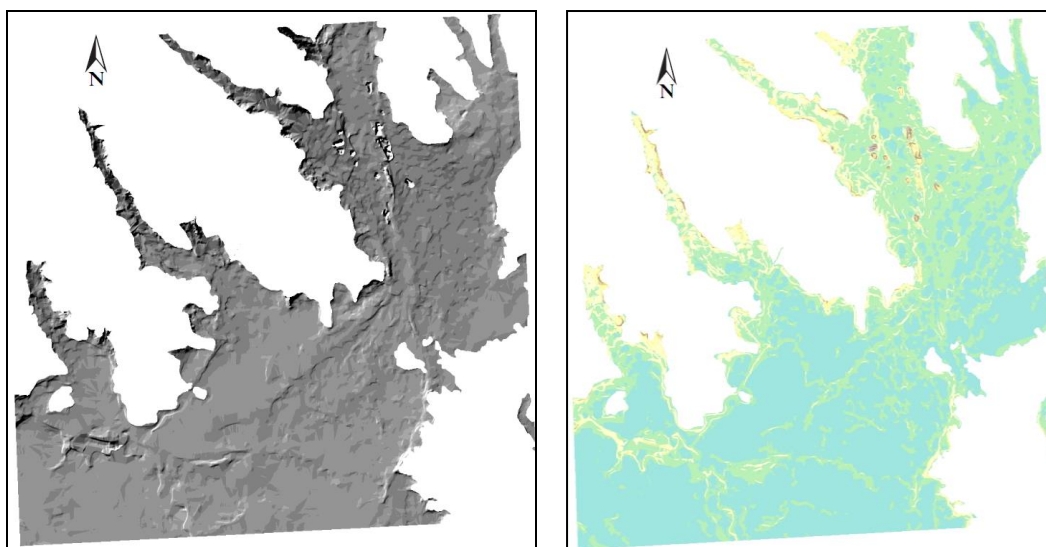
Il modello delle ombre (hillshade) permette di determinare un'ipotetica illuminazione di una superficie in base all'altezza del sole sull'orizzonte (Fig. 5.1). Permette di "leggere" meglio la morfologia del terreno e anche di rilevare eventuali errori nel modello del terreno da cui deriva. Esso diviene importante per evidenziare le differenze topografiche fra differenti zone. Difatti con tale modello si è potuto delineare con maggiore chiarezza la presenza ed estensione l'incisione del fiume Adige già menzionata precedentemente.

La tecnica si basa sul differente grado di riflessione di superfici con inclinazioni variabili rispetto ad una stessa fonte di illuminazione puntiforme e a distanza infinita. La scelta di realizzare tale modello cade nella duplice utilità di:

- Permettere una ottima resa estetica della rappresentazione cartografica della topografia;
- Evidenziano efficacemente le strutture topografiche, anche in funzione della direzione ed inclinazione della fonte luminosa adottata.

Il risultato è stato un dato raster in grado di simulare la tridimensionalità del terreno che risulta molto utile per la restituzione di mappe, come poi è stato nella realizzazione della "*carta geomorfologica semplificata della pianura tra Soave e Montebello Vicentino scala 1:50.000*", presente in allegato, o la interpretazione di fenomeni come ad esempio la localizzazione dei fronti di terrazzi, scarpate, frane ecc.

Il modello delle pendenze (slope), invece, rappresenta l'acclività del terreno misurata in percentuale (Fig. 5.1). La classificazione riportata nella carta delle pendenze, presente in “*carta geomorfologica semplificata della pianura tra Soave e Montebello Vicentino scala 1:50.000*” in allegato, consente di classificare e interpretare il territorio dal punto di vista della pendenza dei versanti. Per la redazione della carta dell'acclività dei versanti si è utilizzato una procedura software in grado di ricostruire la pendenza dei versanti come dati di uscita, considerando come dati di ingresso la distribuzione delle quote rappresentata dal DTM. Il risultato ottenuto è stato successivamente migliorato allo scopo di adattare meglio il modello prodotto alle condizioni topografiche di pianura. Si è scelta infatti una rappresentazione a 15 classi con scala cromatica a rapida variazione fin dapi primi valori. Ciò ha consentito di evidenziare le variazioni di pendenza minori in superfici che presentano pendenza modesta, come nel settore di pianura considerato, occupata da depositi alluvionali pleistocenici-olocenici e terrazzati, rappresentata interamente dalla classe di acclività 1, 2 e 3.

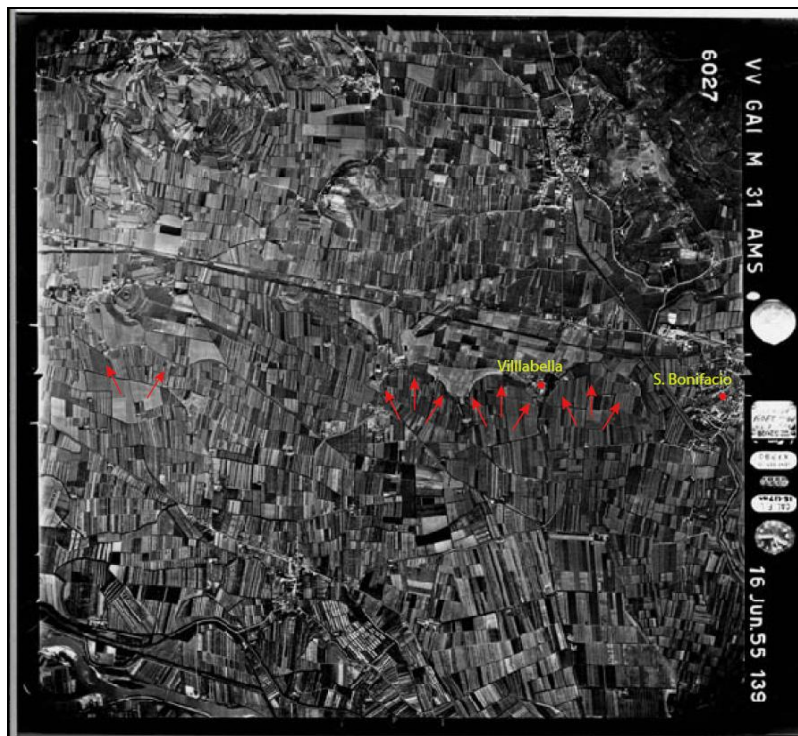


**Fig. 5.1:** Nelle immagini sono rappresentati il modello delle ombre (Hillshade) a sinistra, e delle pendenze (Slope) a destra, inseriti nella carta geomorfologica semplificata in allegato alla relazione.



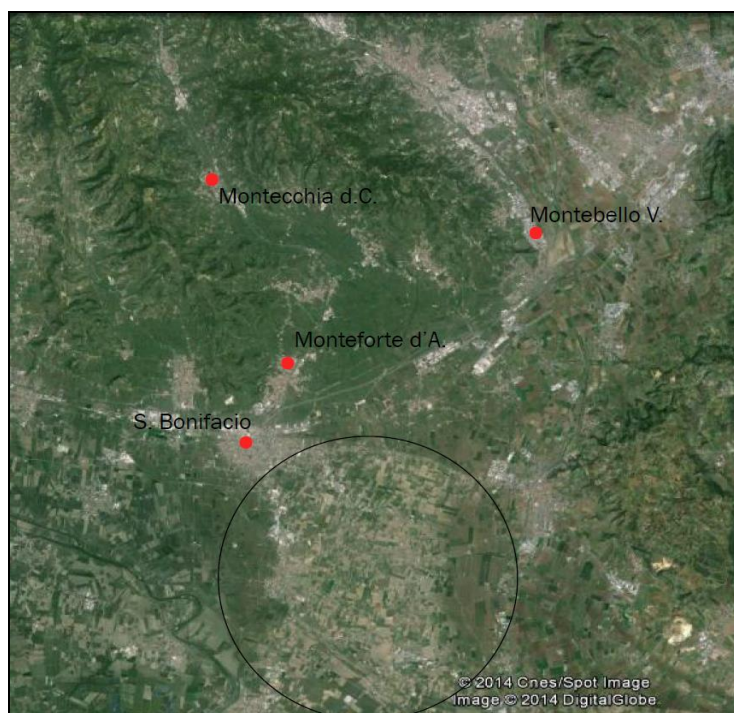
### 5.3. Fotointerpretazione

Nel processo di fotointerpretazione, l'analisi delle foto aeree Volo GAI 1954, e come semplice supporto a colori le foto del Volo Raven 1987, ha permesso di mettere in luce quanto prima non era stato riconosciuto guardando in prima analisi le immagini satellitari Landsat dal portale earth.google.com. La visione delle foto ha coperto l'intera superficie delle valli oggetto di studio, nonché del settore di pianura prospiciente, ma solo nel settore più meridionale è stato in effetti trovato qualcosa che con altri mezzi non era stato messo in sufficiente chiarezza. Difatti tale foto aeree hanno permesso di scorgere, nelle superfici coltivate in prossimità dell'abitato di Villabella, un elemento di disconnessione ad andamento curvilineo, sviluppato in direzione E-W, quasi a ricordare l'impronta lasciata da possibili paleomeandri (Fig. 5.2). Successivamente, si è proceduto ad individuare tale lineamento anche nelle immagini satellitare dove, anche se molto blandamente, ne confermano l'attuale presenza. Inoltre grazie alle molteplici informazioni che il portale earth.google.com fornisce, come ad esempio la quota della superficie (DEM ottenuto da SRTM), è stato possibile mettere in luce come tale lineamento demarchi effettivamente una discontinuità verticale; dalla quota media di circa 25 m s.l.m. sopra tale discontinuità, repentinamente si scende, poco sotto la discontinuità, ad



**Fig. 5.2:** Foto aerea Volo GAI 1954. Con le frecce rosse è indicato la discontinuità in superficie di cui al testo.

una quota media di circa 20 m s.l.m. Di conseguenza, constatato che effettivamente esiste un dislivello topografico, si è proceduto a rintracciare tale discontinuità anche nel microrilievo, dove è stata effettivamente trovata, confermandone il carattere di discontinuità verticale. In seguito è stata interpretata come appartenente all'incisione del paleo-Adige. Grazie alle foto aeree è stato così possibile individuare una porzione di superficie di pianura pleistocenica appartenente al megafan dell'Adige, creatasi durante l'ultimo massimo glaciale. Tale porzione di pianura inoltre non è descritta in alcun studio pregresso sulla zona. Difatti neanche lo studio più recente della carta dei suoli realizzata per la Regione Veneto alla scala 1:250.000 (ARPAV 2005) mette in evidenza tale superficie, della quale se ne è dimostrata la reale esistenza. Tale superficie è di certo correlabile con quella più estesa posta poco più ad Est, evidenziata sia nella carta dei suoli precedentemente menzionata, sia ben individuabile anche nell'analisi delle immagini satellitari. Difatti il forte colore rossastro-bruno della componente basaltica, e le condizioni di maggiore umidità delle superficie limoso-argillose generate dai sistemi Alpone, Chiampo e Agno-Guà si contrappongono ai toni giallastri e più chiari propri della superficie pleistocenica (Fig. 5.3). Questa è costituita da depositi dell'Adige con tessitura limoso-sabbiosa ed è in genere più asciutta.



**Fig. 5.3:** Immagine satellitare Landsat (Google Earth). Nel cerchio la superficie pleistocenica dell'Adige in netta risalto con la circostante pianura.

## 6. DESCRIZIONE CAROTAGGI STRATIGRAFICI

### 6.1. Val Tramigna

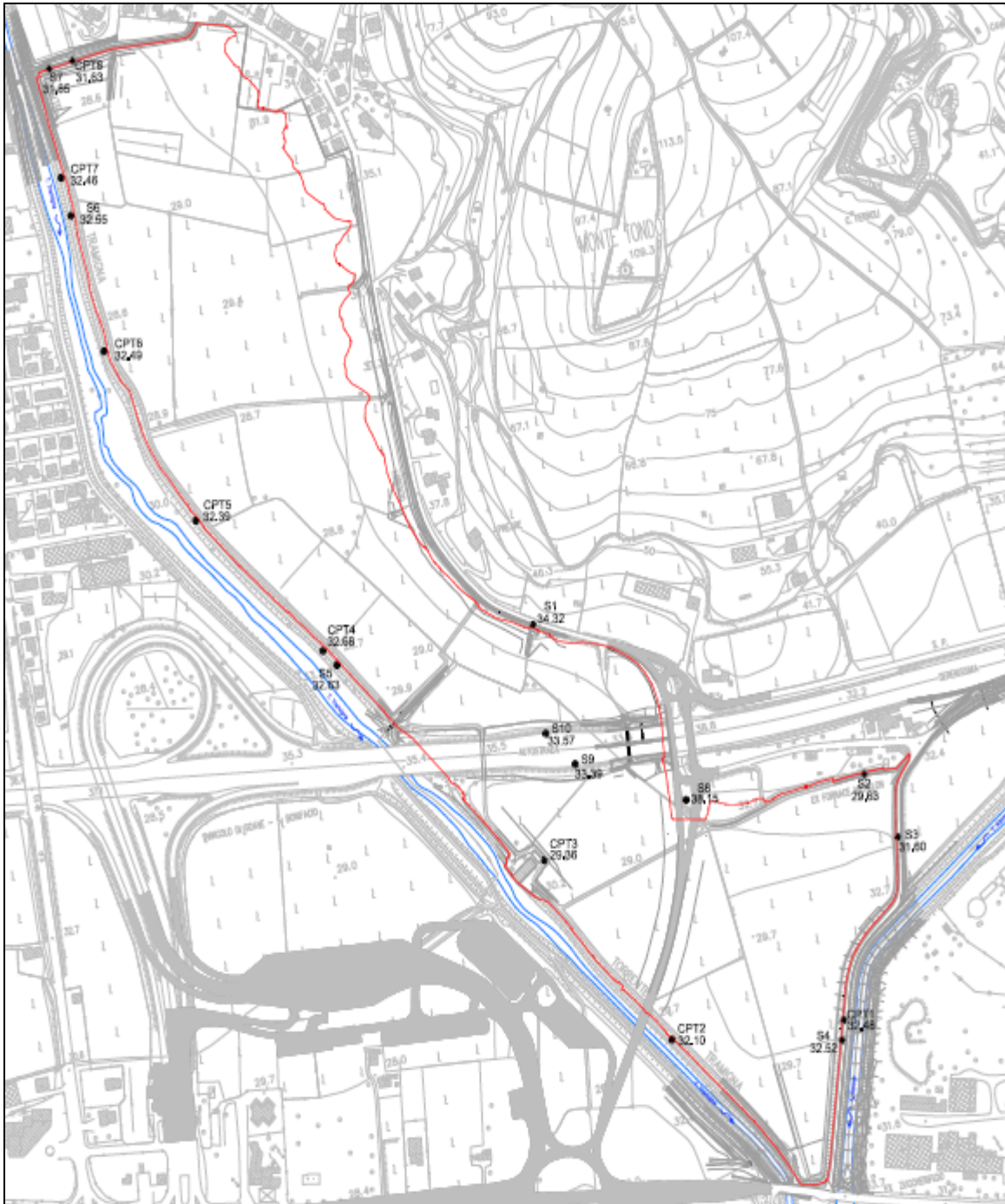
Per gentile concessione della Regione Veneto – Direzione Difesa del Suolo, è stata effettuata un'indagine geologica – stratigrafica sui seguenti sondaggi effettuati per la realizzazione del progetto di realizzazione dell'opera d'invaso a servizio del Torrente Tramigna, in località San Lorenzo, nel Comune di Soave (VR). I lavori di carotaggio, eseguiti dalla Ditta "Vicenzetto s.r.l.", si sono svolti nei mesi di febbraio-marzo 2013. Secondo quanto previsto nel programma di indagini redatto dai progettisti, sono stati realizzati 10 sondaggi geotecnici (VTR-S1, VTR-S2, VTR-S3,... VTR-S10) a carotaggio continuo di profondità massima 15 metri dal punto di sondaggio, ad eccezione del sondaggio VTR-S2, posti sopra i rilevati stradali arginali.

La perforazione a carotaggio continuo nei terreni sciolti è stata eseguita utilizzando il carotiere semplice con avanzamento a secco per non dilavare le frazioni fini. I tratti in roccia (sondaggi S2 – S1) sono stati perforati con doppio carotiere T6 munito di corona diamantata. Al termine della perforazione tutti i fori di sondaggio, non interessati dalla posa di strumentazione, sono stati riempiti con miscela cementizia e inerte.

Di seguito, in Tabella 6-1, si riportano le coordinate WGS84 dei punti di sondaggio, con la profondità raggiunta e la planimetria con l'ubicazione dei sondaggi (fig. 6.1).

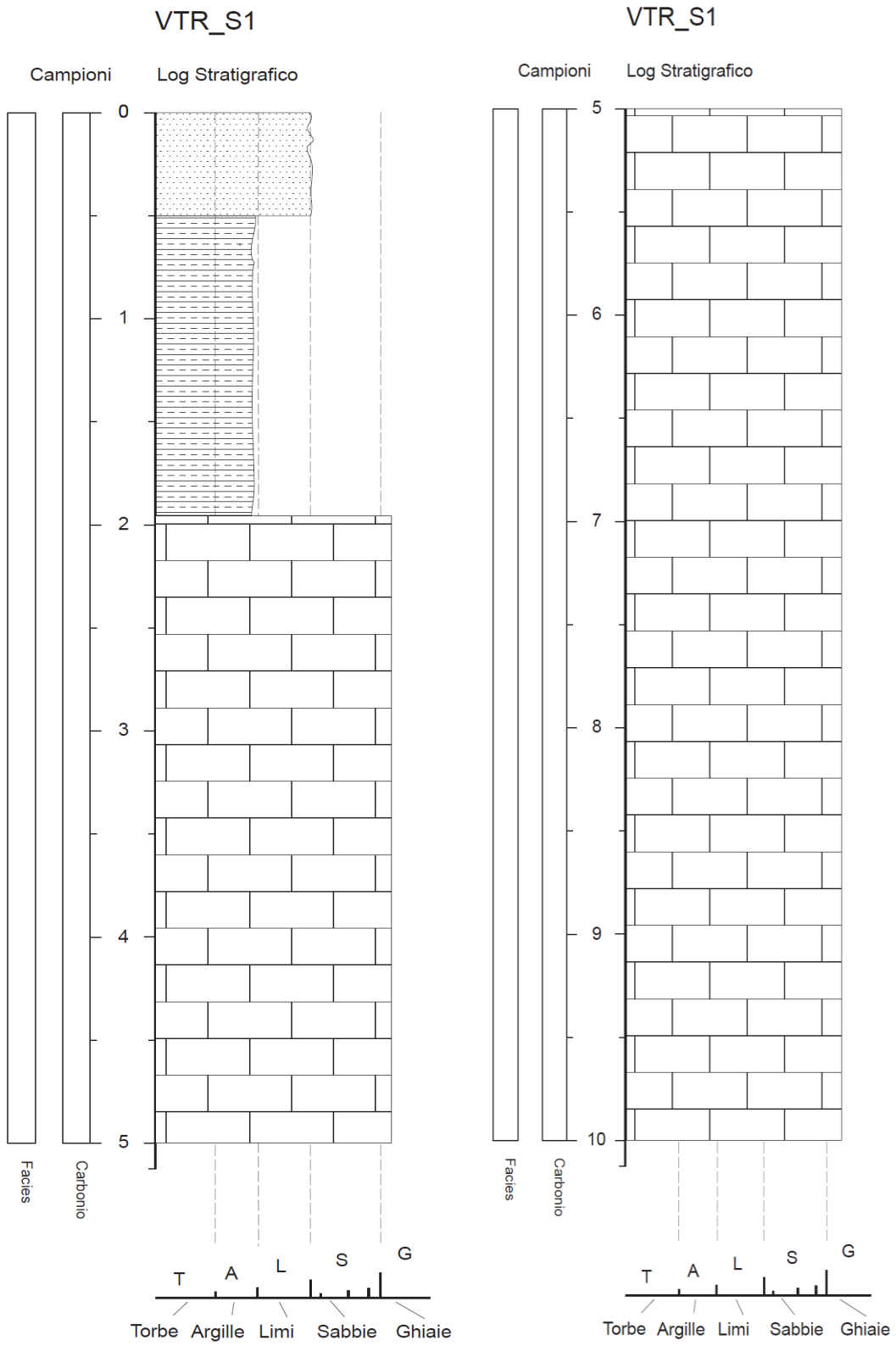
Sigla	N	E	Profondità	Ubicazione
VTR_S1	45° 24,615'	11° 15,354'	10 m	Banchina SP 58
VTR_S2	45° 24,477'	11° 15,647'	10 m	Piano campagna
VTR_S3	45° 24,436'	11° 15,666'	10 m	Sommità arginale
VTR_S4	45° 24,316'	11° 15,575'	15 m	Sommità arginale
VTR_S5	45° 24,615'	11° 15,162'	15 m	Sommità arginale
VTR_S6	45° 24,928'	11° 14,986'	15 m	Sommità arginale
VTR_S7	45° 25,021'	11° 14,989'	15 m	Sommità arginale
VTR_S8	45° 24,490'	11° 15,475'	15 m	Rilevato SP 58 dir
VTR_S9	45° 24'31,36"	11° 15'22,19"	10 m	Rilevato A4 - sud
VTR_S10	45° 24'32,72"	11° 15'20,82"	10 m	Rilevato A 4 - nord

**Tabella 6-1:** tabella rappresentante le coordinate (WGS84) dei punti di sondaggio e relative profondità.



**Fig. 6.1:** Planimetria dei sondaggi. In rosa l'area interessata dall'invaso; in nero i sondaggi geognostici; in blu il tratto del t. Tramigna (Vicenzetto s.r.l.).

### 6.1.1. Carotaggio VTR 1

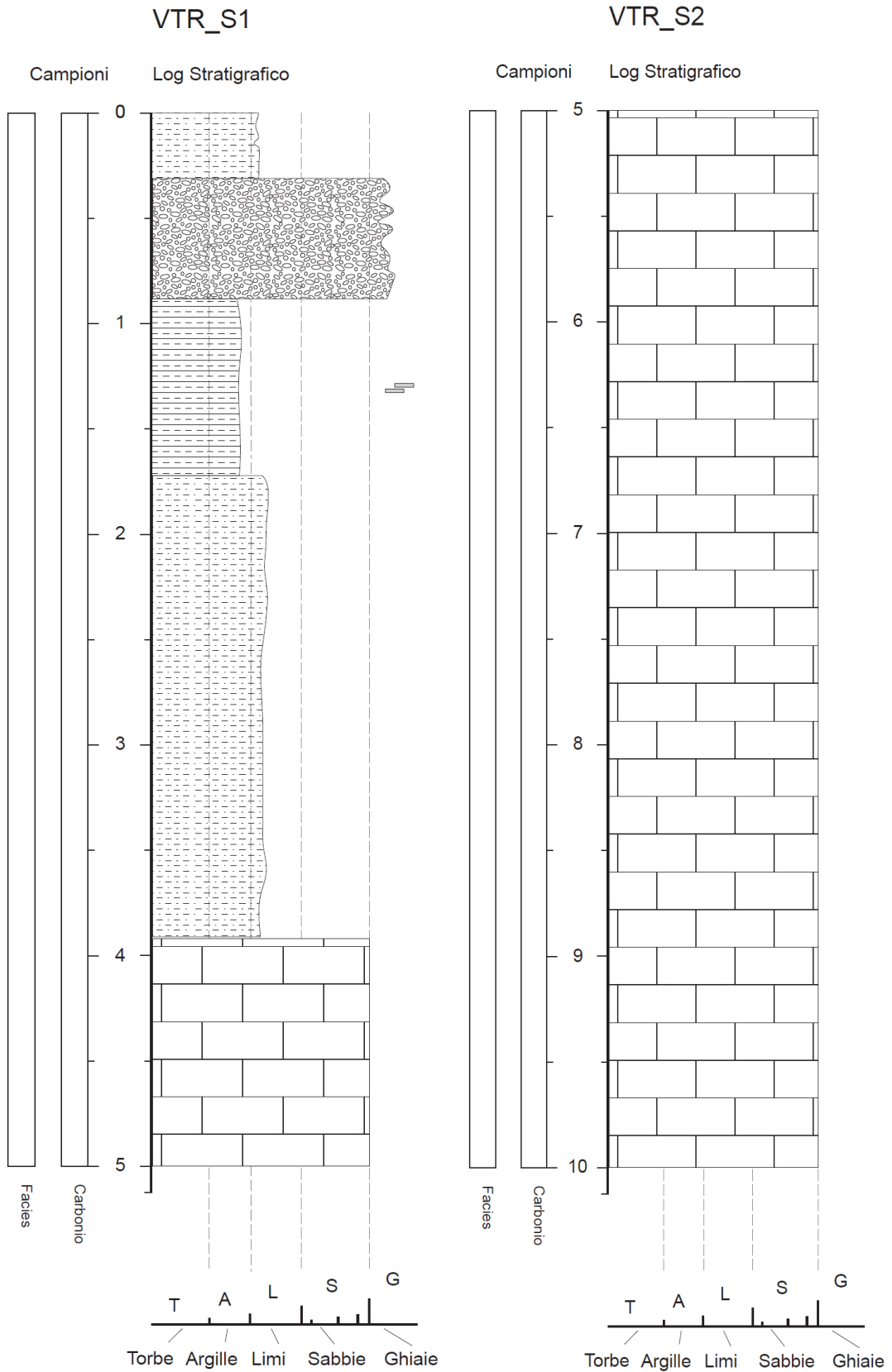


#### **DESCRIZIONE STRATIGRAFICA:**

- **0,00-0,50 m:** Sabbia limosa ghiaiosa con laterizi e vari reperti antropici, colore marrone.
  
- **0,50-1,20 m:** Limo sabbioso debolmente argilloso nocciola
  
- **1,20-2,00 m:** Matrice limosa argillosa a punti sabbiosa con clasti arrotondati sub-arrotondati di varie dimensioni. Presenza di laterizi più sporadica e molti clasti carbonatici.
  
- **2,00-10,00 m:** Roccia mediamente resistente, resistente di colore bianco, bianco rosato, molto fratturata con discontinuità da suborizzontali (strati) a subverticali ricoperte da patine di ossidazione e veli limosi marron; da circa 8,00 m solo patine di ossidazione; da 9.50 m ossidazione debole.



## 6.1.2. Carotaggio VTR 2

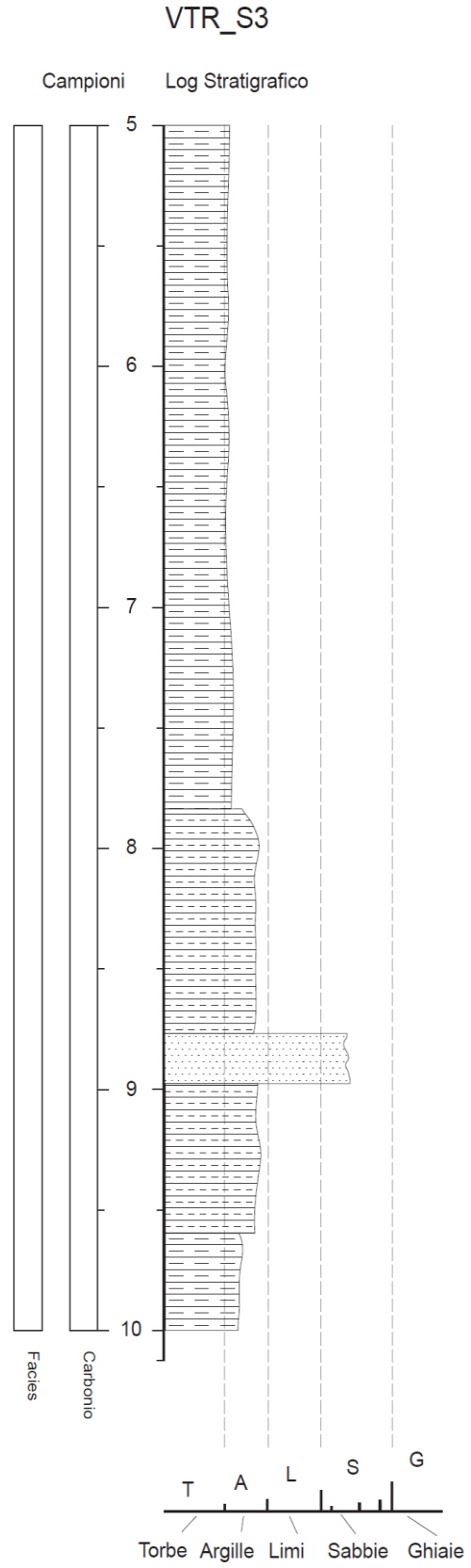
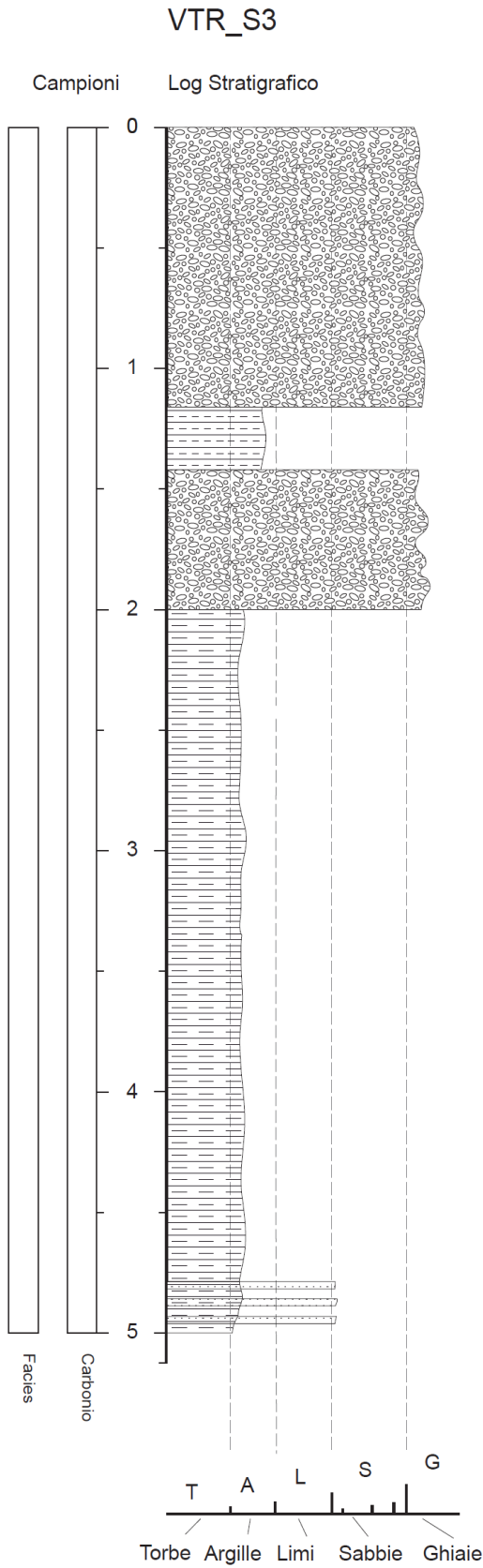


**DESCRIZIONE STRATIGRAFICA:**

- **0,00-0,30 m:** Limo sabbioso argilloso nocciola con ghiaia angolare.
- **0,30-0,80 m:** Blocchi e calasti calcarei.
- **0,80-1,70 m:** Limo argilloso marron con frammenti di laterizi.
- **1,70-3,80 m:** Limo sabbioso verde chiaro con lenti centimetriche rosso vinaccia.
- **3,90-10,00 m:** Roccia resistente, a stratificazione sub orizzontale, molto fratturata, con patine di ossidazione sulle discontinuità. Calcare bianco o bianco rosato.



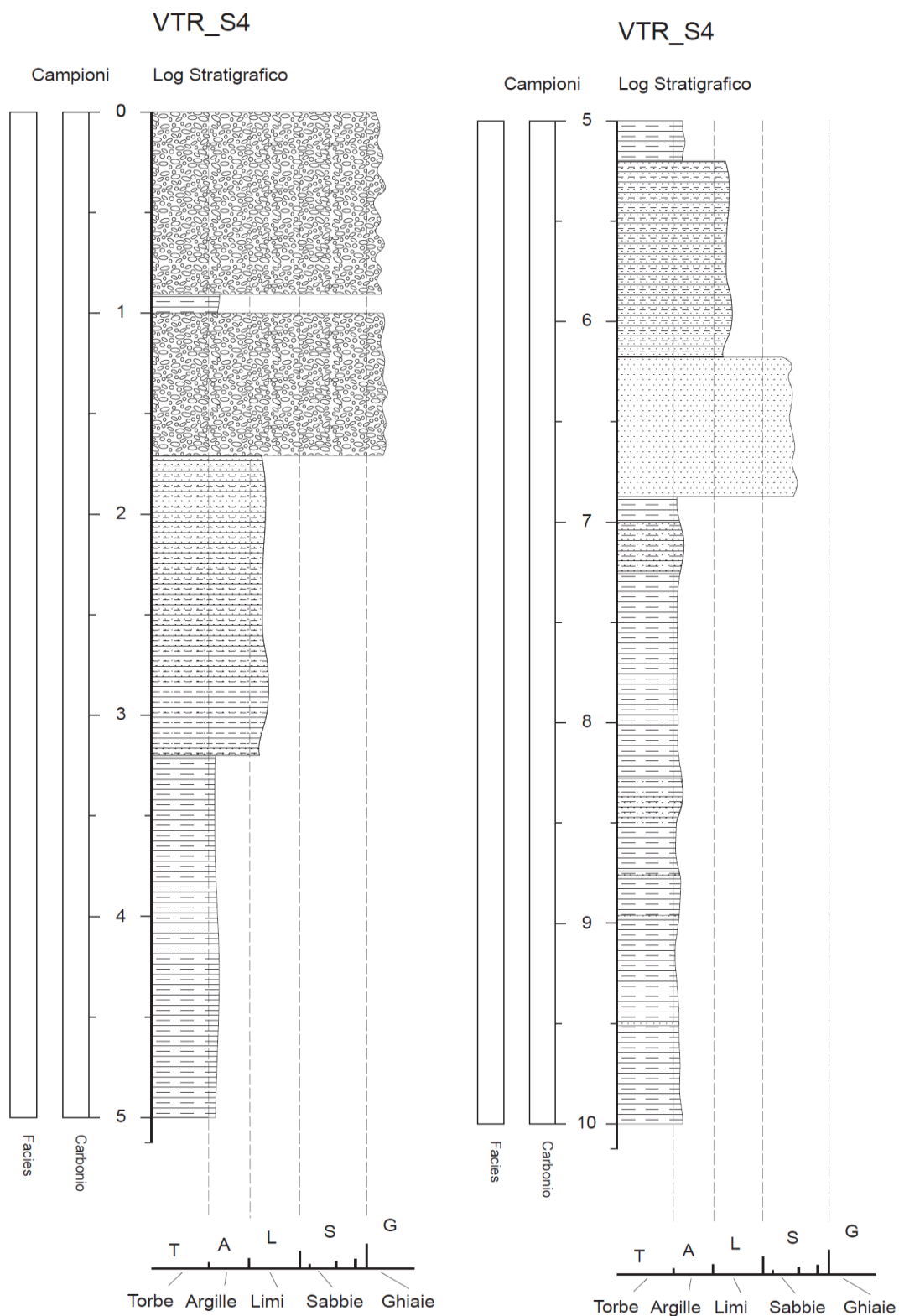
### 6.1.3. Carotaggio VTR 3



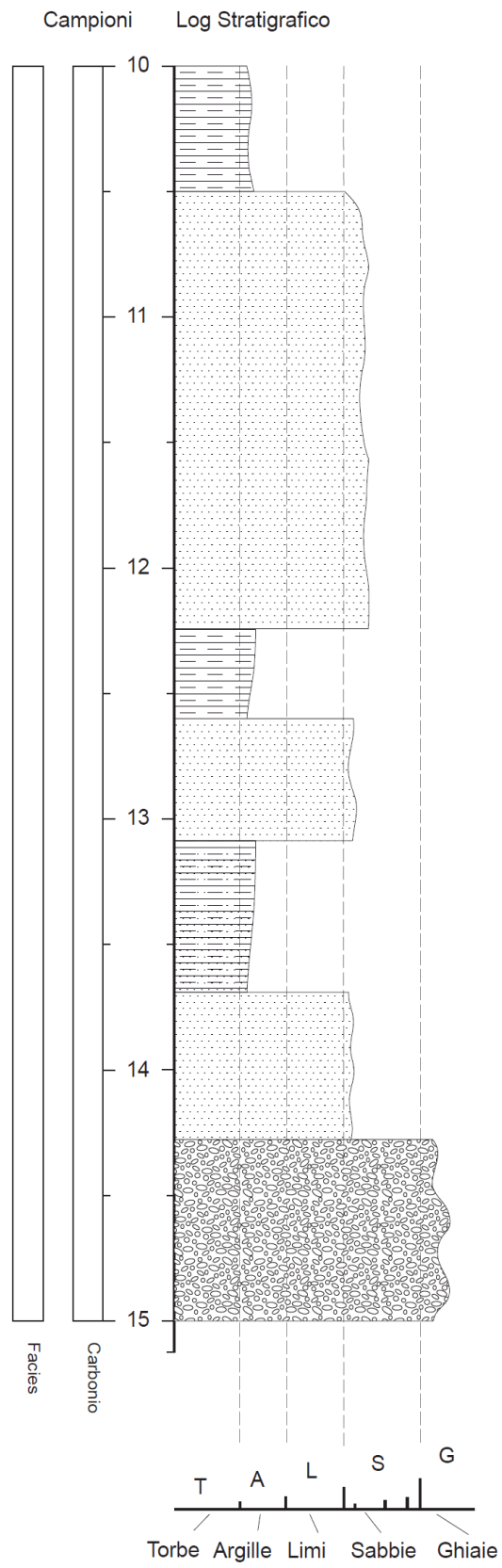
#### **DESCRIZIONE STRATIGRAFICA:**

- **0,00-0,50 m:** Primi centimetri di conglomerato bituminoso; segue ghiaia angolare e sabbia limosa con ciottoli angolari.
- **0,50-1,20 m:** Ghiaia angolare e arrotondata ( $\varnothing$  3 cm) con sabbia limosa grigiastrea
- **1,20-1,40 m:** Limo argilloso debolmente sabbioso marrone.
- **1,40-2,00 m:** Ghiaia angolare e arrotondata ( $\varnothing$  4 cm) con sabbia e limo marrone; presenti inoltre ciottoli angolari calcarei  $\varnothing$  8-10 cm.
- **2,00-4,90 m:** Argilla limosa marrone con clasti angolari sparsi ( $\varnothing$  < 0,5 cm). Da 3,30 m clasti angolari  $\varnothing$  3 cm; a 4,80-4,90 m da p.c. lenti centimetriche sabbiose A 4,70 m da p.c. ciottolo calcareo  $\varnothing$  10 cm.
- **4,90-7,80 m:** Argilla debolmente limosa marrone. Da 7,60 m di colore nocciola verdastro.
- **7,80-8,70 m:** Limo argilloso debolmente sabbioso giallo nocciola.
- **8,70-9,00 m:** Limo argilloso giallo nocciola. Da 8,70-8,80 m da p.c. livello sabbioso.
- **9,00-9,30 m:** Sabbia medio grossa debolmente limosa nocciola.
- **9,30-9,60 m:** Limo argilloso e limo sabbioso giallo nocciola.
- **9,60-10,00 m:** Argilla limosa nocciola.

### 6.1.4. Carotaggio VTR 4



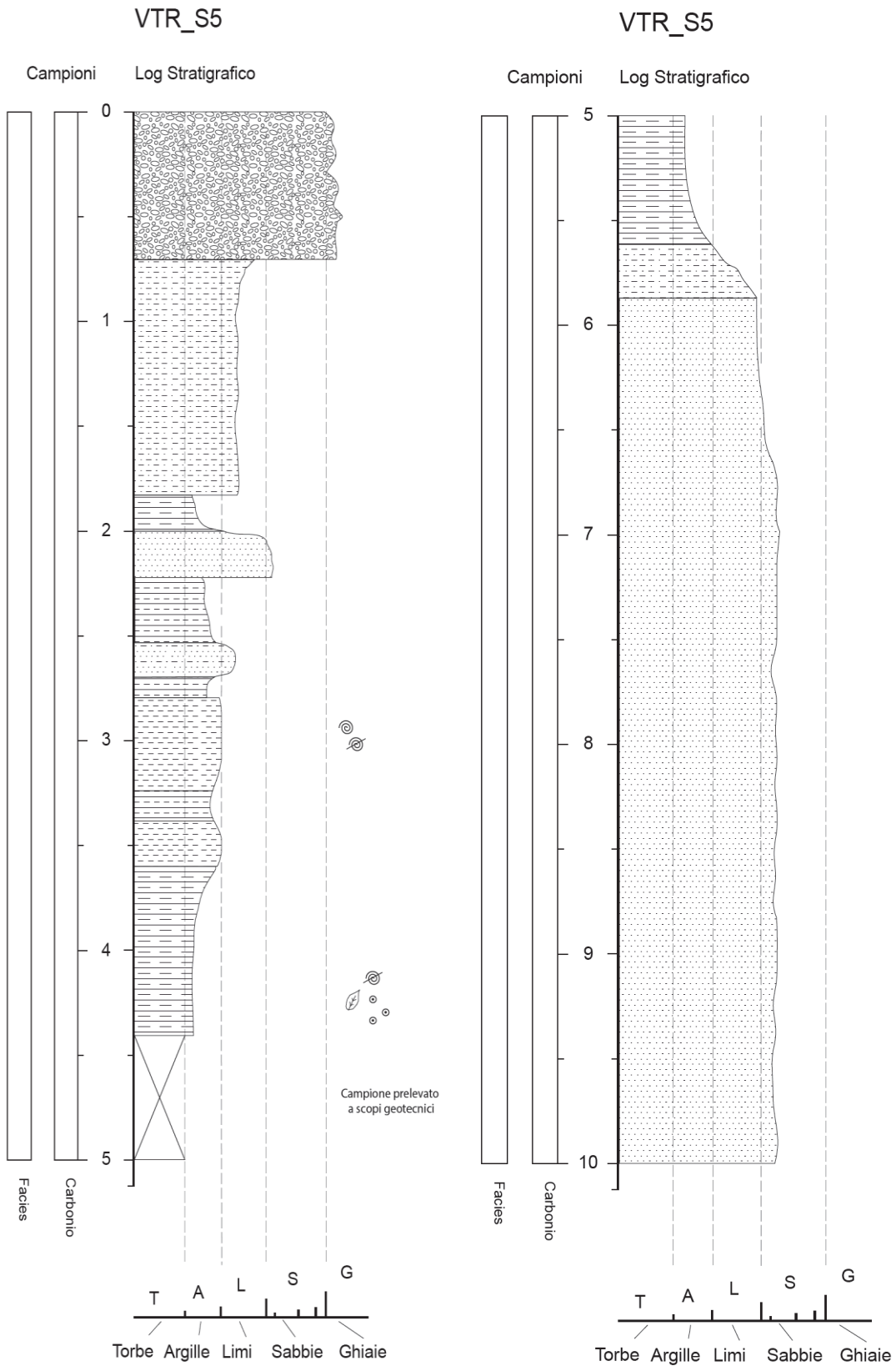
# VTR\_S4



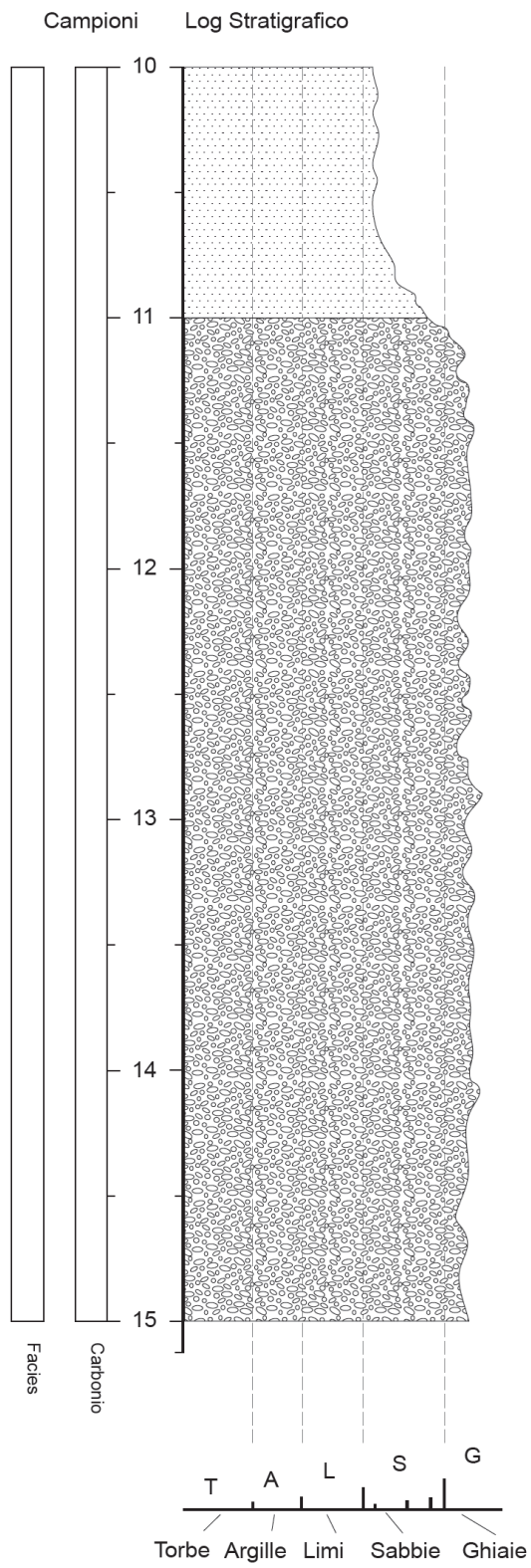
#### **DESCRIZIONE STRATIGRAFICA:**

- **0,00-0,80 m:** Ghiaia arrotondata ( $\varnothing$  3 cm) con sabbia limosa nocciola. A 0,40 m ciottolo  $\varnothing > 10$  cm. (Riporto)
- **0,80-1,00 m:** Argilla limosa debolmente sabbiosa marrone.
- **1,00-1,70 m:** Ghiaia arrotondata ( $\varnothing$  5 cm) con sabbia limosa nocciola chiaro.
- **1,70-3,20 m:** Limo argilloso sabbioso marrone con clasti angolari calcarei sparsi; a 2,50 m, 2,80 m, 3,0 m da p.c. presenti ciottoli calcarei  $\varnothing$  10 cm.
- **3,20-4,30 m:** Argilla limosa debolmente sabbiosa marrone.
- **4,30-5,20 m:** Argilla limosa marrone. Da 4,80-5,00 m clasti di ghiaia arrotondata ( $\varnothing$  1 cm).
- **5,20-6,30 m:** Limo argilloso sabbioso marrone.
- **6,30-6,80 m:** Sabbia grossa con limo marrone.
- **6,80-8,50 m:** Argilla limosa marrone. Da 7,0-7,30 m e 8,30-8,50 m argilla limosa sabbiosa marrone.
- **8,50-10,50 m:** Argilla limosa grigio nocciola talora con lenti e punti sabbiosi.
- **10,50-12,30 m:** Sabbia medio grossa debolmente limosa nocciola.
- **12,30-12,60 m:** Argilla limosa grigio scura.
- **12,60-13,10 m:** Sabbia medio fine limosa grigia.
- **13,10-13,70 m:** Argilla limosa sabbiosa grigia.
- **13,70-14,30 m:** Sabbia fine e media limosa grigia.
- **14,30-15,00 m:** Ghiaia poligenica arrotondata ( $\varnothing$  2 cm) con sabbia limosa nocciola.

## 6.1.5. Carotaggio VTR 5



# VTR\_S5



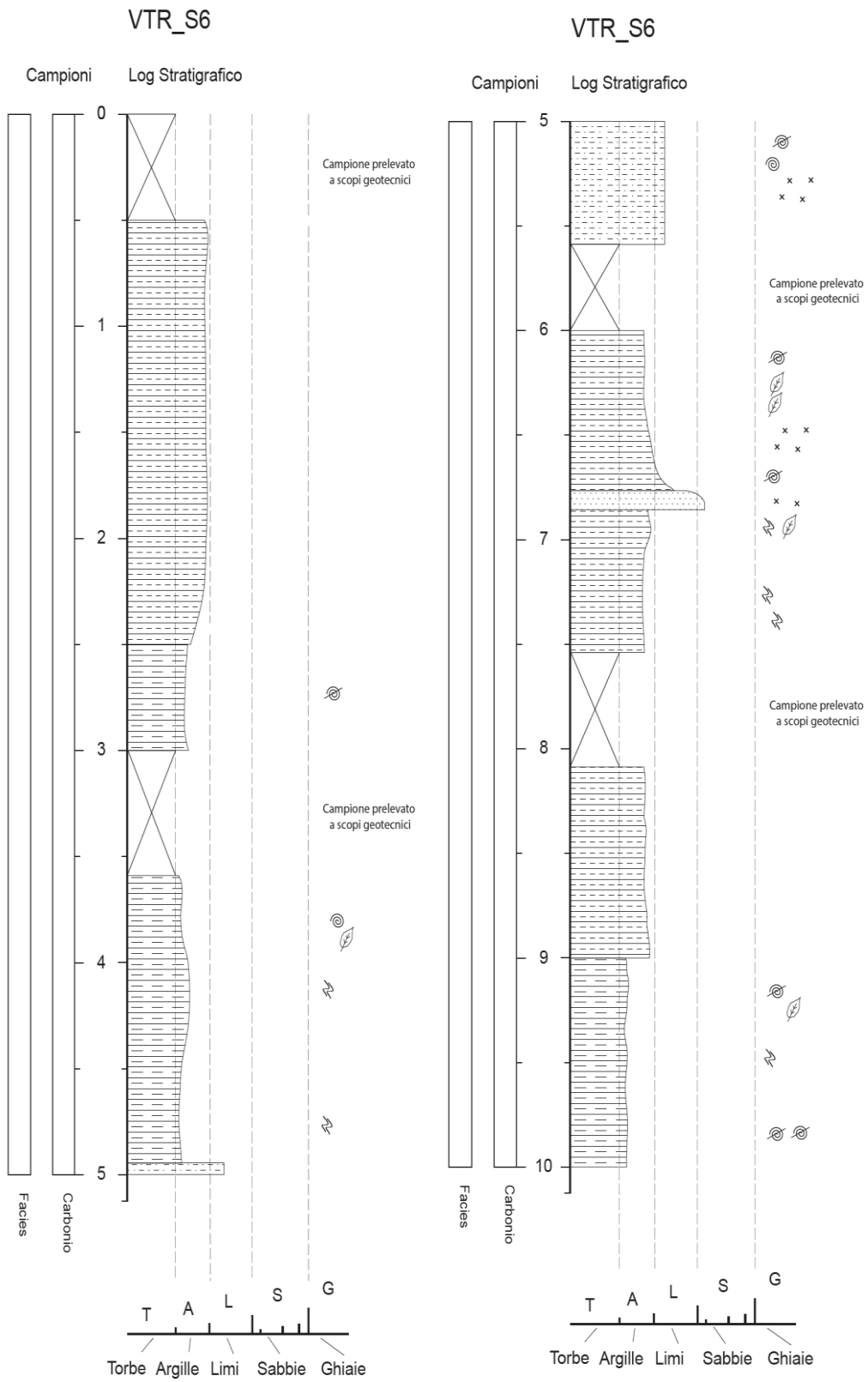
#### **DESCRIZIONE STRATIGRAFICA:**

- **0,00-0,70 m:** Ghiaia sciolta molto grossolana mono-litologica (clasti sub-arrotondati). Si segnala negli ultimi 10 cm un incremento di materiale fine (matrice limosa).
- **0,70-1,80 m:** Limo sabbioso con clasti di grandi dimensione ( $\varnothing$  1-3 cm)
- **1,80-2,20 m:** Argilla limosa che transita a sabbia media tra 2,00-2,20 m con laterizi e rari ciottoli arrotondati. Limite inferiore netto.
- **2,20-2,80 m:** Limo argilloso con intercalazione mal definite. Tra 2,57-2,70 m intervallo di limo sabbioso abbondante nella componente sabbiosa di grana media. Negli ultimi 7 cm sono presenti ciottoli di dimensione  $\varnothing$  2 cm sub-arrotondati e molto abbondanti (50%). Limite inferiore netto, mentre il contenuto in ciottoli diminuisce gradualmente.
- **2,80-4,40 m:** Limo con poca argilla e resti vegetali di 1-2 mm di lunghezza e frammenti di gusci interi (riconosciuto esemplare di 1 cm di dimensione). Progressivamente verso il basso aumento nel contenuto di argilla, soprattutto tra 3,20-3,35 m per poi tornare nuovamente limo sino a 3,65 m. Nuovo aumento nella componente argillosa fino ad argilla limosa con frammenti di gusci e vegetali fino a 4,40 m. Negli ultimi 30 cm incremento anche dei frammenti di gusci (abbondanza 5%). Appaiono anche noduli di Fe-Mn (dimensione millimetrica) e clasti di 1 mm sparsi nella matrice. La colorazione tendenzialmente in graduale incremento nella tonalità del marrone. Alla base dell'intervallo radichette di dimensione millimetrica.
- **4,40-5,00 m:** Lacuna per prelievo a scopi geotecnici.
- **5,00-5,80 m:** Inizialmente come intervallo precedente (argilla limosa). Si denota un incremento della frazione sabbiosa fino a limo sabbioso con concomitante incremento della granulometria della sabbia verso il basso.
- **5,80-6,50 m:** Sabbia medio fine con aggregati soffici di argilla non consolidati
- **6,50-7,80 m:** Sabbia grossolana mista ciottoli di dimensione  $\varnothing$  3-4 cm con aggregati di argilla come intervallo precedente. Si evidenzia un intervallo di sabbia media con limo tra 7,00-7,15 m.
- **7,80-10,50 m:** Sabbia grossolana con limite graduale. Nei primi 10 cm la sabbia è più grossolana con presenza di clasti di dimensione più che centimetrica. Tali clasti si mantengono dispersi in tutto l'intervallo. Si denota la presenza di clasti ghiaiosi da 9,90-9,95 m.

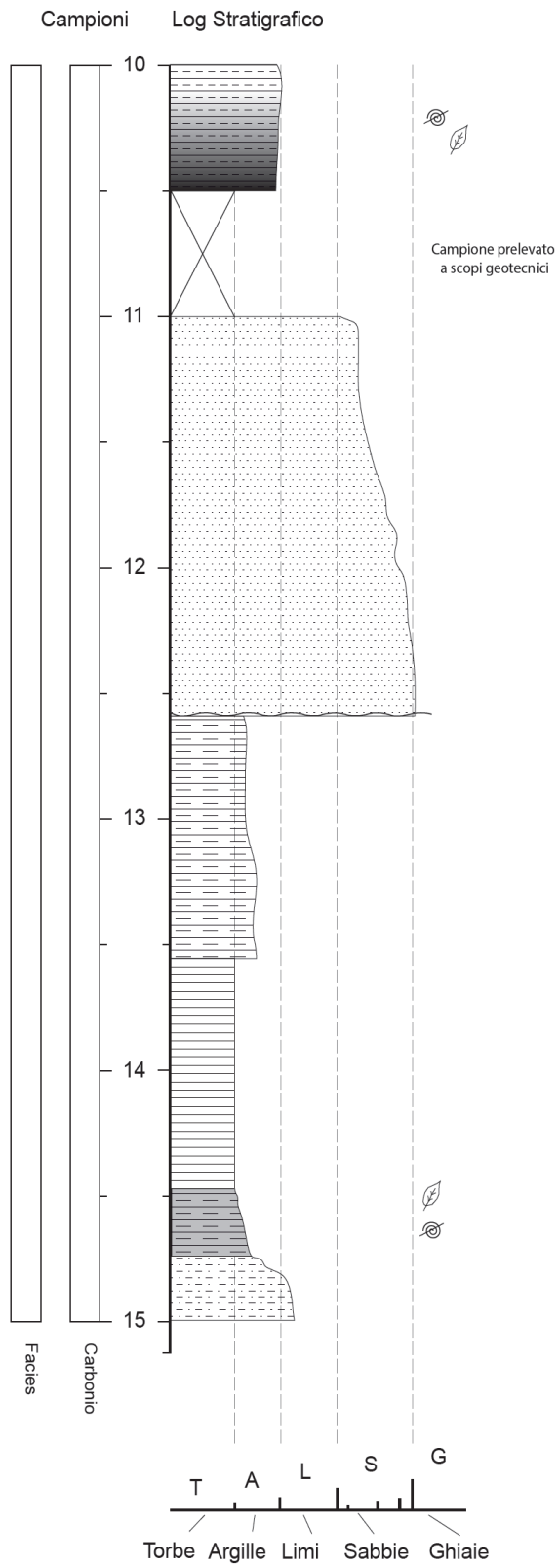


- **10,50-11,00 m:** Evidente e graduale aumento della granulometria della sabbia fino al limite con la ghiaia alla base dell'intervallo.
- **11,00-15,00 m:** Ghiaie grossolane con dimensione minima 1 cm. La ghiaia si mantiene uniforme fino a 12,50 m dove compare la frazione sabbiosa grossolana fino alla base dell'intervallo. Da 13,40 m le ghiaie sono fini con clasti sparsi. La litologia della ghiaia è varia ma comunque prevalentemente calcarea. Da 12,50 m i clasti sono meno spigolosi fino a 13,00 dove appaiono sub-arrotondati.

## 6.1.6. Carotaggio VTR 6



# VTR\_S6



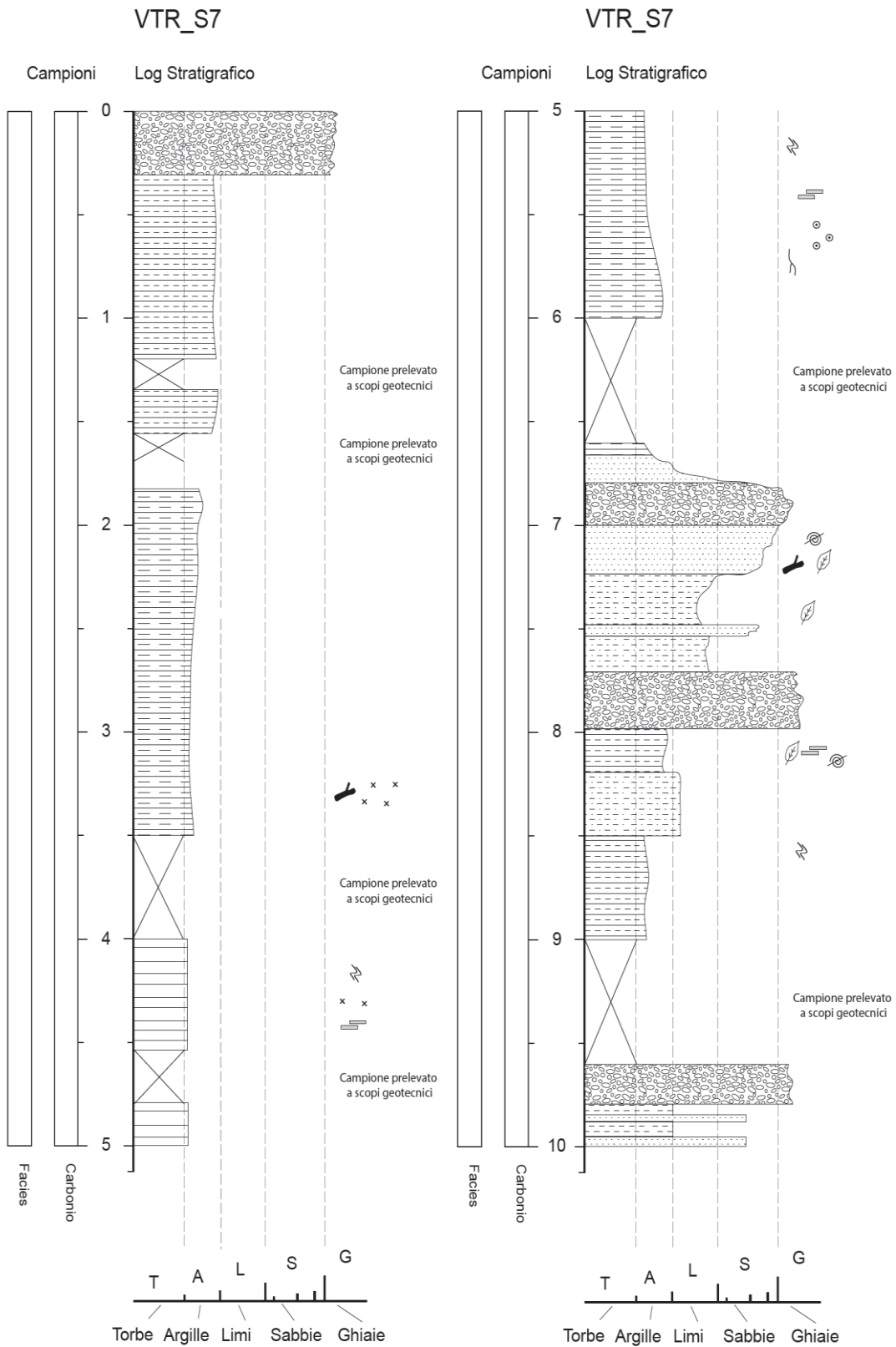
#### **DESCRIZIONE STRATIGRAFICA:**

- **0,00-2,50 m:** Riperto antropico di ghiaia grossolana molto grossa misto limo con frammenti di laterizi con dimensione massima di 5 cm nei primi 0,50 m. Al di sotto limo argilloso debolmente sabbioso.
- **2,50-3,00 m:** Probabile argilla. Presente anche frazione sabbiosa fine. Limite superiore molto netto. Ci sono frammenti di gusci di gasteropodi talora anche interi (dimensione 3 mm).
- **3,00-3,60 m:** Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici.
- **3,60-4,90 m:** Come intervallo precedente con frazione sabbiosa minore. Da 3,95 m aumenta la frazione sabbiosa con gasteropode intero e sporadici frammenti vegetali. Colorazione: marrone nocciola, con screziature più chiare. Da 4,35 m la frazione sabbiosa diminuisce. Il colore più chiaro e le screziature sono più mattonate fino ala base.
- **4,90-5,60 m:** Limo sabbioso con gasteropodi interi e frammenti. Ci sono concrezioni carbonatiche diffuse in abbondanza di 2%. Dispersa nella matrice ci sono clasti di  $\varnothing$  1 mm che vanno diminuendo verso il basso. Raggiungono il massimo tra 5,20-5,40 m.
- **5,60-6,00 m:** Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici.
- **6,00-6,40 m:** Limo argilloso con frammenti di gusci di dimensione sub-centimetrica in abbondanza del 5% e rari gusci interi di gasteropodi. Colorazione marrone-rossastra. Resti vegetali mal conservati e concentrati soprattutto tra 6,15-6,30 m. Presenza di clasti mal concentrati di  $\varnothing$  1-2 mm e frammenti di concrezioni carbonatiche di circa 1 mm.
- **6,40-6,85 m:** Sabbia fine. Frazione dominante limosa-argillosa. La sabbia aumenta verso il basso fino alla base, dove raggiunge l'apice. Il colore è grigio con screziature mattonate in abbondanza del 10%. Si nota anche la presenza di concrezioni e gusci entrambe di dimensioni millimetriche.
- **6,85-7,55 m:** Limo argilloso con apprezzabile frazione sabbiosa in tonalità più scura rispetto il precedente intervallo. Presenza screziature in abbondanza 20% e frammenti vegetali ben conservati. Da circa 7,00 m la tonalità del colore si schiarisce. Spariscono le concrezioni e gusci. Compaiono invece screziature grigio-verdastre verso il basso e lo strato perde il frazione sabbiosa rimanendo limo argilloso.
- **7,55-8,10 m:** Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici.
- **8,10-9,00 m:** Limo argilloso con poche variazioni rispetto intervallo precedente. Colorazione: grigio.
- **9,00-10,00 m:** Argille limose con sabbia. Frazione di gusci di gasteropodi che raggiungono l'apice di concentrazione tra 9,80-10,00 m. I resti vegetali sono più abbondanti

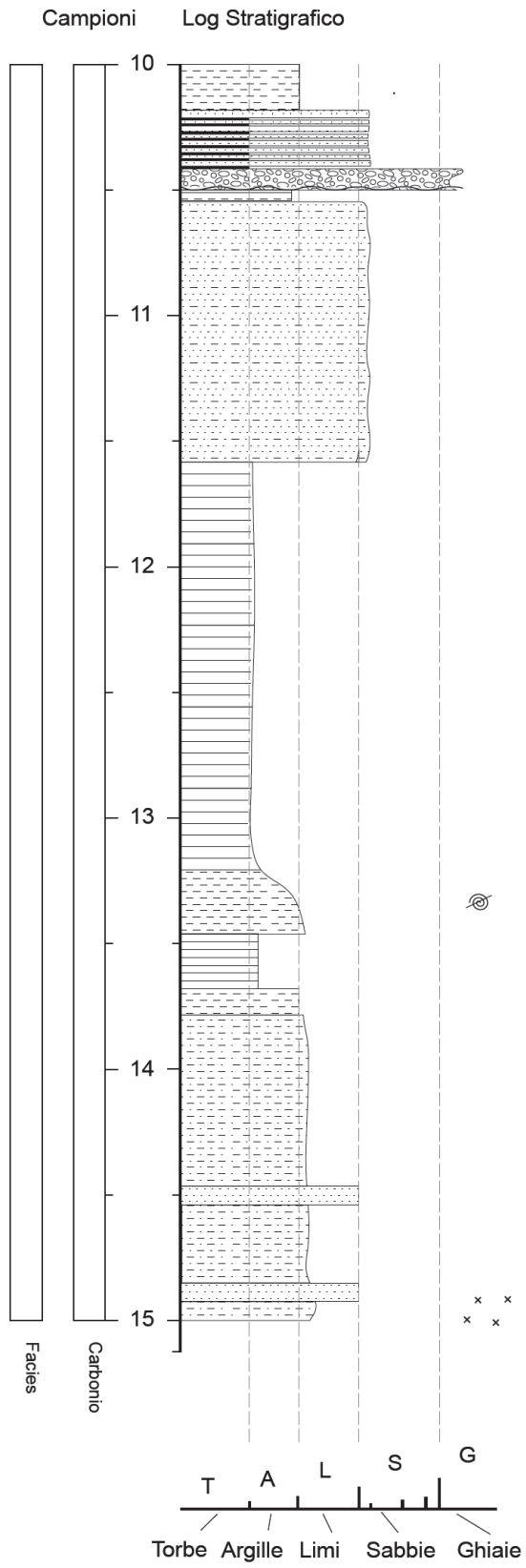
nella parte altra dell'intervallo. Le screziature sono meno abbondanti ma più rossastre. Colorazione: marrone bruno. Limite inferiore netto.

- **10,00-10,55 m:** Limo argilloso con materia organica in frustoletti degradati e molti gusci in abbondanza 5%.
- **10,50-11,00 m:** Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici.
- **11,00-12,60 m:** Sabbia media con ciottoli ben arrotondati di dimensione  $\varnothing$  2-3 cm. Aumento granulometria verso la parte basale fino al limite con ghiaie. Limite inferiore netto ed erosivo.
- **12,60-13,55 m:** Argille limosa grigia azzurro (poco limo). Da 13,00 m ci sono screziature via via più scure fino a 13,55 m. Negli ultimi 15 cm la componente maggiore è limo privo di sabbia. Limite inferiore netto.
- **13,55-15,00 m:** Argille azzurre. Da 14,50 m la componente è più limosa e laminata con frammenti di gusci. La colorazione scura è indice di una concentrazione di materia organica. Passa gradualmente verso il basso a limi con sabbia di colorazione grigio-azzurra fino alla base. Si denota la presenza di materia organica dispersa tra 13,55-14,50 m per poi essere totalmente assente.

## 6.1.7. Carotaggio VTR 7



# VTR\_S7



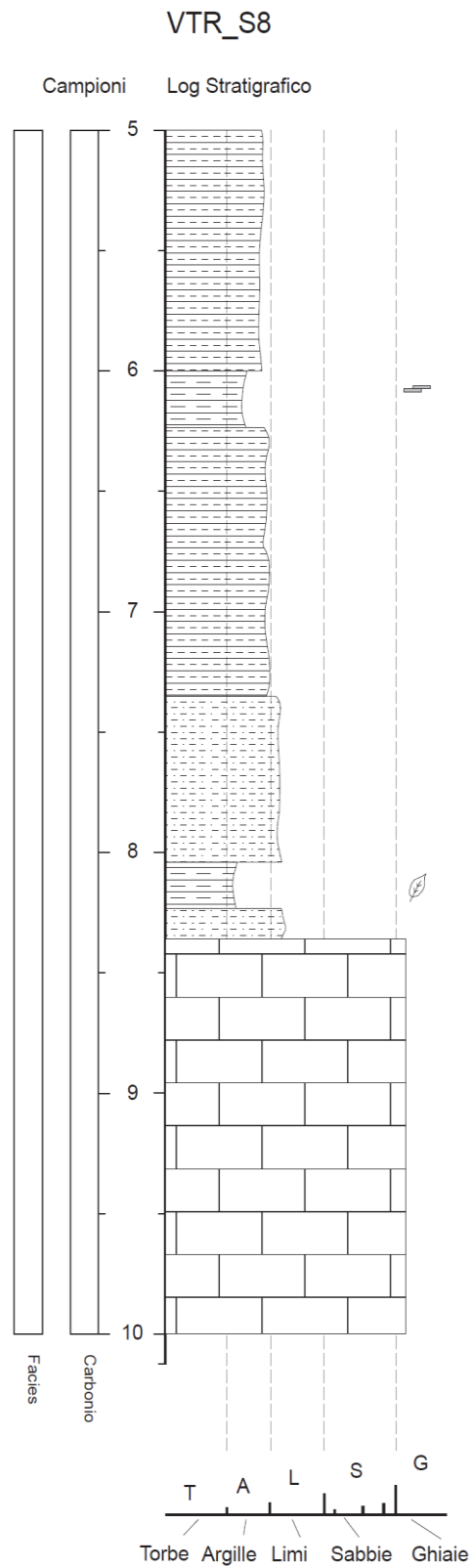
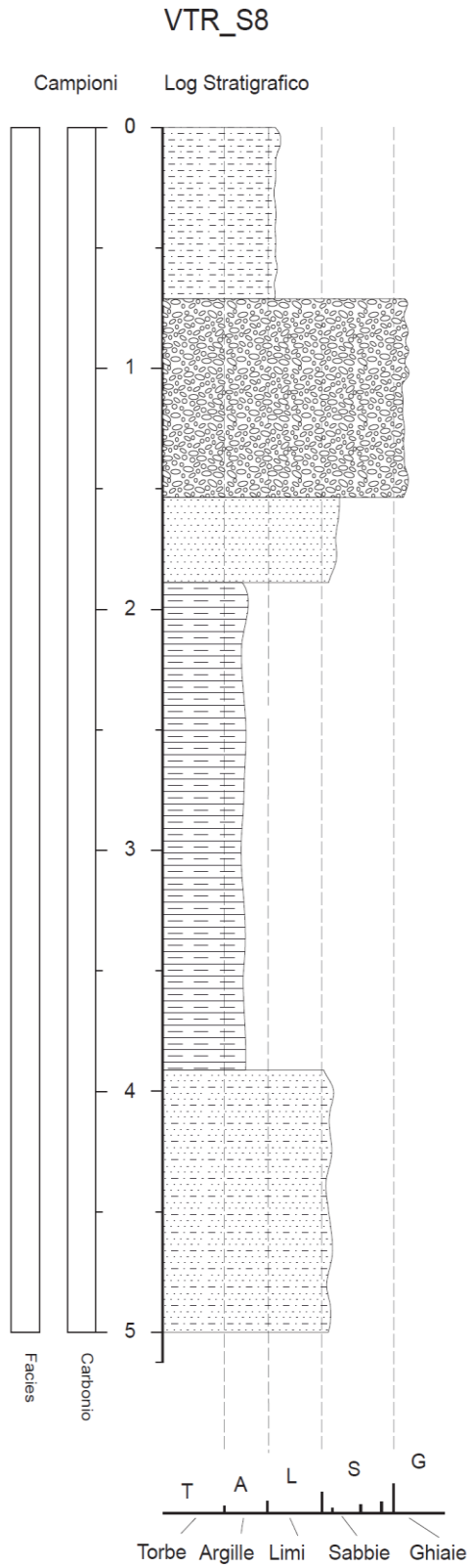
#### **DESCRIZIONE STRATIGRAFICA:**

- **0,00-1,80 m:** Ghiaia nei primi 20 cm con rifiuti. Ghiaia mista limo e argilla. Tra 1,20-1,35 m lacuna per prelievo campione. Tra 1,55-1,70 m lacune per prelievo campione.
- **1,80-3,55 m:** Prevalentemente argille con limo e abbondanti clasti arrotondati e spigolosi di dimensione  $\varnothing$  2-3 cm. Materiale estremamente cementato con presenza di laterizi. Alla base frammenti di rami di 1,5 cm e grosso clasto di 10 cm. Concrezioni carbonatiche che appaiono non in situ (hanno spigoli arrotondati e discontinui).
- **3,55-4,00 m:** Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici.
- **4,00-4,56 m:** Argilla compatta marrone scuro. Presenti anche frammenti di laterizi millimetrici. Screziature color mattone. Presenza inoltre di concrezioni carbonatiche anch'esse non in situ. Patine carboniose rare e discontinue.
- **4,56-4,85 m:** Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici.
- **4,85-5,00 m:** Uguale all'intervallo precedente molto più concentrato nei suoi elementi.
- **5,00-6,00 m:** Argilla con poco limo di colore marrone-grigio. Aumento della componente limosa verso il basso. Non è più cementato rispetto agli intervalli sovrastanti. Abbondanti laterizi di dimensione millimetrica-centimetrica. Screziature mattonate sottili e discontinue (abbondanza del 10%). Presenti anche aggregati di argilla e sabbia di 4 cm. Si riscontrano noduli di Fe-Mn di dimensione sub-millimetrica. Rare radichette disperse in tutto il sedimento. Le screziature diminuiscono verso la base.
- **6,00-6,60 m:** Lacune per prelievo campione a scopi geotecnici.
- **6,60-7,20 m:** Inizialmente argille con frazione di sabbia fine all'interno. Il colore è grigio-blu e presenza di resti vegetali in abbondanza 5%. Si riscontra la presenza di frammenti di mattoni di cui uno grande (dimensione 2 cm). Da 6,65-6,70 m si denota un aumento della granulometria fino ad arrivare a sabbia media con clasti molto grandi (uno grande quanto il diametro della trivella). Oltre i 6,80 m è presente ghiaia con clasti di dimensione centimetrica con resti vegetali carbonizzati all'interno, il tutto in matrice limosa. Da 7,00 m transizione netta a sabbia grossa fino alla base dell'intervallo con all'interno carboncini, legni e gusci di dimensione millimetrica.
- **7,20-7,95 m:** Inizialmente sabbia media limosa con diminuzione granulometrica verso il basso e concomitante aumento di frammenti di gusci. A 7,40 m si arriva a limo sabbioso fino a 7,70 m con resti vegetali di dimensione centimetrica. Intervallo di sabbia media con concentrazione anomala resti di legno tra 7,53-7,58 m. Sotto 7,70 m, con transizione netta, si passa da limo sabbioso a ghiaia fine con ciottoli anche di  $\varnothing$  2 cm che aumenta fino a ghiaia media intorno a 7,95 m di profondità. Limite inferiore dell'intervallo netto con i sottostanti limi argillosi.

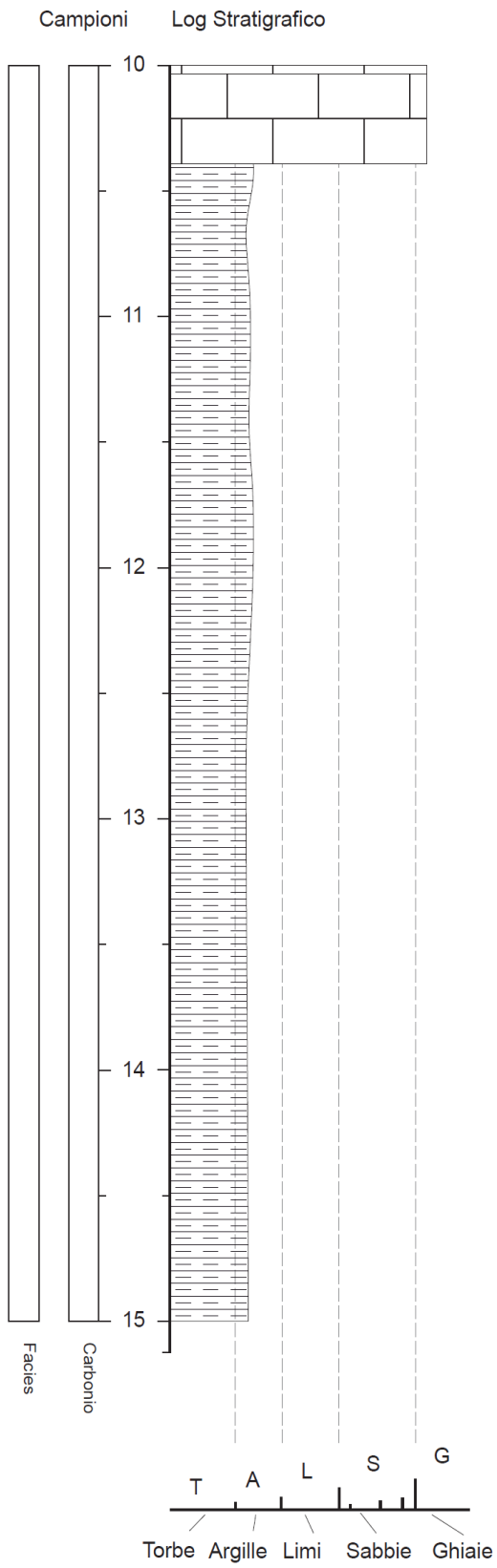


- **7,95-8,13 m:** Limo argilloso con frammenti di laterizi e resti vegetali (tipologia canne). Colorazione grigio. Resti di gusci (da millimetrici a sub-millimetrici) e qualche clasto sabbioso.
- **7,95-9,00 m:** Limo sabbioso. Colorazione uguale alla precedente. Presenza di screziature grigio chiaro con vegetazione sparsa. Intercalazione con accumulo vegetale tra 8,34-8,45 m a limite netto con sottostanti limi argillosi che transitano ad argilla verso la base dell'intervallo. Si denota la presenza di resti vegetali sparsi (rametti e radichette di dimensione centimetrica). Negli ultimi 20 cm intercalazioni di limo argilloso di spessore 1 cm.
- **8,13-9,65 m:** Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici.
- **9,65-9,75 m:** Ghiaia grossolana (?) con clasti da  $\varnothing$  1-3 cm priva di matrice. Il limite inferiore è netto con sottostanti limi argillosi.
- **9,75-10,56 m:** Limo con limite inferiore netto. Presente un'intercalazione di sabbia fine tra 9,85-9,88 m e tra 9,90-9,96 m, delle quali la prima di colore arancio rispetto la seconda di colore grigio. Da 10,15 m brusco passaggio a sabbia fine limosa che si protrae fino 10,50 m. La sabbia è laminata e intercalata con numerosi resti vegetali informa di torba grigio-scura rispetto le lamine chiare della sabbia fine. Tra 10,45-10,50 m intercalazione di ghiaia con clasti centimetrici arrotondati e sub-arrotondati. Passa con un limite netto erosivo ai sottostanti limi di cui all'inizio dell'intervallo, solo più ricchi in argilla.
- **10,56-11,63 m:** Sabbia medio fine con abbondante limo. Limite inferiore netto erosivo.
- **11,63-13,45 m:** Argille molto pura (argille azzurre) molto malleabili. Da 12,40-12,75 m sedimenti più scuro per aumento del contenuto organico soprattutto tra 12,70 e 12,75 m. Si riscontra un intervallo di limo con frammenti millimetrici di gusci di gasteropodi tra 13,34-13,45 m. Eccetto questa intercalazione nel resto dell'intervallo non si riscontrano né gusci né frammenti vegetali. Limite inferiore netto.
- **13,45-14,23 m:** Intervallo simile a quello soprastante (argille molto malleabili) con intercalazione simile a quella di 13,34-13,45 m tra 14,15-14,23 m.
- **14,23-15,00 m:** Limo sabbioso più scuro (grigio) rispetto l'intervallo precedente con intercalazione di sabbia fine tra 14,45-14-55 m. Alla base si riscontrano concrezione carbonatiche di dimensioni centimetriche spigolose. Presenza di un'intercalazione sabbiosa tra 14,90-14,95 m.

## 6.1.8. Carotaggio VTR 8



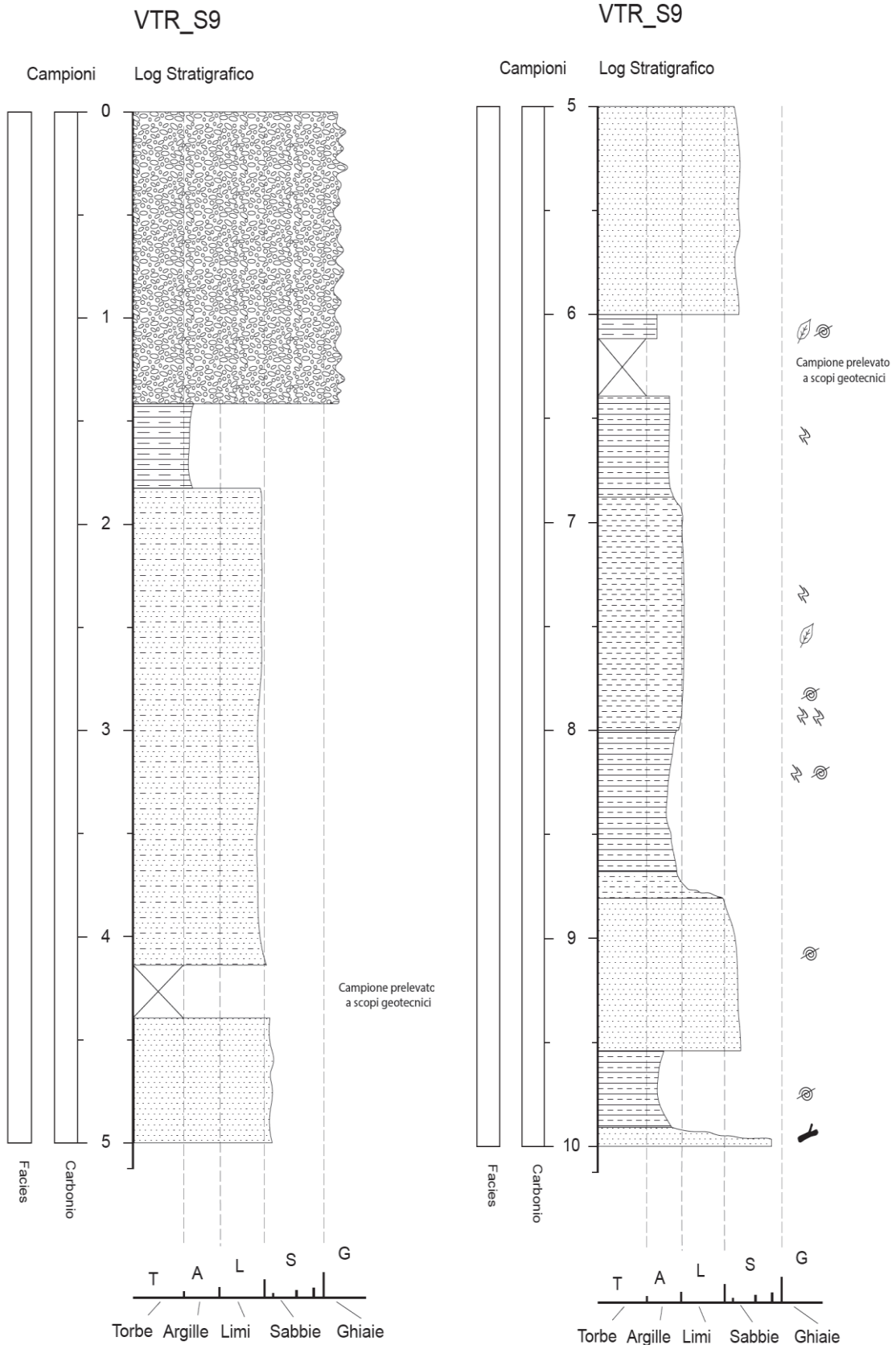
# VTR\_S8



#### **DESCRIZIONE STRATIGRAFICA:**

- **0,00-0,70 m:** Limo sabbioso debolmente ghiaiosa marrone (ghiaia arrotondata Ø 3cm).
- **0,70-1,80 m:** Ghiaia per lo più calcarea angolare e arrotondata sabbiosa limosa grigiastra, ciottoli Ø 1cm; a 0,90 - 1,20 m presenza di pezzi di conglomerato bituminoso; a 1,30 -1,60 m ghiaia e ciottoli basaltici con sabbia e limo grigio verdastro.
- **1,60 -1,80m:** sabbia limosa nocciola.
- **1,80-3,80 m:** Argilla limosa sabbiosa marrone, marrone rossastro o verdastro, con ghiaia poligenica per lo più angolare, (Ø 3-4cm) e ciottoli sparsi Ø 8-10cm.
- **3,80-5,00 m:** Sabbia fine con limo nocciola; clasti di ghiaia sparsi (Ø max 3cm).
- **5,00-7,30 m:** Limo argilloso sabbioso marrone nocciola con ghiaia angolare (Ø max 5cm); a 6,0 - 6,20 m livello di argilla limosa marron con pezzi di cotto e ghiaia arrotondata.
- **7,30-8,30 m:** Limo sabbioso grigio nocciola. Tra 8,10 - 8,20m argilla limosa marrone con resti vegetali.
- **8,30-10,40 m:** Calcare bianco.
- **10,40-15,00 m:** Argilla limosa sabbiosa debolmente ghiaiosa da marrone a marrone-rossastro. Presente inoltre ghiaia poligenica (Ø max. 1 cm) con rari ciottoli di Ø 8-10 cm.

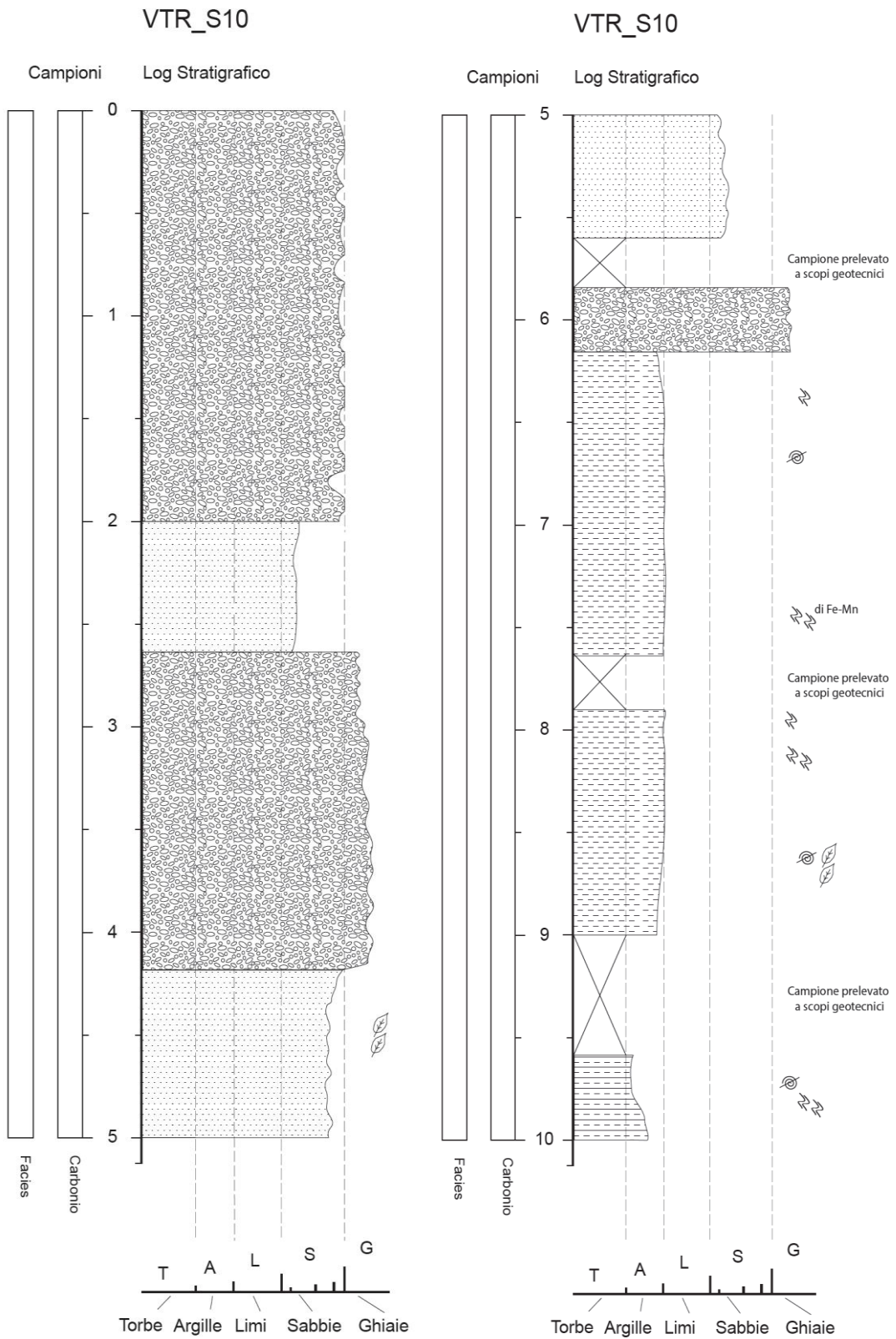
## 6.1.9. Carotaggio VTR 9



#### **DESCRIZIONE STRATIGRAFICA:**

- **0,00-0,35 m:** Conglomerato bituminoso.
- **0,35-1,40 m:** Ghiaia angolare calcarea sabbiosa limosa argillosa nocciola ( $\varnothing$  max 5cm) e ciottoli sparsi  $\varnothing$  8-10cm.
- **1,40-1,80 m:** Argilla limosa debolmente sabbiosa marrone.
- **1,80-5,50 m:** Sabbia limosa debolmente argillosa nocciola o varicolore con ghiaia angolare e pezzi di cotto ( $\varnothing$  max. 4cm), rari ciottoli sparsi ( $\varnothing$  10cm).
- **5,50-6,00 m:** Sabbia medio grossa limosa grigia, rari clasti di ghiaia arrotondata  $\varnothing$  2cm.
- **6,00-8,80 m:** Argilla limosa grigio nocciola passante a nocciola.
- **8,80-10,00 m:** Argilla limosa grigio scura con livelli e lenti sabbiose.

## 6.1.10. Carotaggio VTR 10



#### **DESCRIZIONE STRATIGRAFICA:**

- **0,00-2,00 m:** Riporto antropico con fondazione stradale (catrame e cemento). Fino a 2,80 m potrebbe essere tutto riporto artificiale.
- **2,00-2,60 m:** Sabbia media limosa con vari frammenti vegetali (radici e rametti) e sporadici clasti di 1-3 cm dispersi nella matrice. Colorazione marone.
- **2,60-2,80 m:** Ghiaia grossa mista sabbia (dimensione  $\varnothing$  1-7 cm).
- **2,80-4,20 m:** Ghiaia molto grossolana (dimensione  $\varnothing$  10 cm) in matrice limosa argillosa con frammenti di cemento sparsi. Clasti spigolosi. Presenza di rametti e radichette. Colorazione: grigio.
- **4,20-5,50 m:** Sabbia media grossolana mista limo. Frammenti vegetali sparsi ben conservati. Colorazione: in progressivo cambiamento verso la base. Passa da un colo grigio scuro a un grigio chiaro.
- **5,50-5,60 m:** Probabile tappo di fine manovra di composizione simile a quella dello strato sovrastante.
- **5,60-5,80 m:** Lacuna per prelievo campione
- **5,80-6,15 m:** Ghiaia mista sabbia molto compattata (probabilmente manovra)
- **6,15-7,65 m:** Limo pressoché puro. Di colorazione grigio con presenza di screziature nel centro di dimensioni millimetriche e di forma rotondeggiante. Fortemente alterata. Presenza di gusci calcarei di dimensione mm in abbondanza 2-5%. Principalmente abbondanti tra 7,23-7,45 m. Lieve tendenza all'argilla al tetto (limo argilloso). Negli ultimi 40 cm comparsa di screziature nerastre da Fe-Mn
- **7,65-7,85 m:** Lacuna per prelievo campione
- **7,85-8,25 m:** Come il livello precedente con aumento gusci fino e screziature sino a 8,15 m. Trovati rari clasti di dimensione millimetrica. Le screziature di color mattone aumentano fino ad una abbondanza del 50% verso la base.
- **8,25-9,00 m:** Limo puro con aumento nella componente argillosa verso il fondo. Si denota la scomparsa di clasti e un concomitante aumento dei resti vegetali. Presenti anche frammenti di gusci (gasteropodi). Le screziature diminuiscono (rimanendo nella percentuale di 20-30%) e cambiano colore.
- **9,00-9,05 m:** Probabile tappo da manovra.
- **9,05-9,65 m:** Lacuna per prelievo campione.
- **9,65-10,00 m:** Argilla limosa con frammenti di gusci (di dimensione anche centimetrica). Colore grigio-verdastro e presenza di screziature marroncine grigie (si presume condizione riducente). Tendenza verso il basso a limo argilloso.



## **6.1.11. Interpretazione e correlazione geologica**

### **SONDAGGIO VTR-S1**

Eseguito ai margini della scarpata, lungo la S.P. 58 (quota bocca di pozzo s.l.m. 34,32 m), si rileva la presenza di uno strato superficiale di circa 2 m di costituito da livelli sottili di sabbia alternati a limo e argilla. Segue fino alla profondità di 10 m (termine del sondaggio) roccia molto fratturata assimilabile a calcare nummulitico.

### **SONDAGGIO VTR-S2**

Eseguito a piano campagna (quota bocca di pozzo s.l.m. 29,63 m), si presenta uno strato superficiale a stratificazione limosa (limo argilloso passante a limo sabbioso verso l'alto) con un'intercalazione di blocchi e clasti calcarei tra 0,30-0,80 m di profondità dal p.c. Alla profondità di 4 m si rileva la presenza di roccia (Calcare bianco) molto fratturata a stratificazione sub-orizzontale con patine di ossidazione sulle discontinuità.

### **SONDAGGIO VTR-S3**

Eseguito su rialzo stradale di via Fornaci (quota bocca di pozzo s.l.m. 31,60 m), presenta all'inizio una consistente stratificazione ghiaiosa di spessore circa 2 m succeduta da argille limose compatte che si sviluppano fino alla profondità di 8 m dal p.c. Seguono alternanze di limo argilloso, argilla limosa e sabbia fino al termine del sondaggio.

### **SONDAGGIO VTR-S4**

Eseguito su rilevato arginale T. Tramigna (quota bocca di pozzo s.l.m. 32,52 m) si presenta costituito da ghiaia-sabbiosa fino alla profondità di 1,70 m a cui fa seguito limo argilloso con inglobati clasti e ciottoli calcarei (spessore rilevato arginale di circa 3,50 m). Seguono sino alla profondità di 10,50 m dalla sommità arginale terreni argillosi-limosi moderatamente consistenti ad eccezione di una spessa intercalazione di sabbia grossolana in matrice limosa tra 6,30-6,80 m di profondità. Sotto i 10,50 m di profondità si susseguono stratificazione alternate sabbiose più o

meno limose sino a 14,50 m seguite fino alla fine del sondaggio ( termine a 15 m di profondità) da sabbia grossolana-ghiaia.

#### **SONDAGGIO VTR-S5**

Eseguito su rilevato arginale T. Tramigna (quota bocca di pozza s.l.m. 32,63 m), per quanto concerne il rilevato arginale (spesso circa 3,50 m), si presenta inizialmente costituito da limo argilloso debolmente sabbioso con piccole intercalazioni argillose consistente, eccezion fatta per un intervallo superficiale di ghiaia sabbiosa estesa fino a 0,50 m dalla sommità arginale. Segue sino alla profondità di 5,50 m un livello argilloso-limoso molto consistente, seguito fino ad una profondità di 11,00 m da un potente banco sabbioso mista a ciottoli piuttosto addensato. Da 11,00 metri fino a 15 m, termine del sondaggio, è presente ghiaia grossolana con aumento della frazione sabbiosa verso il termine del sondaggio.

#### **SONDAGGIO VTR-S6**

Eseguito su sommità arginale del T. Tramigna (quota bocca di pozzo s.l.m. 33,55 m) il sondaggio si presenta inizialmente caratterizzato da un materiale limoso-argilloso per uno spessore di circa 3,50 m, paragonabile allo spessore dell'argine. Segue fino ad una profondità di 11,00 m dalla sommità arginale un livello generalmente argilloso limoso, interrotto da sottili livelli di sabbiosi e limoso sabbiosi. Tale livello è succeduto da un spesso strato sabbioso/ghiaioso che si sviluppa sino a 12,50 m di profondità seguito a sua volta da livelli argillosi limosi fino al termine del sondaggio (termine a 15 m).

#### **SONDAGGIO VTR-S7**

Eseguito su sommità arginale del T. Tramigna ( quota bacco di pozzo s.l.m. 31,85 m) è caratterizzato per tutto lo spessore del rilievo arginale (di circa 2,50 m) da terre limose argillose, talora sabbiose. Succede a queste un livello prevalentemente di nauta argillosa limosa moderatamente consistente con spesso intercalazioni sabbiose o ghiaiose di moderato spessore ( circa 25/30 cm) sino ad una profondità di circa 10 m dalla sommità arginale. Da qui sino al termine del sondaggio, posta a 15 m di profondità, si succedono stratificazioni sabbiose e limi con piccole intercalazioni torbose concentrate tra 10,15-10,40 m.

### **SONDAGGIO VTR-S8**

Eseguito in corrispondenza della sommità del rilevato stradale S.P. 58 (quota bocca di pozzo s.l.m. 38,15 m) è caratterizzato da un livello di ghiaia sabbiosa sino alla profondità di 1,80 m (rilevato stradale). Successivamente si sviluppano livelli limoso argillosi con sovente intercalazioni sabbiose limose, di cui una spessa 1,10 m a 3,90 m di profondità, sino a 8,30 m dal rilevato stradale. Segue uno spesso livello di roccia calcarea (Calcarea bianca) molto fratturata sino a 10,40 m di profondità. Tale livello lascia spazio poi ad argilla limosa sabbiosa sino a 15 m, termine del sondaggio.

### **SONDAGGIO VTR-S9-S10**

Realizzati entrambi in corrispondenza delle piazzole di emergenza del rilevato autostradale A4, mostrano la presenza nell'ambito dei primi 5,00-6,00 m (in corrispondenza del rilevato) di materiale costituito prevalentemente da sabbie più o meno limose frequentemente con ghiaia. In particolare il sondaggio S9 rileva la presenza di sabbia limosa con elementi di ghiaia fra 1,80 e 6,00 m di profondità, il sondaggio S10 fra 2,00 e 5,40 m. Più in profondità è presente il terreno naturale, di natura argilloso-limosa spesso, nel sondaggio S9, interrotto da modesti livelli e lenti di sabbia.

## Val d'Alpone

Per gentile concessione della Regione Veneto – Direzione Difesa del Suolo, è stata effettuata un'indagine geologica – stratigrafica sui seguenti sondaggi effettuati per la realizzazione del progetto di costruzione dell'opera d'invaso sul Torrente Alpone, in località Colombaretta, nel Comune di Montecchia di Crosara (VR). I lavori di carotaggio, effettuati dalla Ditta “Georicerche s.r.l.”, sono iniziati in data 26 febbraio 2013 e si sono conclusi in data 24 aprile 2013.

Il piano d'indagine ha previsto anche l'esecuzione di sei sondaggi a rotazione a carotaggio continuo spinti alla profondità di 35 metri da p.c. (MTC\_S1, MTC\_S2,... MTC\_S6). La Ditta, ad integrazione del piano di indagine, ha eseguito inoltre un carotaggio aggiuntivo denominato MTC\_S7, spinto alla profondità di 20,00 metri da p.c., ugualmente analizzato in questo lavoro..

Di seguito (Tabella n. 6-1), si riportano le coordinate “Gauss-Boaga” dei punti di sondaggio con la profondità raggiunta e la planimetria con l'ubicazione dei sondaggi (fig.6.1).

Per portare a termine le operazioni di sondaggio, la Ditta ha utilizzato una perforatrice idraulica modello Puntel Px-600 con 650 Kgm di coppia, allestita su carro cingolato e dotata di pompa fanghi da 200 l/min. I sondaggi sono stati realizzati con carotiere semplice  $\varnothing$  101 mm (carote da 86 mm). Come si può osservare, nel dettaglio dalle stratigrafie sotto riportate, i sondaggi eseguiti hanno messo in luce una successione di terreni come di seguito descritta.

Sigla sondaggio	X	Y	Profondità raggiunta da p.c.
MTC1	1677941.5917	5037103.6163	30,00 m
MTC2	1678601.1723	5036985,0597	35,00 m
MTC3	1678718.6688	5036942.6035	30,00 m
MTC4	1679021.8621	5036970,7574	35,00 m
MTC5	1679338.1721	5036843.6919	35,00 m
MTC6	1678219.4815	5037061.4502	35,00 m
MTC7	1678691.2664	5036799.9706	20,00 m

**Tabella 6-2:** tabella rappresentante le coordinate (Gauss-Boaga) dei punti di sondaggio e relative profondità.

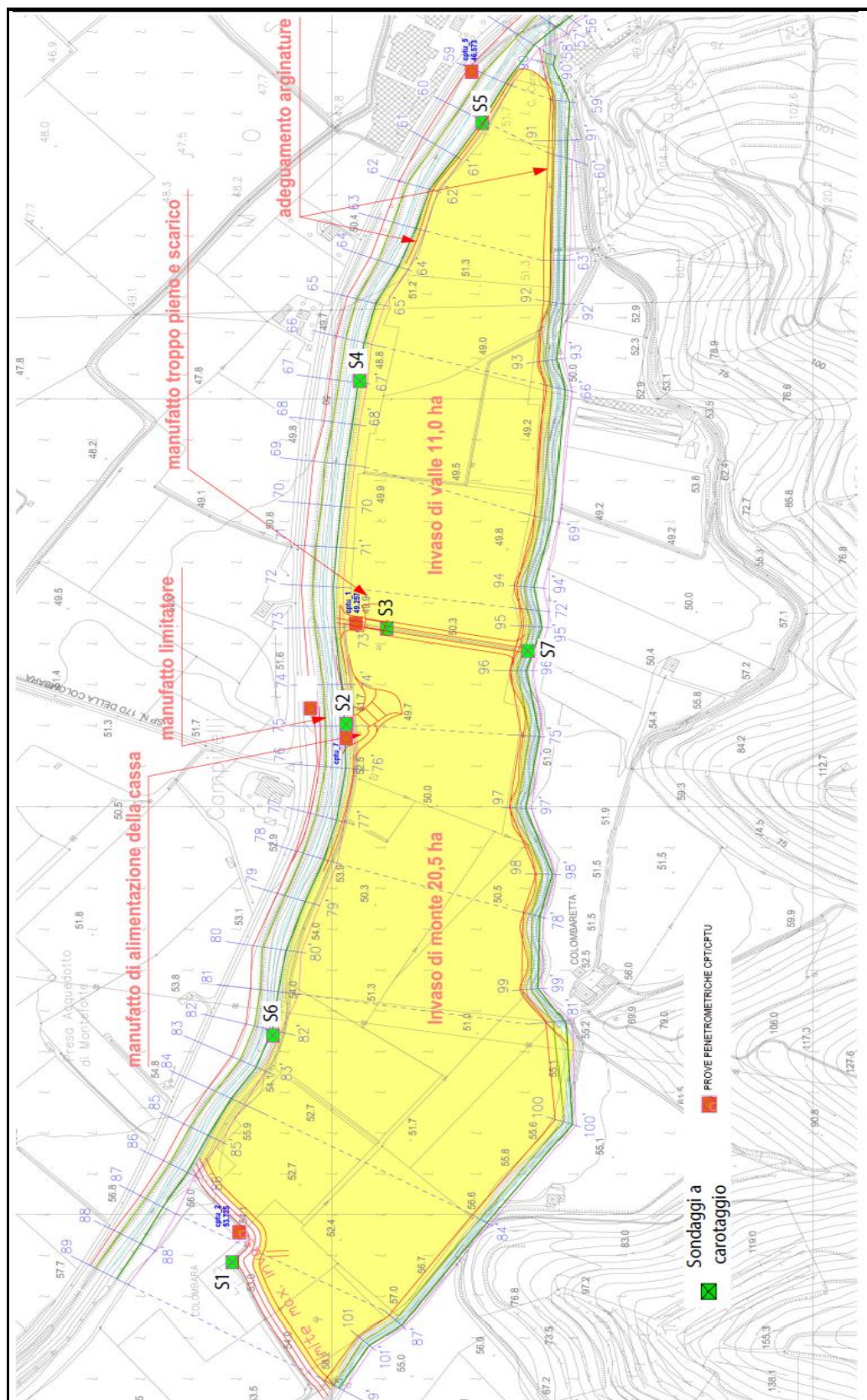
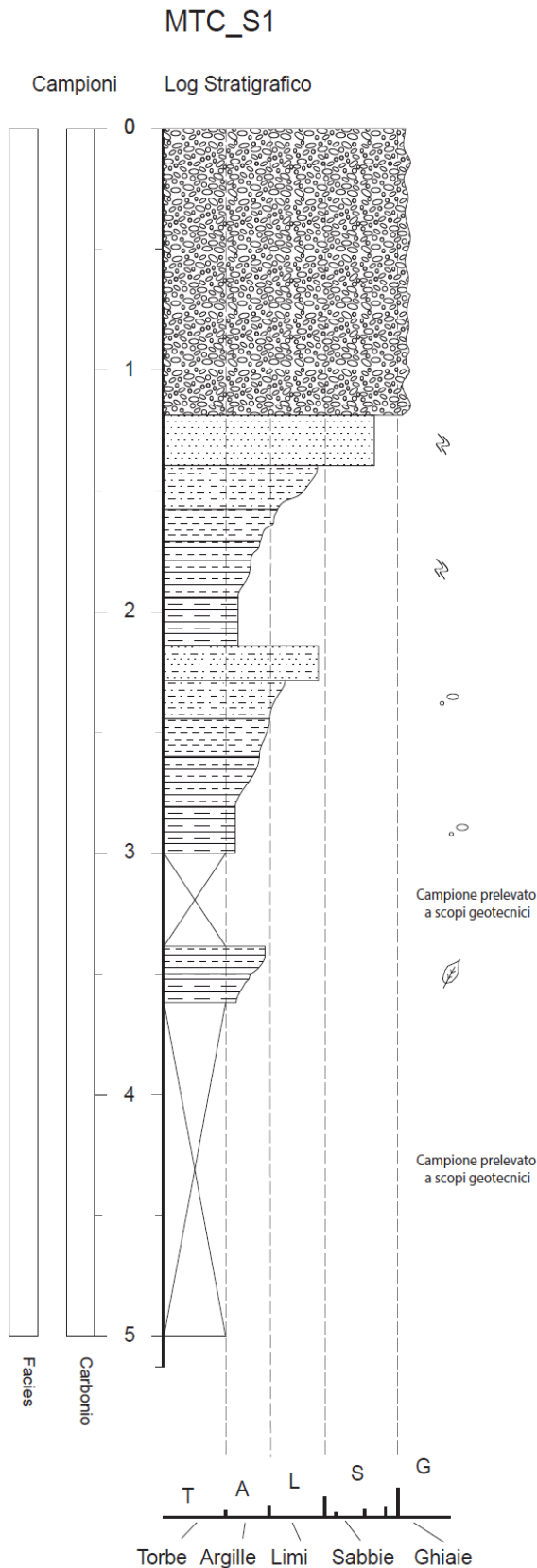


Fig. 6.2: Planimetria dei sondaggi. In giallo le vasche di laminazione; in verde i sondaggi geognostici.

## 6.1.12. Carotaggio MTC 1



**0.00-1.20 m:** Riporto ghiaioso a clasti centimetrici.

**1.20-1.35 m:** Intervallo sabbioso (limo 30% - sabbia 60% - argille 5%) più screziature di materia organica sub-centimetrica. Colorazione: 2.5Y 5/6

**1.35-2.20 m:** Passaggio graduale da limo sabbioso ad argille limose con intervallo sabbioso da 1.50 m a 1.60 m. Presenza di screziature rosso mattone da 1.65 m a 1.70 m di lunghezza più che centimetrica. Colorazione: 5Y 4/2

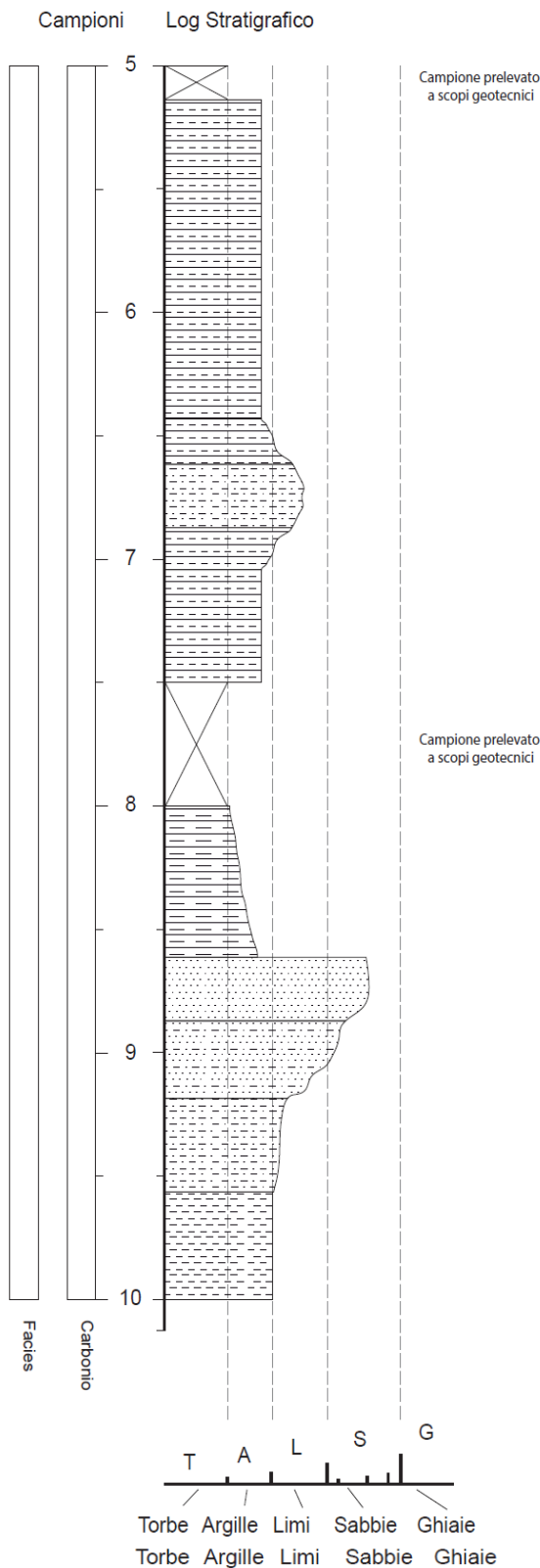
**2.20-3.00 m:** Transizione verso il basso da sabbia limosa al top fino ad argilla alla base in transizione graduale. All'interno presenza di clasti di dimensione centimetrica, di forma da arrotondati a sub angolosi, presenti dal top fino alla base. Il materiale si presenta in posizione originaria.

**3.00-3.40 m:** Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici.

**3.40-3.60 m:** Limo argilloso con sabbia fine in sommità fino a argilla limosa alla base. All'interno sono presenti clasti centimetrici arrotondati nei primi 0.20 m. Presenza di radichette in tutto lo strato. Prelevato campione tra 3.60 m e 3.75 m. Colorazione: 5Y 5/2

**3.60-5.20 m:** Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici.

# MTC\_S1



**5.20-7.50 m:** Limo argilloso sia alla base che al tetto. All'interno è presente un trend inizialmente verso la sabbia grossolana il cui acme è a 6.70 m per dopo tornare a diminuire verso la base. La frazione più grossolana mantiene un contenuto in argilla sensibile (10-15 %). Colorazione: 2.5Y 4/1.

**7.50-8.00 m:** Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici.

**8.00-8.60 m:** Argilla debolmente limosa con trend fining upward, di ugual colorazione allo strato precedente.

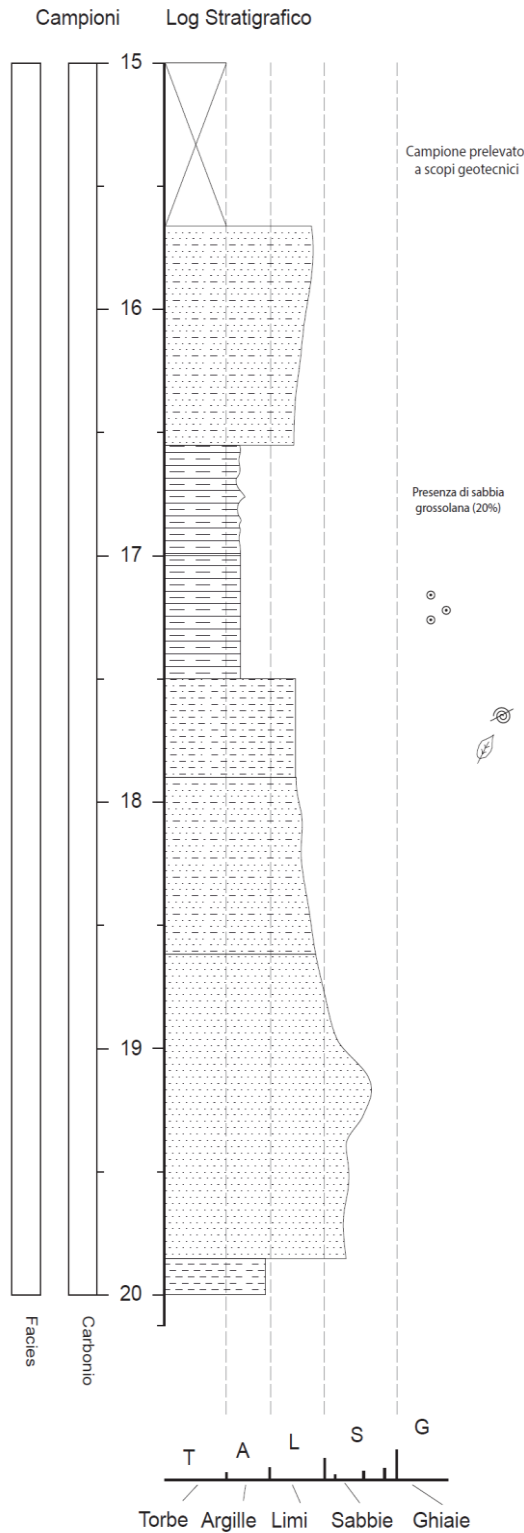
**8.60-8.85 m:** Limite superiore netto improvviso. Contenuto in sabbia notevole (sabbia grossolana con poco limo).

**8.85-10.50 m:** Limite con lo strato superiore graduale. Tendenza coarsening upward e alla base argilla. La transizione in tutto lo strato è graduale e omogeneo e non c'è presenza di inclusi. Sporadici clasti sub-centimetrici. Colorazione: 2.5Y 4/2

**10.50-11.10 m:** Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici.



## MTC\_S1



**15.70-16.55 m:** Limo più sabbie medie a frazione argillosa 5%. La frazione sabbiosa in diminuzione verso il basso.

**16.55-17.00 m:** Argilla limosa con presenza di sabbia media grossolana (20% circa).

**17.00-17.50 m:** Argilla limosa, debolmente limosa, con presenza di noduli di Fe-Mn soffici sub-millimetrici abbastanza numerosi (2%). In tutto lo strato sono presenti clasti sub angolosi pluri-centimetrici (materiale del carotaggio??).

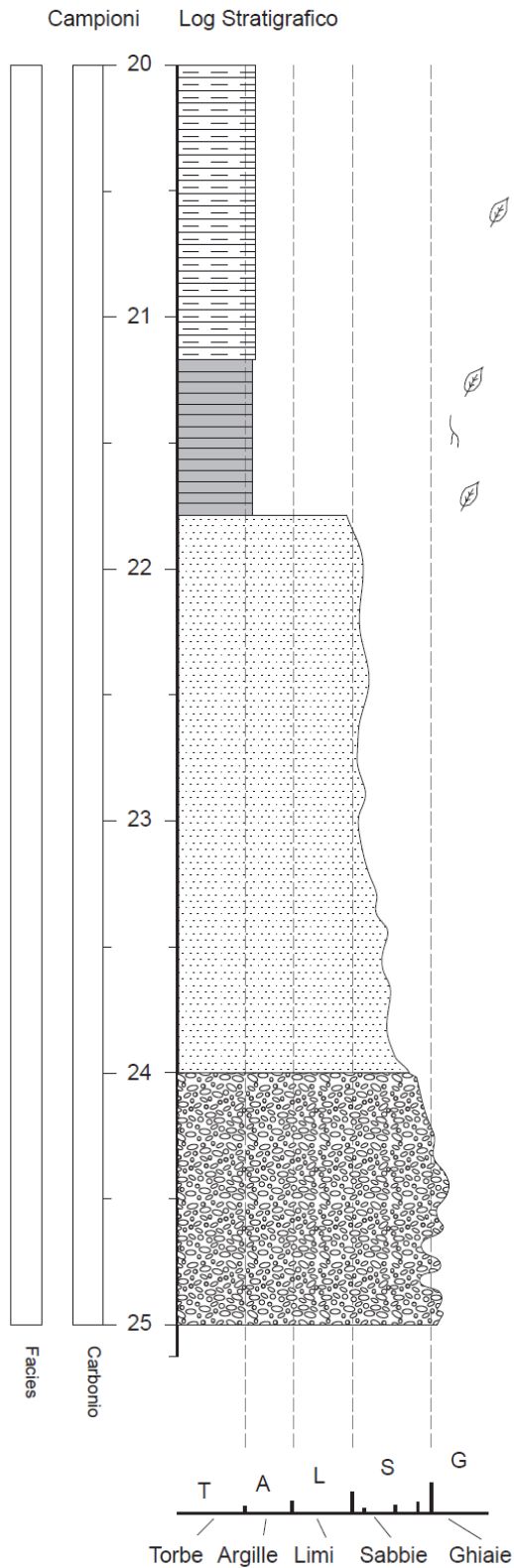
**17.50-17.90 m:** Limo sabbioso con frammenti di gusci e resti organici (radici) entrambi millimetrici.

**17.90-19.80 m:** Limiti inferiore e superiore gradual. Lo strato è di sabbia limosa da fine a media grossolana. Lo strato più grossolano è a 19.20 – 19.35 m. La restante porzione dello strato è costituito da sabbia medio fine.

**19.80-20.00 m:** Limo debolmente argilloso.



## MTC\_S1



**20.00-21.25 m:** Argilla con presenza di materia organica ossidata e frazione di sabbia fine estremamente variabile (le osservazioni estremamente coesive non permettono osservazioni più precise).

**21.25-21.80 m:** Argilla organica estremamente compatta con numerosi resti organici vegetali di dimensione centimetrica (legni, radici e foglie).

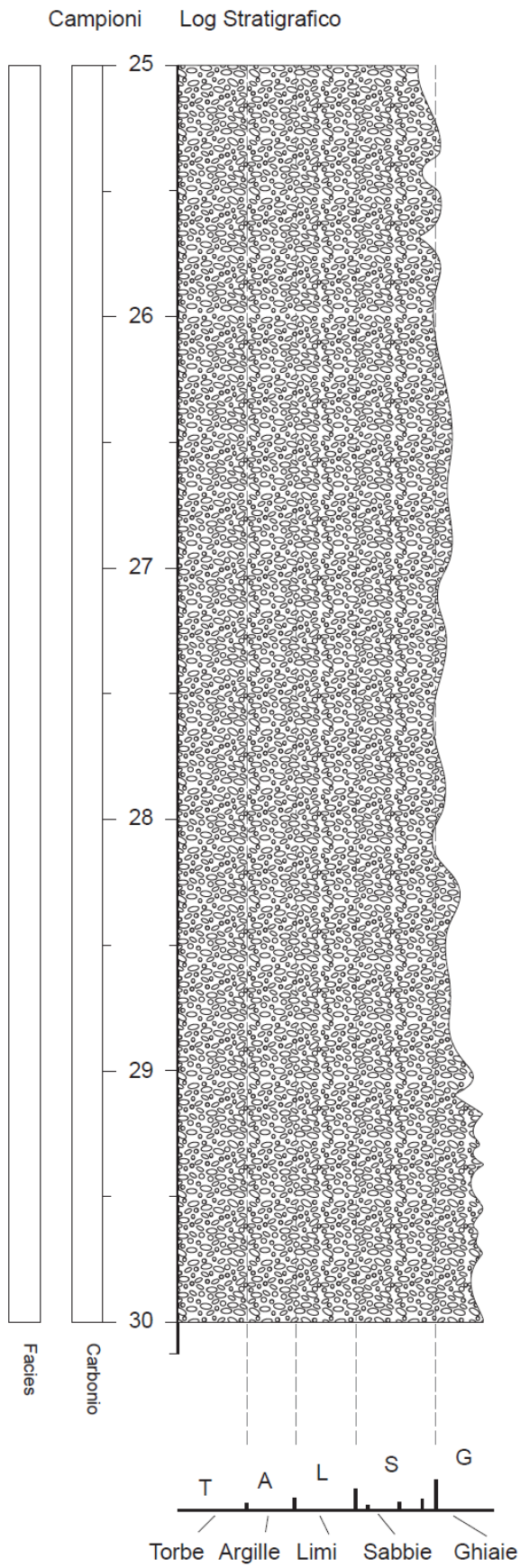
**21.80-23.30 m:** Sabbia argillosa estremamente coesiva. La frazione sabbiosa varia da fine a media con intervalli di clasti più grossolani di dimensione 2 mm tra 22.50 m e 22.80 m. i clasti sono arrotondati e dispersi nella matrice (5%).

**23.30-24.50 m:** Aumento della frazione sabbiosa fino alla predominanza verso il basso. La frazione granulometrica varia aumentando da sabbia media fine fino a ghiaia a 24.00 m.

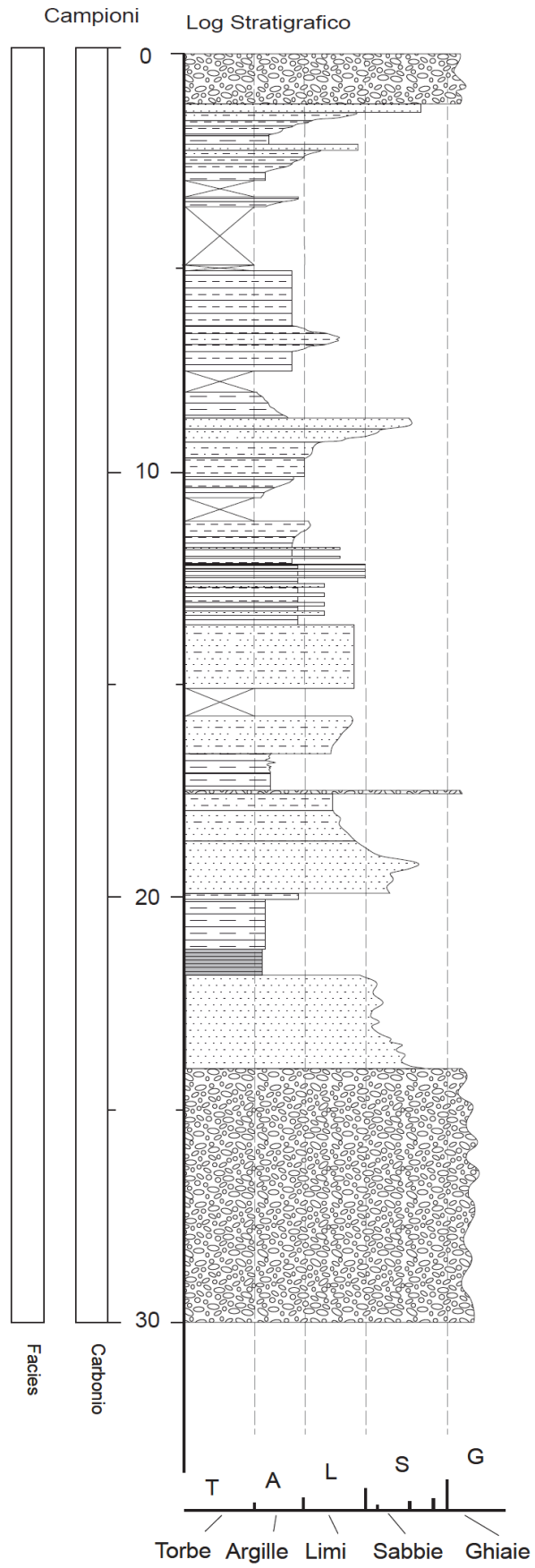
Da 23.80 fino alla base dello strato, sensibile presenza della frazione argillosa (10%)

**24.00-30.00 m:** Ghiaia con trend fining upward. Granulometria massima alla base con clasti di 7-8 cm.

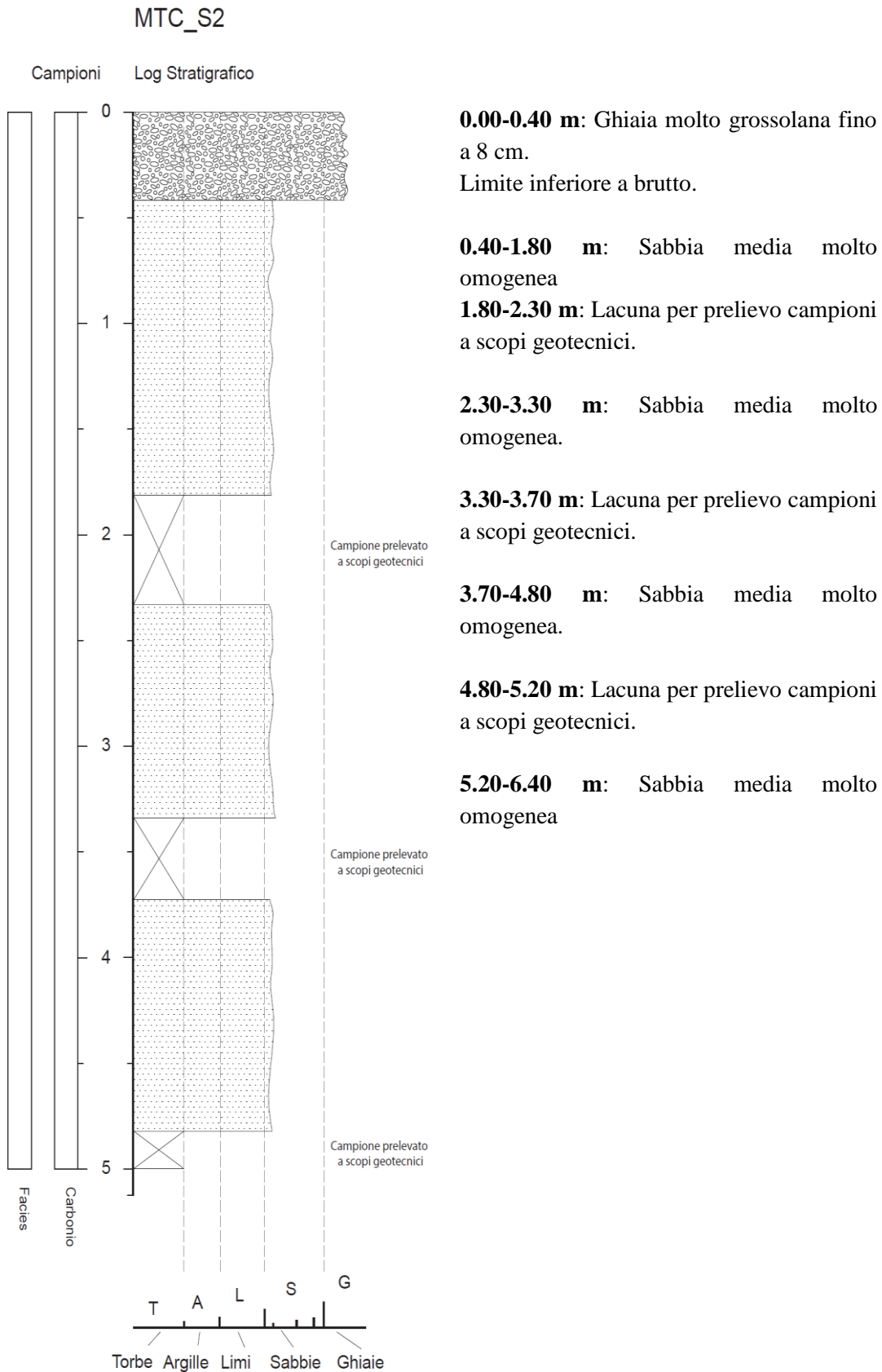
# MTC\_S1



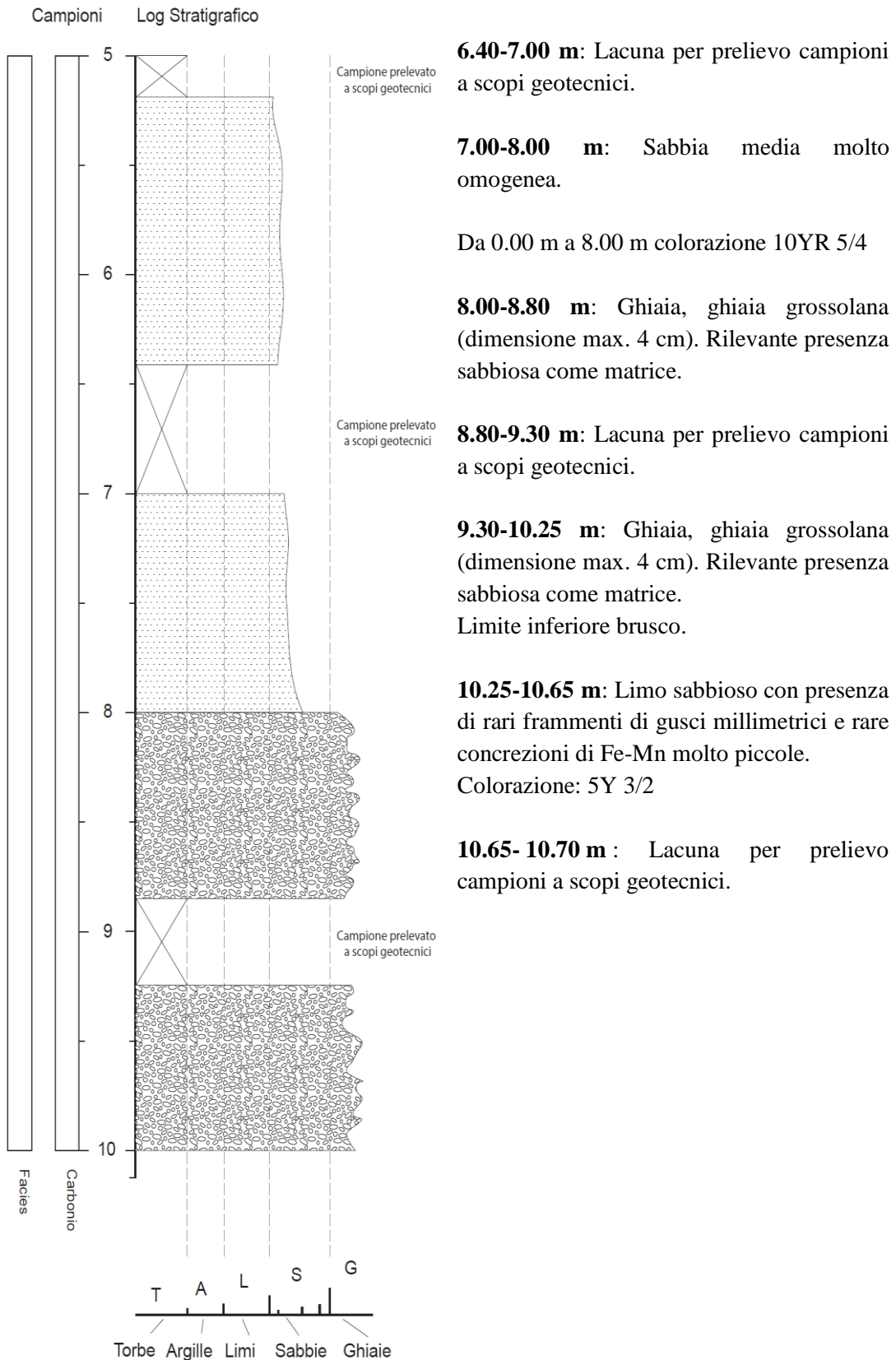
# MTC\_S1



## 6.1.13. Carotaggio MTC 2



## MTC\_S2



**6.40-7.00 m:** Lacuna per prelievo campioni a scopi geotecnici.

**7.00-8.00 m:** Sabbia media molto omogenea.

Da 0.00 m a 8.00 m colorazione 10YR 5/4

**8.00-8.80 m:** Ghiaia, ghiaia grossolana (dimensione max. 4 cm). Rilevante presenza sabbiosa come matrice.

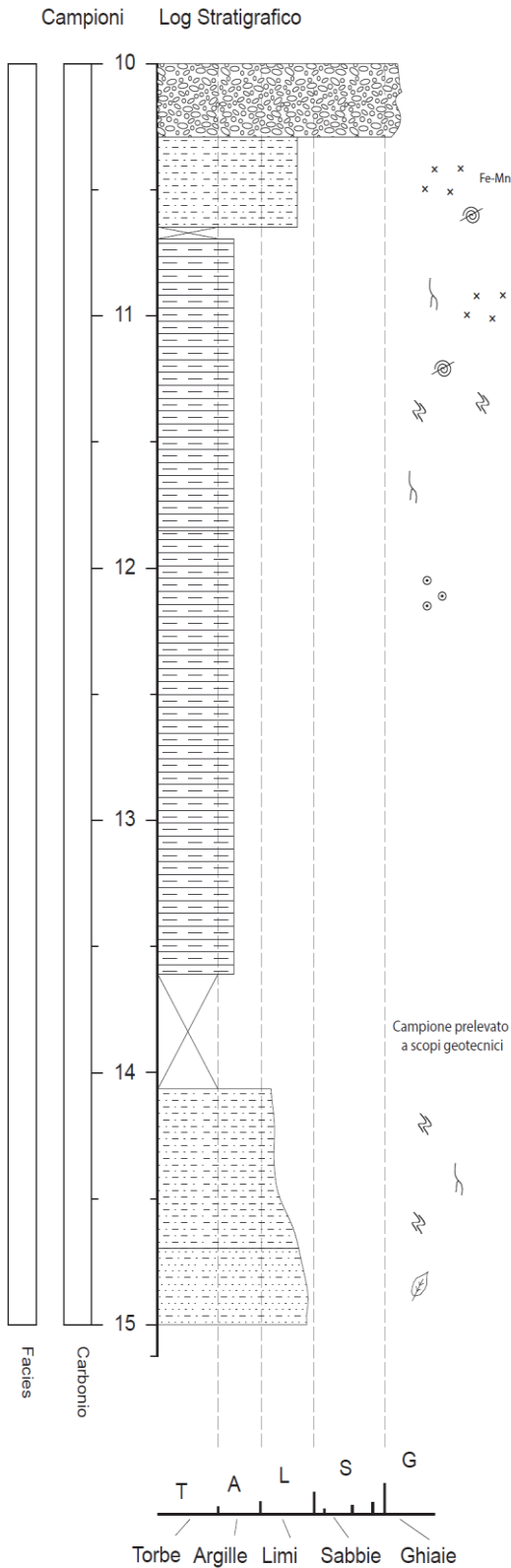
**8.80-9.30 m:** Lacuna per prelievo campioni a scopi geotecnici.

**9.30-10.25 m:** Ghiaia, ghiaia grossolana (dimensione max. 4 cm). Rilevante presenza sabbiosa come matrice. Limite inferiore brusco.

**10.25-10.65 m:** Limo sabbioso con presenza di rari frammenti di gusci millimetrici e rare concrezioni di Fe-Mn molto piccole. Colorazione: 5Y 3/2

**10.65- 10.70 m :** Lacuna per prelievo campioni a scopi geotecnici.

# MTC\_S2



**10.70-11.80 m:** Argilla limosa con rari frammenti di gusci e radichette diffuse.

Colorazione massa: 5Y 4/1

Abbondanza di screziature color mattone mal definite. Presenza di concrezioni carbonatiche di dimensioni millimetriche molto rare (deposizione secondaria). Le screziature scompaiono a 11.80 m.

**11.80-13.60 m:** Argilla limosa. Nella parte alta presenza di piccoli aggregati di argilla soffici e rotondeggianti. Sono presenti noduli di Fe-Mn di dimensioni sub-millimetrici.

**13.60-14.15 m:** Lacuna per prelievo campione a scopo geotecnici.

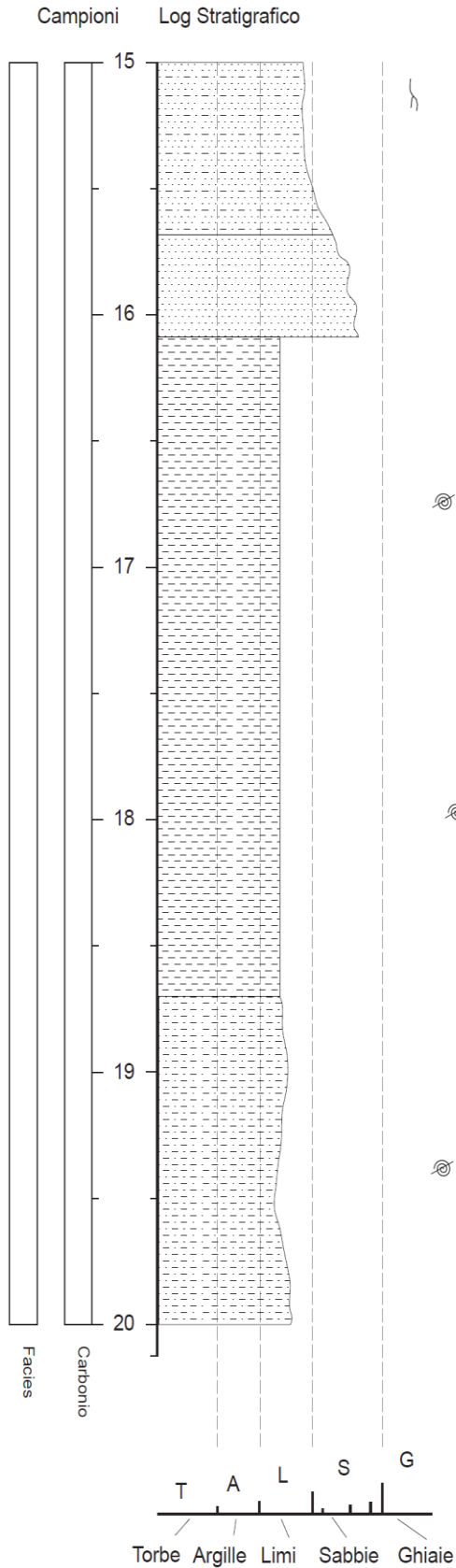
**14.15-16.15 m:** Strato con trend fining upward da sabbia grossolana alla base fin al limo sabbioso al top. Presenza (10%) fino a 14.85 m di screziature aranciate mal definite.

Nello stesso intervallo presenza di abbondante materiale organico in forma di radici e frustoletti, presenti fino alla base.

Colorazione 5Y 3/1

**16.15-18.50 m:** Limo debolmente argilloso misto sabbia media con presenza di frammenti di gusci.

## MTC\_S2



**18.50-20.70 m:** Transizione graduale a sabbia limosa con diminuzione della granulometria sabbiosa. Permane una alternanza fra strati centimetrici più o meno sabbiosi con presenza di frammenti di gusci.

Colorazione: 5Y 3/1.

Negli ultimi 20 cm netto aumento granulometria fino a raggiungere la ghiaia.

**20.70-23.15 m:** Ghiaia grossolana di dimensioni centimetriche con clasti da arrotondati a sub-angolosi (in maggioranza sub-angolosi). Alcuni clasti sono di selce. Limite inferiore a brutto.

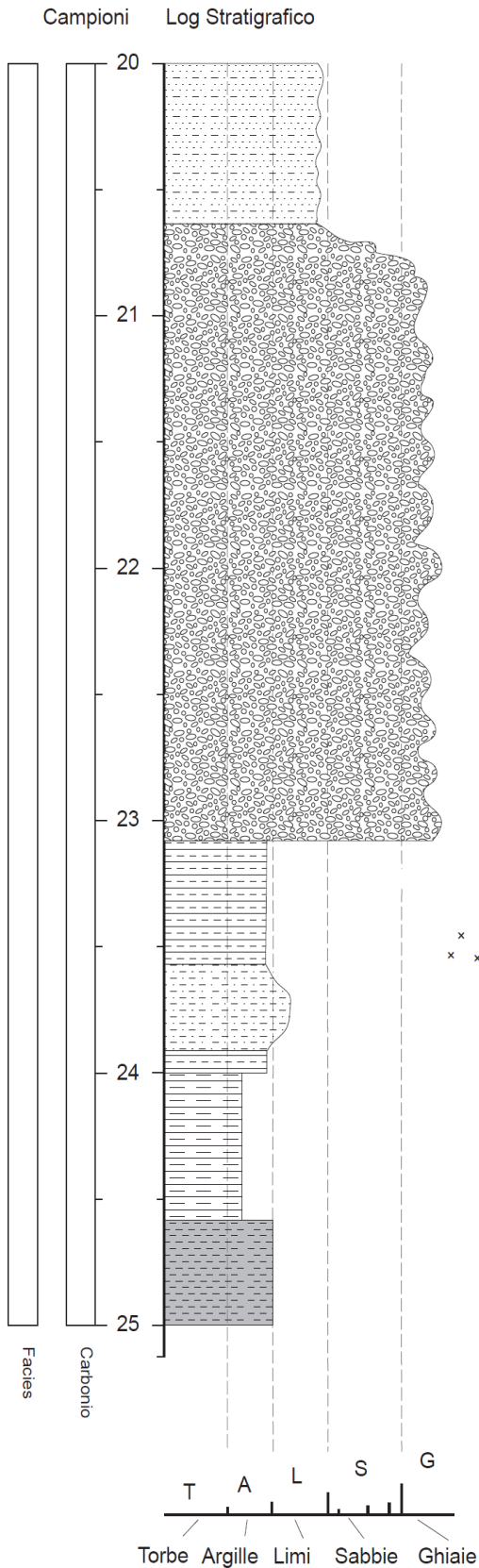
**23.15-24.00 m:** Limo argilloso color grigio chiaro con presenza di concrezioni carbonatiche di 3-4 mm in abbondanza 7%: probabilmente di deposizione primaria. Tra 23.65 m e 23.85 è presente un intervallo più sabbioso.

**24.00-24.65 m:** Argilla limosa laminata grigio chiara / grigio scura con presenza di limite inferiore e superiore netto. Le laminette sono di pochi millimetri.

**24.65-25.50 m:** Limo organico (ad alto contenuto organico). Limite inferiore graduale con aumento della granulometria. Colorazione: 5YR 3/1



## MTC\_S2



**25.50-28.03 m:** Strato con tendenza fining upward. Limo debolmente sabbioso in sommità e alla base sabbia grossolana. L'intero strato è organizzato in alternanze centimetriche sabbiose intercalate a intervalli più sottili e fini. Limite inferiore netto. Colorazione: grigio.

**28.03-29.30 m:** Argilla limosa, limo argilloso laminato nei primi 0.50 m. Nell'intervallo da 28.45 m a 28.70 m ci sono intercalazioni di materiale organico (torba). Limite inferiore graduale.

**29.30-30.00 m:** Strato con tendenza fining upward con al top limo sabbioso e alla base sabbie grossolane. Materiale alternato in strati di 2-3 cm grossolani con intervalli di 1 cm più fini (limoso sabbioso/limo argilloso).

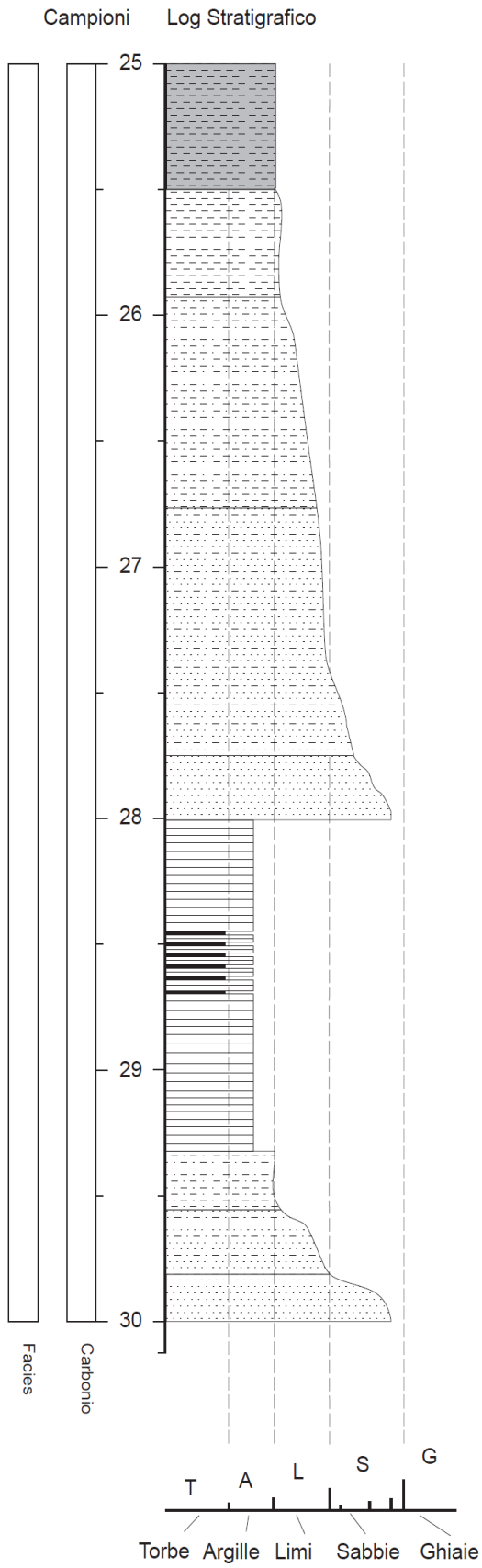
**30.00-31.65 m:** Ghiaia grossolana con clasti di dimensione 2-3 cm sub-angolosi in maggioranza. Litologie: calcari, vulcanite, selce bianca. Limite inferiore netto.

**31.65-33.40 m:** Sabbia fine limosa parzialmente organizzata in lamine tra 32.70 m e 32.95 m (intervallo più fine limoso).

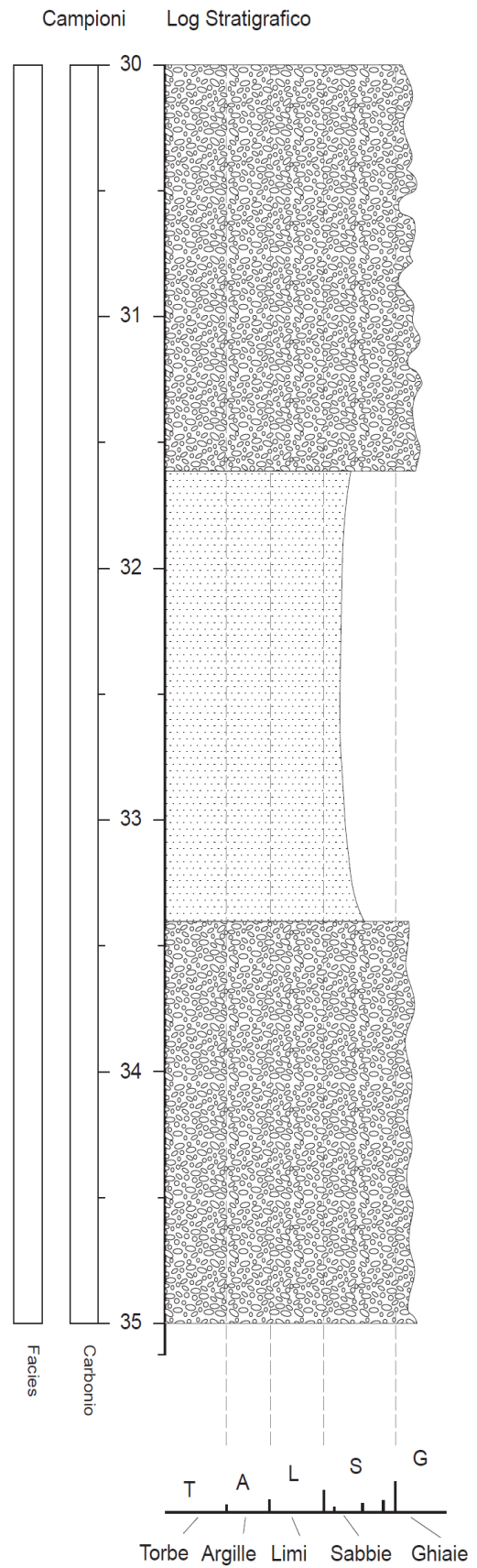
**33.40-35.00 m:** Ghiaia con clasti di dimensioni medie 1 cm.



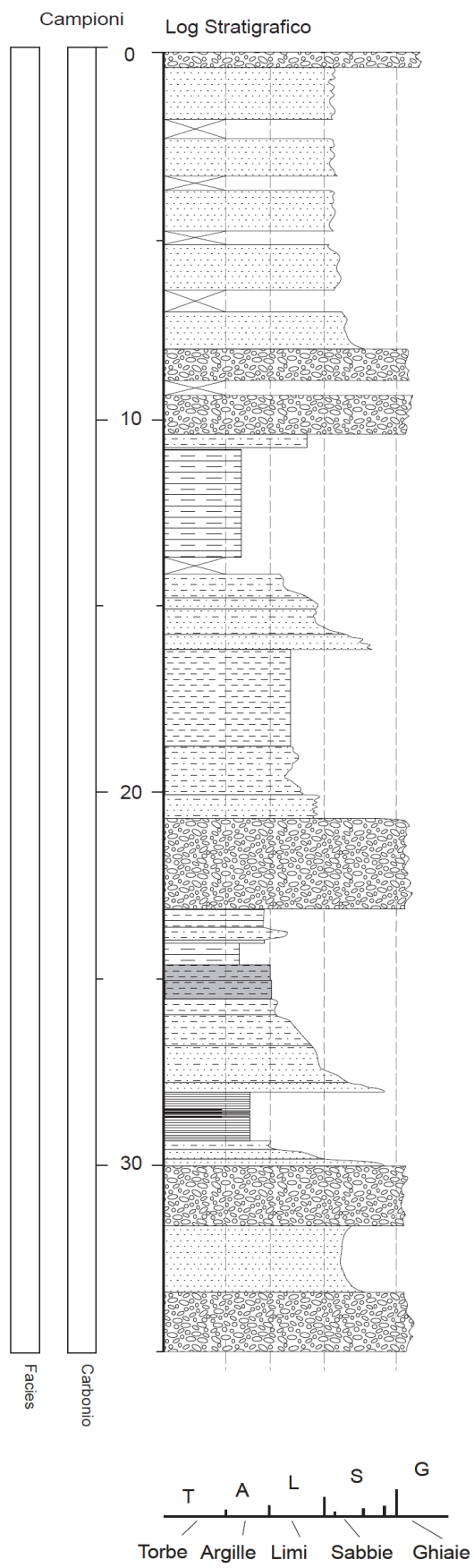
### MTC\_S2



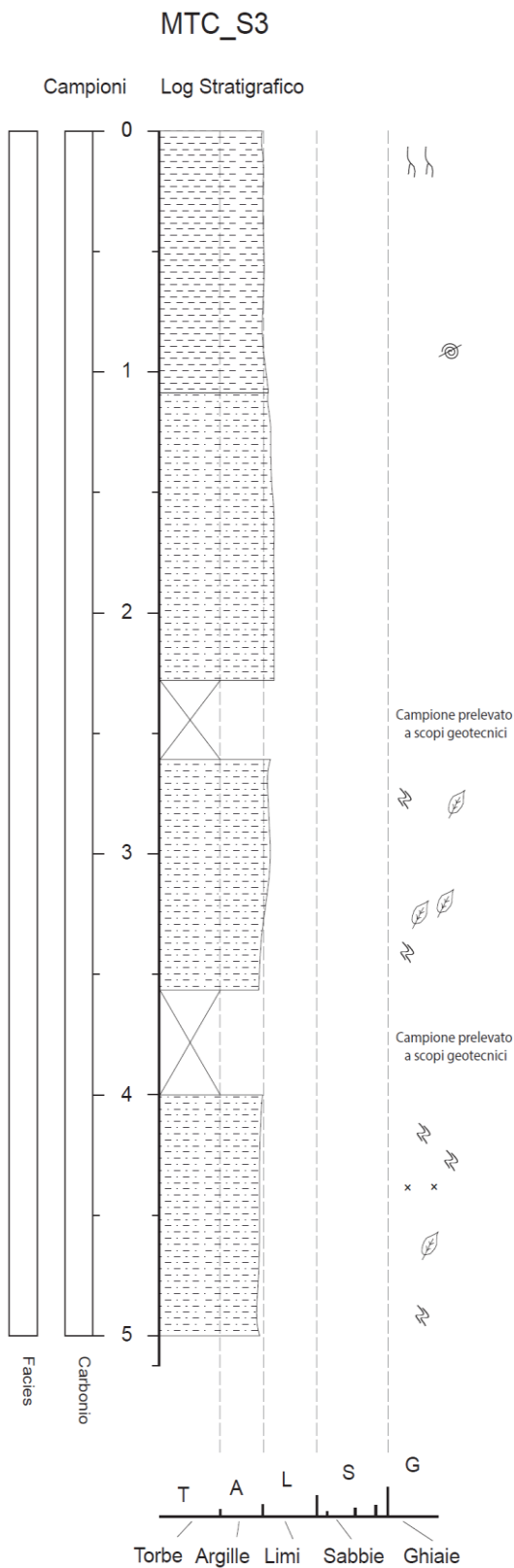
### MTC\_S2



# MTC\_S2



### 6.1.14. Carotaggio MTC 3



**0.00-2.30 m:** Limo con tendenza fining upward. Limo debolmente sabbioso al top e limo sabbioso alla base. Presenza di radici nel primo metro dello strato e rara presenza di frammenti di gusci di dimensione millimetrica.

Colorazione: da 0.00 m a 1.20 m 10YR 2/2; da 1.20 m a 2.30 m 10YR 3/3.

**2.30-2.60 m:** Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici.

**2.60-3.55 m:** Da limo sabbioso al top si arriva ad limo sabbioso con argilla alla base. Si riscontra una sporadica presenza di materia organica di dimensione millimetrica. tra 3.00 m e 3.30 m è presente con dimensioni pluri-centimetrica. Presenti anche sporadici clasti di dimensione 1-2 mm arrotondati e di screziature color grigiastro.

Colorazione: 2.5Y 3/2

**3.55-4.00 m:** Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici.

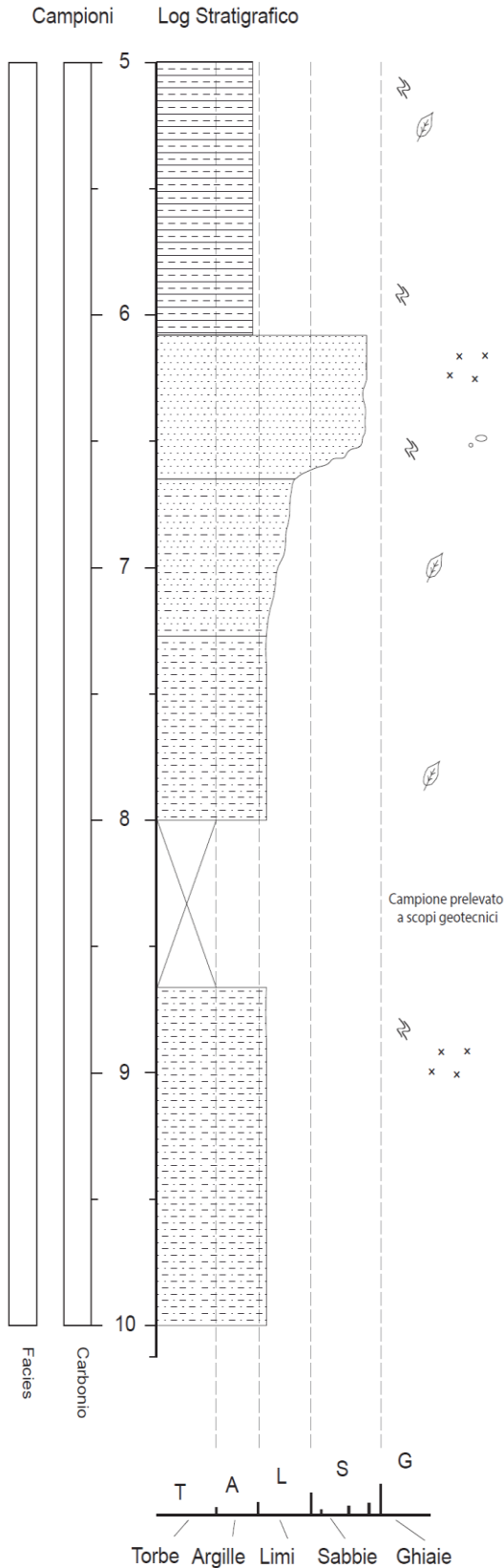
**4.00-5.00 m:** Limo sabbioso con argilla. Si riscontra presenza sporadica di ciottolotti (dimensione 2 mm) formati da sabbia consolidata arrotondati.

Presenza di screziature (in percentuale 10-15%) color mattone. Trovata una concrezione carbonatica di 3 cm.

Presente materia organica dispersa in percentuale 5%.

Colorazione: 2.5Y 3/2

# MTC\_S3



**5.00-6.10 m:** Il materiale si presenta molto consolidato: limo argilloso. Si riscontra presenza sporadica di materia organica di dimensione millimetrica e screziature aranciate in percentuale (5-10%).  
Colorazione: 2.5Y 3/2.

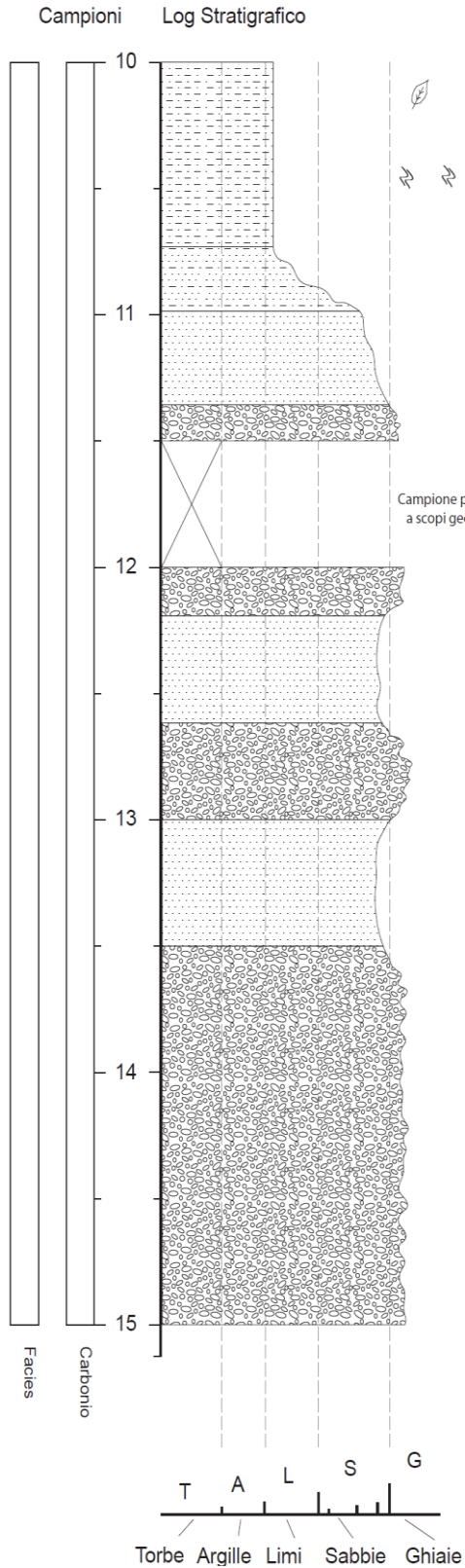
**6.10-8.00 m:** Sabbia grossolana con abbondante matrice argillosa al top con concrezione carbonatiche (5%) poco tenaci di dimensioni millimetriche. Presenza di screziature (15%) color mattone.  
Si riscontra la presenza di un clasto a 6.50 m di dimensione 4cm.  
Da 6.50 m diminuzione della granulometria fino al limo sabbioso alla base. Si riscontrata materia organica dispersa in tutto lo strato.

**8.00-8.70 m:** Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici.

**8.70-9.35 m:** Sabbia fine in matrice argillosa con concrezioni carbonatiche (dimensioni 1 mm) e screziature arancioni. Simile base intervallo 6.10-8.00 m.

**9.35-10.70 m:** Limo sabbioso. Iniziale assenza screziature e concrezioni. Presenza di agglomerati tondeggianti di argilla (dimensione 1-2 mm) tra 9.50- 10.00 m. Si riscontrano rari frammenti di materia organica sub-millimetrica. Tra 10.00-11.00 ricompaiono le screziature.  
Limite inferiore graduale.

# MTC\_S3



**10.70-11.50 m:** Strato con tendenza fining upward con ghiaia alla base fino a sabbia fine con limo al top. Sono presenti screziature.

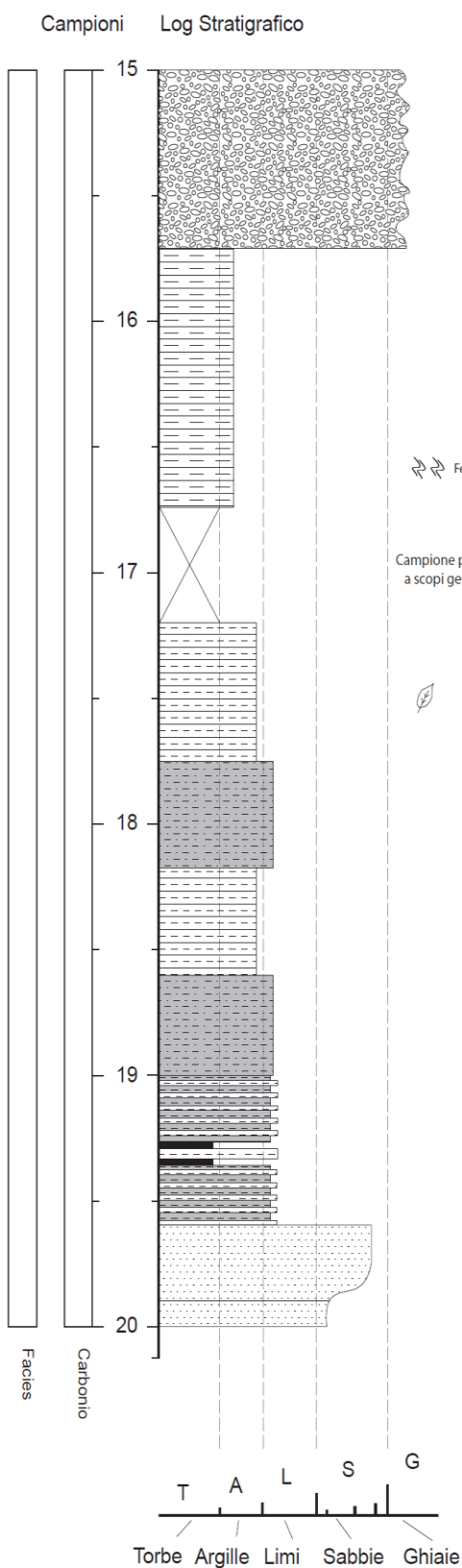
**11.50-12.00 m:** Lacuna per prelievo campione a scopo geotecnici.

**12.00-15.70 m:** Ghiaia grossolana con episodici intervalli di sabbia tra 12.20-12.60 m e 13.00-13.50 m. Limite inferiore netto.

**15.70-16.70 m:** Argilla limosa color grigio scuro con sporadici clasti arrotondati spersi nella matrice che tendono ad aumentare verso il tetto. Alla base presenza di concrezioni di Fe-Mn di diametro 2 mm.

**16.70-17.25 m:** Lacuna per prelievo a scopi geotecnici.

# MTC\_S3



**17.25-17.70 m:** Limo argilloso di color grigio chiaro con presenza di rara materia organica degradata.

Limite inferiore netto. Negli ultimi 10 cm basali parvenza di laminazione grigio chiaro/grigio scuro.

**17.70-18.15 m:** Limo sabbioso ad elevato contenuto organico che aumenta verso il tetto dello strato.

Limite inferiore netto.  
Materia organica dispersa.

**18.15-18.65 m:** Come strato 17.25-17.70 m.

**18.65-19.00 m:** Come lo strato 17.70-18.15 m.

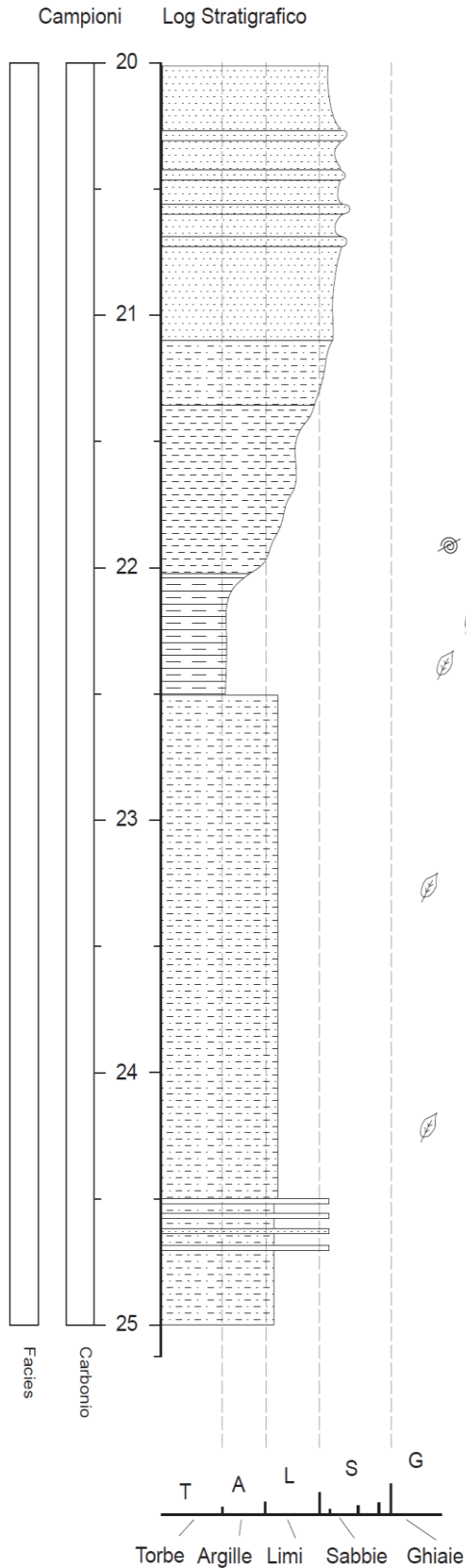
**19.00-19.60 m:** Limo sabbioso finemente laminato con lamine chiare e scure di colore grigio.

Presenza di 2 strati con materiale organico a 19.30-19.32 m e 19.38-19.40 m.

Limite inferiore netto.

**19.60-19.80 m:** Sabbia molto grossolana di colore grigio scuro.

# MTC\_S3



**19.80-21.15 m:** Sabbia medio fine limosa con presenza di intervalli più grossolani centimetrici tra 20.30 m e 20.70 m. Presenza di materia organica dispersa. Limite inferiore graduale.

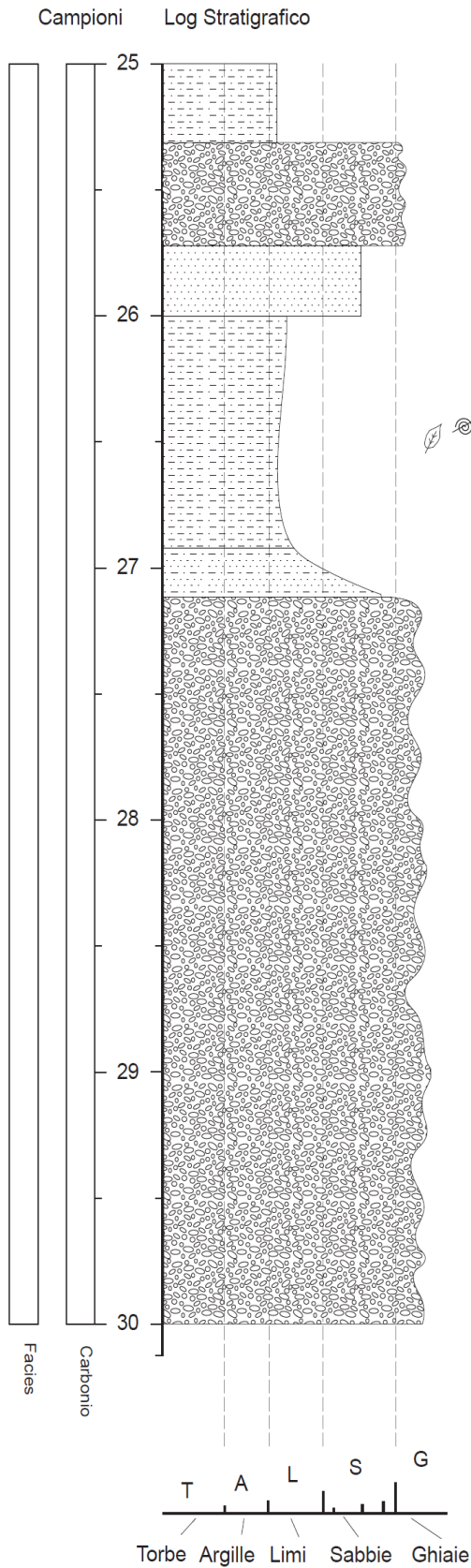
**21.15-22.40 m:** Strato con tendenza coarsening upward con al tetto limo sabbioso e alla base argilla limosa. Presenza di materia organica filamentosa e frammenti di gusci di dimensione millimetrica (in percentuale 3%).

**22.40-22.50 m:** Come lo strato precedente. Incremento nel contenuto di organico.

**22.50-25.30 m:** Strato mediamente limoso con intercalazioni centimetriche sabbiose dai contorni non definiti. Presenza di materia organica sparsa. Sono presenti laminazioni sottili tra 24.55-24.70 m, e tra 25.15-25.30 m. Limite inferiore netto.



# MTC\_S3



**25.30-25.75 m:** Ghiaia grossolana con clasti di dimensione 1 cm sub-arrotondati.  
Limite inferiore netto.

**25.75-26.00 m:** Sabbia media grossolana con presenza di clasti ghiaiosi di dimensione 5 cm negli ultimi 70 cm basali.

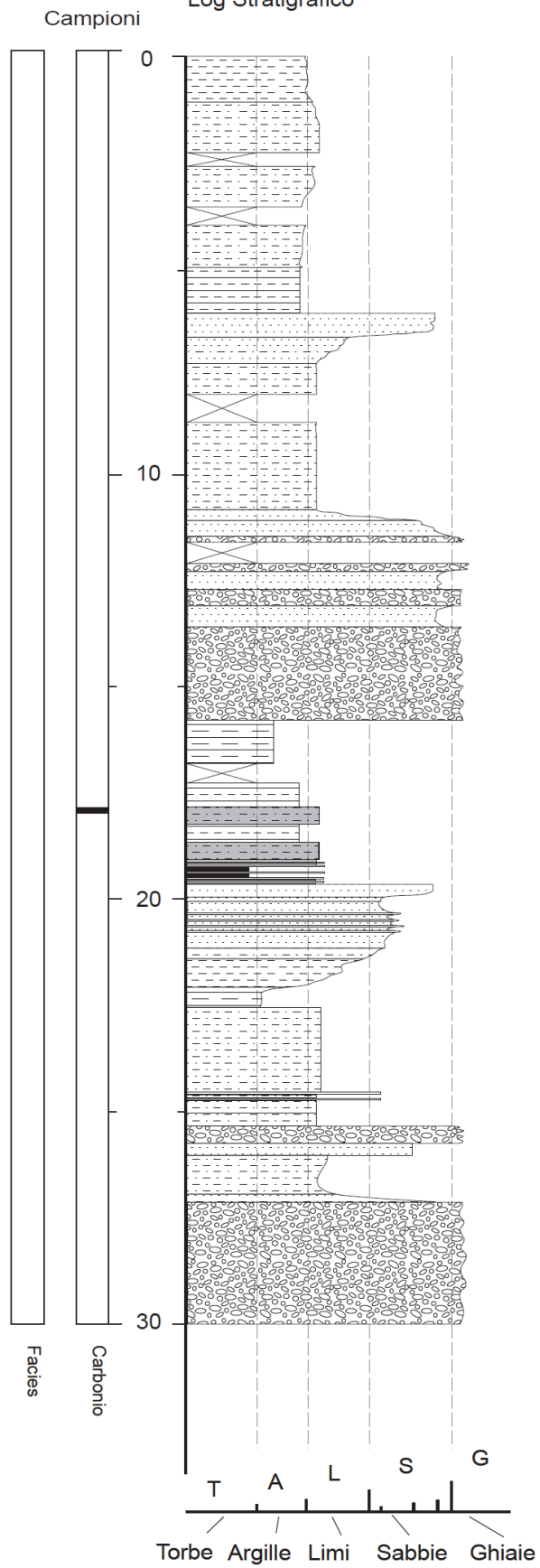
**26.00-26.90 m:** Limo misto sabbia fine molto compatto. Presenza di rarissimi frammenti organici sub-millimetrici. Rari gusci (frammenti) sub-millimetrici.  
Limite inferiore graduale.

**26.90-30.00 m:** Ghiaia grossolana da 1 cm a 8 cm con abbondante matrice.

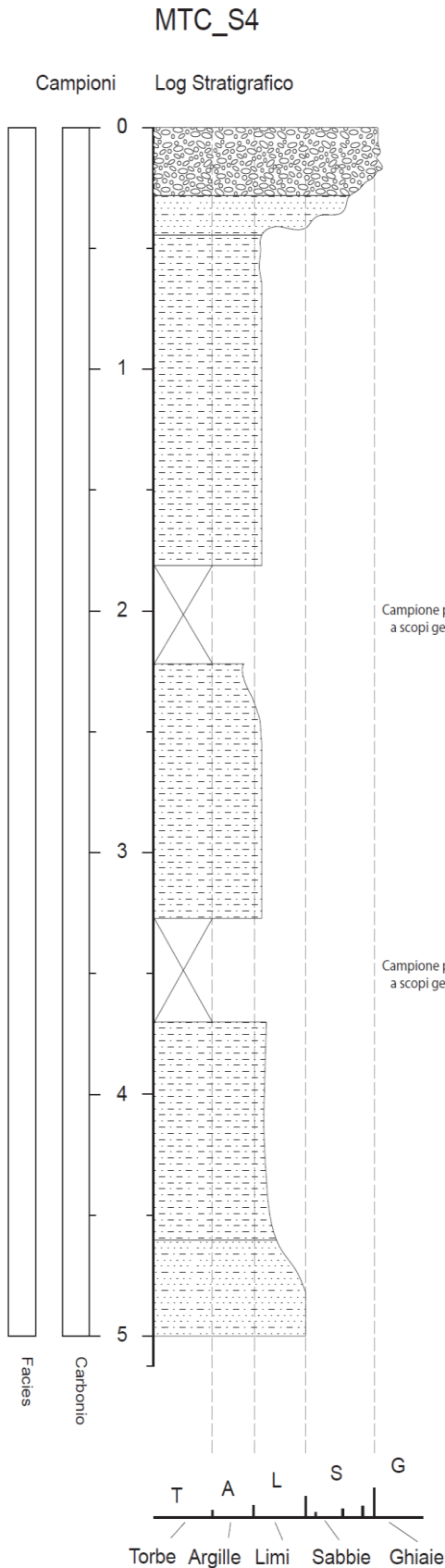


# MTC\_S3

Log Stratigrafico



## 6.1.15. Carotaggio MTC 4



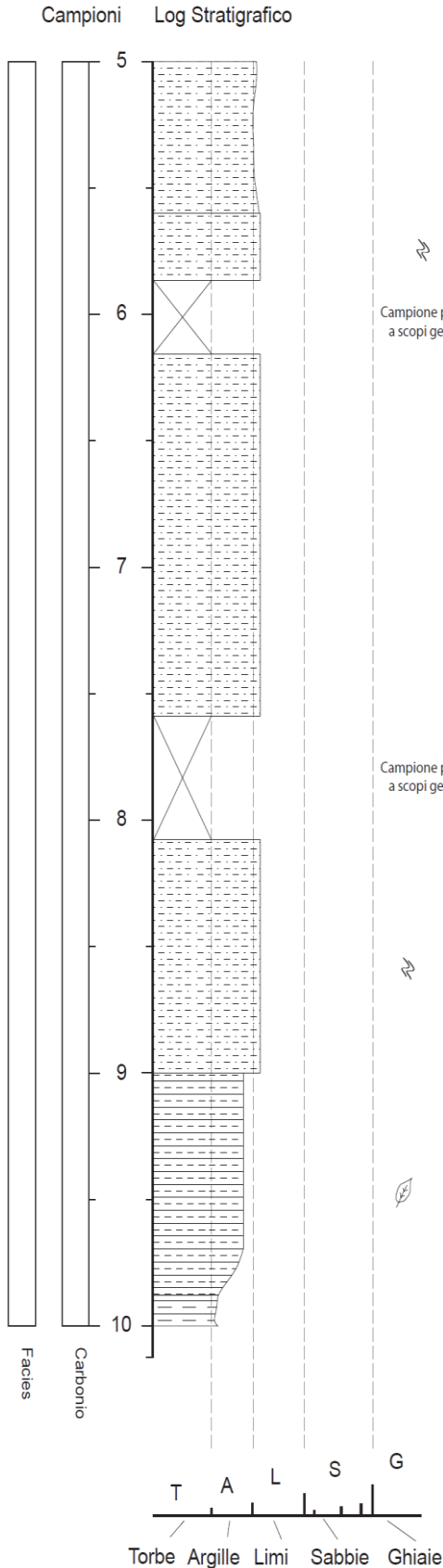
**0.00-1.80 m:** Limi sabbiosi (sabbia medio-fine 300-200  $\mu\text{m}$ ) con presenza di sporadici clasti di dimensione sub-centimetrica massimo 1 cm. Si distingue tra 0.00-0.25 m ghiaia media dimensione (2-4 mm) con presenza di clasti più che centimetrici dimensione media 3-5 cm dimensione massima asse b 7 cm. Il passaggio tra ghiaia a sabbie è graduale. Colorazione: 7.5YR 3/4.

**1.80-2.28 m:** Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici.7

**2.28-4.20 m:** Limi sabbiosi sabbia medio fine che verso il tetto tendono a aumentare la componente argillosa (10%) con passaggio graduale. Base graduale con intervallo sottostante. Colorazione: uguale a quella precedente. Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici tra 3.30-3.75 m

**4.20-5.60 m:** da 4.20-4.65 m limi sabbiosi (sabbia fine) con presenza sporadica di clasti di dimensione millimetrica/centimetrica. Da 4.65-5.00 m aumento graduale della componente sabbiosa. Si tratta, infatti, di sabbia medio fine limosa con clasti da millimetrici a centimetrici dimensione media 1-2 cm, dimensione massima asse b 5 cm. Da 5.00-5.60 limi sabbiosi debolmente argillosi con presenza di clasti di dimensioni sub-centimetrici millimetrici. Base graduale. Colorazione 7.5YR 3/4.

# MTC\_S4



**5.60-9.00 m:** Limi sabbiosi (medio fine 300-200) debolmente argillosa con assenza di clasti.

Base netta rispetto intervallo sottostante. Sporadiche se non quasi assenti screziature color mattone.

Colorazione come sopra.

Lacune per prelievo campioni a scopi geotecnici tra 5.80-6.20 m; 7.60-8.15m.

**9.00-9.80 m:** Limi argillosi (argilla 20%) privi di sabbia. Si nota la presenza di materia organica come frustoletti millimetrici e talvolta alterati a vivianite.

Base graduale con l'intervallo sottostante.

Tetto: improvvisa perdita di sabbia rispetto intervallo sovrastante.

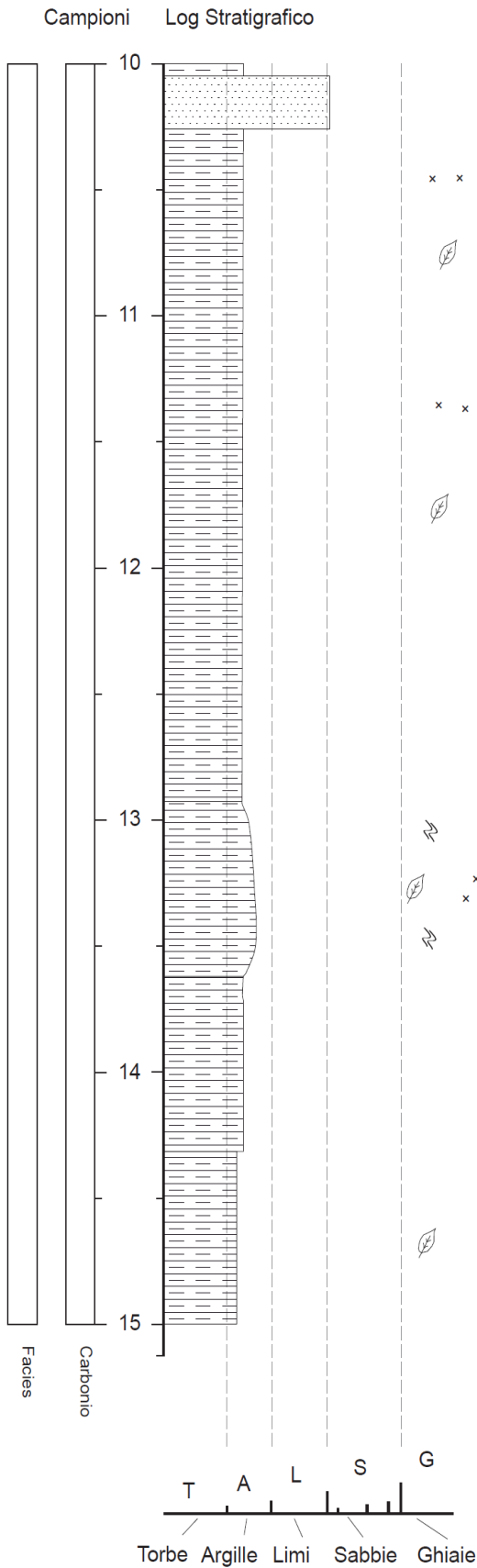
Colorazione 10YR 4/2.

**9.80-12.00 m:** Passaggio graduale da precedenti limi argillosi ad argille limose debolmente sabbiose (sabbia fine 200 µm). Intervallo di sabbia tra 10.08-10.22 m con clasti centimetrici.

Si denota intervallo tra 10.22-12.00 m la presenza di sporadica materia organica come frustoletti di dimensione millimetrica a volte alterati a vivianite e sporadiche concrezioni carbonatiche millimetriche nell'abbondanza di 1%.

Colorazione: 7.5YR 2.5/1

# MTC\_S4



**12.00-12.60 m:** Lacuna pe prelievo campione a scopi geotecnici.

**12.60-14.30 m:** Come strato sovrastante. Si denota un aumento nella componente sabbiosa fine tra 12.90-13.60 m con concomitante aumento delle screziature che pervadono l'intervallo e materia organica presente come frustoletti soprattutto tra 13.10-13.70 m. sono presenti sporadiche concrezioni carbonatiche millimetriche.

A 13.60 m si trovano 2 clasti di dimensione 2-3 cm che hanno l'apparenza di essere concrezioni carbonatiche dure di forma tubolare cilindrica.

Base dell'intervallo graduale.

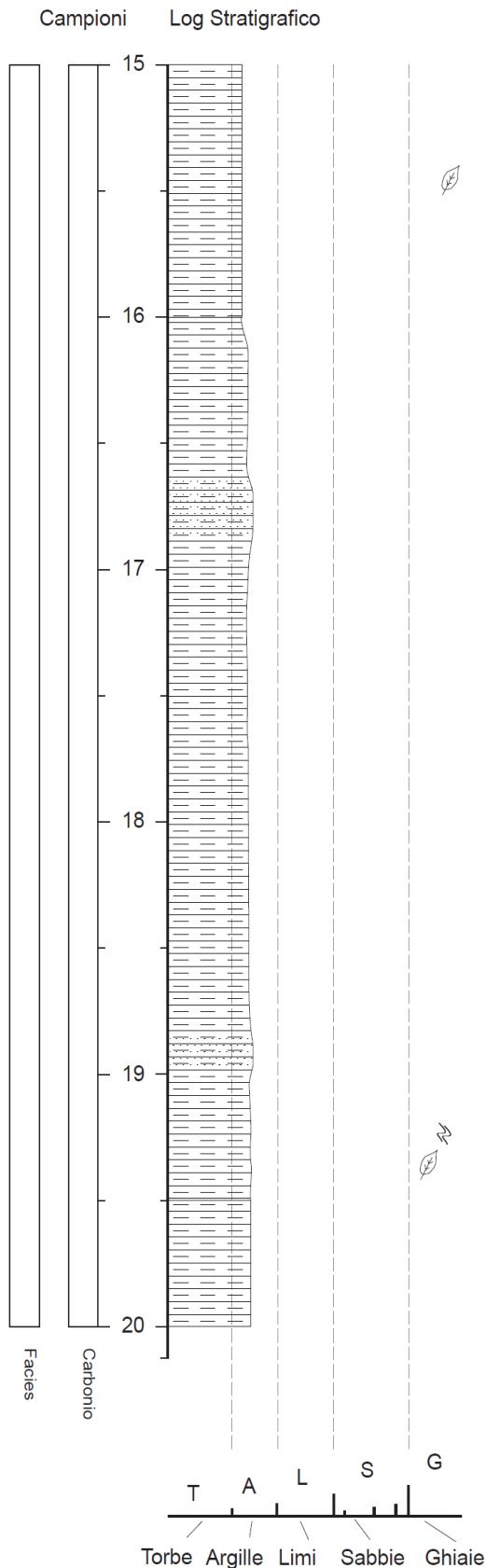
Colorazione 10YR 4/3.

**14.30-16.00 m:** Argille limose prive di sabbia. Livelli più organici (intesa colorazione nero-bruna) tra 15.00-15.40 m con presenza di materia organica sub-centimetrica sparsa e sporadica.

Presente anche nel resto dell'intervallo in minore percentuale spesso alterato a vivianite.

Colorazione porzione organica: 5y 2.5/1

## MTC\_S4



**16.00-19.50 m:** Argille limose debolmente sabbiose (sabbia fien 130-200  $\mu\text{m}$ ).

Intercalazione a più ricca componente sabbiosa tra 16.73-16.85 m; 18.87-18.94 m. Presenza di screziature color mattone a 19.37 m in concomitanza con la comparsa di frustoletti organici.

**19.50-21.45 m:** Intervallo fortemente seccato nel post-carotaggio. Si presume essere come l'intervallo sovrastante. Si evidenzia un'intercalazione sabbiosa tra 20.00-20.30 m.

Base intervallo netto.

Lacuna per prelievo di campione a scopi geotecnici tra 20.90-21.00 m

**21.00-22.00 m:** Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici.

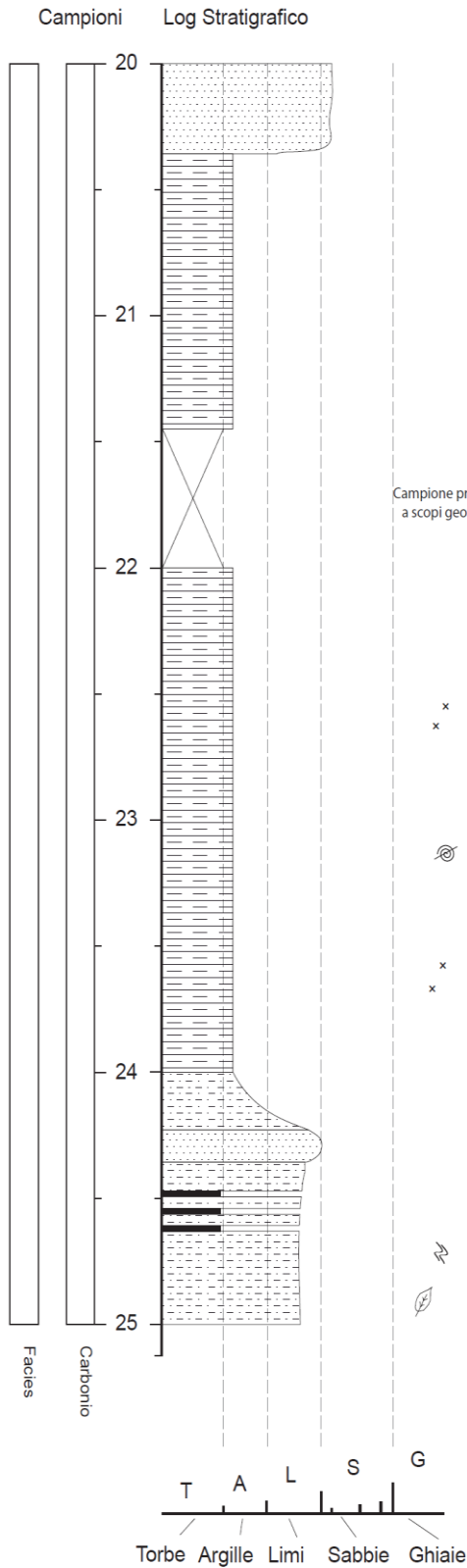
**22.00-24.00 m:** Come intervallo 16.00-19.50 m. Si riscontra spersi nell'intervallo screziature carbonatiche millimetriche e episodici gusci di gasteropodi continentali. L'intervallo sembra essere ben organizzato in una debole stratificazione/laminazione che tende ad essere più visibile e fitta verso la base del medesimo .

Colorazione 2.5YR 3/2

Colorazione da 16.00-21.45 m: 7.5YR 2.5/1.

Base netta.

# MTC\_S4



**24.00-25.00m:** Limi fortemente sabbiosi (sabbia medio fine 300-200  $\mu\text{m}$ ).

Intervallo di sabbia media limosa tra 24.28-24-36 m. Si distingue intervallo ben stratificato di sostanza organica a 24.49-24.65 m. Locali screziature e frustoletti di materia organica

Base netta.

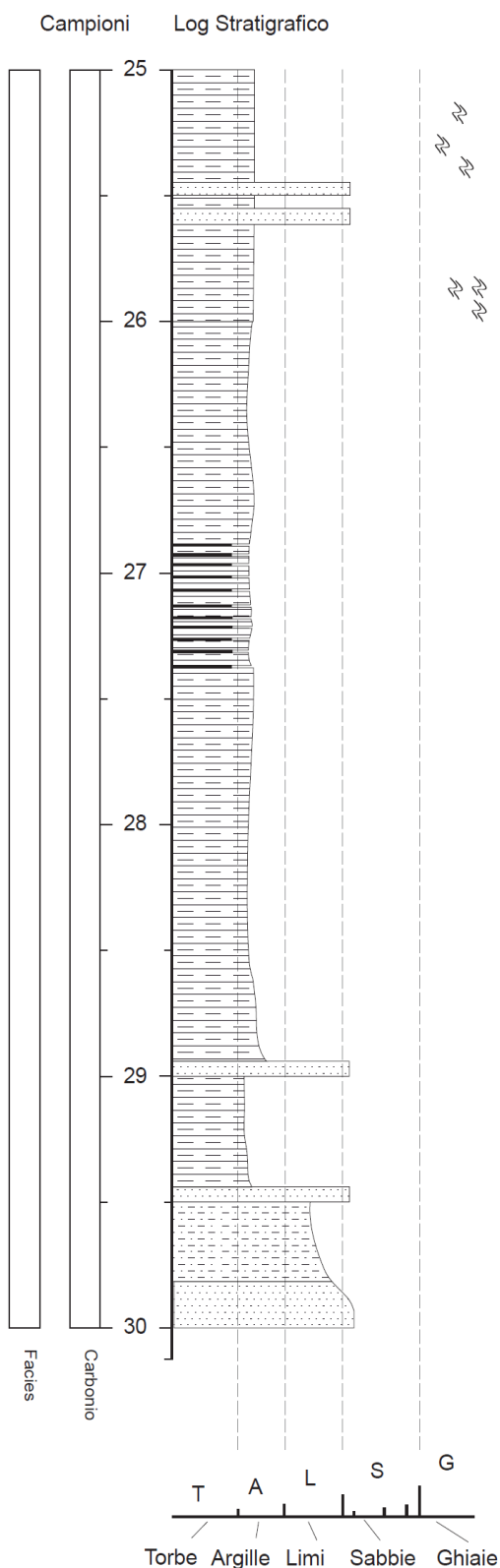
**25.00-27.60 m:** Argille debolmente sabbiose al top di colore grigio chiaro

(colorazione tra 25.00-25.50 m: 2.5Y 4/1) con notevoli screziature arancioni/mattone tra 25.16-25.40 m. Si distinguono intervalli sabbiosi (sabbia media) tra 25.47-25.50 m / 25.57-25.63 m. Da 25.63 verso il basso la colorazione delle argille è nuovamente 2.5Y 3/2. Si ritrovano come sopra notevoli screziature arancioni-rosso mattone tra 25.86-26.00 m.

Da 26.00-27.60 m intervallo di argille limose debolmente sabbiose eccezionalmente per un livello organico fittamente laminato a transizione graduale tra 26.80-27.40 m

**27.60-29.55 m:** Argille limose debolmente sabbiose con graduale aumento nel contenuto di sabbia (medio-fine) verso la base netta. Intervalli sabbiosi tra 28.95-29.00 m; 29.45-29.50m. Si denota una debole stratificazione dell'intero intervallo.

## MTC\_S4



**29.55-30.80 m:** Dal basso verso l'alto abbiamo ghiaia con clasti da sub-centimetrici a più che centimetrici (dimensione media 0.5-1 cm e dimensione max. asse b 3-4 cm) in matrice sabbiosa limosa con una tendenza fining upward. Al tetto limi sabbiosi (sabbia media 300-200  $\mu\text{m}$ ) passando attraverso sabbie medie-fini con clasti millimetrici spersi.  
Base dell'intervallo graduale.

**30.80-31.00 m:** Sabbia grossolana media

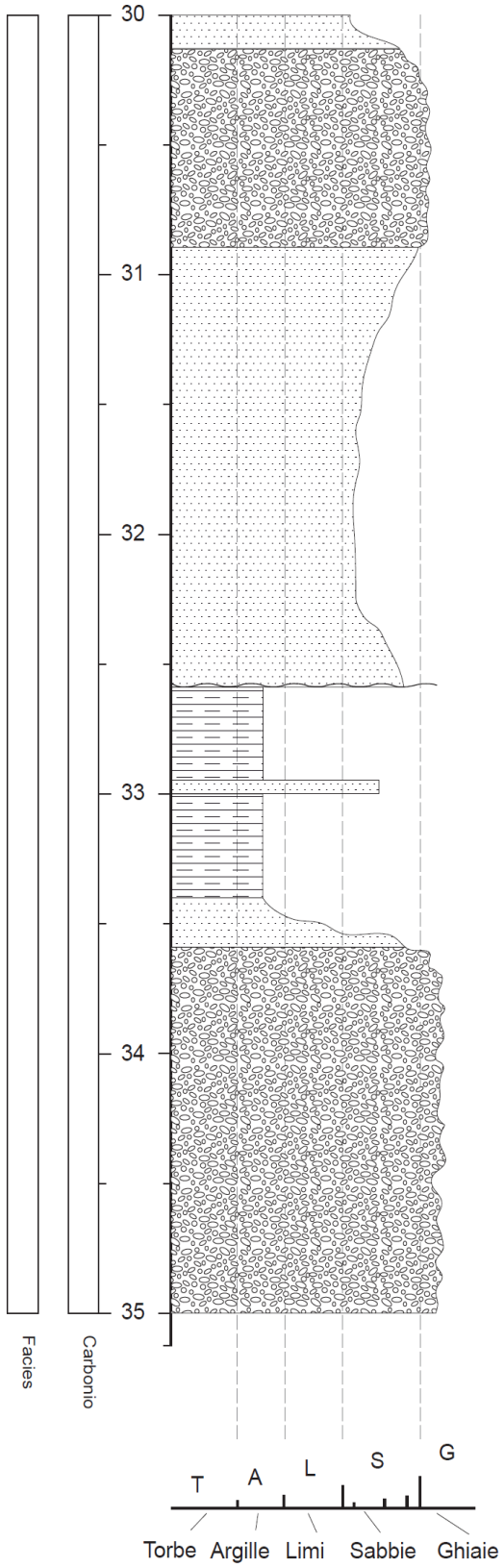
**31.00-32.65 m:** Dal basso verso l'alto si trovano sabbie grossolane-medie con clasti millimetrici fino a 32.35 m che lasciano poi il posto gradualmente a sabbie fini debolmente argillose fino a 31.90 m. Tra 31.90 -31.80 m ghiaia in matrice argillosa. Da 31.80-31.00 m sabbia media fine limosa/argillosa con sporadici clasti millimetrici.  
Base erosiva su argille sottostanti.

**32.65-33.36 m:** Argille limose con sabbia fine (200  $\mu\text{m}$ ) con intervallo di sabbioso (sabbie grossolane) tra 32.90-33-00 m.  
Base in graduale transizione con l'intervallo sottostante.

**33.36-35.00 m:** Ghiaie grossolane in matrice argillosa di dimensione centimetrica (dimensione variabile tra 0.5-2 cm)

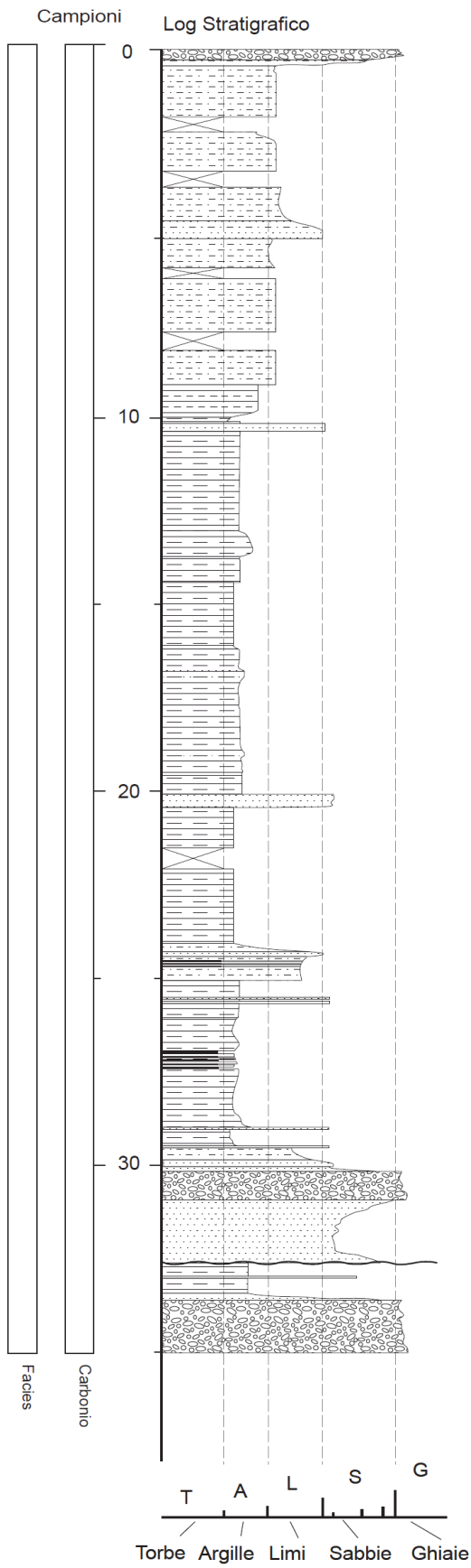
# MTC\_S4

Campioni Log Stratigrafico

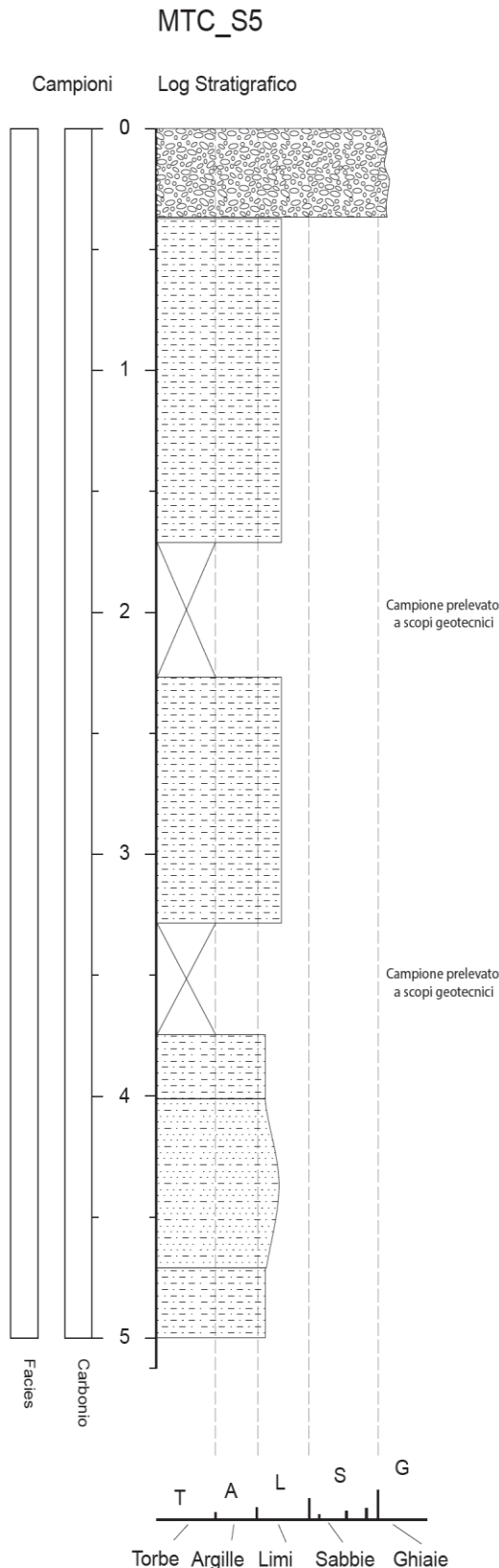




# MTC\_S4



## 6.1.16. Carotaggio MTC 5



**0.00-1.65 m:** Limi sabbiosi (sabbia fine molto fine) con sporadica presenza di clasti sub-centimetrici sparsi in tutto l'intervallo. Si contraddistingue al top dello strato (primi 30 cm) un livello di sabbia grossolana di dimensione 1000  $\mu\text{m}$  con presenza di clasti di dimensione più che centimetrica. Dimensione massima asse b 5 cm, dimensione media 1-2 cm.  
Limite inferiore netto.  
Colorazione: 7.5R 3/4

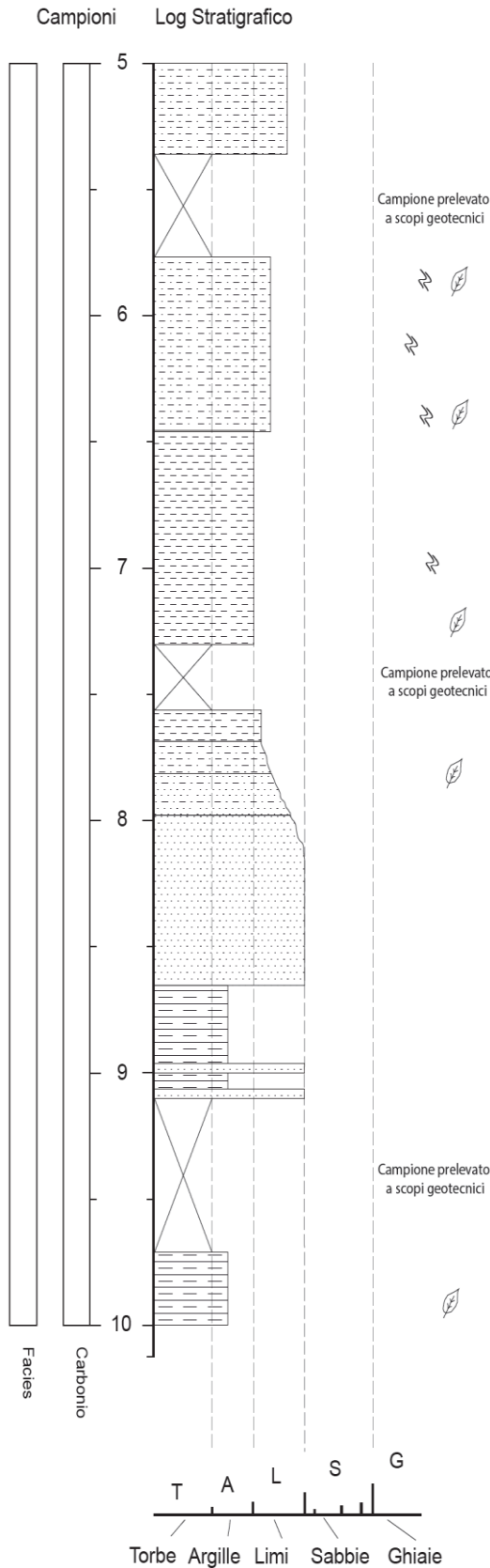
**1.65-2.25 m:** Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici.

**2.25-3.30 m:** Come lo strato precedente. Si distingue in tutto la profondità dell'intervallo clasti di dimensione più che centimetrica (probabili vulcaniti) di dimensione max. 5 cm e dimensione medie 2-3 cm.  
Colorazione: come la precedente.

**3.30-3.70 m:** Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici.

**3.70-5.35 m:** Limo sabbioso (sabbia fine molto fine 200  $\mu\text{m}$ ) debolmente argilloso (probabilmente inferiore 10%) nei primi 30 cm. Si passa poi improvvisamente ad un intervallo sabbioso limoso con sporadici clasti centimetrici di varia litologia e uno dalle dimensioni anomale (dimensione max. asse b 8 cm) fino a 4.70 m per poi tornare nuovamente a limi sabbiosi debolmente argillosi da 4.70 m a 5.00 m. Da 5.00-5.35 m si riscontrano limi sabbiosi. Tale passaggio è brusco.  
Colorazione: 7.5YR 4/3.

# MTC\_S5



**5.35-5.74 m:** Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici.

**5.74-6.44 m:** Limi sabbiosi debolmente argillosi (circa pari al 10%). Sono presenti rari clasti sub-centimetrici e screziature rossastre di dimensione millimetrica con sparsi ma rari resti vegetali di dimensione millimetrica (abbondanza circa 1%) in tutta la profondità dell'intervallo.

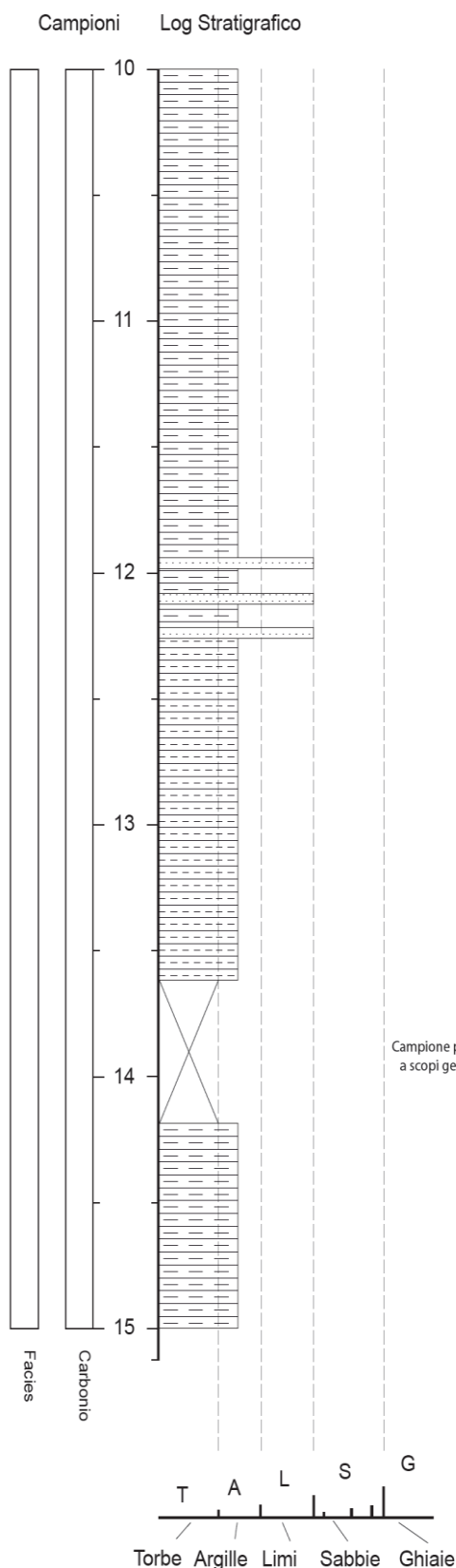
**6.44-8.65 m:** Dal basso verso l'alto si denota una sequenza positiva fining upward di sabbie limose e sabbie (dimensione 200 µm) che da circa 7.96 si alternano verso l'alto a livelli più limosi.

In tutto l'intervallo presenza di sporadiche screziature arancioni-rossastre e frustoletti legnosi in abbondanza 2-3%.

Colorazione: ridotto grigio 10YR 4/1.

Presente lacuna tra 7.30-7.55 m per probabile prelievo geotecnico.

## MTC\_S5



**8.65-15.00 m:** Si notano argille limose con intervalli di sabbia fine-molto fine precisamente tra 11.90-12.22 e tra 8.65-9.10.

Presenza in tutto l'intervallo di clasti sub-centimetrici e di materia organica dalle dimensioni millimetriche in presenza sporadica. Si aggiunge inoltre che da 8.65 a 11.65 m le argille si presentano molto seccati e alterati nel post-carotaggio tale da renderne difficile l'analisi. Lo stesso vale tra 14.22-15.00 m, che comunque sembrano essere sempre argille limose prive di sabbia.

I passaggi tra intervalli con sabbia con quelli privi ( e viceversa) sono graduali.

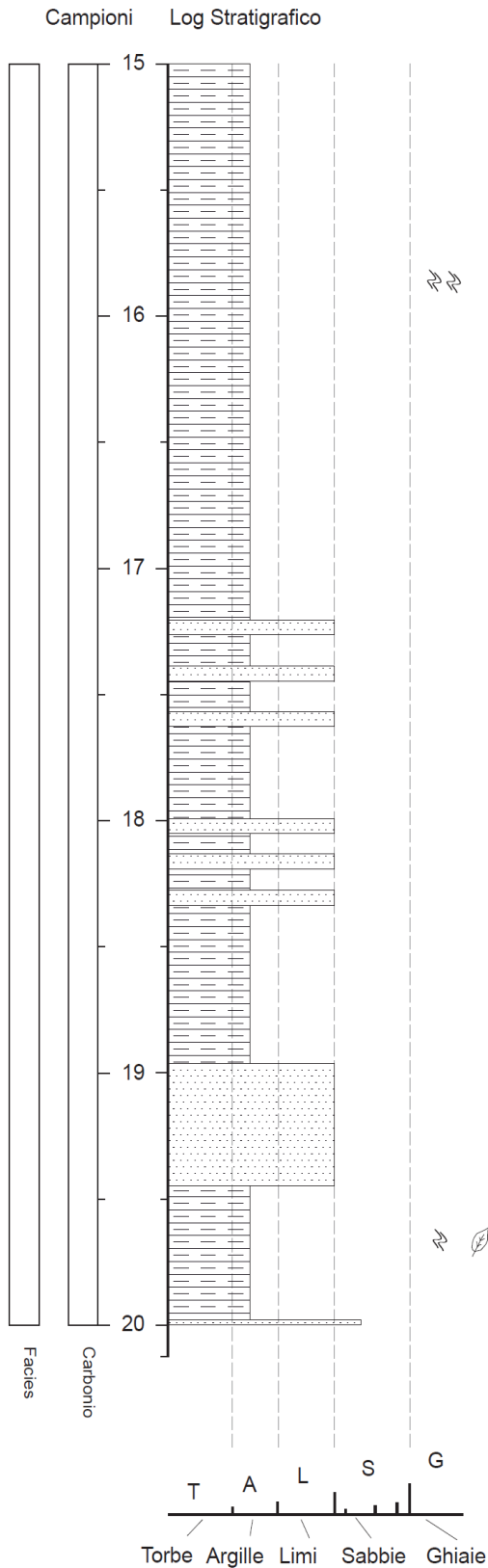
Base e tetto dell'intervallo sono netti.

Lacune per prelievo campioni a scopi geotecnici tra 9.10-9,70 m;13.60-14.22 m.

**15.00-18.30 m:** Sostanzialmente come sopra. Si contraddistinguono intervalli più sabbiosi (di sabbia fine) tra 18.00-18.30 m 17.20-17.57 m a passaggi graduali. Si segnala un'abbondante presenza di screziature tra 15.80-16.00 m. Si nota inoltre una riduzione quasi alla totale assenza di materia organica in tutto l'intervallo.

Colorazione 10YR 3/1

## MTC\_S5



**18.30-21.00 m:** Si tratta ancora di argille limose con costante presenza di sabbia fine-molto fine (taglia sabbia 130  $\mu\text{m}$ ) con clasti spersi nella matrice di dimensione millimetrica. Si segnalano alcuni clasti di colore verde concentrati principalmente in livelli dove l'apporto di sabbie sembra essere stato maggiore. Si fa riferimento ai livelli tra 18.95-19.43 e 19.97-20.90 m. Questi livelli sono caratterizzati da sabbia medio fini limosa con clasti da millimetrici a centimetrici con isolati clasti di dimensione pluri-centimetrica (dimensione media 2-3 cm). Nei medesimi intervalli si denota la presenza di sporadiche screziature e frustoletti organici spersi in abbondanza 1-2%.

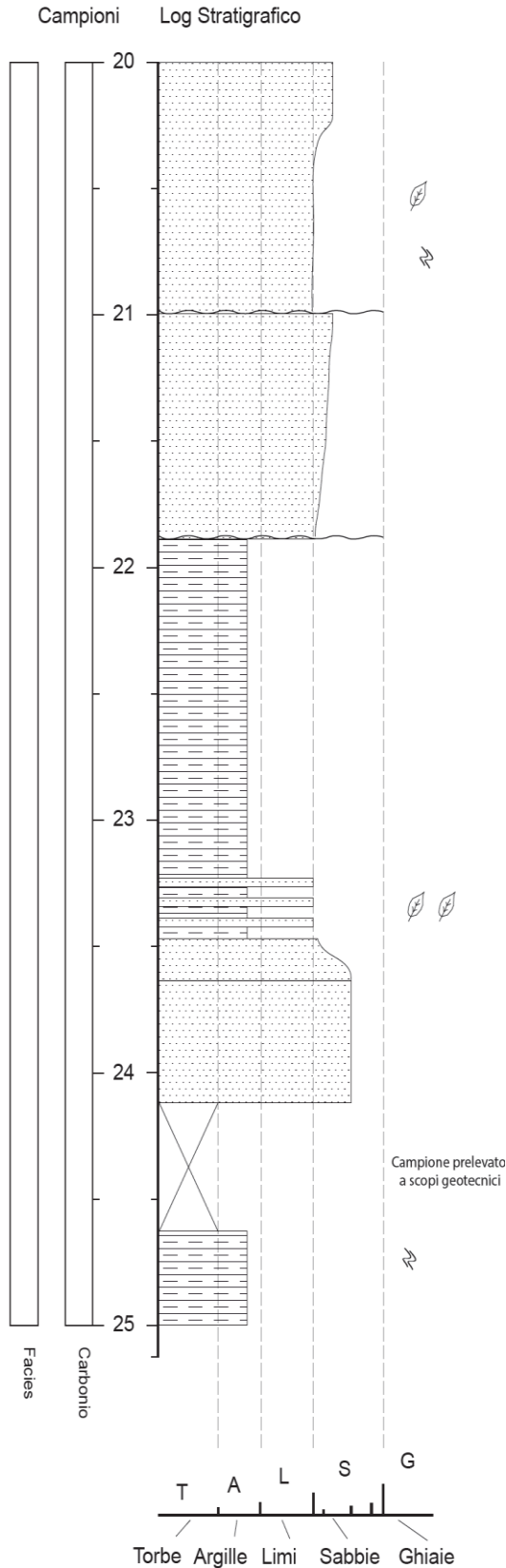
Tetto dell'intervallo graduale con strati sovrastanti e base a brupto.

Colorazione: 10YR 3/1

**21.00-21.87 m:** Sabbia media limosa con abbondante presenza di clasti sub-centimetrici e locali clasti centimetrici (dimensione media 1 cm) in tutto la strato. L'intervallo sembra avere un'organizzazione tipo coarsening upward per quanto concerne la granulometria della sabbia che sembra essere grossolana al top (2000  $\mu\text{m}$ ) e progressivamente fine verso la base (200  $\mu\text{m}$ ).

Tetto netto e letto in erosione su sottostante argille.

# MTC\_S5



**21.87-24.15 m:** Come lo strato 8.65-15.00 m. Sequenza fining upward. Alla base sabbia grossolana in matrice limosa con clasti sub-centimetrici che gradualmente passano ad argille limose con sabbia fine, fino al top con argille limose prive di sabbia al tetto.

Da 23.30-23.60 intervalli alternati tra sabbia fine e argille limose.

Da 23.30 al top si nota una leggera stratificazione dei limi.

Si segnala inoltre una concentrazione in sabbia grossolana e clasti tra 23.60 fino alla base che si presenta netta.

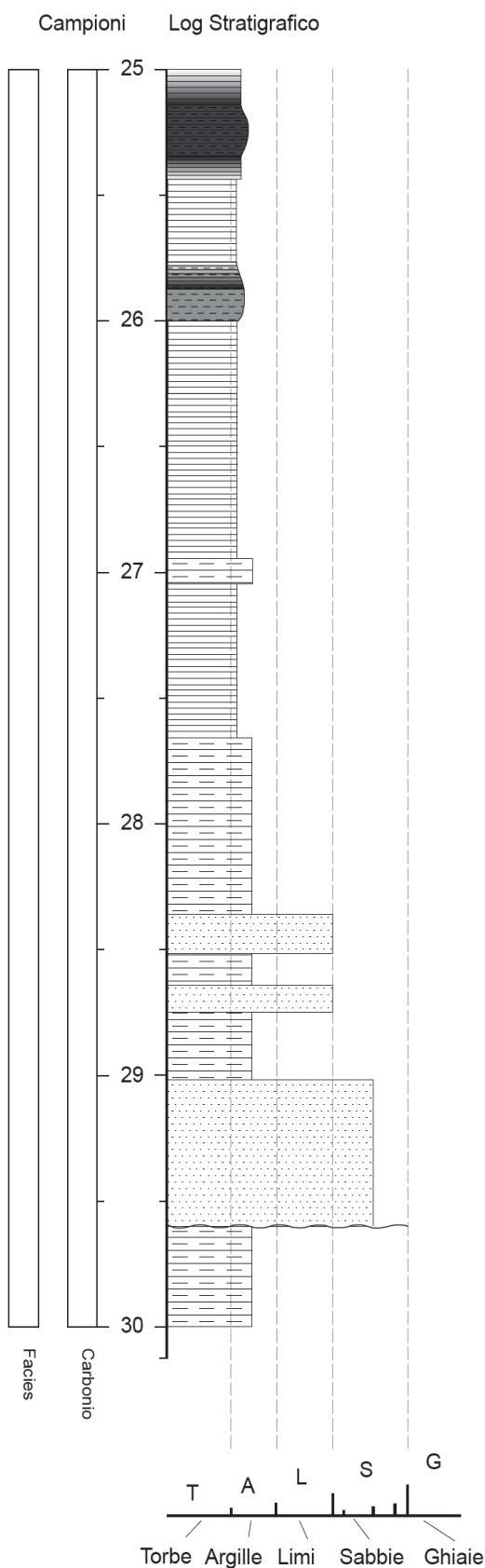
Tra 23.30-23.50 m interessante concentrazione di materia organica millimetrica.

**24.5-24.65 m:** Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici.

**24.65-25.35 m:** Argille limose con episodiche screziature color mattone. Presenza di clasti sub-centimetrici in abbondanza 1%. L'intervallo presenta una debole stratificazione.

Da 25.00 a 25.35 m le argille debolmente limose sembrano iscurirsi notevolmente e gradualmente soprattutto alla base. Si presume limi organici laminati millimetricamente tra 25.24 e 25.35 m.

## MTC\_S5



**25.35-25.82 m:** Intervallo anomalo rispetto l'ordinaria successione sedimentaria riscontrata nelle precedenti carote.

Colorazione 2.5Y 6/1 (grigio chiaro).

Si tratta di argille debolmente limose (particolarmente pure) e molto compatte, fittamente laminata. Il tetto presenta un graduale passaggio al livello organico immediatamente sovrastante, tramite una successione di lamine millimetriche fittamente stratificate. Lo stesso vale per la base.

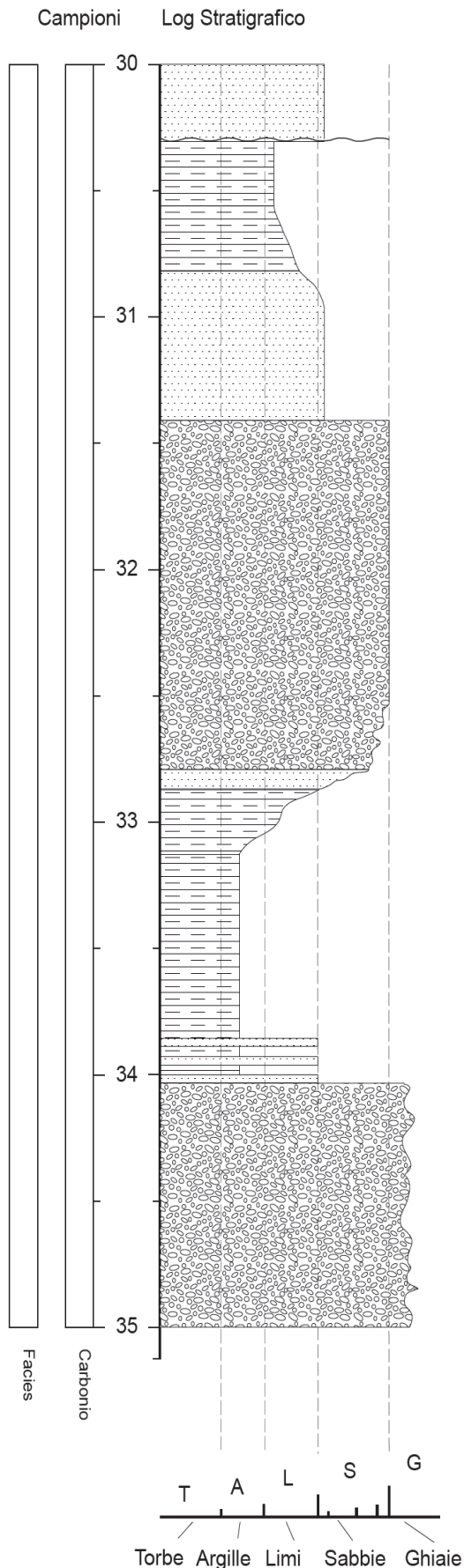
Assenza di qualsiasi forma di screziature o materia organica o clasti nell'intero intervallo.

**25.82-26.00 m:** Limi argillosi organici a base netta e tetto in alternanza graduale tramite una fitta maglia di laminazione con il livello sovrastante.

**26.00-27.65 m:** Argille limose come negli strati precedenti. Si riconosce un livello di argilla limosa con sabbie fini tra 26.96-27.13. Alla base, principalmente tra 27.23-27.49, l'intervallo si presenta notevolmente disturbato.

**27.65-29.60 m:** Argille limose con sabbia fine in tutto l'intervallo. Si riconoscono livelli di sabbia limosa tra 28.40-28.50 m; 28.68-28.75 m.

# MTC\_S5



**28.75-30.30 m:** Argille limose debolmente sabbiose al top fino a sabbia limosa (taglia sabbia 200  $\mu\text{m}$ ) a dimostrazione di una tendenza fining upward.

Tetto netto e base erosiva su argille limose sottostanti.

**30.30-32.74 m:** Al top argille limose debolmente sabbiosa che verso il basso lasciano spazio ad argille limose sempre più sabbiose fino all'intervallo 30.90-31.40 dove abbiamo sabbie limose (taglia sabbia 200  $\mu\text{m}$ ) con sporadica presenza di clasti sub-centimetrici.

Da 31.40 m fino alla base dell'intervallo, ghiaia minuta in matrice limosa-sabbiosa. La litologia dei clasti della ghiaia, di forma rotondeggiante-sub-angolosa, è varia e riflette quella già menzionata.

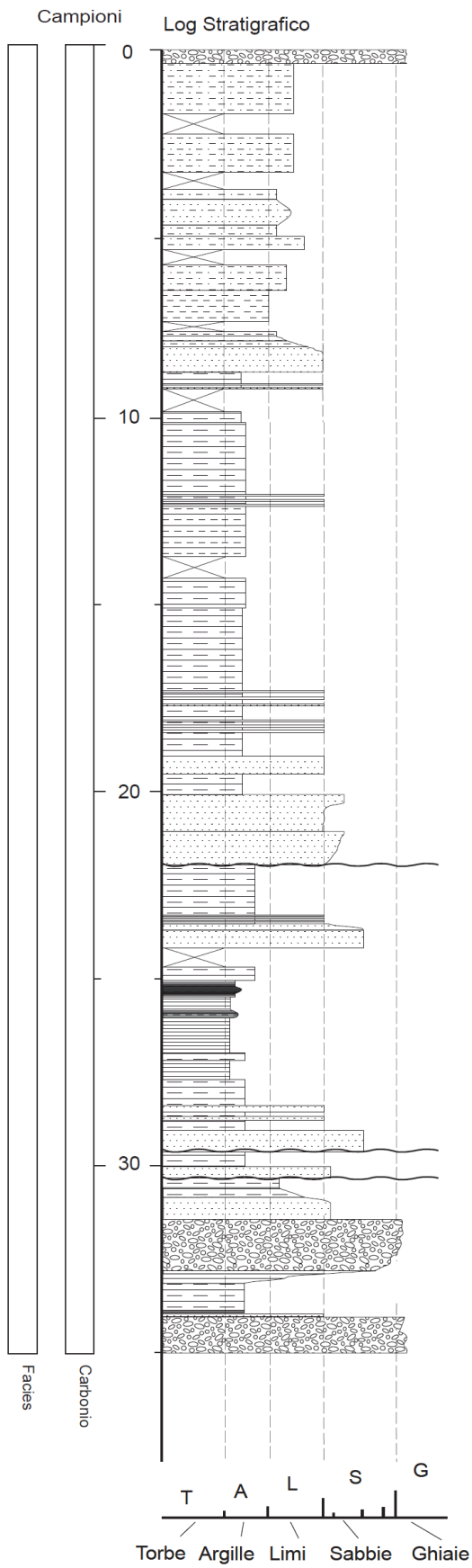
La base dell'intervallo è graduale con l'intervallo sottostante.

**32.70-34.10 m:** Graduale successione di argille limose fortemente sabbiose al tetto (taglia sabbia 200  $\mu\text{m}$ ) ad argille limose debolmente sabbiose alla base (sabbia molto fine). Si riconosce una debole stratificazione soprattutto alla base tra 33.80-34.00 m dove sono ancora riconoscibili lamine più limose con lamine più sabbiose.

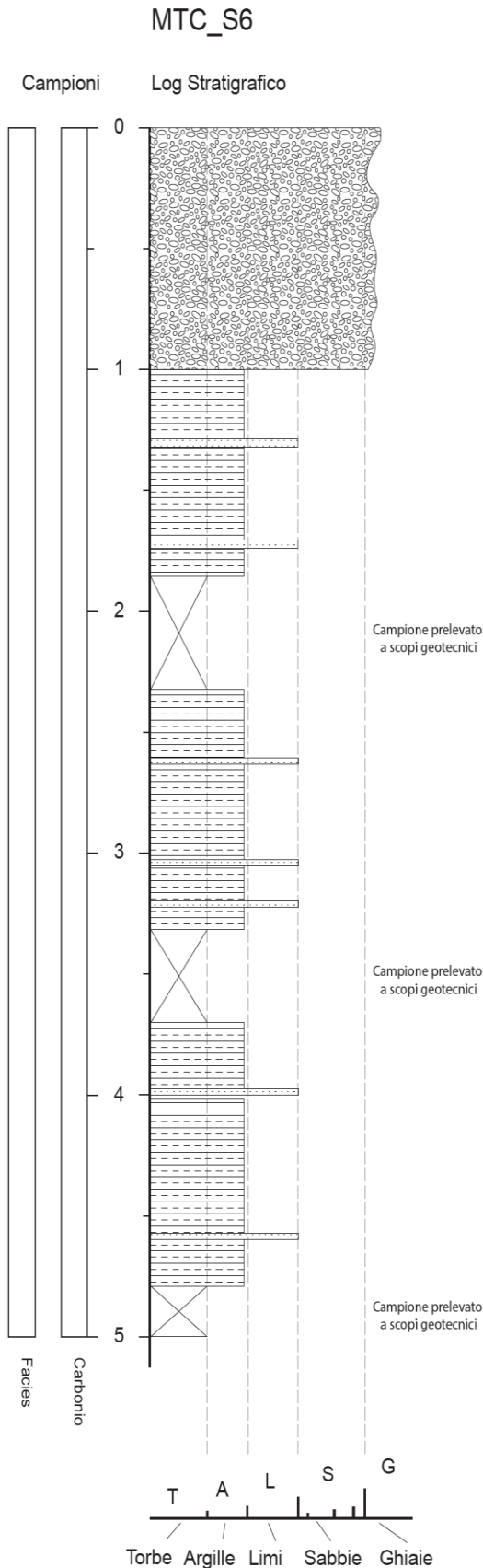
34.10-35.00 m: Ghiaia a ciottoli di dimensione da 1 a 5 cm immersi in abbondante matrice argillosa-limosa.



# MTC\_S5



## 6.1.17. Carotaggio MTC 6



**0.0-1.00 m:** Ghiaia molto grossolana in matrice limosa argillosa. Presenza clasto con diametro lungo asse b 8 cm. Dimensione media clasti 1-2 cm e anche molti clasti di dimensione 2-3 mm. Probabile riporto per manufatto arginale. Limite inferiore abrupto. Colorazione 7.5 YR 4/3 marrone.

**1.00-1.80 m:** Limi argillosi (20% argilla) e sabbiosi (15%); sabbia molto fine con alcuni livelli con clasti anche di 3-4 mm. Colorazione: come sopra.

**1.80-2.35 m:** Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici.

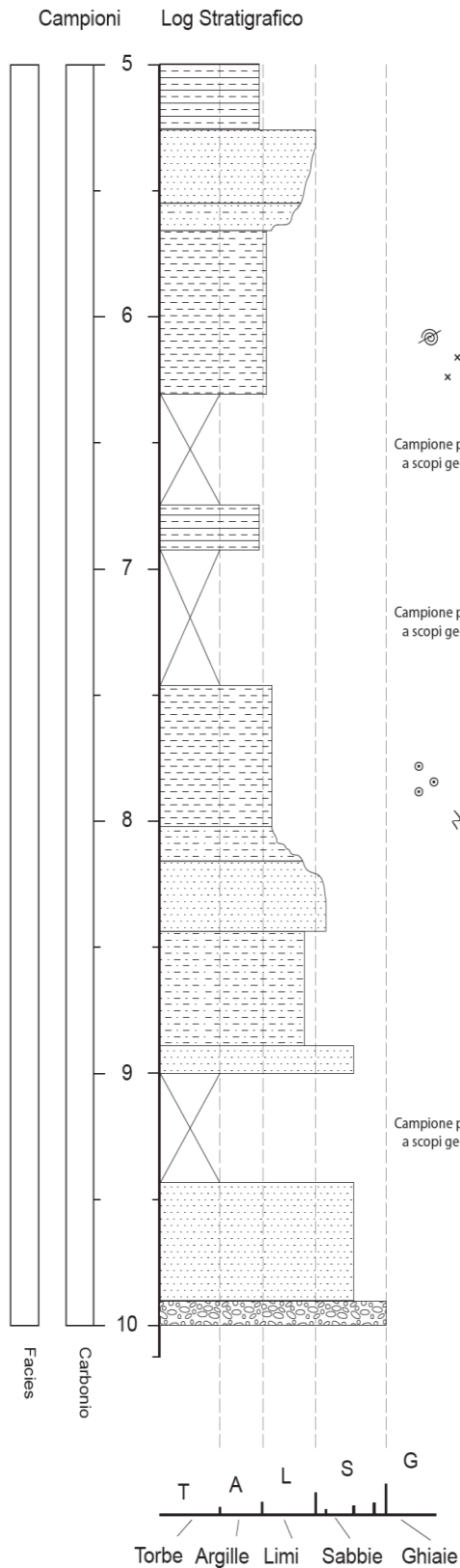
**2.35-3.30 m:** Limi argillosi (20% argilla), debolmente sabbiosi con alcuni livelli sub-centimetrici di sabbie medie e rari clasti anche di 4 cm (tipo vulcanici). Colorazione: come sopra.

**3.30-3.70 m:** Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici

**3.70-4.80 m:** Come strato 2.35-3.30 m.

**4.80-5.00 m:** Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici.

# MTC\_S6



**5.00-7.95 m:** Limi argillosi (inferiore 20%), localmente sabbia fino a 20%, con intervallo di sabbie limose fini (diametro 130 µm).

Colorazione: come sopra

Manca campione tra 6.30-6.75 m e 6.90-7.40 probabilmente per motivi geotecnici.

Alcuni livelli rari con concrezioni carbonatiche tenere soprattutto a 6.20-6.30 m. di dimensione 1 mm e abbondanza 5%. Rari resti di gasteropodi continentali. Da 7.70 m presenza screziature rossastre alternate a noduli di Fe-Mn legate all'oscillazione della falda freatica.

Limite inferiore graduale.

**7.95-11.40 m:** Sequenza di sabbie e sabbie limose ma con alcuni livelli più grossolani.

Dalla base al tetto: limite basale erosivo su limi argillosi sottostanti, con accumulo di clasti ghiaiosi di diametro max. 2 cm in matrice sabbiosa limosa (sabbie medie) fino a 11.40 cm. Al disopra alternanze pluri-centimetriche di sabbie limose di 200 µm con laminazione fino a 10.40 m.

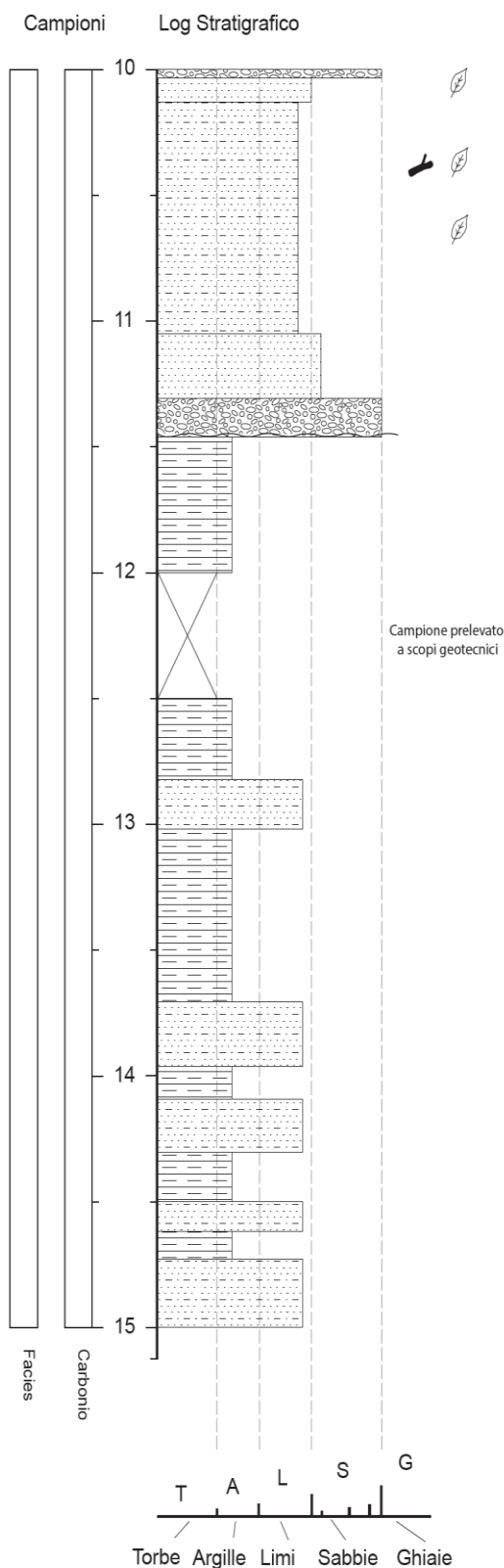
Da 10.40 a 10.48 resti legnosi di grandi dimensioni; possibile tronco o grande radice con altri frammenti fino a 10.60.

Da 10.40 a 9.90 alternanza di sabbie limose come strato sottostante ma con presenza di clasti centimetrici e alcuni resti vegetali legnosi, con accumulo di clasti al tetto in matrice più limosa.

Da 9.90 a 7.95 sequenza positiva fining upward di sabbie limose e sabbie che da 9.60 si alternano con livelli limosi.

Colorazione: ridotto grigio 10YR 4/1

# MTC\_S6



**11.40-15.00 m:** Argille limose con presenza di livelli più o meno limosi e alcuni livelli in cui si riconoscono clasti sabbiosi e talvolta ghiaia minuta ( 1-3mm) dispersa nella matrice; questi livelli più grossolani si individuano a 12.80-13.00 m, a 13.70-13.95 m, a 14.10-14.30 m, a 14.50-14.60 m, a 14.70-15.00 m. Più grossolani i clasti nell'intervallo 14.15-14.80 m. Si denotano spesso clasti simili a laterizi (ma probabilmente non lo sono), probabilmente correlabili all'alterazione di materiali vulcanici.

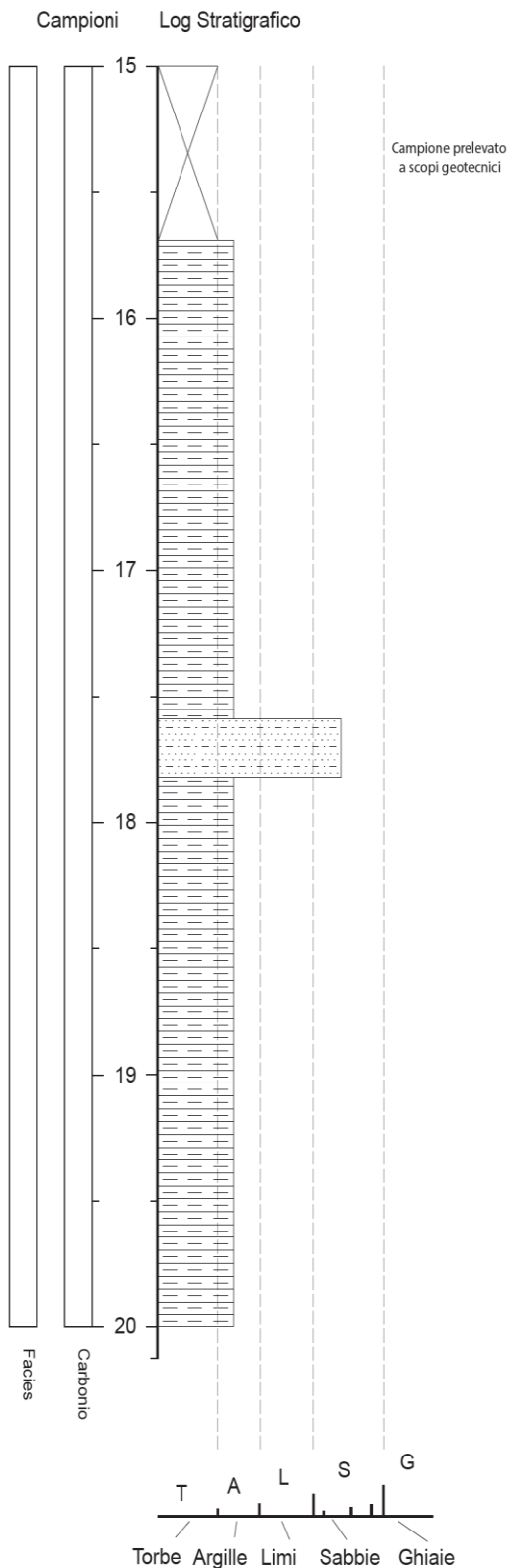
Si segnala lacuna per prelievo campione geotecnico tra 12.00-12.50 m.

**15.00-15.75 m:** Lacuna per prelievo campione a scopi geotecnici.

**15.72-20.00 m:** Intervallo molto probabilmente simile a quello sovrastante anche se purtroppo difficile da descrivere in quanto molto seccato e alterato nel post-carotaggio. Livello sabbie grossolane con clasti verdi tra 17.65-17.75 m.

Si riconosce base di una manovra a 16.50 m.

## MTC\_S6



**20.00-23.55 m:** Genericamente come strato sopra, ma con intervalli limosi più potenti specie tra 20.50 e 22.00 m. Si evidenzia la mancanza di livelli con sabbie grossolane o di clasti dispersi nella matrice. Limite inferiore graduale.

**23.55-24.00 m:** Argille passante al fondo ad argille limose grigio scure [colorazione: 10YR 3/1] probabilmente caratterizzate da materia organica nella matrice. Al tetto probabile bioturbazione collegata a tane di animali fossatori [orizzonte organico di suolo sepolto].

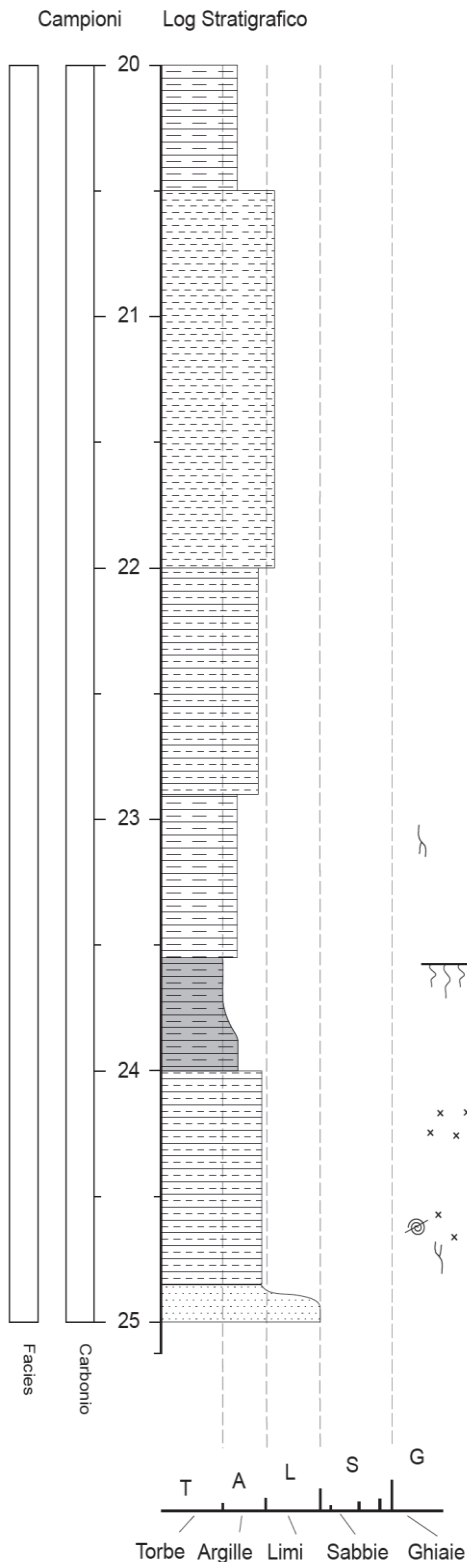
**24.00-24.40 m:** Limi argillosi (inferiore a 20%) con comuni concrezioni carbonatiche sub-centimetriche e alcuni esemplari da 15mm (talvolta tenere) più abbondanti a 24.20 m.

Colorazione: 2.5YR 5/1 con screziature rossastre 5YR 5/8.

Verso il fondo (da 24.30 m) le concrezioni carbonatiche sono di dimensioni 1-2 mm e più disperse.

**24.40-24.85 m:** Limi come sopra ma con alcuni livelli a concrezioni tenere di dimensione 1-2 mm e abbondanti resti di gasteropodi continentali, in genere millimetrici e spesso ancora interi. Limite inferiore netto. Chiare tracce di bioturbazione tipo Krotovina, caratterizzate da tracce di plaghe grigio scure-nera lungo tane millimetriche che provengono dalla pala superficie.

# MTC\_S6



**24.85-26.75 m:** Da 24.84 a 25.40 si hanno sabbie fini limose che, andando verso il basso, passano a limi sabbiosi fino a limi argillosi debolmente sabbiosi di colore galy (come strati sopra) fin a 26.10 m. Da 26.10-26.15 m sono limi argillosi chiari che passano a limi argillosi e limi in alternanza centimetrica con laminazione riconoscibile millimetrica fino a 26.70 m. da 26.70 a 26.75 m si ha uno strato di limi argillosi debolmente organico.

**26.75-26.80 m:** Limi debolmente argillosi con sostanza organica debolmente dispersa nella matrice e rari frammenti vegetali tra cui un seme. Verso la base presenza di clasti sabbiosi e ghiaia in minuta (1-2 mm) legati a rielaborazione del deposito sottostante.

Colorazione: 2.5YR 3/2.

**26.80-26.82 m:** Sabbie ghiaiose grossolane con clasti 1-2 mm e rari esemplari da 3 mm, in erosione su strato sottostante.

**26.82-26.92 m:** Argille limose organiche alternate ad argille limose sterili.

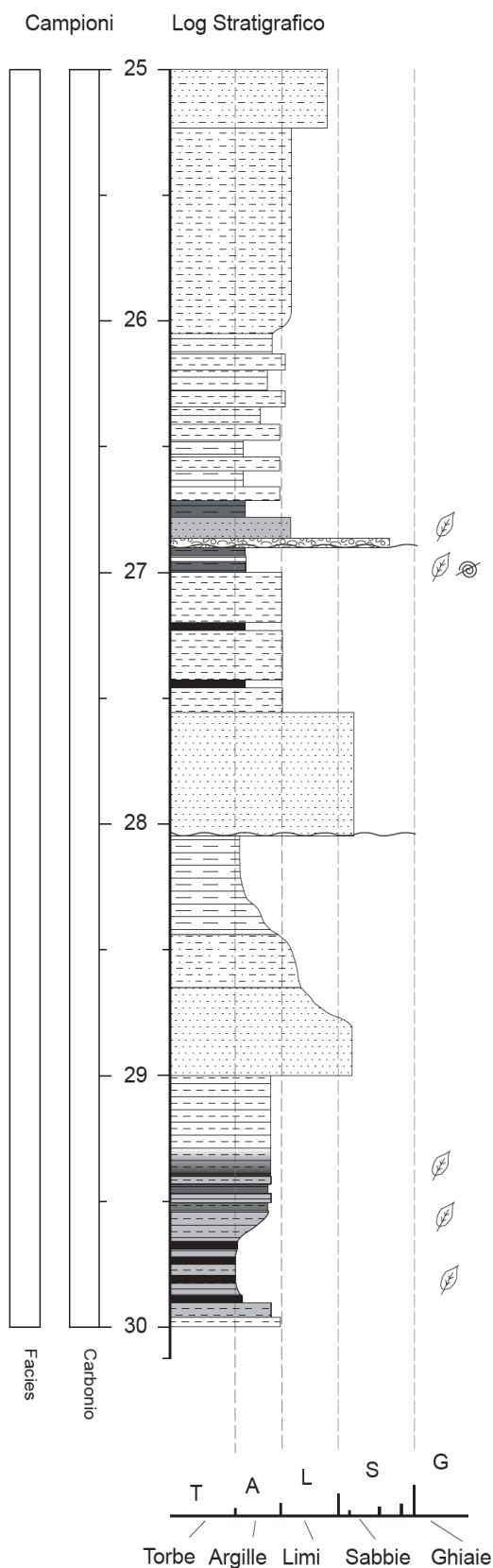
Colorazione argille organiche: 10YR 3-4/2

Colorazione argille sterili: 10YR 5/2.

Evidente laminazione e contenuto organico tra 26.88 e 26.90 m

**26.92-27.00 m:** Argille limose organiche (stesso colore sopra) con frammenti di gusci di gasteropodi continentali e frammenti di vegetali sub-millimetrici.

# MTC\_S6



**27.00-27.60 m:** Limi grigi clay con livelli debolmente organici (visibilmente disturbati: manovra?) tra 27.30-27.32 m e tra 27.41-27.43 m.

Colorazione: 2.5Y 4/1.

Limite inferiore graduale.

**27.60-28.10 m:** Sabbie medio fini limose con clasti isolati di 3-5 mm.

Limite inferiore erosivo.

**28.10-28.75 m:** Argille limose grigie con evidente laminazione millimetrica passanti verso il fondo con gradualità a limi densamente sabbiosi.

**28.75-29.00 m:** Sabbie limose 200  $\mu\text{m}$

**29.00-29.30 m:** Limi argillosi grigi con evidente laminazione millimetrica debolmente organica da 29.25 alla base.

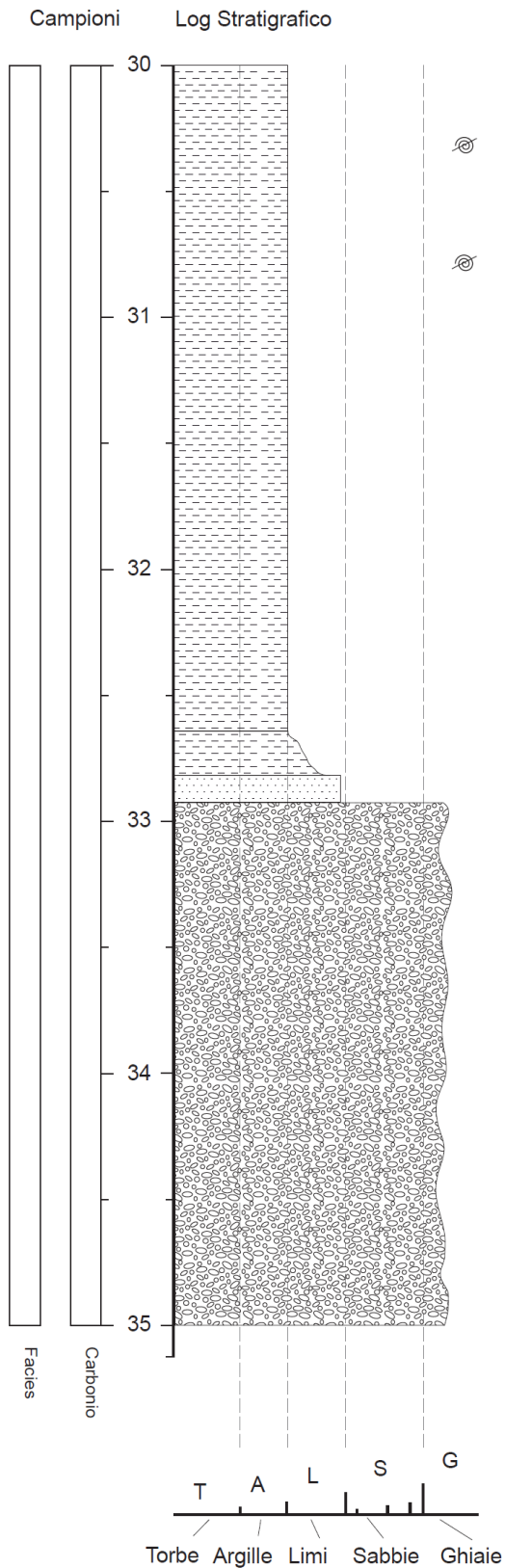
Colorazione 2.5Y 4/2.

**29.30-29.66 m:** Limi argillosi debolmente organici laminati millimetricamente in alternanza con livelli più organici. A 29.53 m macro-resti e tra 29.40-29.63 m.

**29.66-29.95 m:** Limi argillosi organici in alternanza millimetrica con limi torbosi. Qualche livello millimetrico con macro-resti.

Limite inferiore graduale in 3 cm.

# MTC\_S6



**29.95-32.86 m:** Limi e limi argillosi gray [colorazione: 10YR 4/2] debolmente sabbiosi al tetto e gradualmente più sabbiosi alla base con patine ossidate di colore 5YR come quelle dell'intervallo 24.00 m. probabilmente di formazione post-carotaggio.

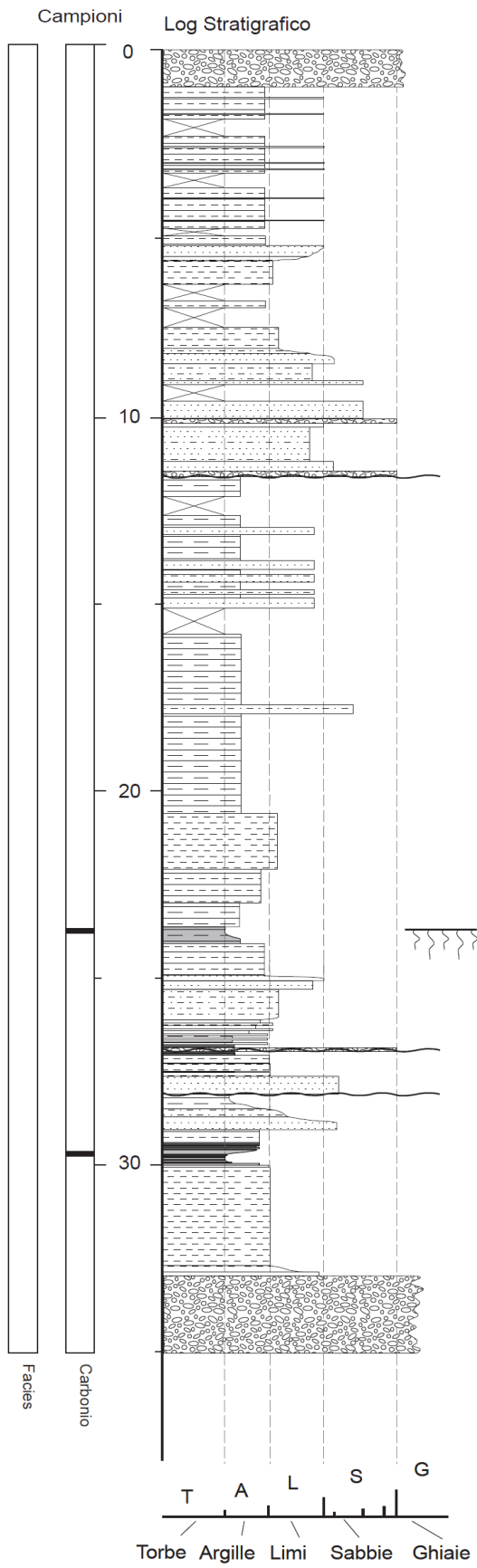
Assenza di concrezioni e presenza di rari frammenti di gusci di gasteropodi continentali tra 30.30 e 30.70 (si riconosce un opercolo). All'interno della matrice ci sono alcuni livelli con singoli clasti sub-millimetrici isolati.

Limite inferiore netto.

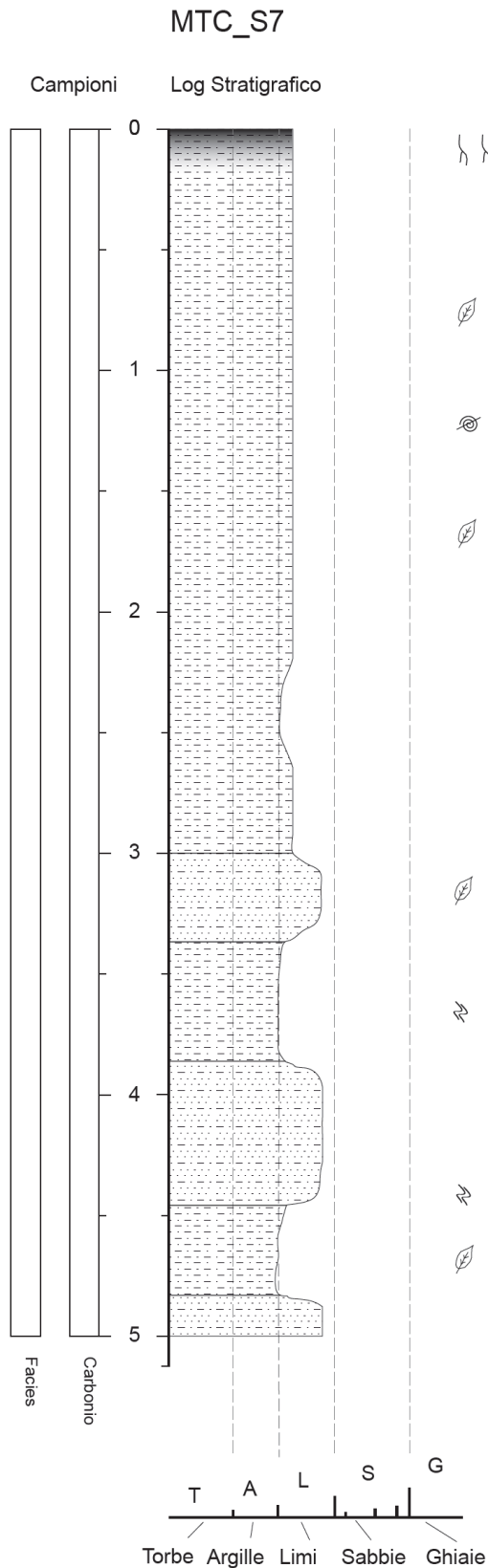
**32.86-35.00 m:** Ghiaie eterometriche in matrice limosa argillosa di diametro medio 1-2 cm e diametro asse b 5 cm. Le litologie sono varie (scaglia rossa, selce, biancone).



# MTC\_S6



## 6.1.18. Carotaggio MTC 7



**0.00-3.00 m:** Limi sabbiosi (sabbia fine 180-200  $\mu\text{m}$ ) con abbondanti clasti di dimensione centimetrica (dimensione media 1-2 cm, dimensione max. 4cm) spersi in tutto l'intervallo. Si evidenzia all'inizio (0-20 cm) un orizzonte di tipo A attuale interessato da radici che si propagano in modo più sporadico in profondità fino a circa 1.30 m. Si contraddistingue un intervallo tra 2.32-2.66 m composto da limi sabbiosi debolmente argillosi (componente in argilla inferiore a 10%) che ne conferisce un aspetto più compatto. Nel medesimo intervallo sono presenti in abbondanza circa 3% di elementi vegetali (frustoletti organici) di dimensione millimetrica. Si riscontra inoltre presenza di frammenti di gusci di gasteropodi continentali.

La litologia dei clasti è varia e rispetta quella già menzionata per gli altri sondaggi.

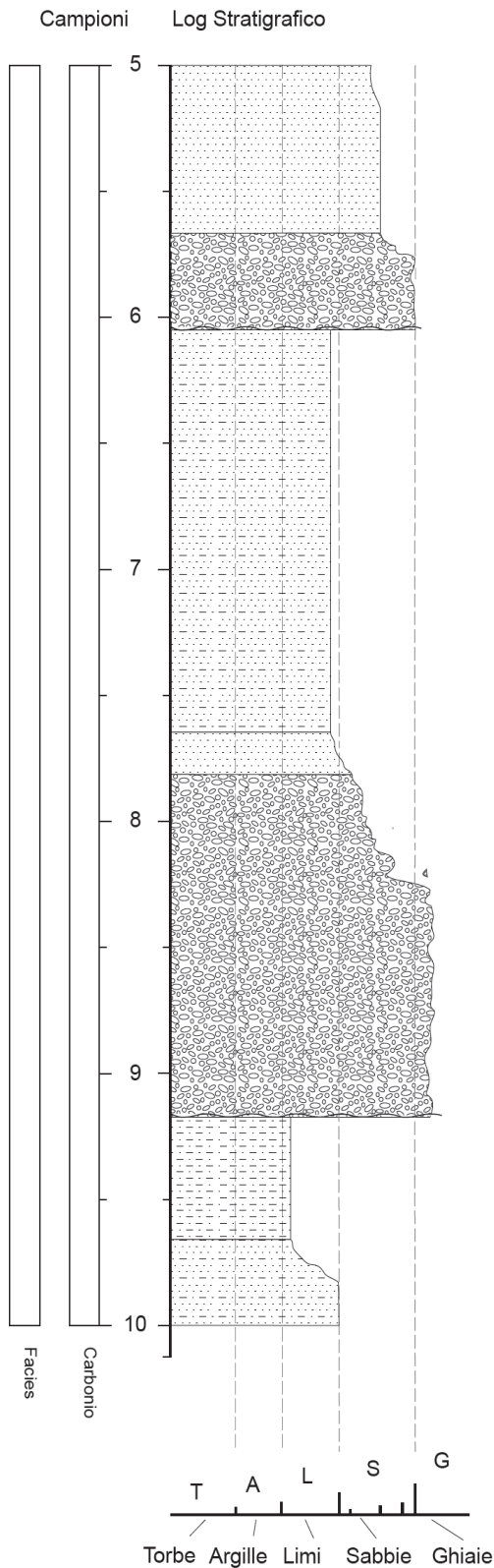
Colorazione: 10YR  $\frac{3}{4}$

Colorazione orizzonte A: 10YR  $\frac{3}{3}$

**3.00-5.00 m:** Sabbie limose di dimensione 200  $\mu\text{m}$  con presenza sporadica di screziature millimetriche color arancione e dispersa materia organica di dimensione millimetrica, eccezione per taluni di dimensione sub-centimetrici presenti in abbondanza 1% . Si distinguono gli intervalli tra 3.35-3.80 m; 4.45-4.80 m di limi sabbiosi debolmente argillosi anch'essi screziati e con materia organica.

Verso la base, negli ultimi 10 cm, compaiono clasti centimetrici o sub-centimetrici

# MTC\_S7



**5.00-6.05 m:** Sabbie grossolane-medie (taglia sabbia 2000  $\mu\text{m}$ ) debolmente limosa verso il top, ricca in clasti di varia litologia da sub-centimetrici a più che centimetrici (dimensione max asse b. 3-4 cm, dimensione media 1 cm) fino ad arrivare alla base (precisamente tra 5.70-6.05) costituita da ghiaie minuta con presenza di clasti più che centimetrici (dimensione media 1-2 cm, dimensione max. asse b 3 cm) in matrice limose sabbiosa.

Base in erosione su intervallo sottostante.  
Colorazione: 7.5YR 3/2.

**6.05-7.65 m:** Sabbie limose (sabbia medio fine 300-200  $\mu\text{m}$ ) debolmente argillose (componente argillosa circa 10%).

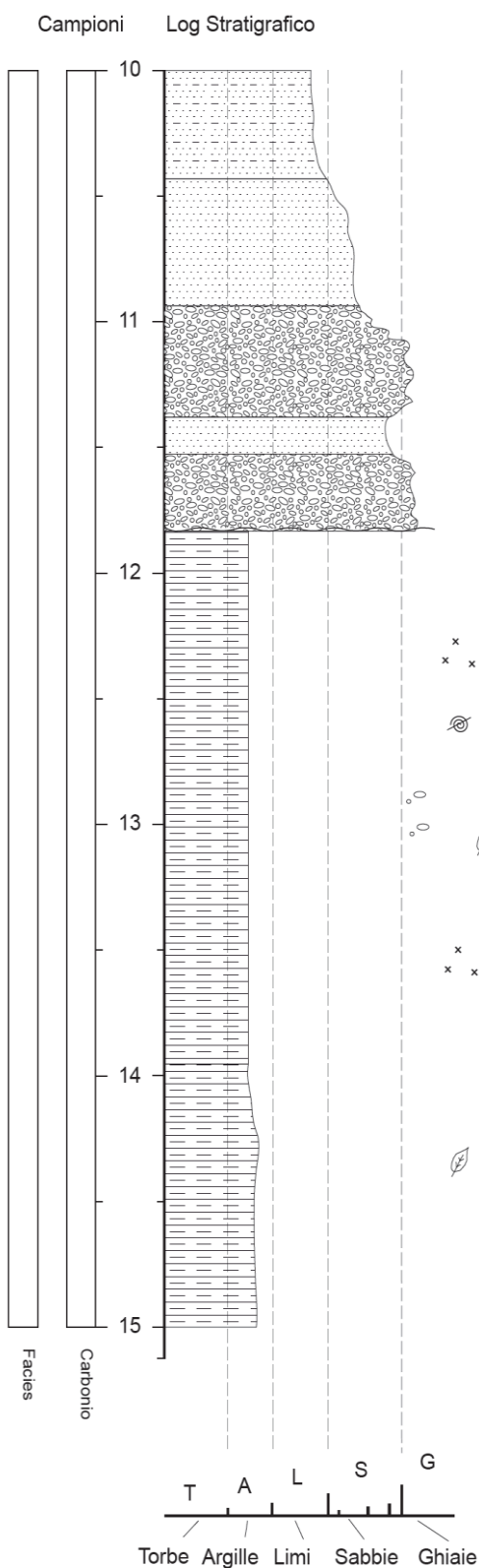
Base graduale con intervallo sottostante.  
Colorazione: 10YR3/1

**7.65-9.20 m:** Si tratta di ghiaia grossolana immersa in matrice limosa-sabbiosa on clasti centimetrica (dimensione media 1 cm) e locali clasti di dimensione notevoli (dimensione asse b max. 8 cm) concentrati principalmente tra 8.15-8.50 m. Apparente dominanza di vulcaniti come litologia dei clasti. Tetto dell'intervallo graduale con livelli sovrastanti e base erosivo su limi sabbiosi.

**9.20-9.64 m:** Limi sabbiosi (dimensione 300  $\mu\text{m}$ ) e argillosi (componente argillosa 20%) con sparsa presenza di clasti sub-centimetrici a alcuni di 1 cm.

Colorazione: 10YR 3/1. Base dell'intervallo in graduale transizione con i livelli sottostanti.

## MTC\_S7



**9.64-11.80 m:** Sabbia limosa di colore marrone-bruno che da media-fine al top passa a grossolana tra 10.45-10.90 m fino a ghiaia in matrice limosa a 11.80 m. Si evidenzia un livello tra le ghiaie di solo sabbia grossolana tra **11.37-11.55 m**. Tutto l'intervallo è disseminato i clasti sub-centimetrici a centimetrici fino a clasti di notevole dimensione (asse b max. 6-7 cm) verso l'intervallo 11.00-11.37 m.

Base erosiva su argille limose.

Base dell'intervallo erosiva su argilla sottostanti.

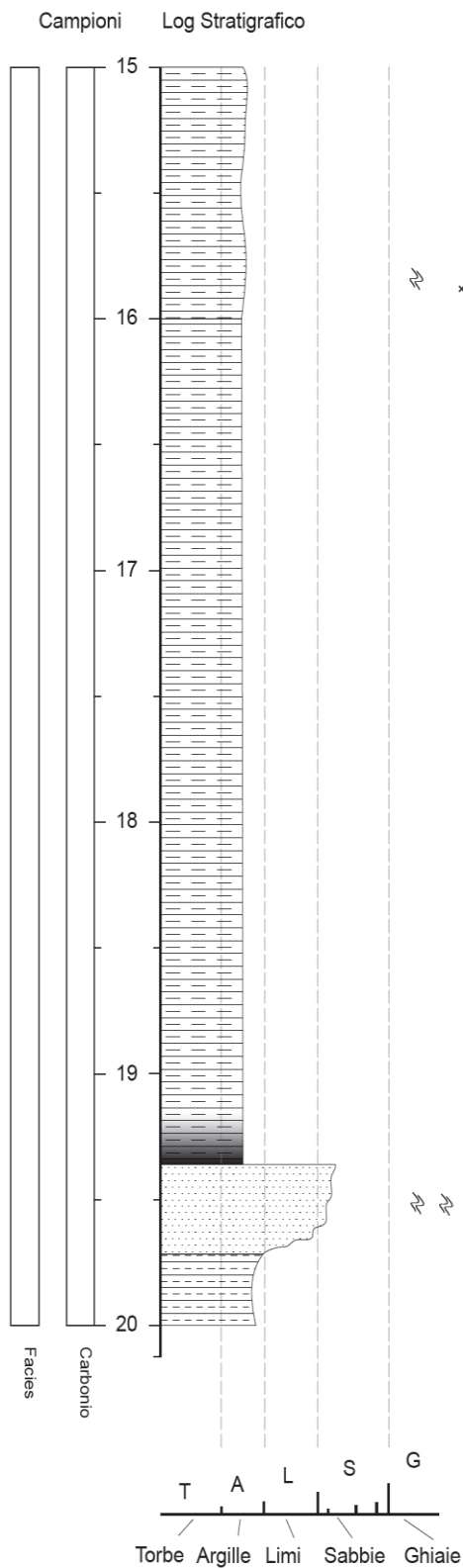
**11.80-13.95 m:** Argille limose lievemente stratificate. Sporadica presenza di concrezioni carbonatiche tenere millimetriche in abbondanza 1-2% e rari frammenti di gusci di gasteropodi continentali e materia organica alterata a vivianite. Interessante livello di clasti centimetrici di dimensione media di 2 cm di sola selce tra 13.45-13.55 m.

Colorazione: 10YR 3/1

Limite inferiore graduale.

**13.95-16.00 m:** Argille limose e debolmente sabbiose (sabbia fine 130  $\mu$ m). L'intervallo si presenta fortemente seccato nel post-carotaggio non permette una maggiore analisi del medesimo. Si può aggiungere la sporadica presenza di frustoletti organici alterati a vivianite e verso il basso alla comparsa di alcune concrezioni e deboli screziature tra 15.00 -15.50 m e occasionale presenza di clasti millimetrici.

# MTC\_S7



**16.00-19.35 m:** Come strato 11.80-13.95. Alcune porzioni sono notevolmente seccate nel post-carotaggio tanto da apparire diverse, anche se non ho riscontrato elementi da far presupporre questa diversità dagli strati sovrastanti.

In alcuni intervalli è possibile poter riconoscere quelli che potrebbero essere intervalli più organici e precisamente tra 19.10-19.35 m. Ove è possibile, si può riconoscere una stratificazione dell'intervallo delle argille limose.

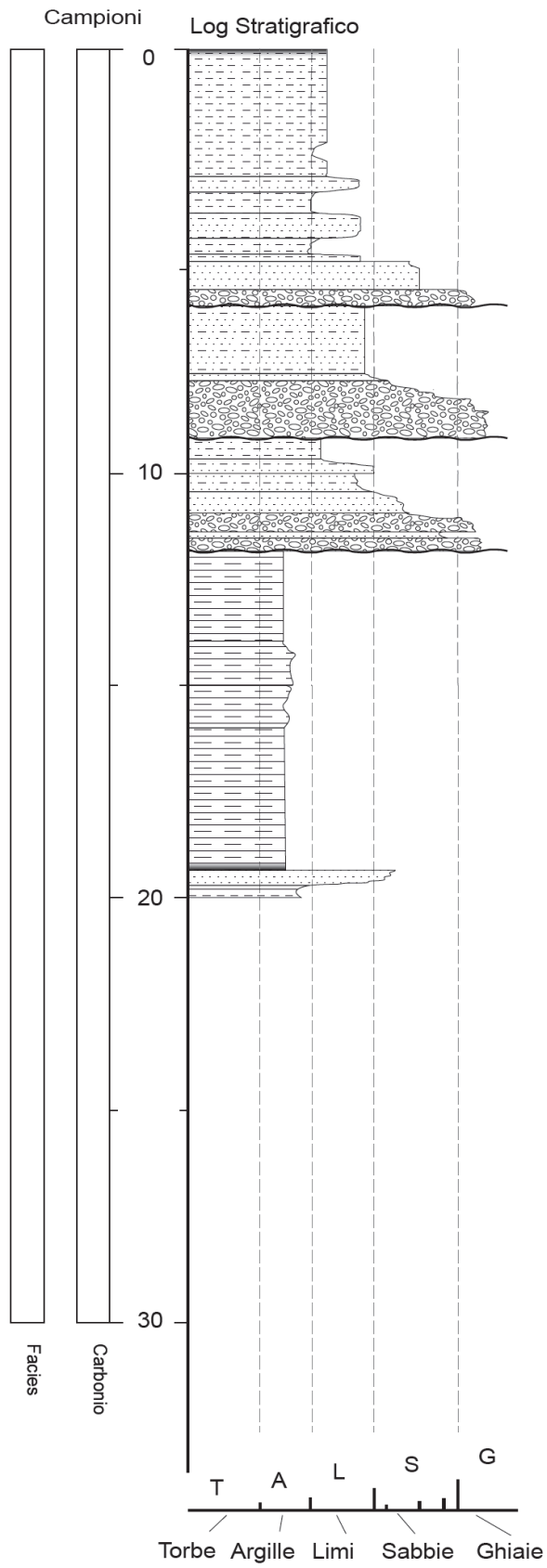
Base dell'intervallo abrupto.

**19.35-20.00 m:** Limo argilloso (argilla 20%) che dalla base al tetto passano gradualmente a sabbie medie-fini fino al top dell'intervallo. Locale screziatura color mattone tra 19.50-19.60 m.

Colorazione al top (sabbie medio fini): 10YR 4/4

Colorazione alla base (limi argillosi): 10YR 3/2.

# MTC\_S7



### 6.1.19. Risultati della datazione al radiocarbonio

La tabella 6-3 riporta la datazione al radiocarbonio, calibrata e non calibrata, effettuata su campioni di sedimento organico o materia organica raccolti nei sondaggi quali MTC-S6 e MTC-S3 a profondità variabili, come riportato in tabella.

Campione	Codice laboratorio	Depth (m)	Età <sup>14</sup> C Age (anni BP)	Datazione calibrata (Livello di confidenza 2σ)
MTC-S6_1	ETH-54960	23,50-23,52	6.265±31	5319-5207 a.C. (95.4%)
MTC-S6_1a	ETH-54960	23,50-23,52	14.163±55	15.516-15.092 a.C. (95.4%)
MTC-S3_0	ETH-54961	17,70-17,72	12.800±50	13.522-13.136 a.C. (95.4%)
MTC-S6	ETH-55768	29,37-29,39	18.397±169	20.401-19.544 a.C. (95.4%)

**Tabella 6-3:** Riepilogo delle datazioni calibrate e non calibrate, dei campioni raccolti.

Dei valori restituiti dai campioni, solo quelli appartenenti a MTC-S6\_1a, MTC-S3\_0 e MTC-S6 sono risultati accettabili e quindi idonei al loro utilizzo nell'individuazione di unità cronostratigrafiche.

Contrariamente, il campione MTC-S6\_1 viene interpretato come una radice proveniente da strati significativamente più alti e, quindi, privo di un significato cronostratigrafico utile. La data restituita dall'analisi al radiocarbonio (6.265 anni BP) sembra non essere in accordo con la profondità di campionamento. Di fatto il campione datato possiede un'età relativamente più giovane del sedimento medesimo che lo conteneva (campione MTC-S6\_1a). Sulla base dell'assetto stratigrafico e della datazione effettuata sul campione MTC-S3\_0 si decide, infatti, ritenere affidabile la datazione del campione MTC-S6\_1a.

L'intervallo temporale individuato dalle datazioni sopra riportate (Tab. 6-3) permette di associare quanto datato indicativamente al periodo LGM / tardoglaciale.

## **6.1.20. Interpretazione e correlazione geologica**

### **SONDAGGIO MTC-S1**

Eseguito a piano campagna (p.c = +52,30 m s.l.m.m.), al di sotto di uno strato di riporto grossolano (da 0,00-1,20 m), si trovano terreni di natura coesiva costituiti da argille limose a volte organiche (intervallo 21,25-21,80 m), limi argillosi, limi a tratti debolmente sabbiose, intercalati da livelli granulari fini costituiti da limi sabbiosi e sabbie fini di diversi spessori (da millimetriche a più che centimetriche) fino a circa 24,00 metri da p.c.

Al di sotto si rinvengono sedimenti grossolani costituiti da ghiaie eterodimensionali e poligeniche fino al termine del sondaggio.

### **SONDAGGIO MTC-S2**

Eseguito sull'argine destra dell'Alpone (quota argine +55,50 m s.l.m.m.; p.c. = +49,70 m s.l.m.m.), ha messo in luce la presenza di terreni fini di natura sabbiosa-limosa, sabbiosa fino a circa 8,0 metri da p.c, dove si presume finire il rilevato arginale, eccetto i primi 40 cm di ghiaia molto grossolana.

Al di sotto si è riscontrata la presenza di ghiaie eterodimensionali fino a circa 10,0 metri da p.c. Da questa quota si trovano terreni di natura coesiva costituiti da argille limose e limi, a volte debolmente organiche (intervallo 24,65-25,50 m), intercalati, fino al termine del sondaggio, con strati di limi sabbiosi e sabbie limose e ghiaie rilevate tra 20,70-23,15; 30,0-31,65 e 33,40-35,00 metri da p.c.

### **SONDAGGIO MTC-S3**

Eseguito a piano campagna (p.c. = +49,20 m s.l.m.m.), è caratterizzato dalla presenza di terreni fini di natura coesiva (limi, limi argillosi a tratti debolmente sabbiosi) fino a circa 11,0 metri da p.c., eccezione per alcuni intervalli di sabbia medio-fine (intervalli 6,10-6,50 m; 10,70-11,40 m).

Da questa quota, fino a 15,70 metri da p.c, si trovano ghiaie grossolane alternate a intervalli di sabbie medie. Si susseguono nuovamente d terreni coesivi (argille limose, limi argillosi) fino a 19,60 metri da p.c. In alcuni intervalli si rinvengono limi argillosi (talvolta sabbiosi) ad elevato contenuto organico (intervallo 17,70-



18,15 m; 18,65-19,00 m) e limi intercalati finemente con alcuni livelli di torba (19,30-19,32 m; 19,38-19,40 m).

Al di sotto si trovano sabbie, sabbie limose e limi ad intercalazioni sabbiose in una apparente sequenza caoresening upward fino a 22,50 m. Da questa quota al termine del sondaggio limi ad intercalazioni sabbiose con intervalli ghiaiosi, precisamente tra 25,30-25,75 m e 29,90 sino al termine del sondaggio.

#### **SONDAGGIO MTC-S4**

Eseguito sull'argine destra dell'Alpone (quota argine +53,10 m s.l.m.m.; p.c. = +48,70 m s.l.m.m.), ha messo in luce la presenza di terreni limosi, limosi sabbiosi, fino a 9,00 metri da p.c. dove si crede che termini il rilevato arginale.

Sono seguiti da terreni coesivi prevalentemente limosi argillosi, argillosi limosi con variabile contenuto in sabbia fino a 29,55 metri da p.c. Si distinguono due intervalli di fitta laminazione con componente organica tra 22,49-22,65 m e 26,80-27,40 m.

Al di sotto e fino al termine del sondaggio si riscontra alternanza tra sabbie, limi sabbiosi con ghiaie eterodimensionali grossolane.

#### **SONDAGGIO MTC-S5**

Eseguito sull'argine destra dell'Alpone (quota argine +51,50 m s.l.m.m.; p.c. = +48,80 m s.l.m.m.), fino a 8,65 metri da p.c. si rileva la presenza di terreni sabbioso limosi ad intervalli limo-sabbioso con clasti sparsi. Si presume essere lo sviluppo del rilevato arginale.

Al di sotto si trovano terreni limoso-argillosi con sabbia. seguiti da terreni coesivi prevalentemente argillosi fino a 29,00 metri da p.c. Di interesse particolare sono l'intervallo di sabbia tra 19,97-20,90 m che poggia con base erosiva su argille sottostante e gli intervalli organici 25,24-25,35 m, 25,82-26,00 che delimitano una porzione di argille molto pure di colore grigio chiaro (2,5Y 6/1) anomalo rispetto alle restanti argille del sondaggio. Tale intervallo è dovuto probabilmente alla formazione di un bacino lacustre con deposito biochimico bianco, data anche la fitta laminazione del medesimo e degli intervalli organici che lo segue e lo precede.

Al di sotto e fino al termine del sondaggio, si riscontrata la presenza di materiale ghiaioso grossolano intercalato a terreni più fini di natura sabbiosa e limosa, con

unica differenza tra le sabbie dell'intervallo 28,75-30,30 m che si sovrappongono alle argille limose sottostanti tramite una superficie erosiva.

#### **SONDAGGIO MTC-S6**

Eseguito sull'argine destra dell'Alpone (quota argine +57,80 m s.l.m.m.; p.c. = +52,40 m s.l.m.m.), ha messo in luce la presenza di terreni limoso-argillosi con sabbia fino a circa 7,95 metri da p.c, limite nel quale si presume finire il rilevato arginale.

Si susseguono intervalli di sabbie e sabbie limose con alcuni livelli più grossolani fino a 11,40 m da p.c. dove, con superficie erosiva, un accumulo di clasti ghiaiosi in matrice sabbiosa-limosa si sovrappone ai limi argillosi sottostanti.

Al di sotto si sviluppa una potente successione di sedimenti composta da terreni coesivi argillosi e limosi fino a circa 33,00 metri da p.c, con presenza talvolta di interstrati limosi-sabbiosi. Di rilevanza fondamentale l'intervallo 23,55-24,00 m costituito da argille passanti al fondo ad argille limose grigio scure [colorazione: 10YR 3/1] probabilmente caratterizzate da materia organica nella matrice. Al tetto probabile bioturbazione collegata a tane di animali fossatori, seguito da orizzonti con concrezioni carbonatiche. Si deduce essere orizzonte organico di un suolo sepolto. Si susseguono a breve profondità (26,75-27,00 m) limi debolmente argillosi con sostanza organica dispersa nella matrice separati da una superficie erosiva da argille limose organiche alterate ad argille sterili e limi argillosi organici in alternanza millimetrica con limi torbosi tra 29,66-29,95 m.

Seguono sotto limi e limi argillosi che cedono il posto a ghiaie grossolane 33,00 m fino alla fine del sondaggio.

#### **SONDAGGIO MTC S7**

Eseguito sull'argine sinistra (p.c = +51,60 m s.l.m.m) della Roggia Vienega ha messo in luce la presenza di terreni limosi-sabbiosi fino a circa 5,00 metri da p.c.

Da questa quota si trovano terreni granulari ghiaiosi e sabbiosi (sabbia media-grossolana) fino a 11,70 metri da p.c. intercalati con passaggi di materiale più fine di natura limoso.

Al di sotto e fino al termine del sondaggio si è riscontrata la presenza di terreni coesivi fini argillosi e argilloso-limosi con intervallo debolmente organico tra 19,10-19,35 m.

## 6.2. Val di Chiampo e Agno

Per gentile concessione della Regione Veneto – Direzione Difesa del Suolo, è stata effettuata un'indagine geologica – stratigrafica sui seguenti sondaggi effettuati per la realizzazione del progetto definitivo di espansione dell'opera d'invaso ad uso del torrente Chiampo presso Montebello Vicentino (VI). I lavori di carotaggio, effettuati dalla Ditta "Vicenzetto s.r.l." di Villa Estense (PD), si sono svolti in un periodo compreso tra Aprile e Maggio 2013.

La Ditta, per le opportune verifiche, ha effettuato n. 9 sondaggi (MTB\_S1, MTB\_S2,... MTB\_S9) di profondità compresa tra 15/30 m (Tabella 6.2) ubicati come in fig. 6.2.

Sigla	N	E	Profondità	Ubicazione
MTB_S1	45°28'05,1"	11°23'20,2"	28 m	Sommità arginale
MTB_S2	45°27'56,8"	11°23'24,2"	28 m	Sommità arginale
MTB_S3	45°28'41,8"	11°23'33,4"	30 m	Sommità arginale
MTB_S4	45°27'53,5"	11°24'01,6"	30 m	Sommità arginale
MTB_S5	45°28'40,6"	11°23'22,7"	28 m	Sommità arginale
MTB_S6	45°28'26,6"	11°23'26,2"	28 m	Sommità arginale
MTB_S7	45°28'28,5"	11°23'37,1"	15 m	Sommità arginale
MTB_S8	45°28'30,8"	11°23'13,6"	15 m	Sommità arginale
MTB_S9	45°28'07,8"	11°23'30,2"	15 m	Sommità arginale

**Tabella 6-4:** tabella rappresentante le coordinate, profondità e ubicazione dei sondaggi.

I sondaggi MTB\_S1-S2 e MTB\_S4, ubicati in sommità arginale rispettivamente del T. Chiampo e del F. Guà, per problemi di accessibilità, sono stati eseguiti sulla bancata immediatamente sottostante. La perforazione a carotaggio è stata eseguita utilizzando il carotiere semplice di diametro 101 mm, con avanzamento a secco, ovvero senza impiego di fluido di perforazione, per non dilavare le frazioni fini.

Come si può osservare, nel dettaglio dalle stratigrafie sotto riportate, i sondaggi eseguiti hanno messo in luce una successione di terreni come di seguito descritta.

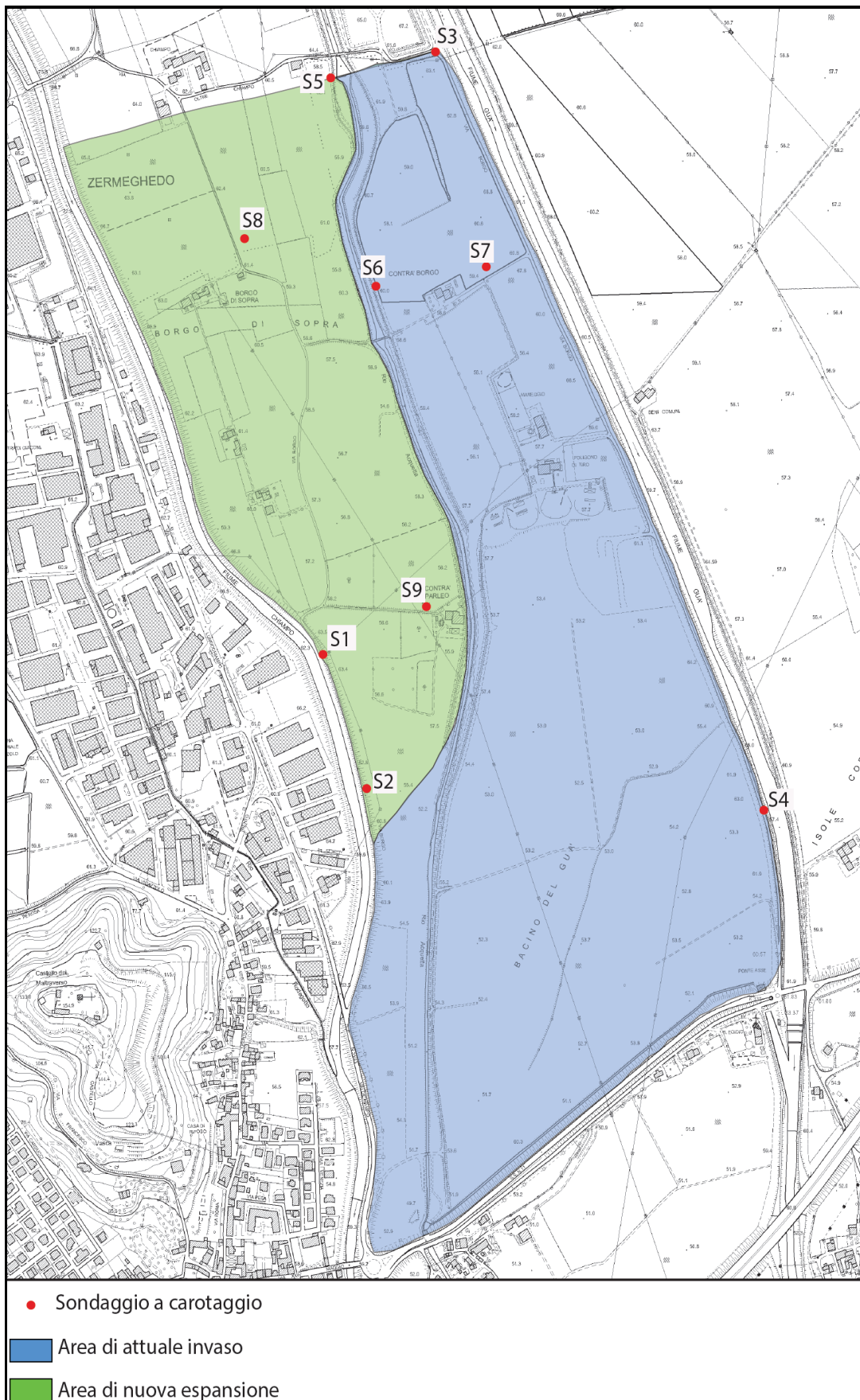
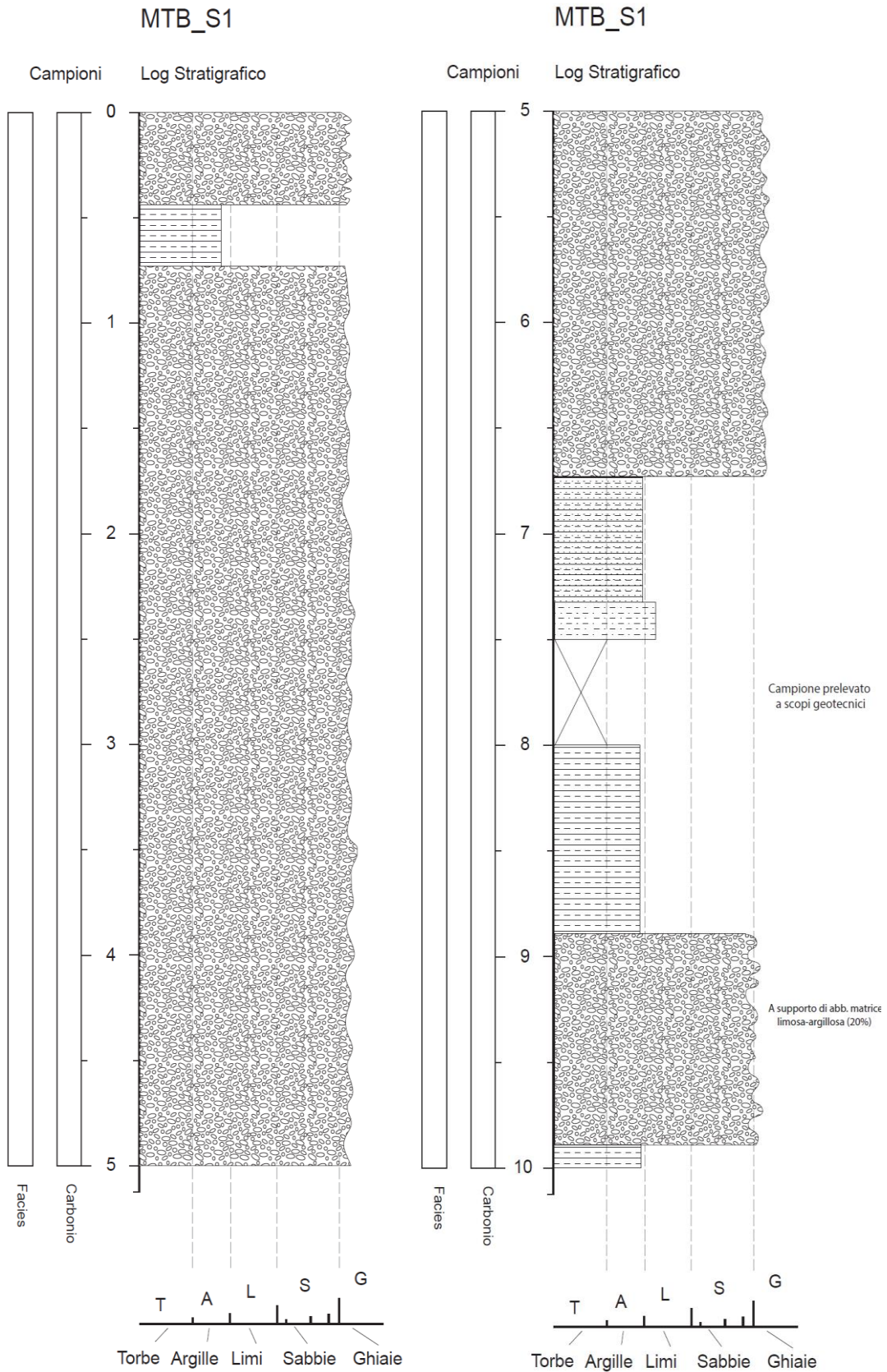


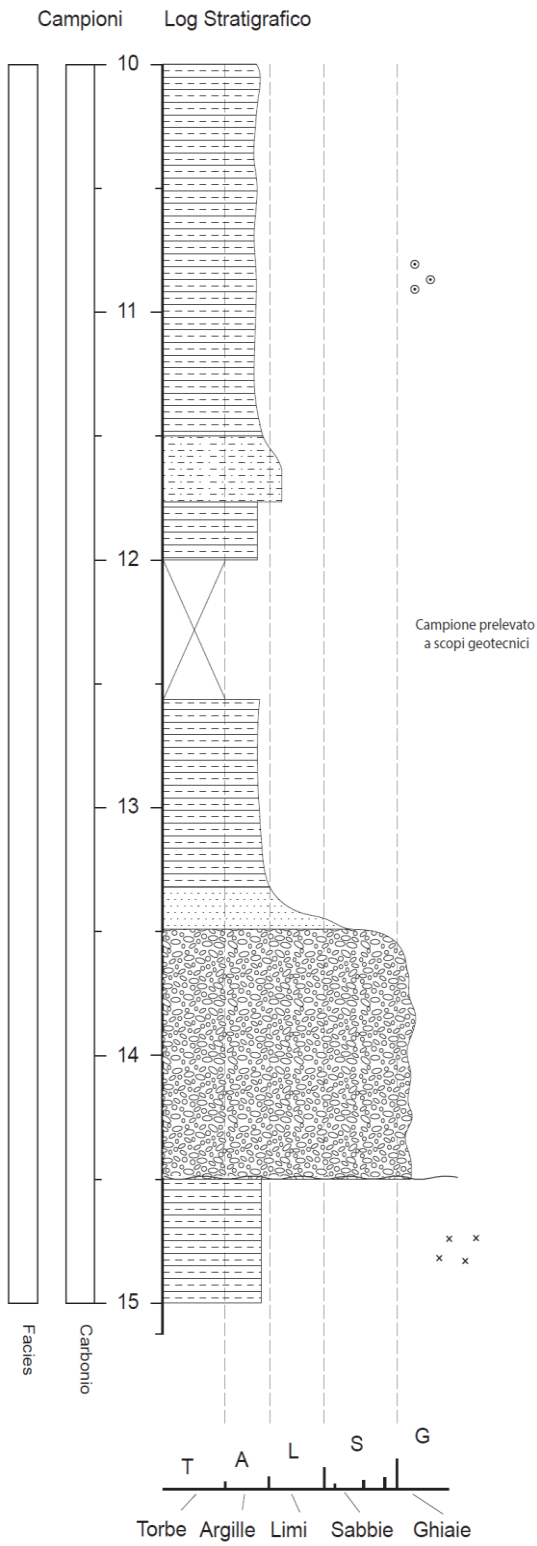
Fig. 6.3: In figura la planimetria di ubicazione dei sondaggi, evidenziata con pallino rosso.



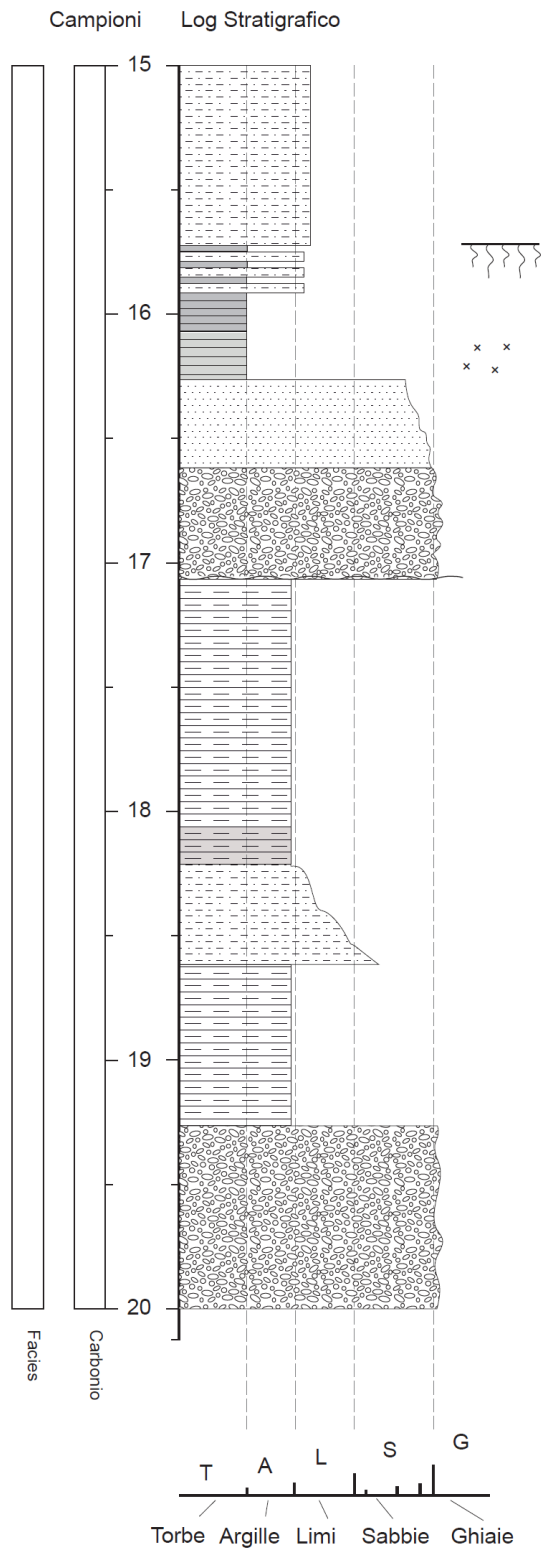
## 6.2.1. Carotaggio MTB 1



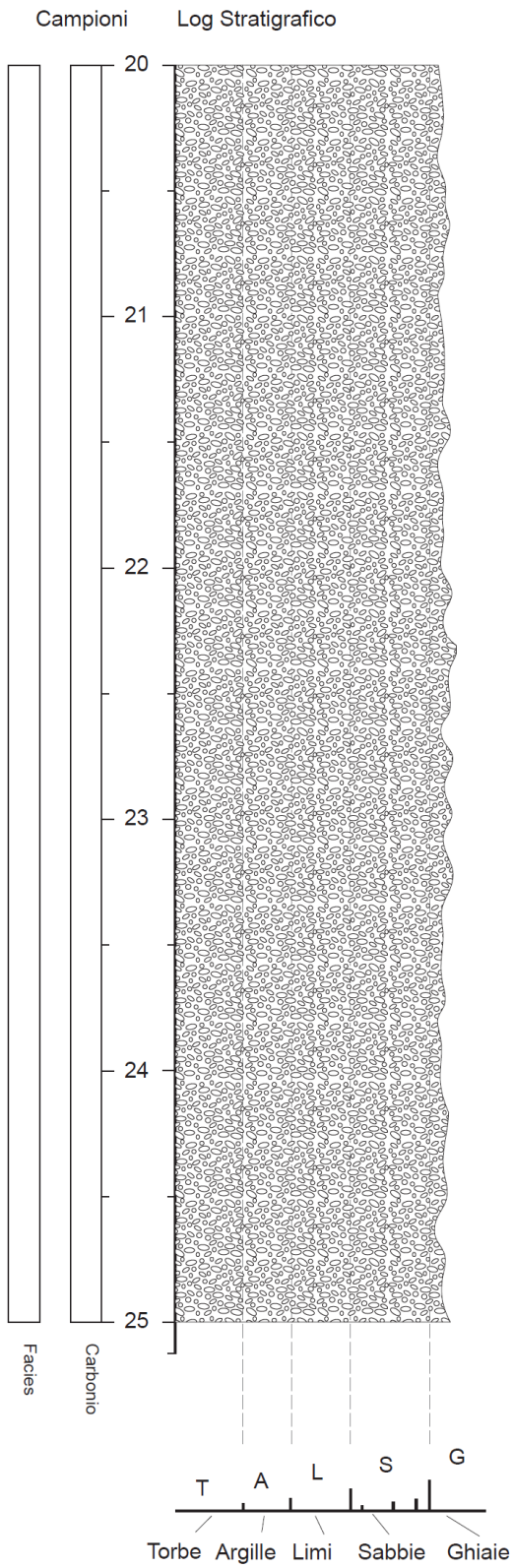
### MTB\_S1



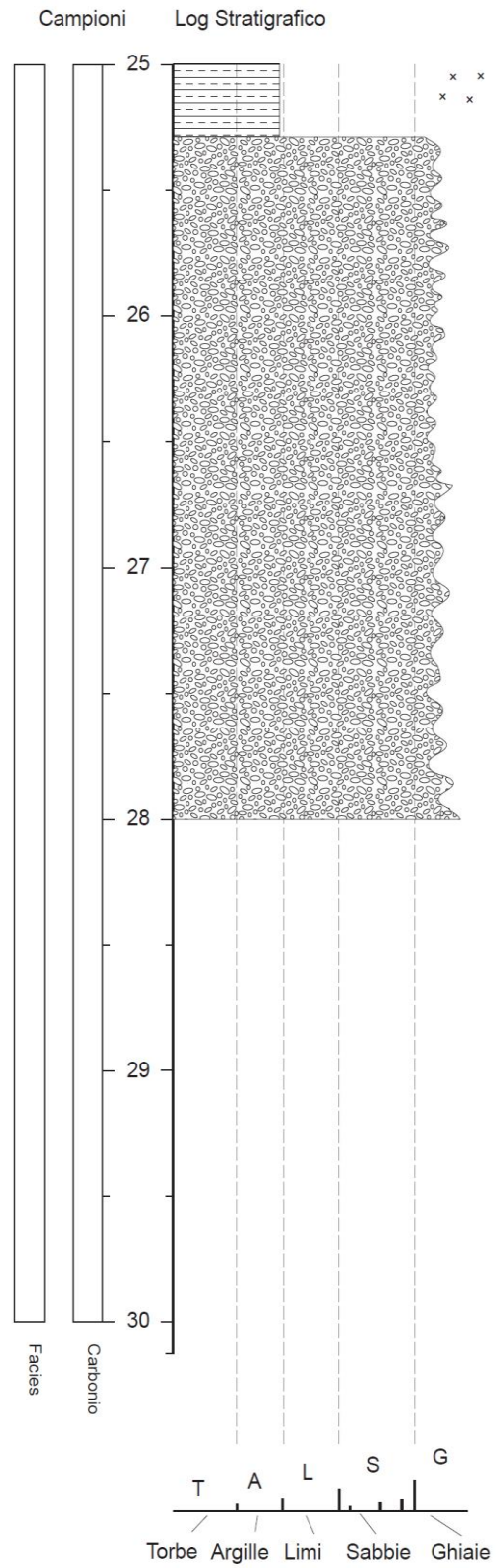
### MTB\_S1



# MTB\_S1



# MTB\_S1





#### **DESCRIZIONE STRATIGRAFICA:**

- **0,00-0,05 m:** Conglomerato bituminoso
- **0,05-0,40 m:** Ghiaia medio fine sub-angolare e raramente sub-arrotondata con matrice limosa-sabbiosa nocciola (riporto)
- **0,40-0,70 m:** limo argilloso marrone con rari elementi di ghiaia fine sub arrotondata (riporto)
- **0,70-5,20 m:** Ghiaia medio-grossa, calcarea, sub-arrotondata e sub-angolare, con frequenti ciottoli polimorfici, sub-arrotondati anche decimetrici, con matrice limosa argillosa deb. sabbiosa nocciola (riporto).
- **5,20-6,80 m:** Ghiaia medio-grossa calcarea sub-arrotondata o sub-angolare con ciottoli, sub-arrotondati e con matrice limoso-sabbiosa, deb. argillosa, nocciola
- **6,80-8,10 m:** Limo argilloso, da deb. sabbioso a sabbioso, marrone, con elementi di ghiaia fine sub-angolare a tratti.
- **8,10-10,00 m:** Limo argilloso, da deb. sabbioso a sabbioso, marrone, con elementi di ghiaia fine sub-angolare a tratti.
- **10,00-13,45 m:** Limo argilloso, marrone, a tratti deb. sabbioso e sabbioso.
- **13,45-14,45 m:** Ghiaia medio-grossa carbonatica, sub-angolare e sub-arrotondata con matrice limoso-argillosa deb. sabbiosa nocciola.
- **14,45-18,20 m:** Limo argilloso, deb. sabbioso e sabbioso a tratti, con punti di resti vegetali e concrezioni carbonatiche millimetriche marrone, (marrone bruno da 15,85 a 16,30). Si distingue un livello da 15,00-15,90 m di limi debolmente argillosi passanti a limi sabbiosi con percentuale di granuli in aumento verso il fondo. Negli ultimi 10 cm si hanno alternanze laminate con strato organico argilloso sottostante. Da 15,90-16,25 si distingue sedimento limoso-argilloso (>25%) nerastro, molto argillico che contiene clasti di ghiaia fine visibilmente alterati (biancastri) più abbondanti. Da 16,15-16,25 m è simile, ma più limoso e meno scuro (meno organico). HCl=0, Si presume lo sviluppo di almeno un paleosuolo nell'intervallo.

Da 16,60 a 17,05 è presente un livello di ghiaia medio fine con matrice limosa argillosa marrone.

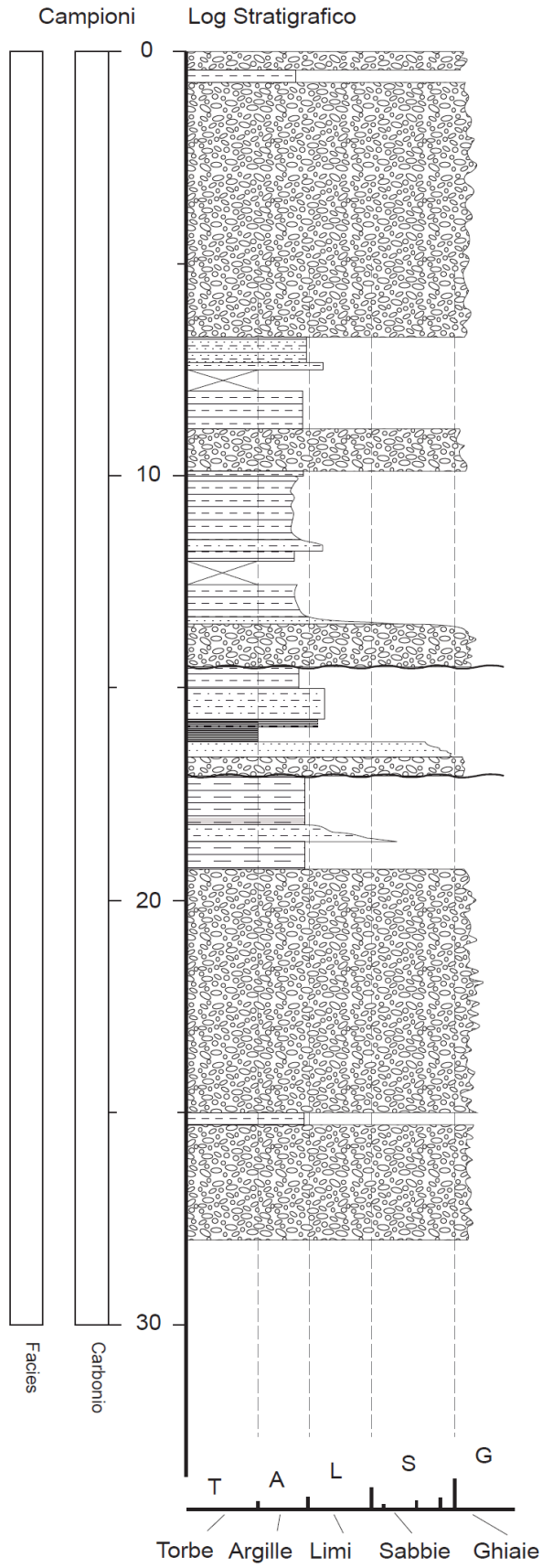
- **18,20-19,80 m:** Ghiaia medio fina calcarea sub-angolare e raramente sub-arrotondata con limo argillosa nocciola.

Da 18,65 a 19,25 è presente un livello di limo argilloso debolmente sabbioso marrone con rari elementi di ghiaia fine sub-angolare.

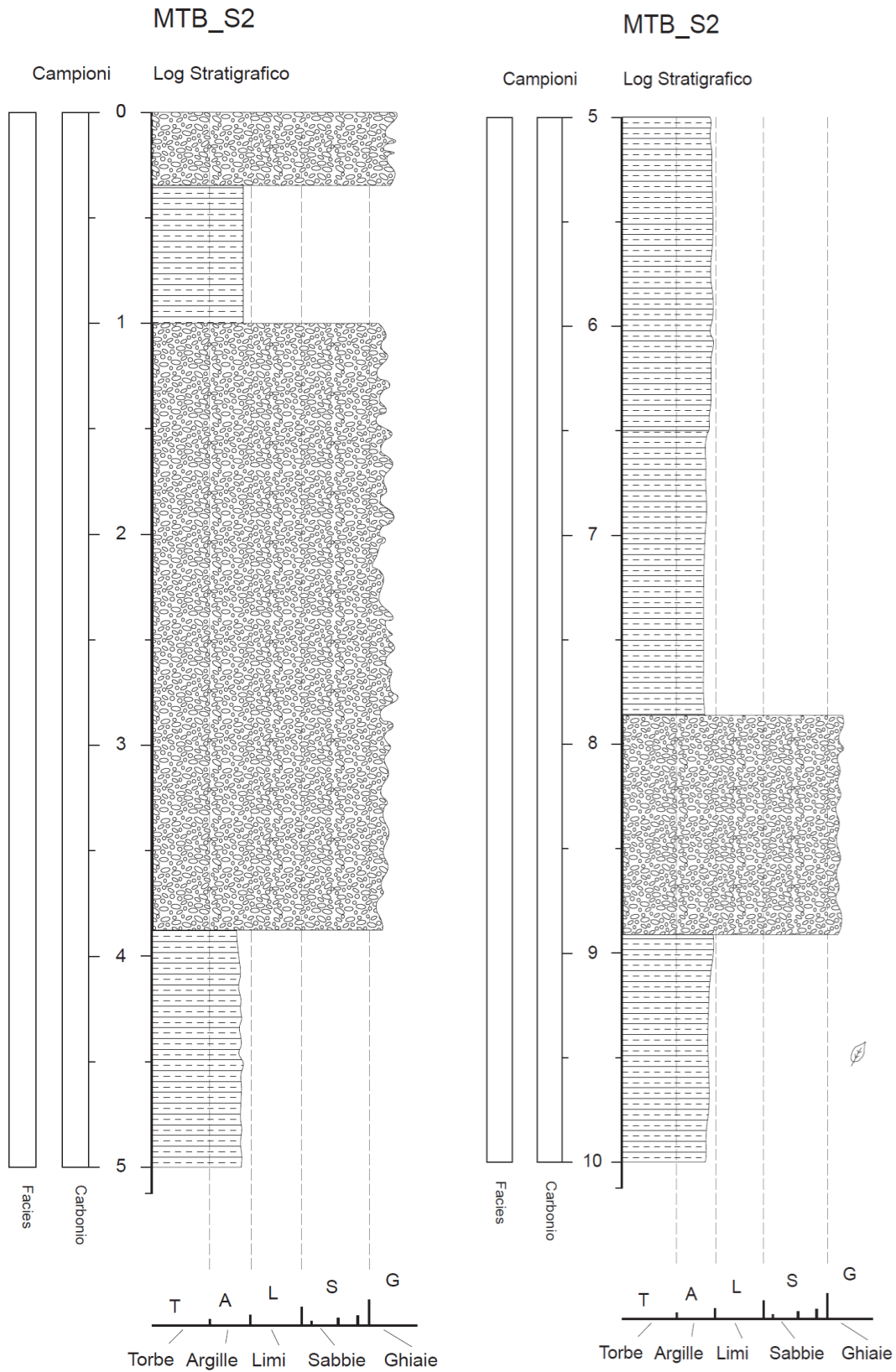
➤ **19,80-28,00 m:** Ghiaia media calcarea sub-angolare e sub-arrotondata con matrice limosa argillosa, a tratti deb. sabbiosa, nocciola, e con rari ciottoli sub-arrotondati.

Da 25,0 a 25,20 è presente un livello di limo argilloso marrone con concrezioni carbonatiche millimetriche

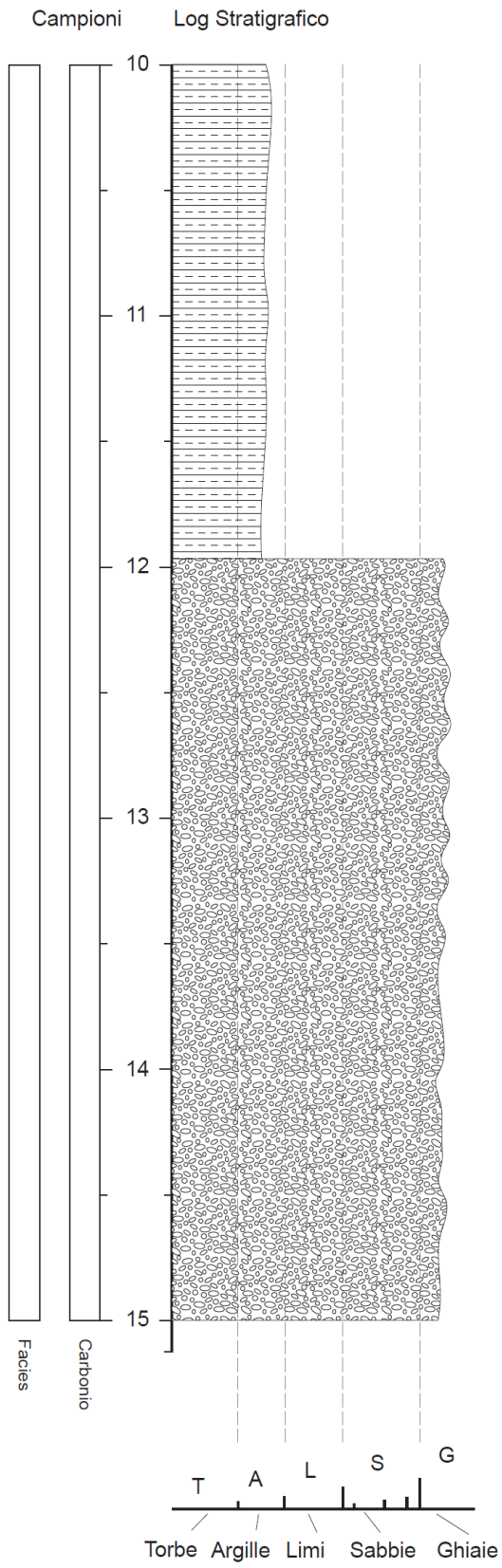
# MTB\_S1



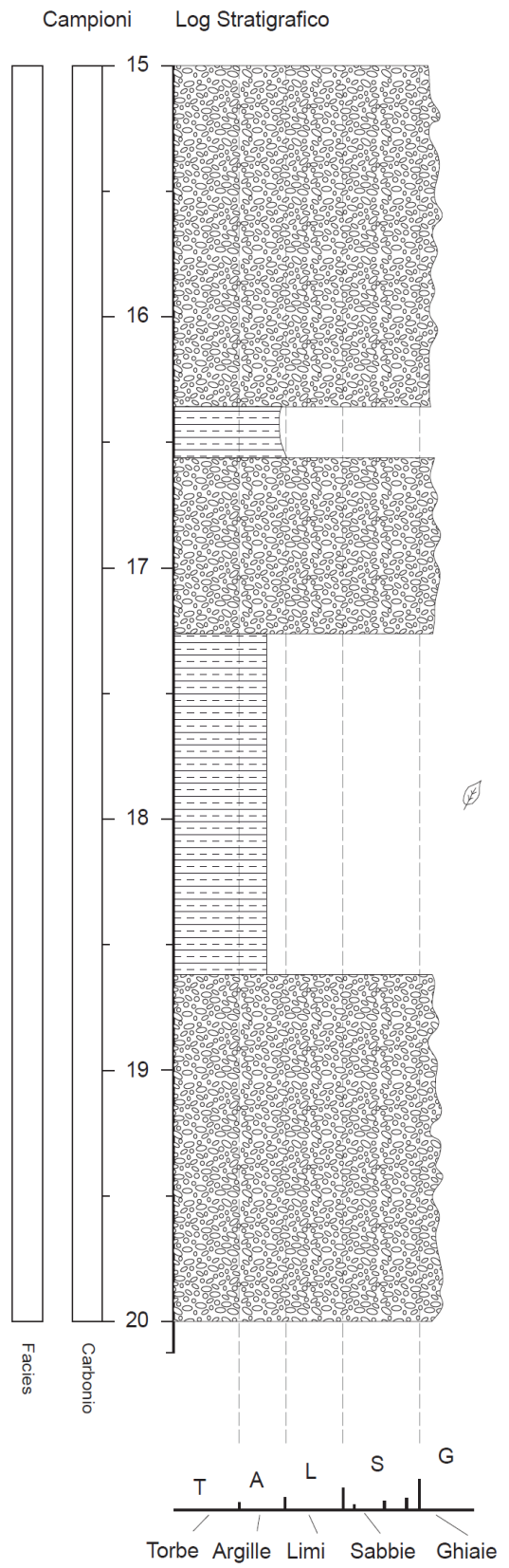
## 6.2.2. Carotaggio MTB 2



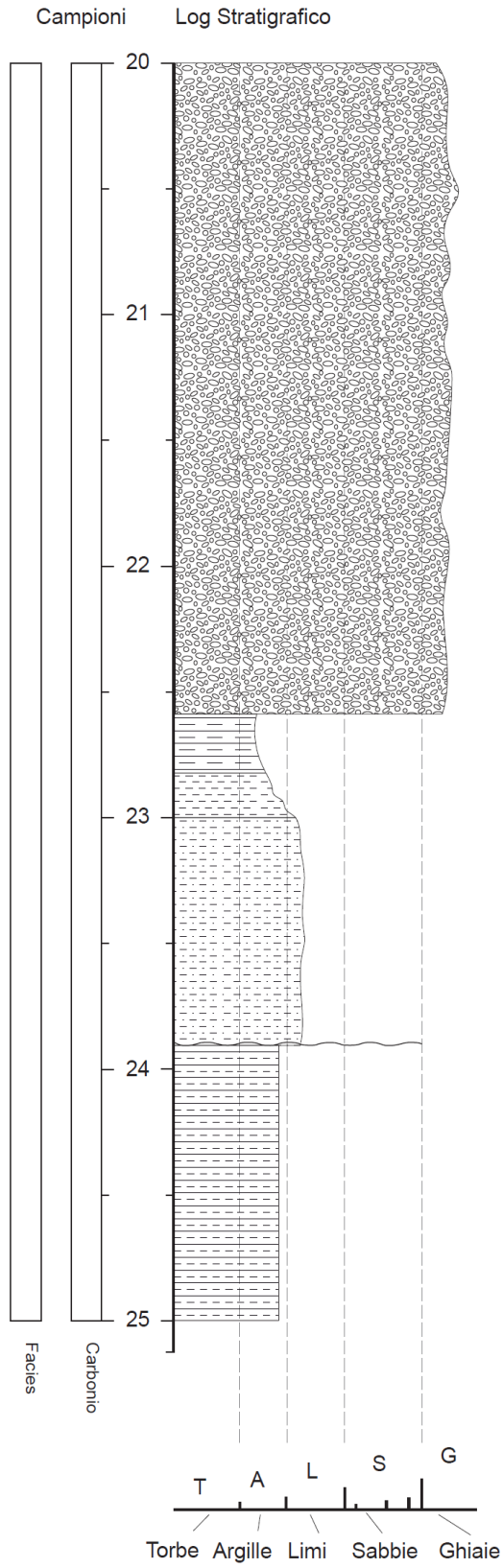
### MTB\_S2



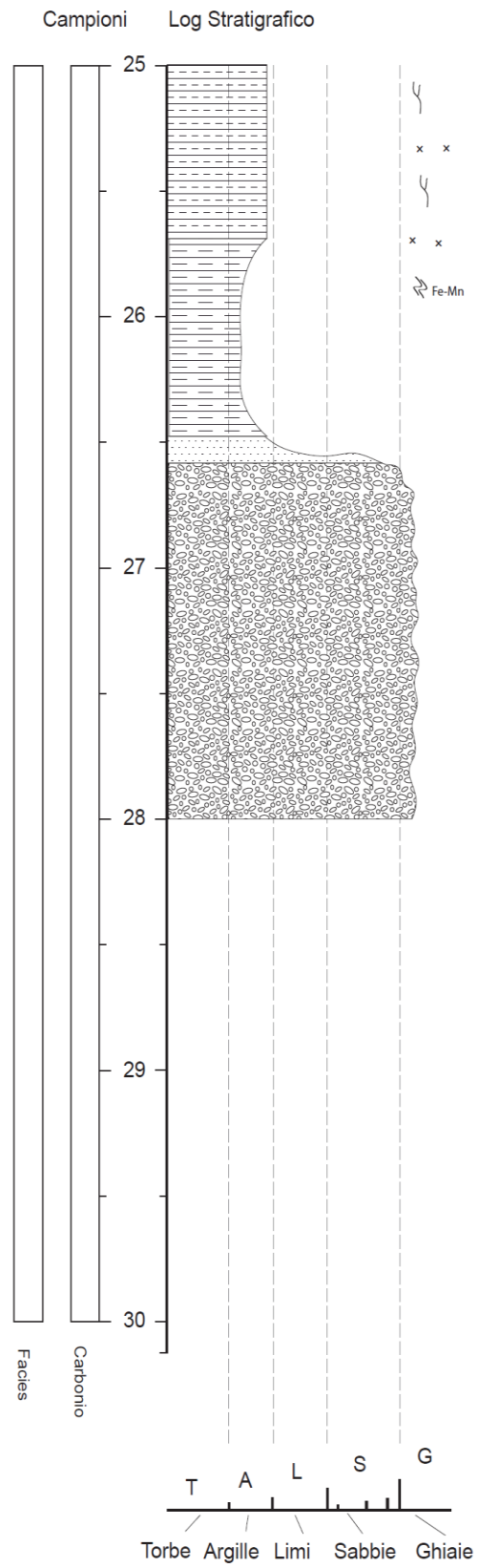
### MTB\_S2



MTB\_S2



MTB\_S2

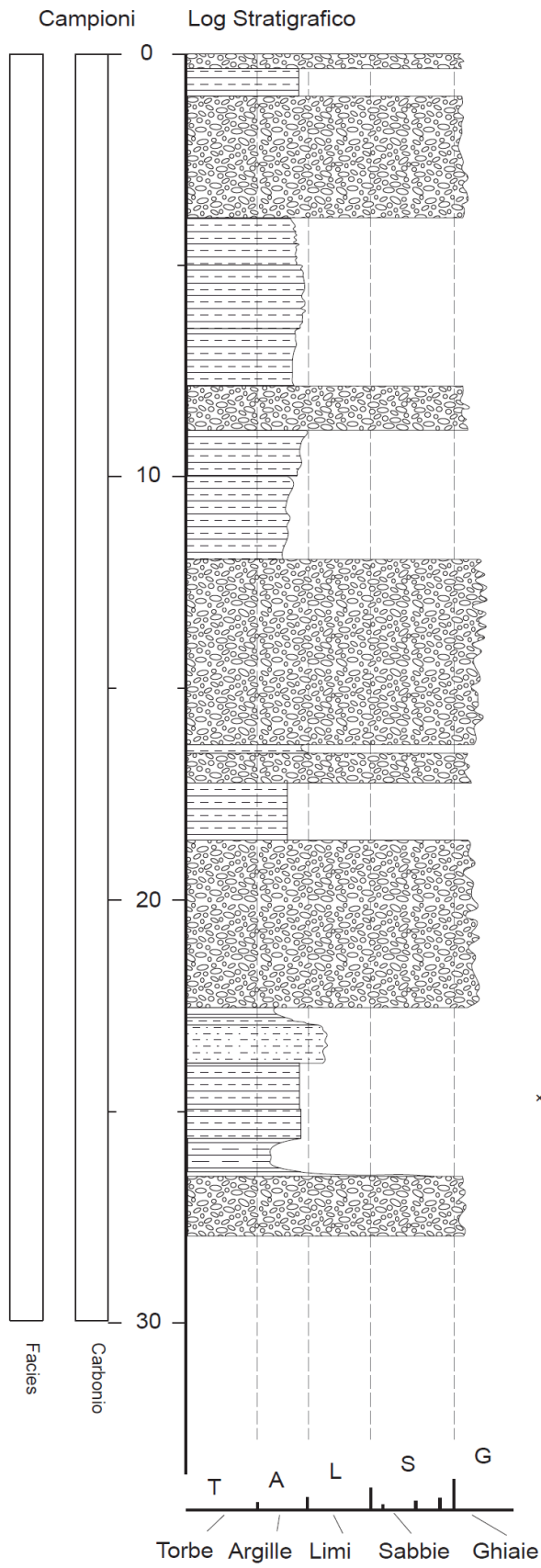


## DESCRIZIONE STRATIGRAFICA

- **0,00-1,00 m:** Primi centimetri è presente conglomerato bituminoso; seguono ghiaia medio-grossa sub-arrotondata e raramente sub-angolare con matrice limosa-sabbiosa nocciola (riporto). Da 0,30-1,00 m limo argilloso, marrone, con ghiaia medio grossa sub-arrotondata (riporto).
- **1,00-3,80 m:** Ghiaia medio-grossa, calcarea sub-arrotondata e sub-angolare con frequenti ciottoli poligenici sub-arrotondati anche decimetrici con matrice limosa, sabbiosa, nocciola (riporto).
- **3,80-6,50 m:** Limo argilloso, marrone, a tratti deb. sabbioso con ghiaia media e medio-fine sub arrotondata e sub-angolare.
- **6,50-7,80 m:** Limo argilloso marrone, a tratti debolmente sabbioso con elementi di ghiaia fine sub-arrotondata e sub-angolare.
- **7,80-8,85 m:** Ghiaia medio-grossa calcarea sub-arrotondata e raramente sub-angolare con matrice limosa, argillosa, deb. sabbiosa nocciola.
- **8,85-11,95 m:** Limo argilloso marrone, deb. sabbioso a tratti. In alcuni tratti resti vegetali e rari elementi di ghiaia media sub-arrotondata fino a 9,00 m da p.c.
- **11,95-17,25 m:** Ghiaia medio-grossa, calcarea sub-angolare e raramente sub-arrotondata con matrice limosa-argilloso, nocciola scuro. Da 16,35 a 16,55 è presente livello di limo argilloso, marrone, deb. sabbioso.
- **17,25-18,60 m:** Limo argilloso marrone, con in alcuni tratti resti vegetali. e deb. sabbioso a tratti.
- **18,60-22,60 m:** Ghiaia medio-grossa, calcarea, sub-angolare e raram. sub-arrotondata, con matrice limosa sabbiosa, deb. argillosa nocciola.
- **22,60-23,80 m:** Limo argilloso, marrone con millimetriche concrezioni carbonatiche, che diventa deb. sabbioso dopo i 23,00 m dal p.c.
- **23,80-25,60 m:** Limo argilloso, grigio verde, con millimetriche concrezioni carbonatiche. Si distingue da 25,20 a 25,60 m limi argillosi e argille limose con alcuni livelli di comuni clasti millimetrici. Presenti comuni tracce di bioturbazioni dati da canali verticali con riempimento scuro (diametro bioturbazioni 4 mm).
- **25,60-26,50 m:** Limo argilloso, marrone, con rare millimetriche concrezioni carbonatiche.
- **26,50-28,00 m:** Ghiaia medio-grossa, calcarea, sub-angolare e sub-arrotondata, con matrice limoso argillosa, deb. sabbiosa, nocciola.

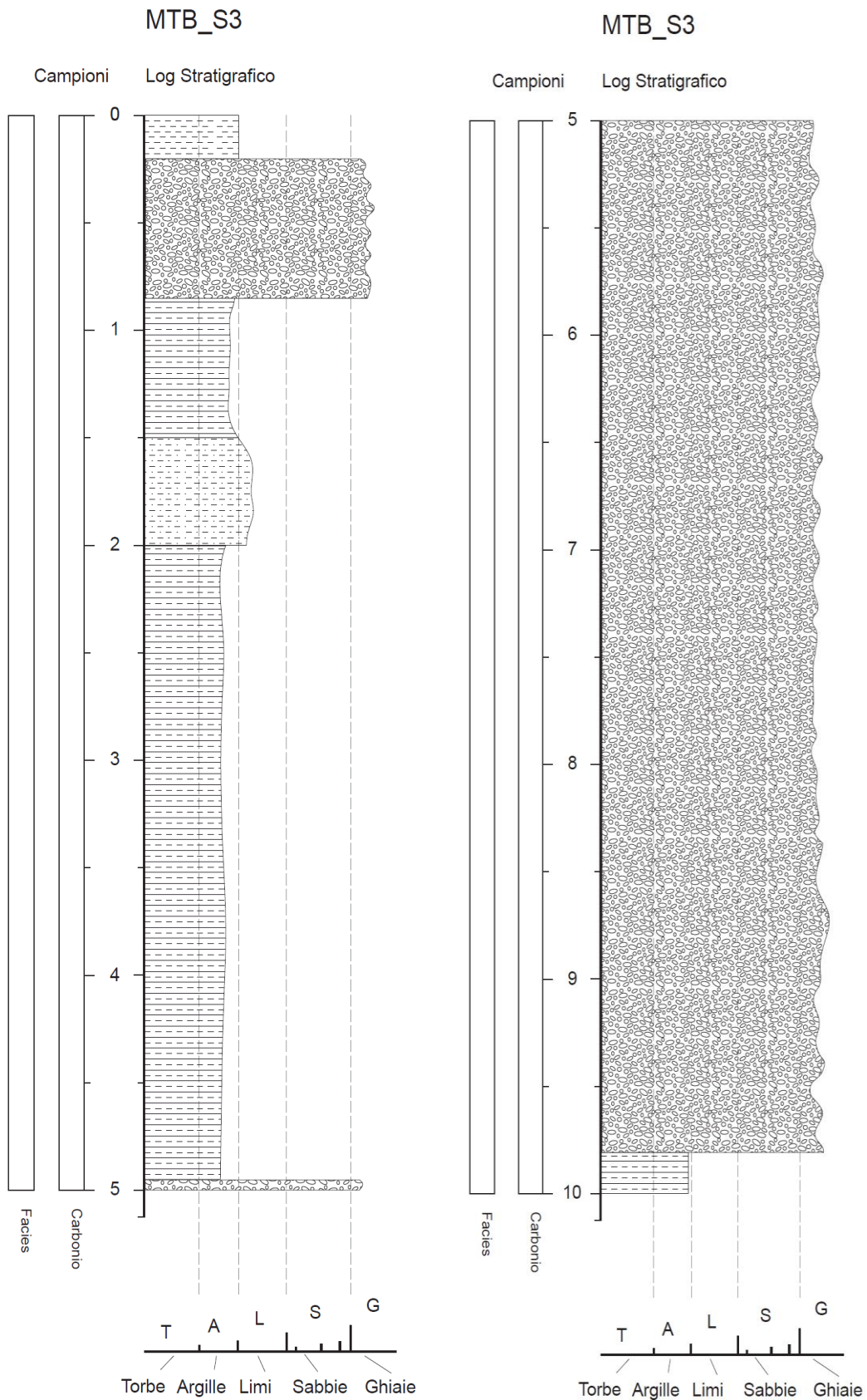


# MTB\_S2

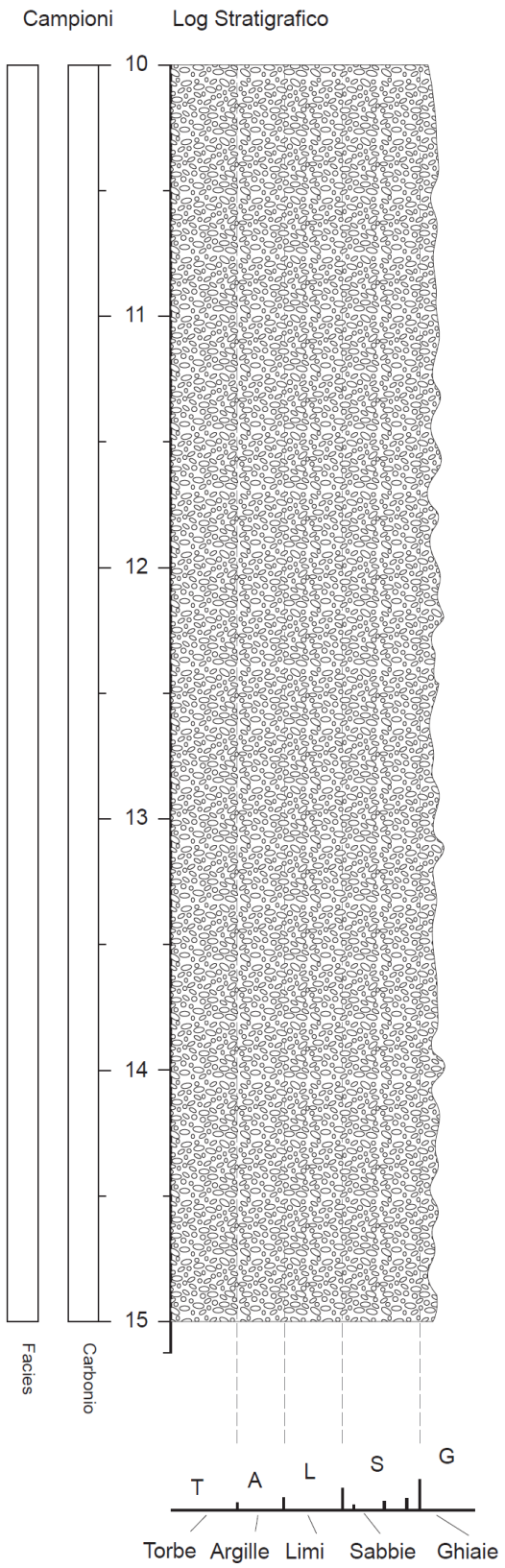




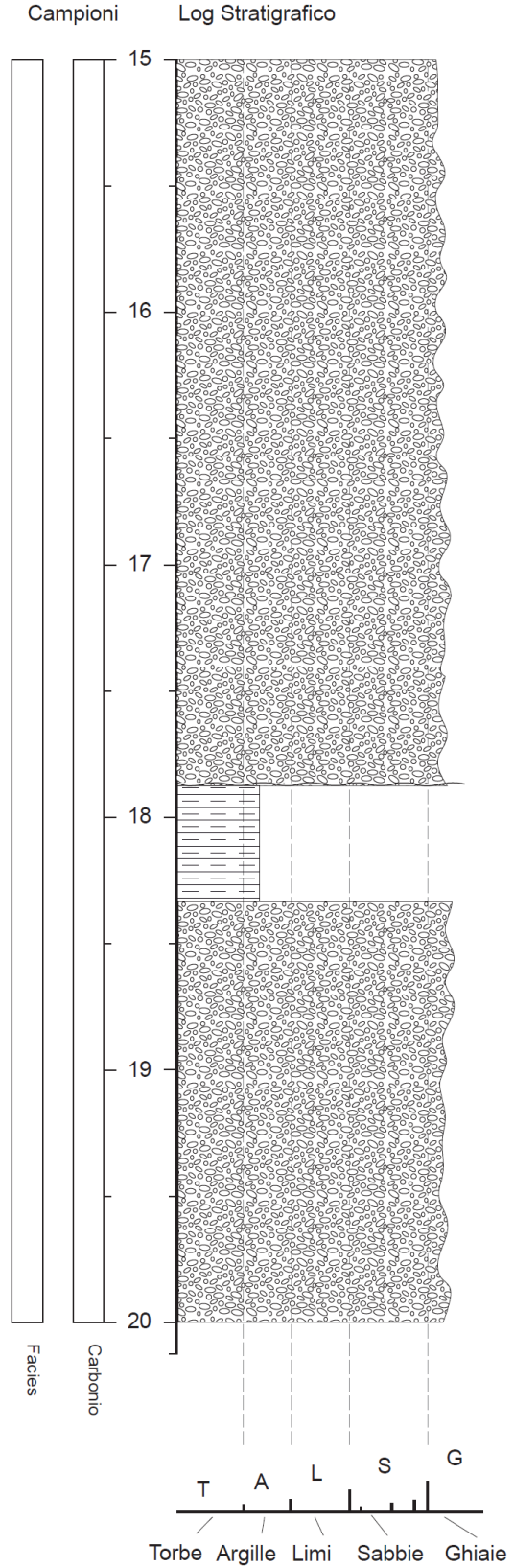
### 6.2.3. Carotaggio MTB 3



### MTB\_S3

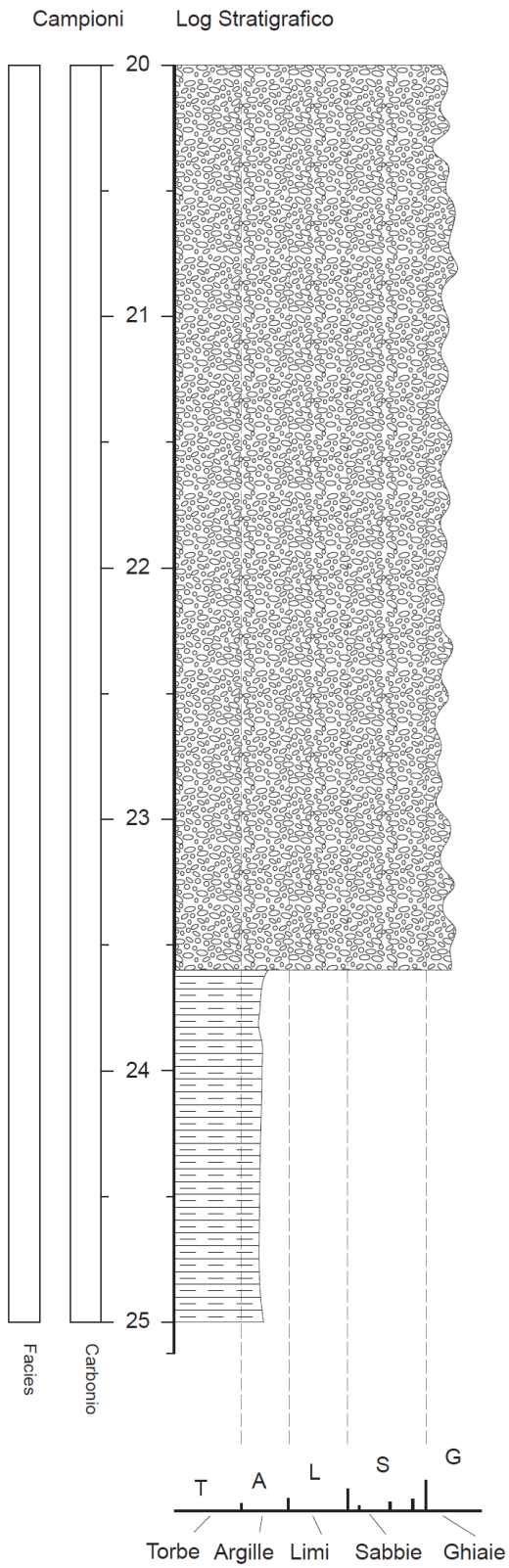


### MTB\_S3

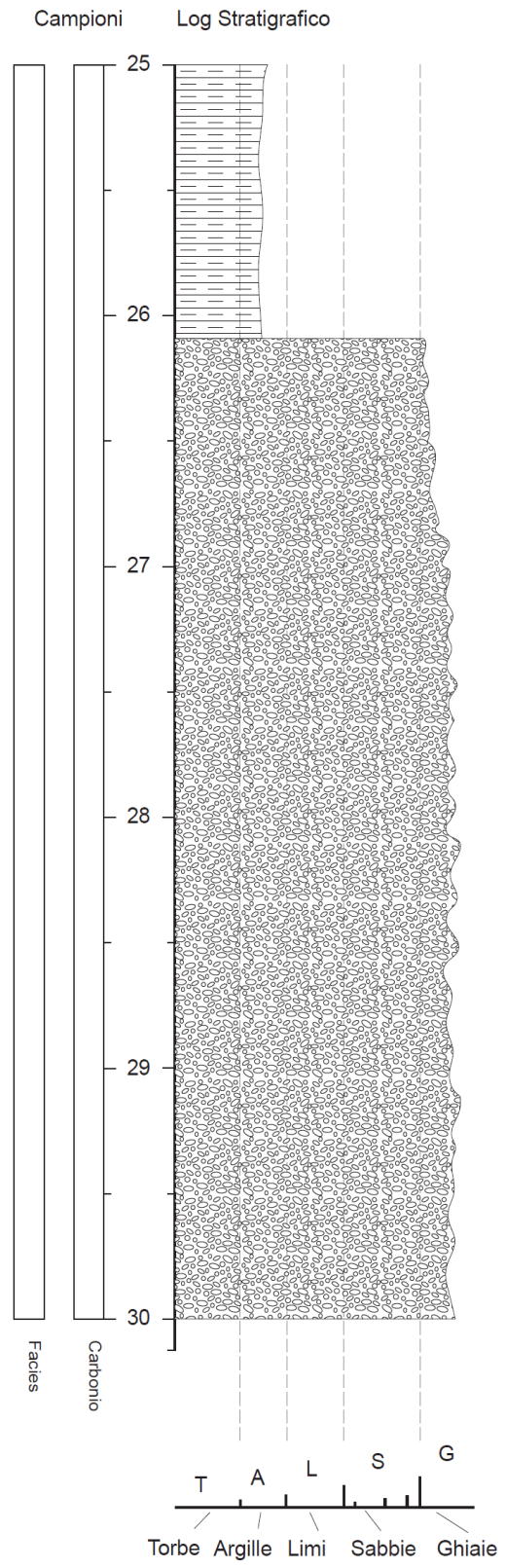




### MTB\_S3



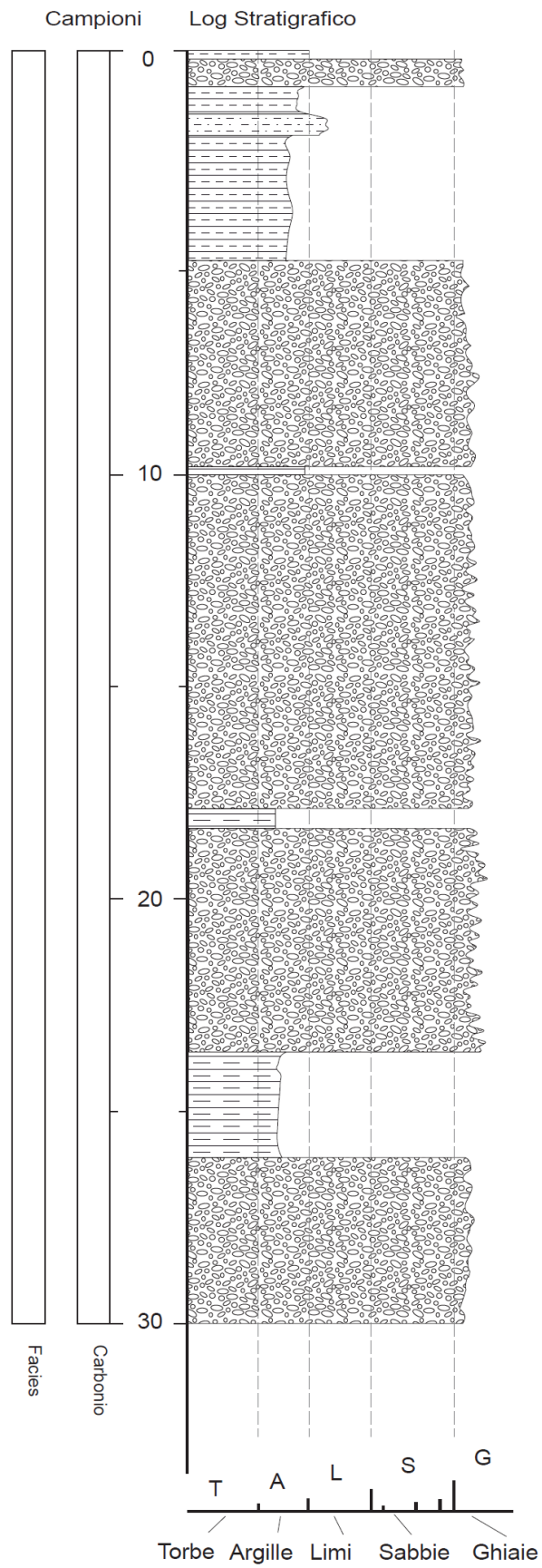
### MTB\_S3



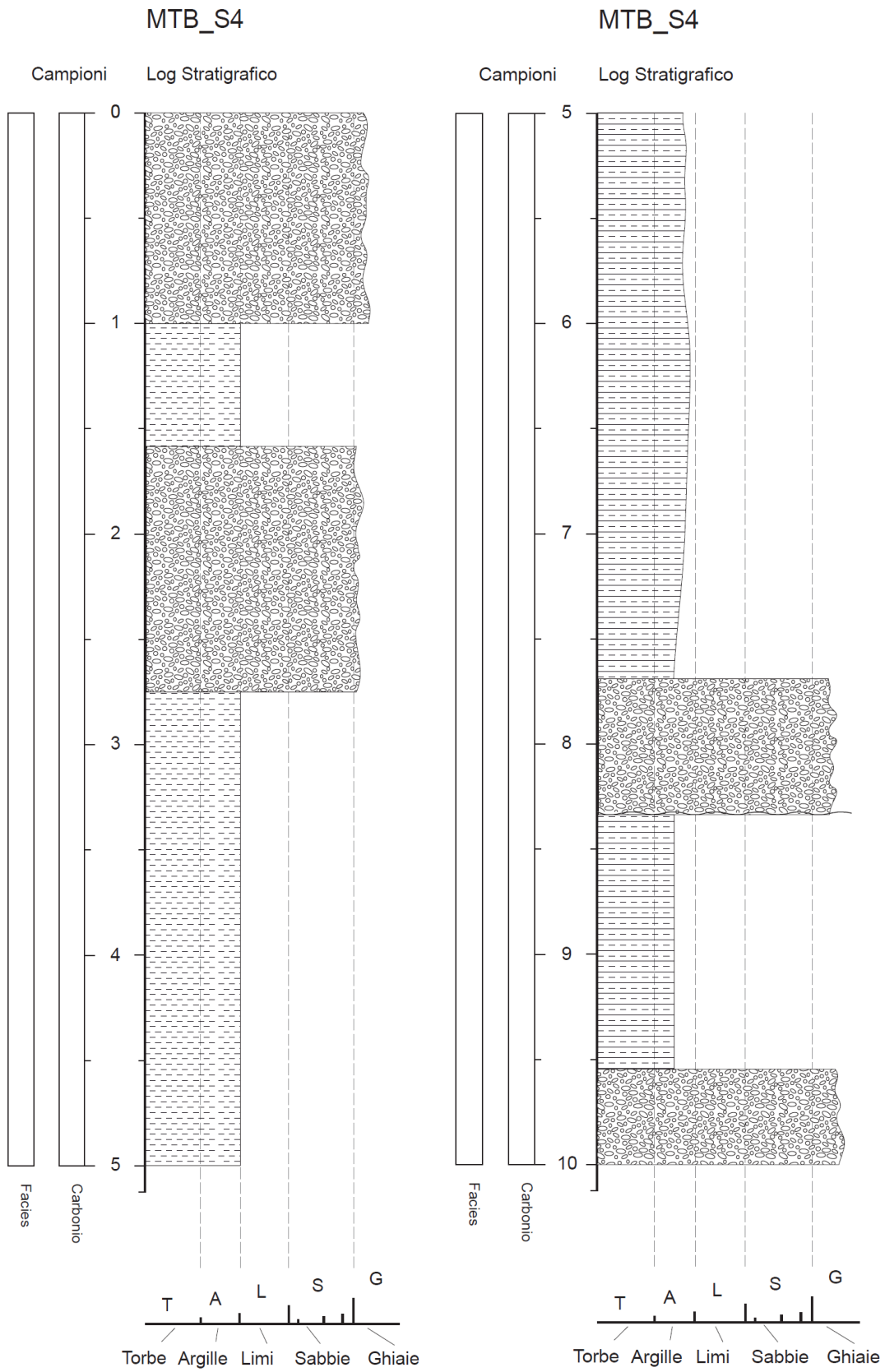
## DESCRIZIONE STRATIGRAFICA

- **0,00-0,20 m:** Terreno vegetale: limo deb. argilloso, bruno, con radici ad elementi di ghiaia medio fine sub-angolare.
  - **0,20-0,80 m:** Ghiaia calcarea, sub-angolare e raramente sub-arrotondata, medio grossa, quasi senza matrice (riporto).
  - **0,80-1,50 m:** Limo argilloso, deb. sabbioso, nocciola, con concrezioni carbonatiche e rari elementi di ghiaia fino sub-angolare e sub-arrotondata (riporto).
  - **1,50-2,00 m:** Limo sabbioso, deb. argilloso, bruno con elementi di ghiaia medio fine sub-arrotondata (riporto).
  - **2,00-4,90 m:** Limo argilloso, marrone, con limo sabbioso e con elementi di ghiaia medio fine sub arrotondata (riporto).
  - **4,90-7,00 m:** Ghiaia calcarea medio grossa, sub-arrotondata e raramente sub-angolare con matrice limosa argillosa, da deb. sabbiosa a sabbiosa marrone.
  - **7,00-10,50 m:** Ghiaia calcarea medio grossa, sub-arrotondata e raramente sub-angolare con rari ciottoli sub-arrotondati, con matrice limosa sabbiosa deb. argillosa, nocciola.
- Da 9,80 a 10,00 è presente un livello di limo argilloso, deb. sabbioso marrone, con rari elementi di ghiaia medio fine, sub-arrotondate.
- **10,50-17,80 m:** Ghiaia calcarea medio grossa, sub-arrotondata e raramente sub-angolare con ciottoli sub-arrotondati, con matrice limosa sabbiosa, da 15,00 m deb. argillosa nocciola.
  - **17,80-18,30 m:** Argilla limosa, marrone, con rari elementi di ghiaia fine sub-arrotondata calcarea.
  - **18,30-23,60 m:** Ghiaia media e medio-grossa, calcarea, sub-arrotondata e sub-angolare in matrice limo argilloso nocciola; ciottoli cartonatici da 19,80 m ( $\varnothing$ max. 8-10cm). A 20,65-20,80 m livello di argilla limosa marrone.
  - **23,60-26,10 m:** Argilla limosa, marrone, con elementi di ghiaia media e fine sub-arrotondata calcarea.
  - **26,10-30,00 m:** Ghiaia, medio e fine, sub-angolare che da 26,70 diviene medio grossa, sub-angolare e sub-arrotondata, in matrice di limo sabbioso nocciola.

# MTB\_S3

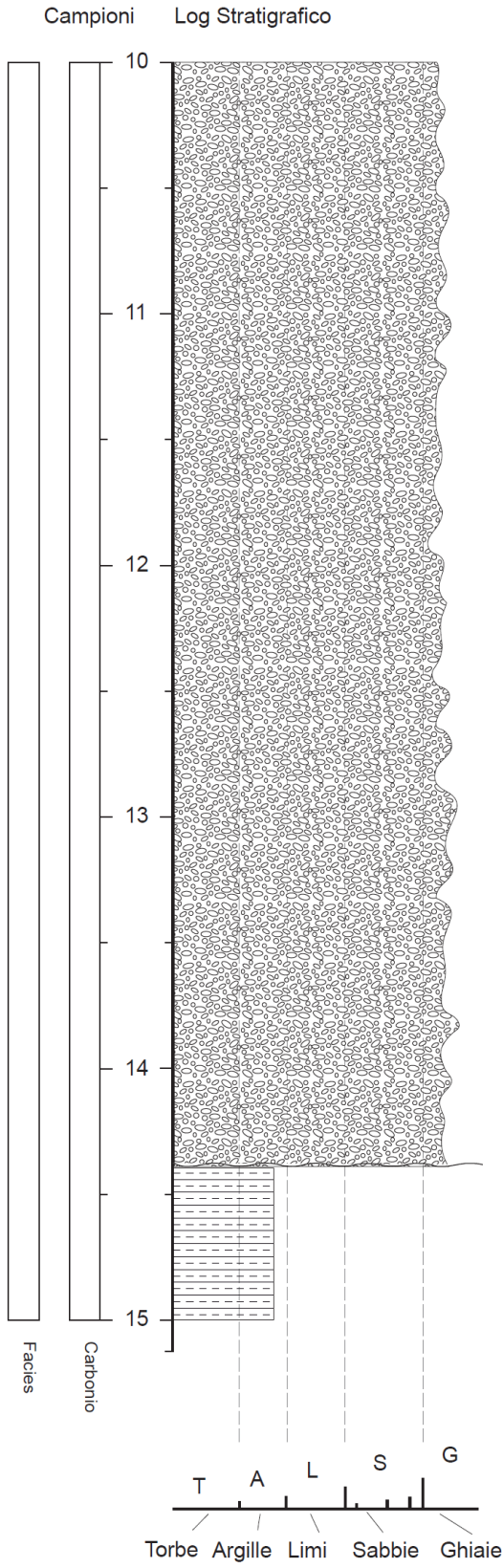


## 6.2.4. Carotaggio MTB 4

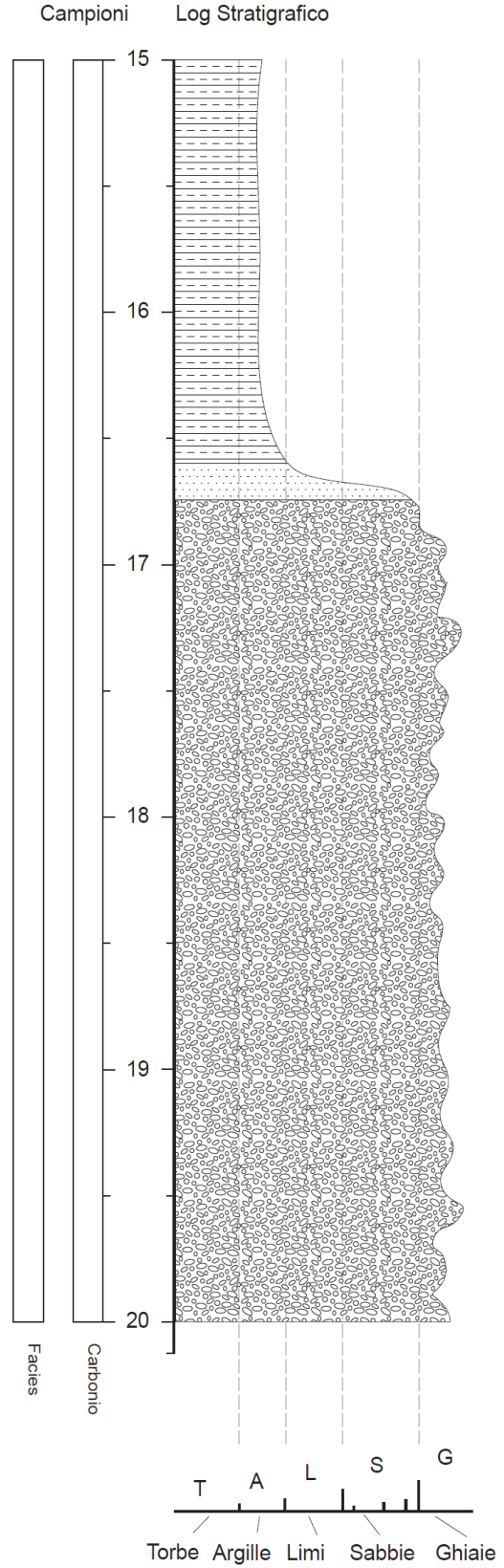




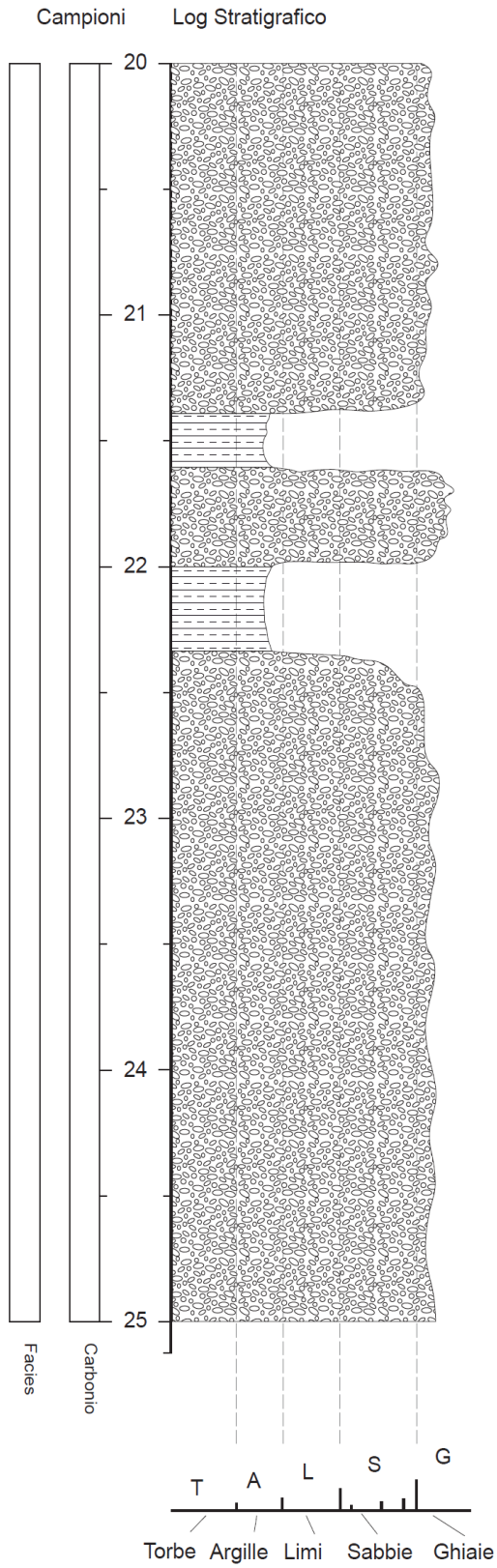
MTB\_S4



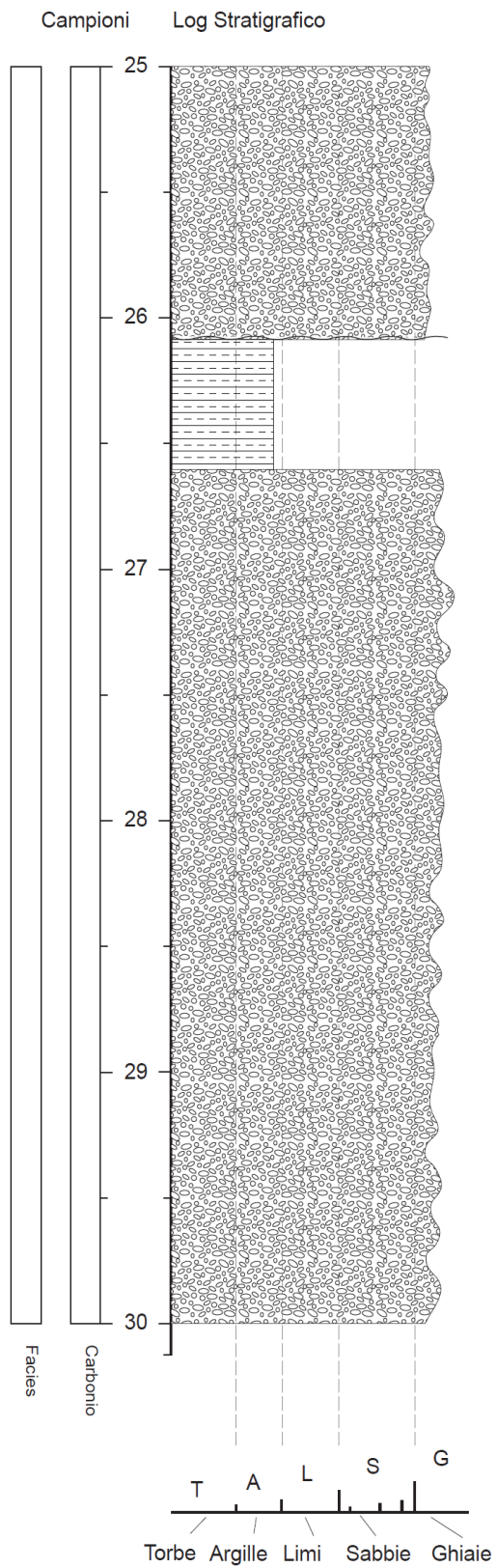
MTB\_S4



MTB\_S4



MTB\_S4



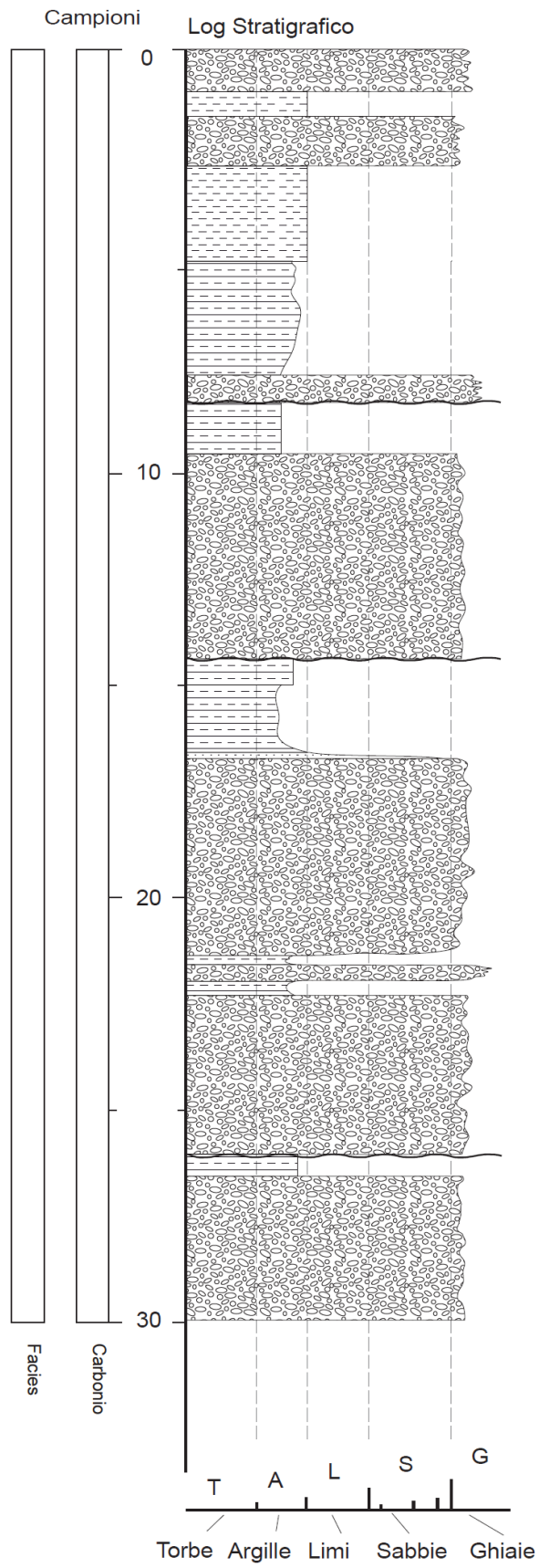


## DESCRIZIONE STRATIGRAFICA

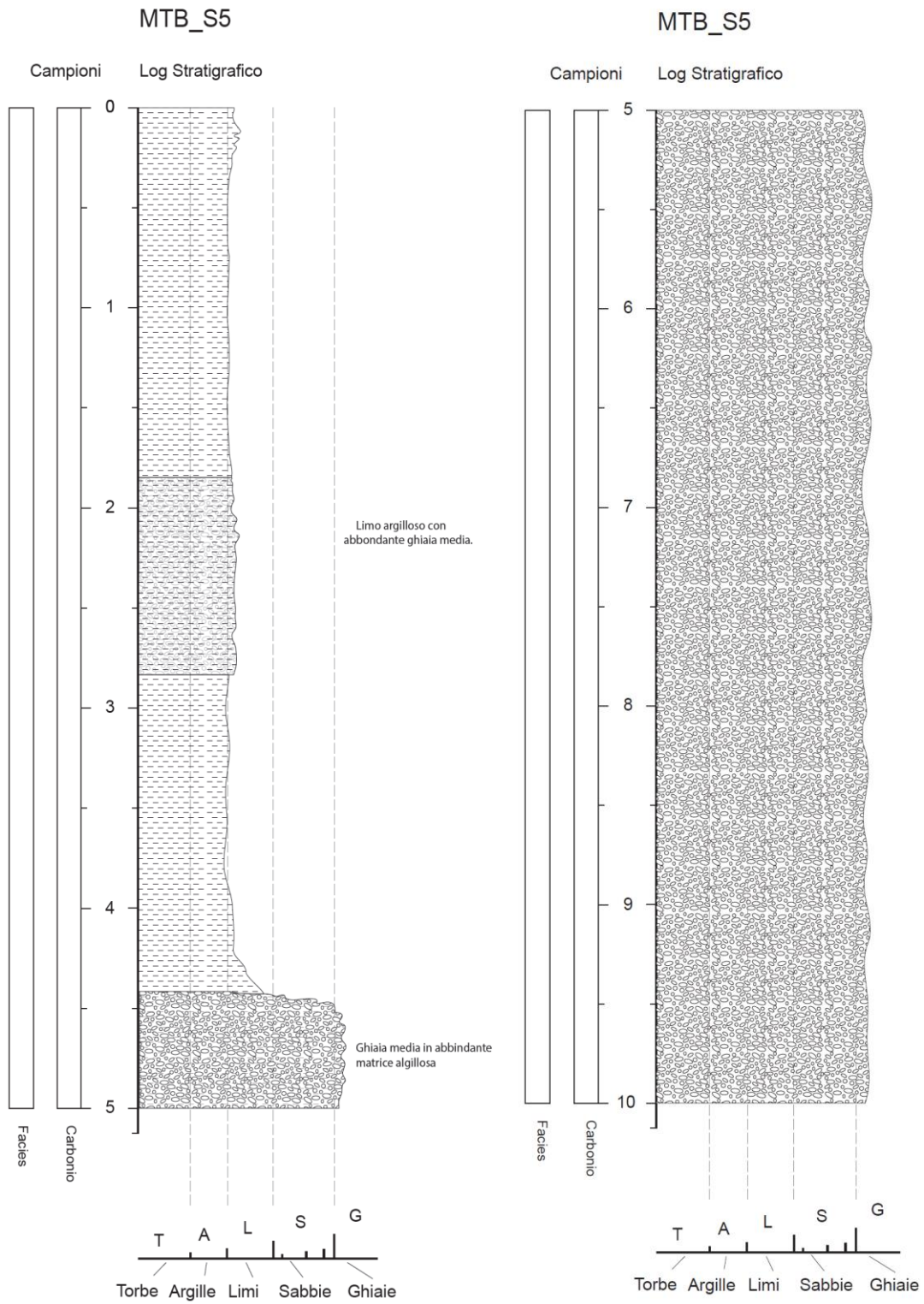
- **0,00-0,85 m:** Riporto. Ghiaia medio fine, sub-arrotondata e rara sub-angolare, con rari ciottoli sub-arrotondati, con matrice limosa sabbiosa, nocciola.
  - **0,85-1,00 m:** Riporto. Ghiaia medio fine, sub-arrotondata e rara sub-angolare, con matrice limosa argillosa marrone.
  - **1,00-1,60 m:** Riporto. Limo deb. sabbioso e deb. argilloso marrone, con rari elementi di ghiaia medio fine sub-arrotondata.
  - **1,60-2,70 m:** Riporto. Ghiaia medio fine, sub-arrotondata, con ciottoli ( $\varnothing$ max. 9-10 cm) con matrice limosa sabbiosa, nocciola.
  - **2,70-5,00 m:** Riporto. Limo da deb. argilloso a argilloso, marrone, deb. sabbioso a tratti, con rari elementi di ghiaia medio-fine, sub-arrotondata, intercalato con rari e piccoli livelli di limo sabbioso, deb. argilloso, nocciola.
  - **5,00-7,10 m:** Limo argilloso, da deb. sabbioso a sabbioso, marrone, con rari elementi di ghiaia medio fine, sub-arrotondata.
  - **7,10-7,70 m:** Limo argilloso, da deb. sabbioso a sabbioso, marrone, con rari elementi di ghiaia medio fine, sub-arrotondata.
  - **7,70-8,35 m:** Ghiaia, medio grossa calcarea, sub-arrotondata e raramente sub. Angolare con matrice limosa argillosa, deb, sabbiosa nocciola.
  - **8,35-9,55 m:** Limo argilloso, marrone, a tratti deb. sabbioso, intercalato con piccoli livelli di limo sabbioso, deb argilloso, con elementi di ghiaia medio fine, sub-arrotondata.
  - **9,55-11,00 m:** Ghiaia medio grossa, calcarea, sub-arrotondata e rara sub-angolare, con matrice limosa-sabbiosa, nocciola scuro.
  - **11,00-14,40 m:** Ghiaia medio grossa, calcarea, sub-arrotondata e rara sub-angolare, con matrice limosa-argillosa, deb sabbiosa nocciola chiaro.
  - **14,40-16,65 m:** Limo argilloso, marrone con rari elementi di ghiaia medio fine, sub-arrotondata e rara sub-angolare.
  - **16,65-23,40 m:** Ghiaia, media, calcarea sub-arrotondata e sub-angolare, con matrice limosa-argillosa, da deb. sabbiosa a sabbiosa, nocciola chiaro.
- Da 21,40 a 21,60 e da 22,00 a 22,30 livelli di limo argilloso nocciola, con rari elementi di ghiaia medio fine sub-arrotondata.
- **23,40-25,00 m:** Ghiaia, media-grossa, calcarea, sub-arrotondata e sub-angolare, con rari ciottoli sub-arrotondati, con matrice limosa, deb. sabbiosa, deb. argillosa nocciola

- **25,00-26,15 m:** Ghiaia, media-grossa, calcarea, sub-arrotondata e sub-angolare, con matrice limosa argillosa, deb. sabbiosa, nocciola.
- **26,15-26,65 m:** Limo argilloso marrone con rari elementi di ghiaia fine
- **26,65-30,00 m:** Ghiaia, media-grossa, calcarea, sub-arrotondata e sub-angolare, con rari ciottoli sub-arrotondati e con matrice limosa, deb. argillosa, nocciola.

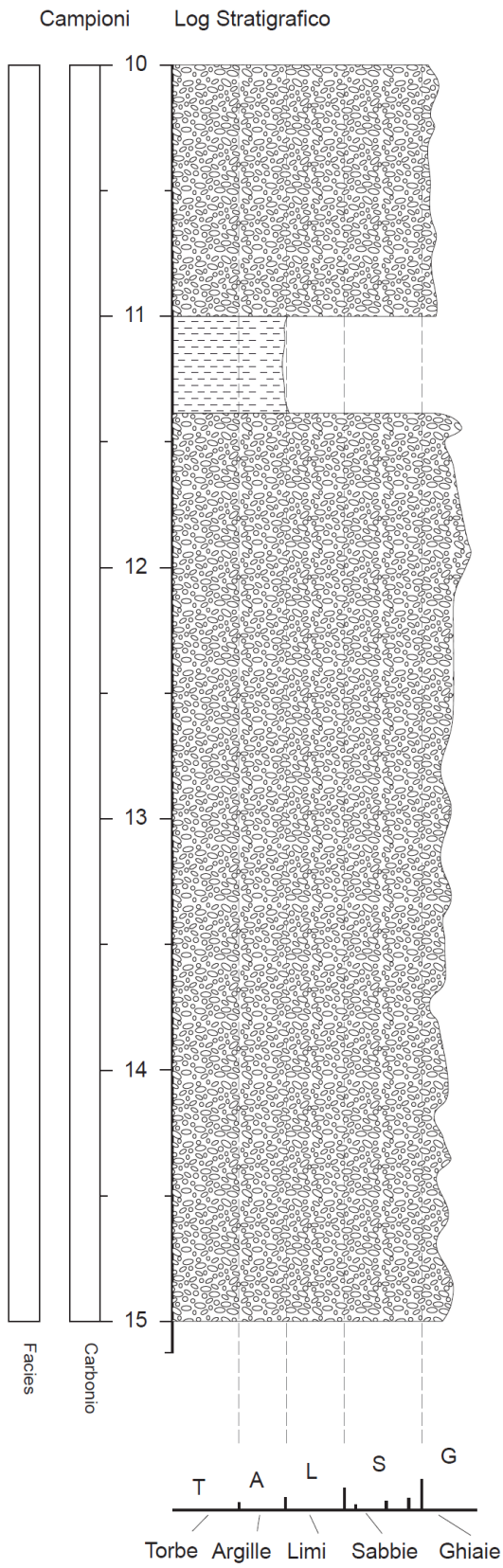
# MTB\_S4



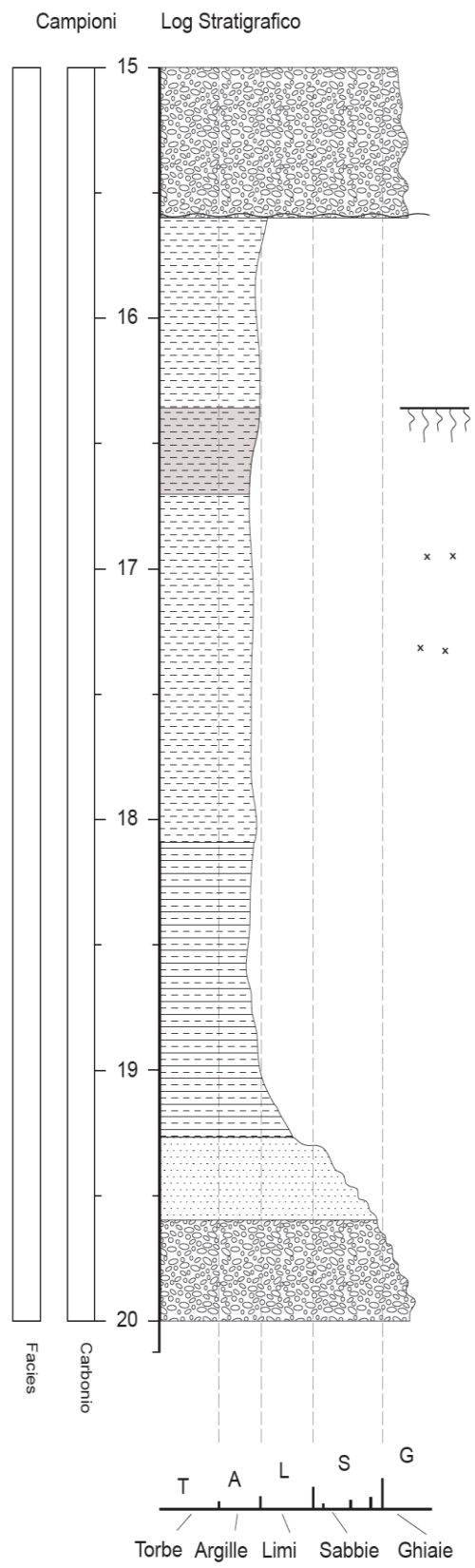
## 6.2.5. Carotaggio MTB 5



### MTB\_S5

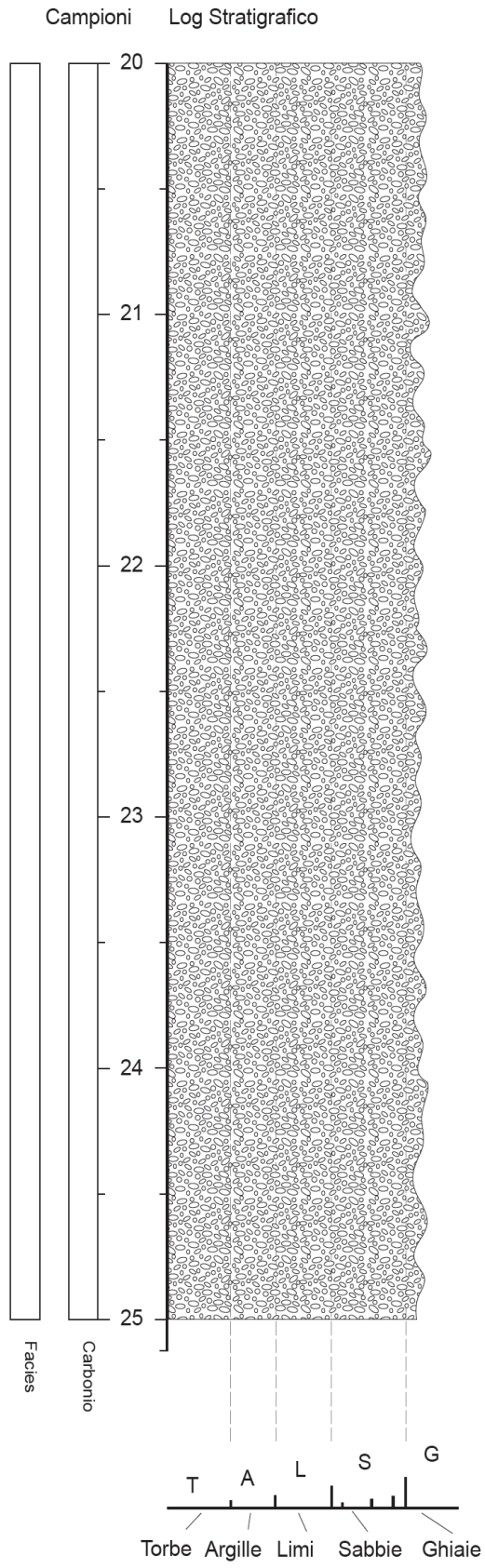


### MTB\_S5

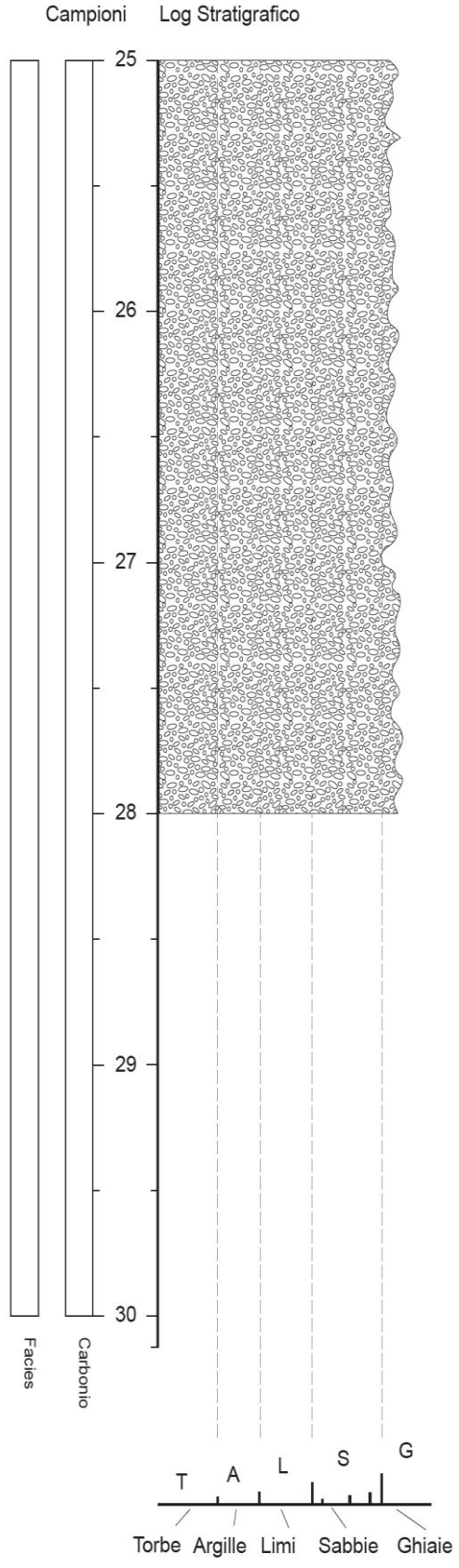




# MTB\_S5



# MTB\_S5



## DESCRIZIONE STRATIGRAFICA

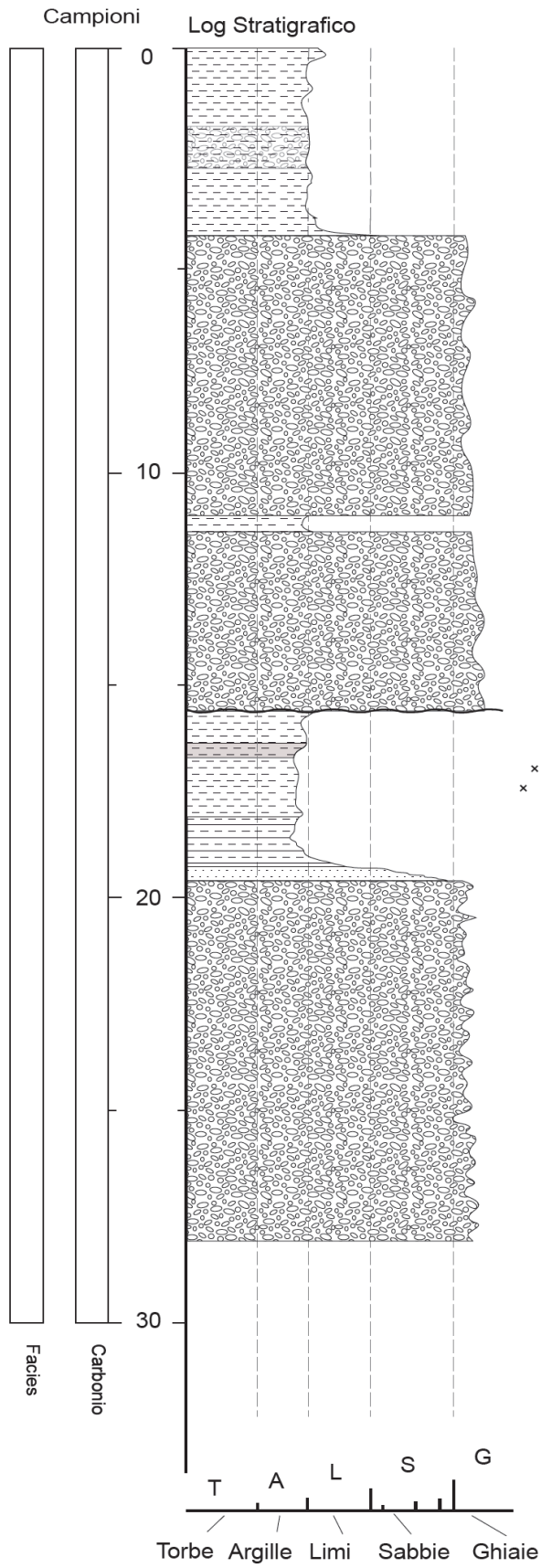
- **0,00-0,20 m:** Terreno vegetale: limo argilloso bruno con ghiaia medio fine. Limo argilloso bruno ghiaioso ( $\varnothing$ max. 7 cm). Riporto
- **0,20-1,80 m:** Limo argilloso debolmente sabbioso marrone con elementi di ghiaia fine carbonatica sub-angolare e sub-arrotondata. Riporto
- **1,80-4,00 m:** Limo argilloso debolmente sabbioso, localmente sabbioso marrone con ghiaia media e grossa carbonatica sub-arrotondata e sub-angolare.

Tra 2,80 e 3,00 m limo debolmente argilloso marrone

- **4,00-5,10 m:** Ghiaia media e grossa carbonatica sub-angolare e sub-arrotondata in matrice limo argilloso nocciola
- **5,10-11,00 m:** Ghiaia media e grossa carbonatica sub-angolare e sub-arrotondata in matrice limosa sabbiosa nocciola con rari ciottoli.
- **11,00-11,40 m:** Limo argilloso marrone con rari clasti di ghiaia medio fine sub-arrotondata
- **11,40-15,65 m:** Ghiaia medio grossa calcarea sub-arrotondata e sub-angolare con matrice limosa sabbiosa deb.te argillosa, presenti rari ciottoli sub-arrotondati
- **15,65-16,30 m:** Limo argilloso sabbioso marrone con elementi di ghiaia medio fine sub-arrotondata e sub-angolare.
- **16,30-18,10 m:** Limo argilloso marrone con punti organici e livelli millimetrici ossidati; rari e millimetriche concrezioni carbonatiche.
- **18,10-19,25 m:** Limo argilloso e limo argilloso sabbioso marrone, rari clasti di ghiaia fine.
- **19,25-19,60 m:** Sabbia medio fine limosa nocciola con rari elementi di ghiaia fine.
- **19,60-28,00 m:** Ghiaia medio grossa calcarea sub-arrotondata e sub-angolare con matrice limosa sabbiosa deb.te argillosa, ciottoli sub-arrotondati sparsi.

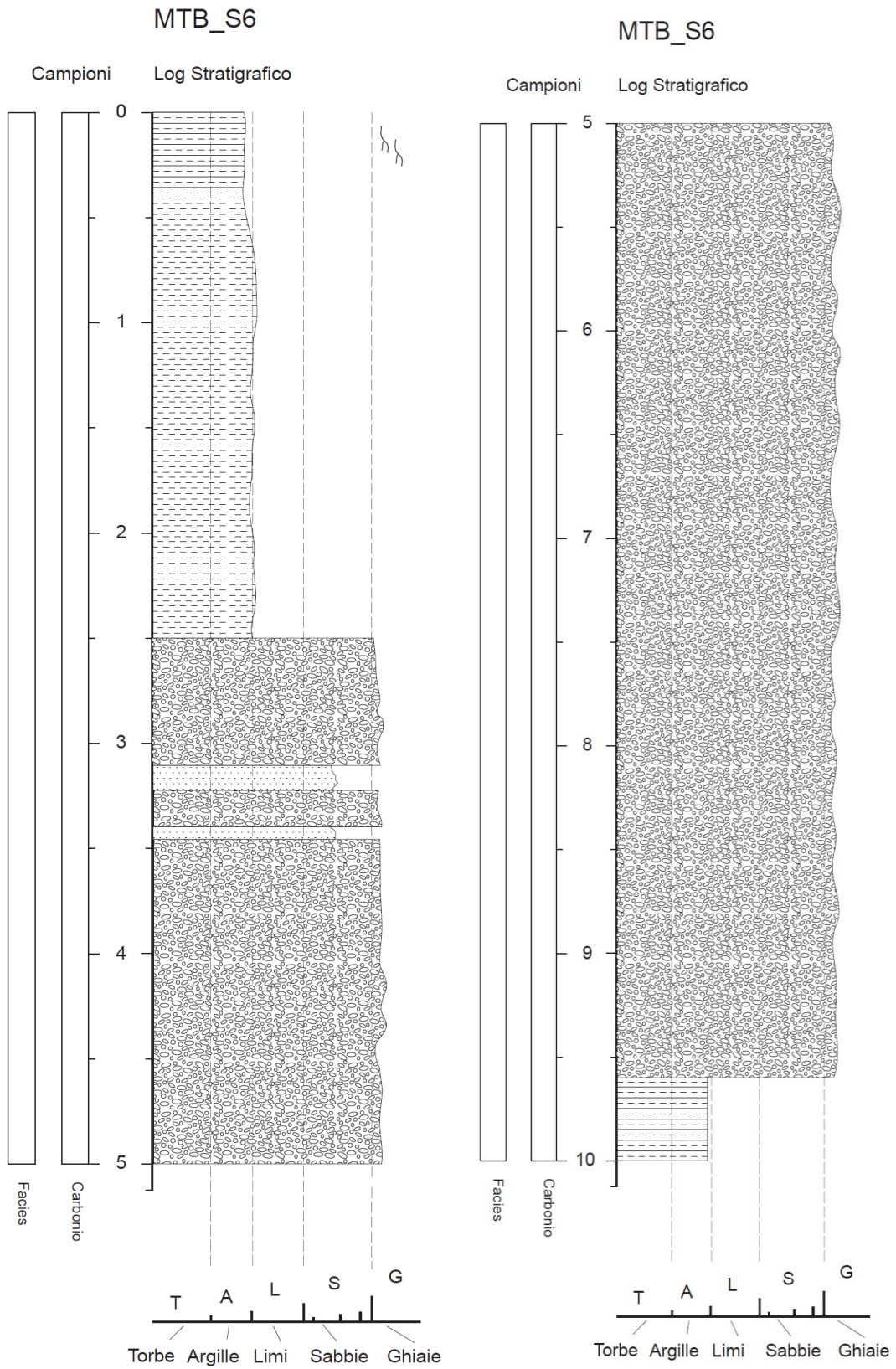
Da 20,50-20,75 m è presente un livello di limo argilloso nocciola con elementi di ghiaia medio fine sub-arrotondata e sub-angolare.

# MTB\_S5

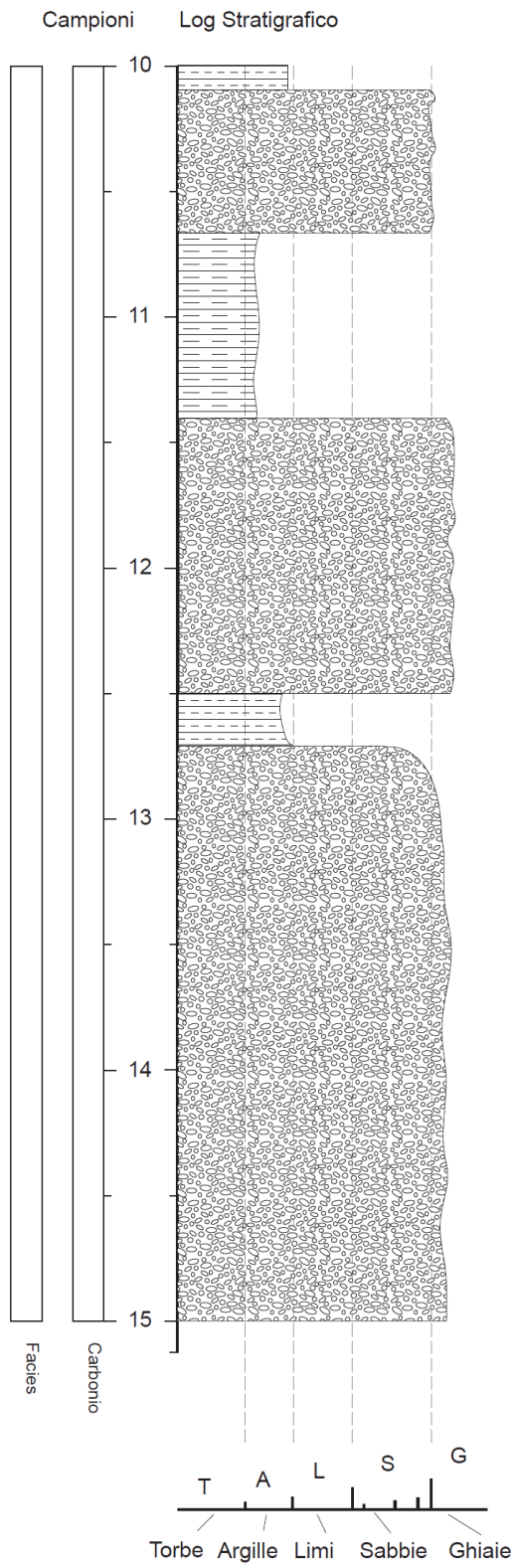




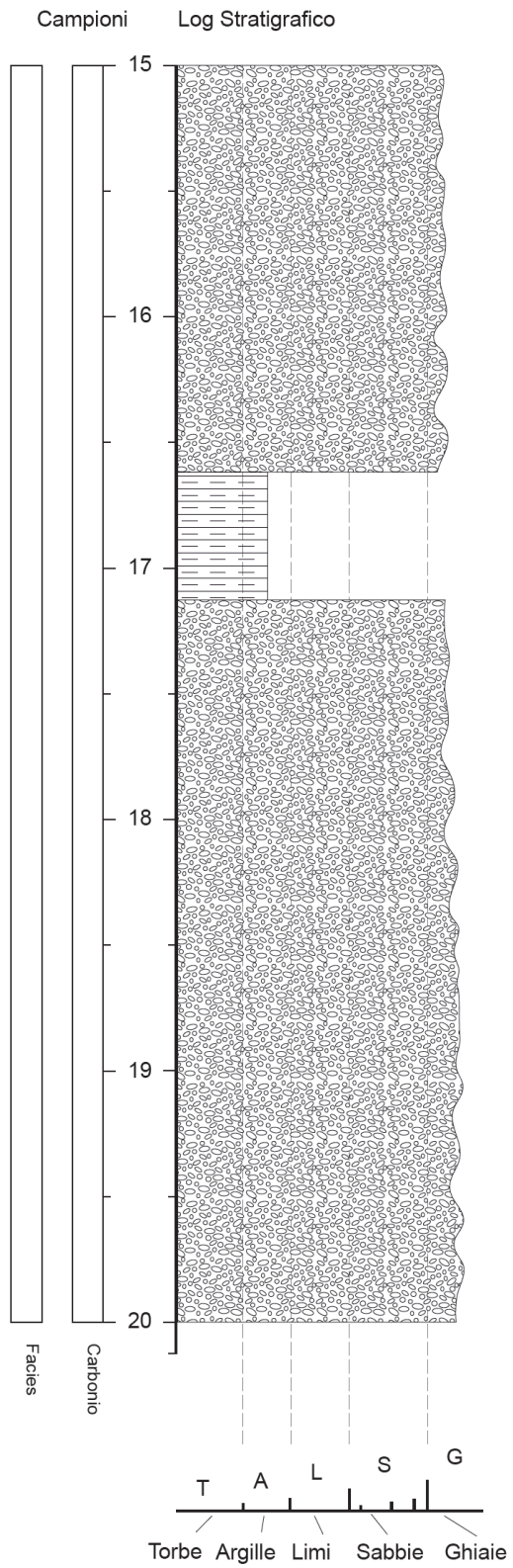
## 6.2.6. Carotaggio MTB 6



MTB\_S6

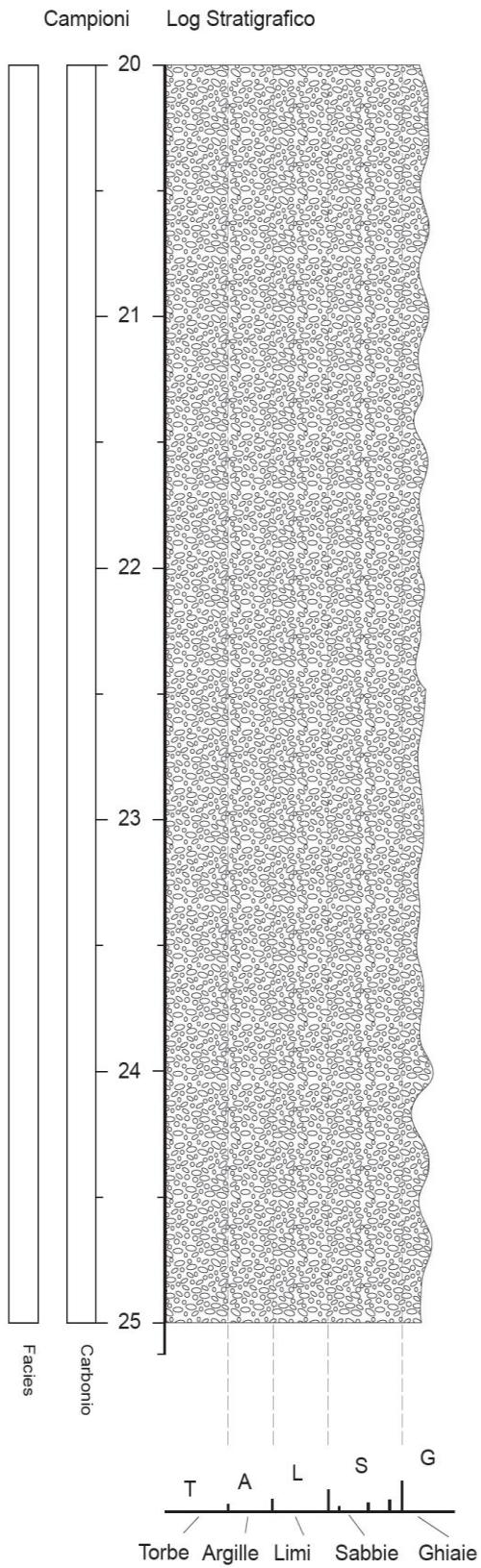


MTB\_S6

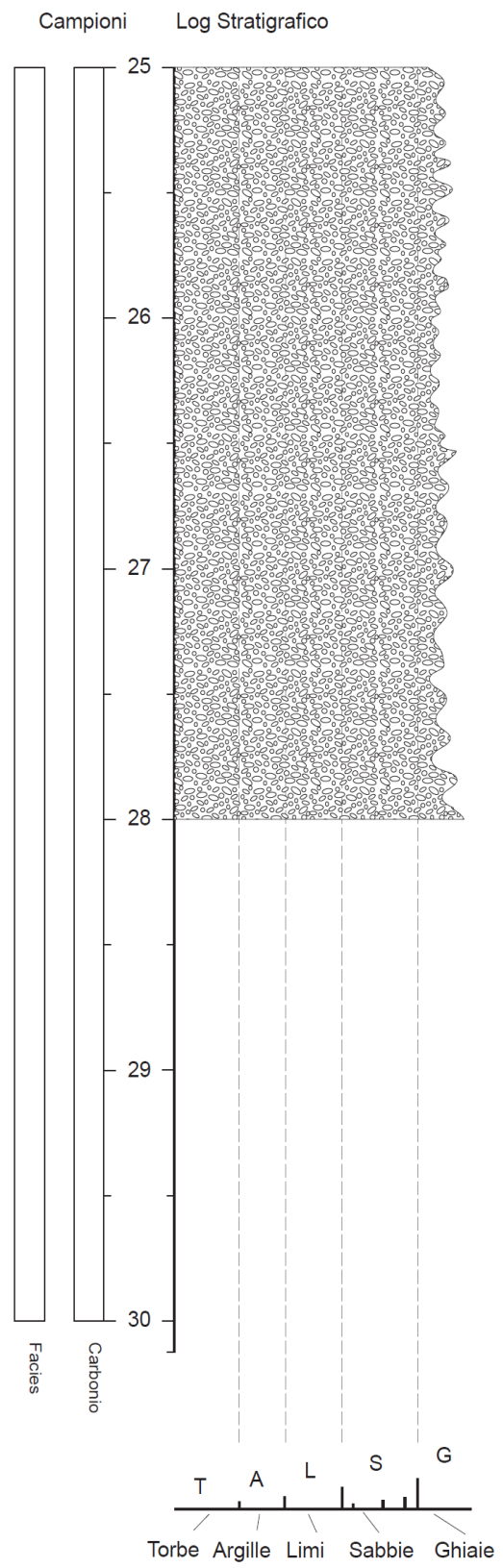




# MTB\_S6



# MTB\_S6



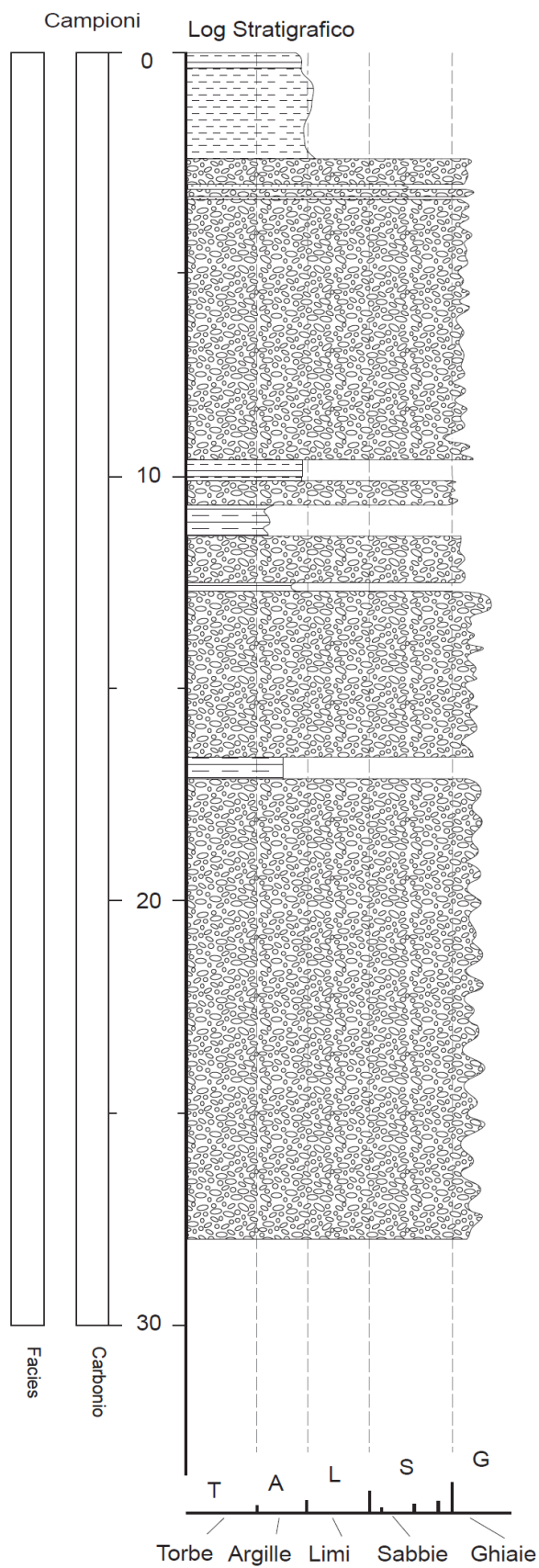
## DESCRIZIONE STRATIGRAFICA

- **0,00-0,40 m:** Terreno vegetale: limo sabbioso e argilloso bruno con pezzi di radici.
- **0,040-2,50 m:** Limo argilloso debolmente sabbioso, a tratti sabbioso bruno con resti vegetali.
- **2,50-5,00 m:** Ghiaia medio grossa calcarea, sub-arrotondata e sub-angolare con rari ciottoli ( $\varnothing_{\max}$  7-8cm) in matrice limoso argillosa color bruna.

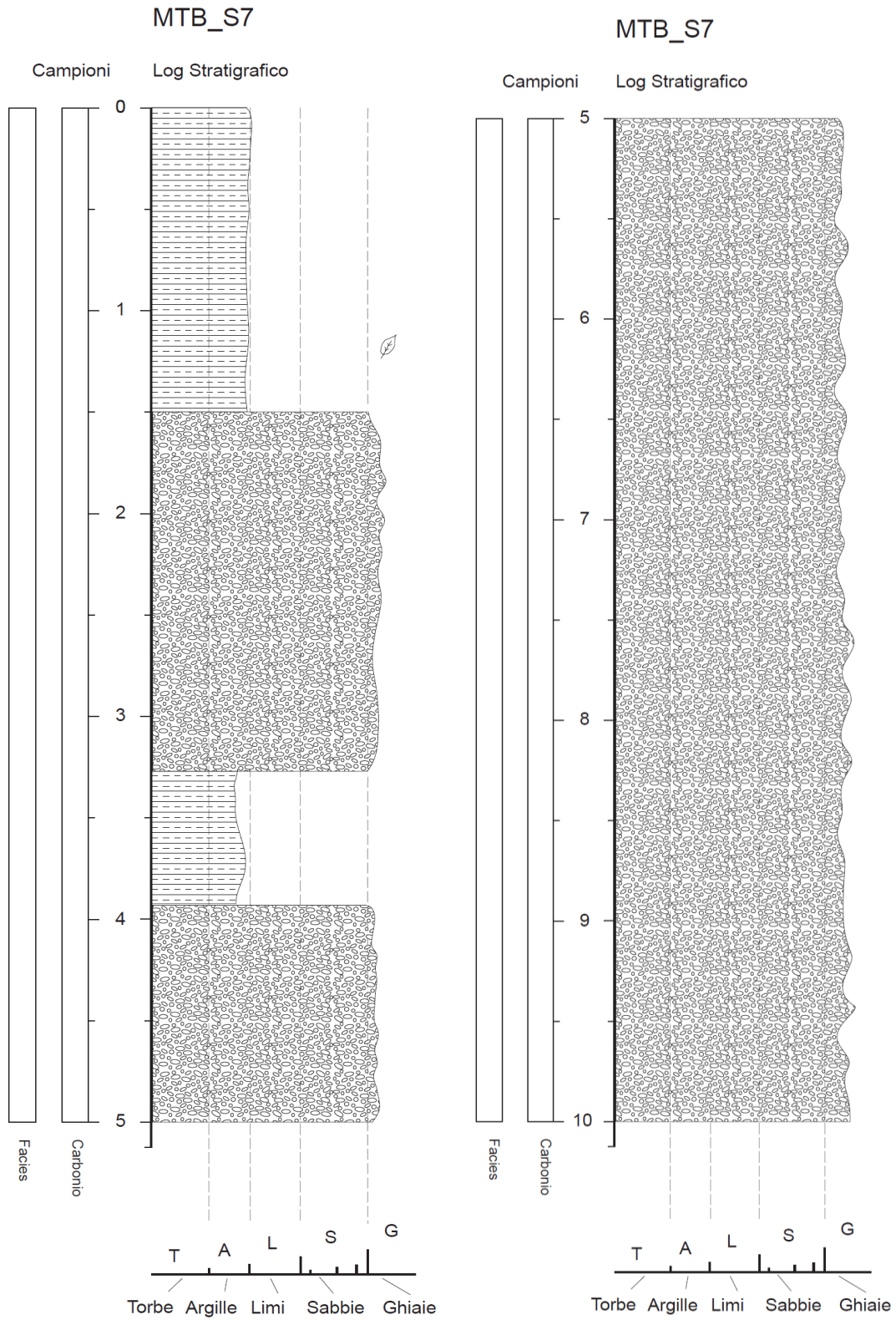
Tra 3,10 – 3,20 m e 3,40 - 3,45 m livelli di sabbia fine con limo bruno

- **5,00-7,10 m:** Ghiaia media e medio grossa calcarea, sub-arrotondata e sub-angolare, in matrice limosa sabbiosa nocciola – bruna.
- **7,10-8,60 m:** Ghiaia grossa e media, calcarea, sub-arrotondata e sub-angolare, con matrice limoso argillosa nocciola; rari ciottoli ( $\varnothing$  6-9cm).
- **8,60-9,60 m:** Ghiaia media e fine calcarea, sub-arrotondata e sub-angolare in abbondante matrice limoso argillosa nocciola.
- **9,60-10,10 m:** Limo argilloso nocciola con rari elementi di ghiaia fine calcarea.
- **10,10-10,70 m:** Ghiaia medio fine calcarea sub-angolare e sub-arrotondata con sabbia media e grossa limosa nocciola.
- **10,70-11,40 m:** Argilla limosa bruna - nocciola con elementi di ghiaia fine e media
- **11,40-13,00 m:** Ghiaia media e medio grossa calcarea, prevalentemente sub-angolare in matrice limoso argillosa sabbiosa nocciola. Tra 12,50 e 12,70 m limo argilloso bruno nocciola con ghiaia media sub-angolare, calcarea
- **13,00-16,70 m:** Ghiaia grossa e medio grossa calcarea, sub-angolare e sub-arrotondata in matrice limoso sabbiosa nocciola; rari ciottoli ( $\varnothing_{\max}$ . 7-8 cm).
- **16,70-17,20 m:** Argilla limosa nocciola, rari clasti di ghiaia calcarea.
- **17,20-18,70 m:** Ghiaia media e fine in matrice limoso sabbiosa nocciola.
- **18,70-28,00 m:** Ghiaia media e grossa calcarea, sub-arrotondata e sub-angolare, in matrice, localmente scarsa di limo argilloso nocciola. A partire da 23,60 m ciottoli calcarei  $\varnothing_{\max}$ . 8-9 cm.

# MTB\_S6

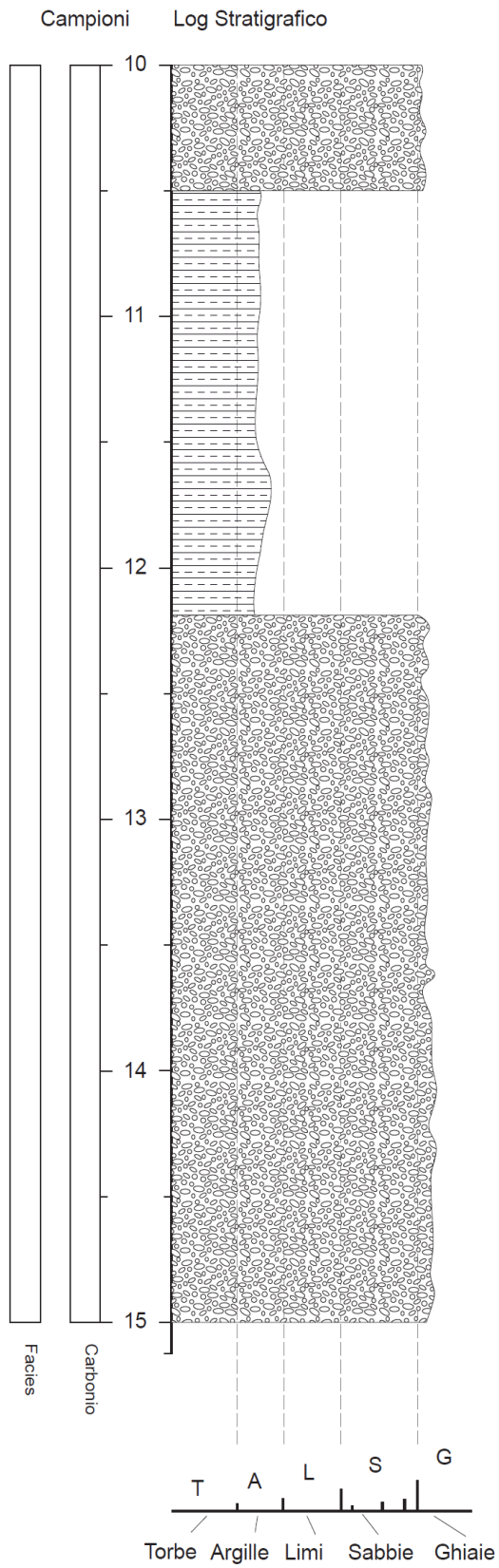


## 6.2.7. Carotaggio MTB 7





# MTB\_S7

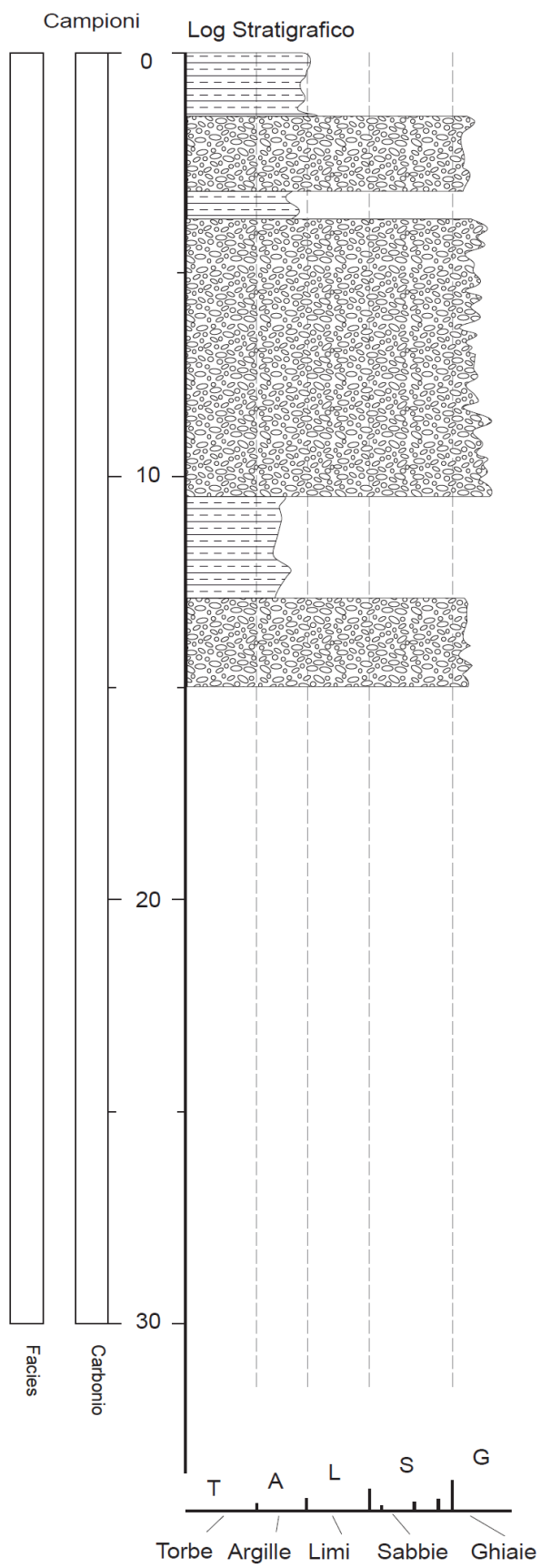


## **DESCRIZIONE STRATIGRAFICA**

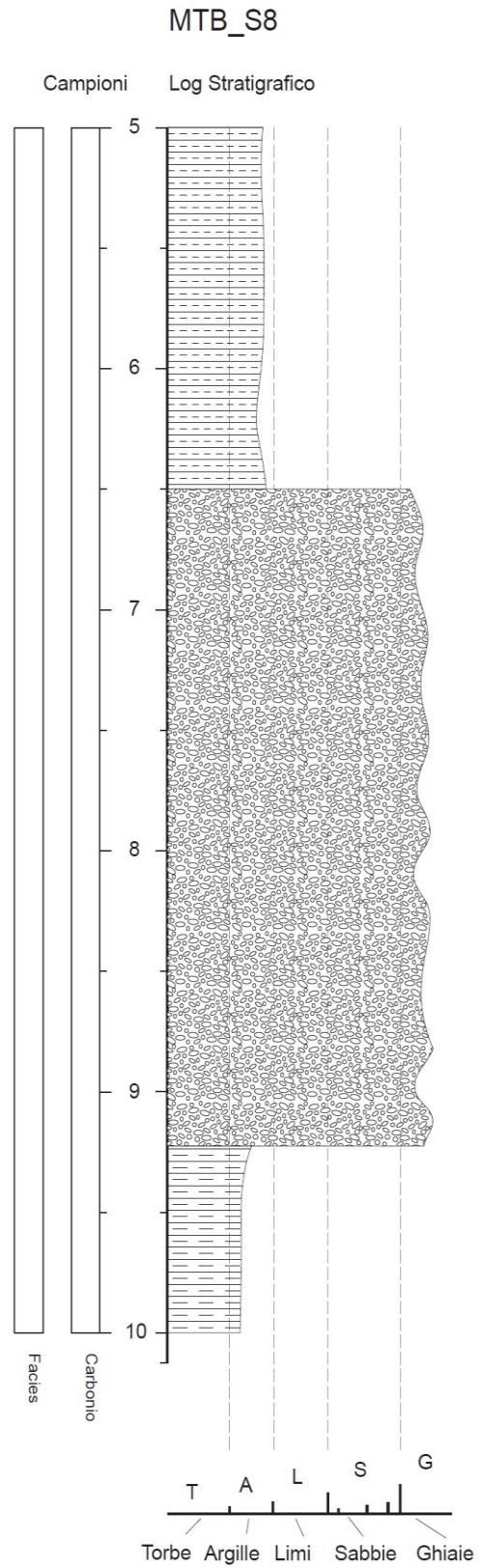
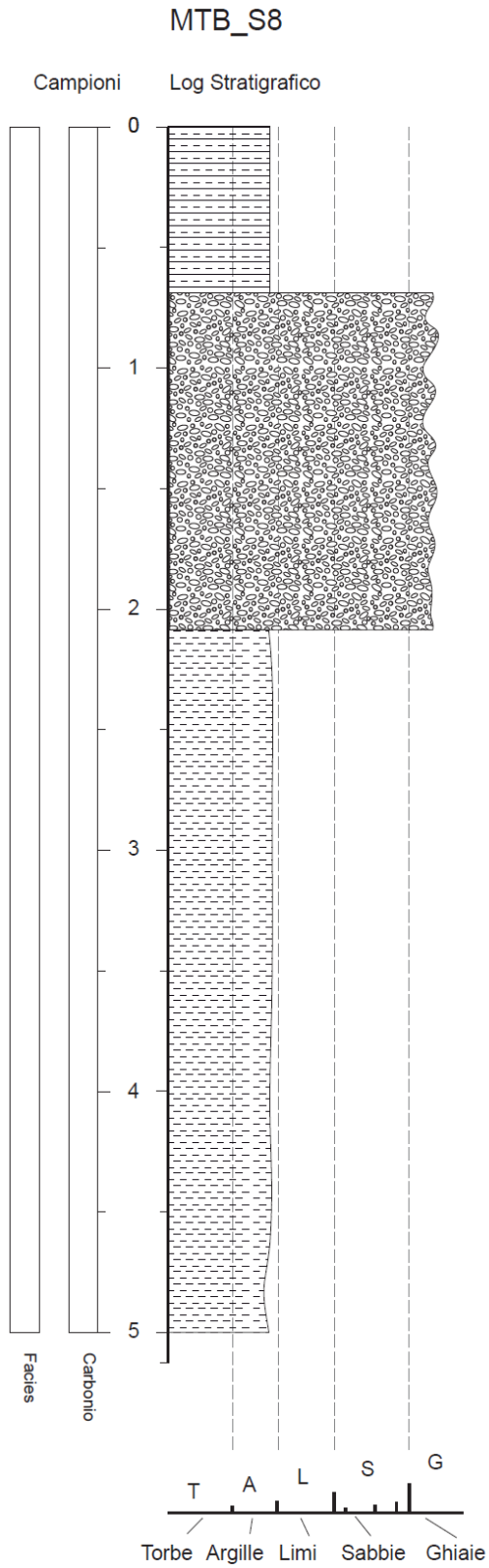
- **0,00-1,50 m:** Limo argilloso marrone rossastro con resti vegetali e rari elementi di ghiaia media arrotondata
- **1,50-3,50 m:** Ghiaia medio grossa calcarea da sub-arrotondata a sub-angolare in matrice limoso argillosa marrone
- **3,50-3,90 m:** Limo argilloso con sabbia e ghiaia; presenti livelletti centimetrici limosoargillosi tra 3,30 - 3,60 m e 3,80 - 3,90 m, rari ciottoli Ømax. 8cm
- **3,90-10,50 m:** Ghiaia media con sabbia grossa con rari ciottoli Ømax. 9cm  
Tra 6,80 e 6,90m livellette di limo argilloso marrone
- **10,50-12,90 m:** Argilla limosa, da 11,60 – 11,80 m debolmente sabbiosa.
- **12,90-15,00 m:** Ghiaia medio fine con sabbia grossolana limosa nocciola chiaro.



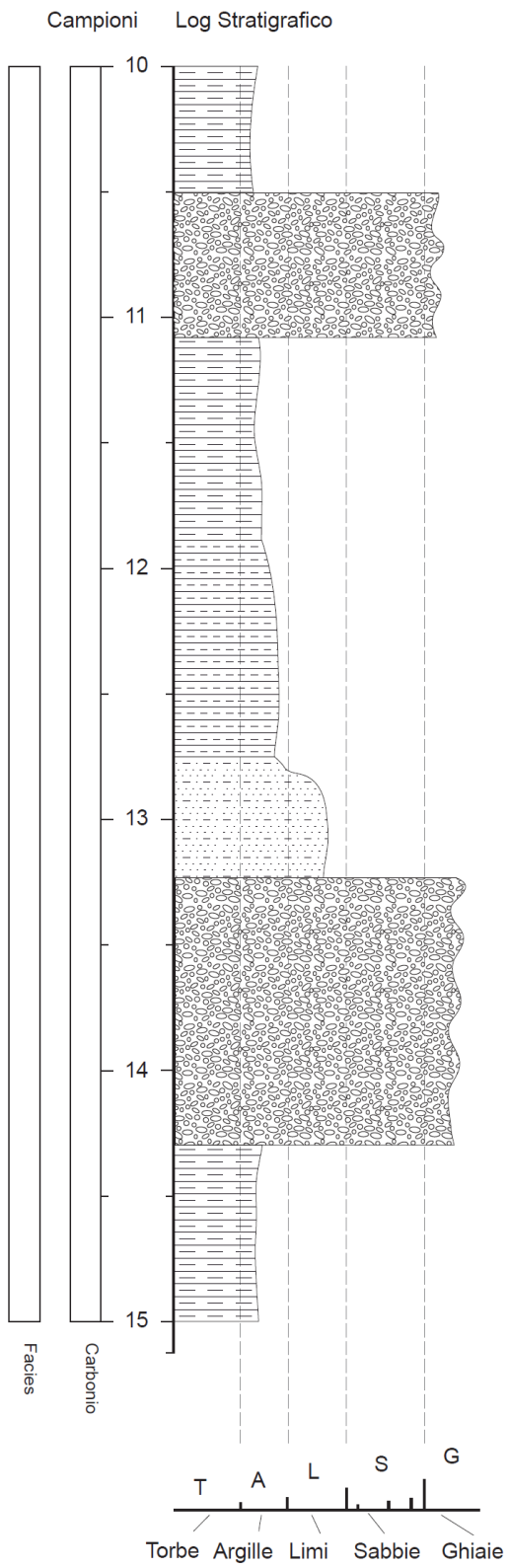
# MTB\_S7



## 6.2.8. Carotaggio MTB 8



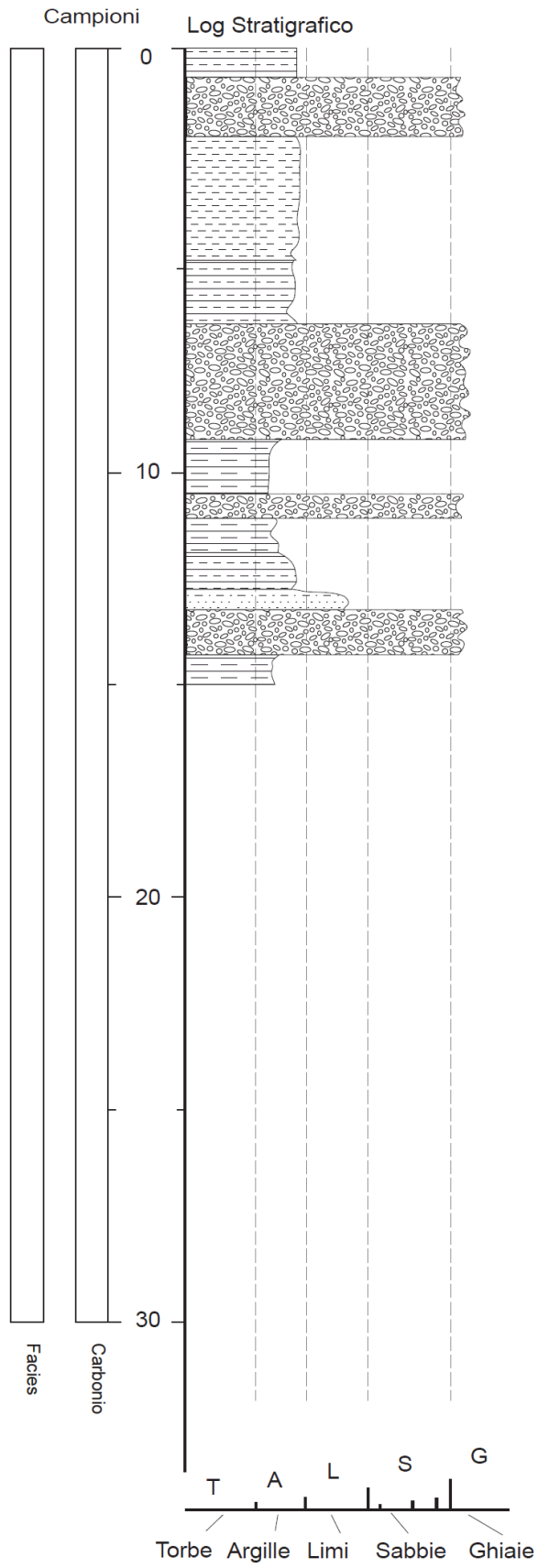
# MTB\_S8



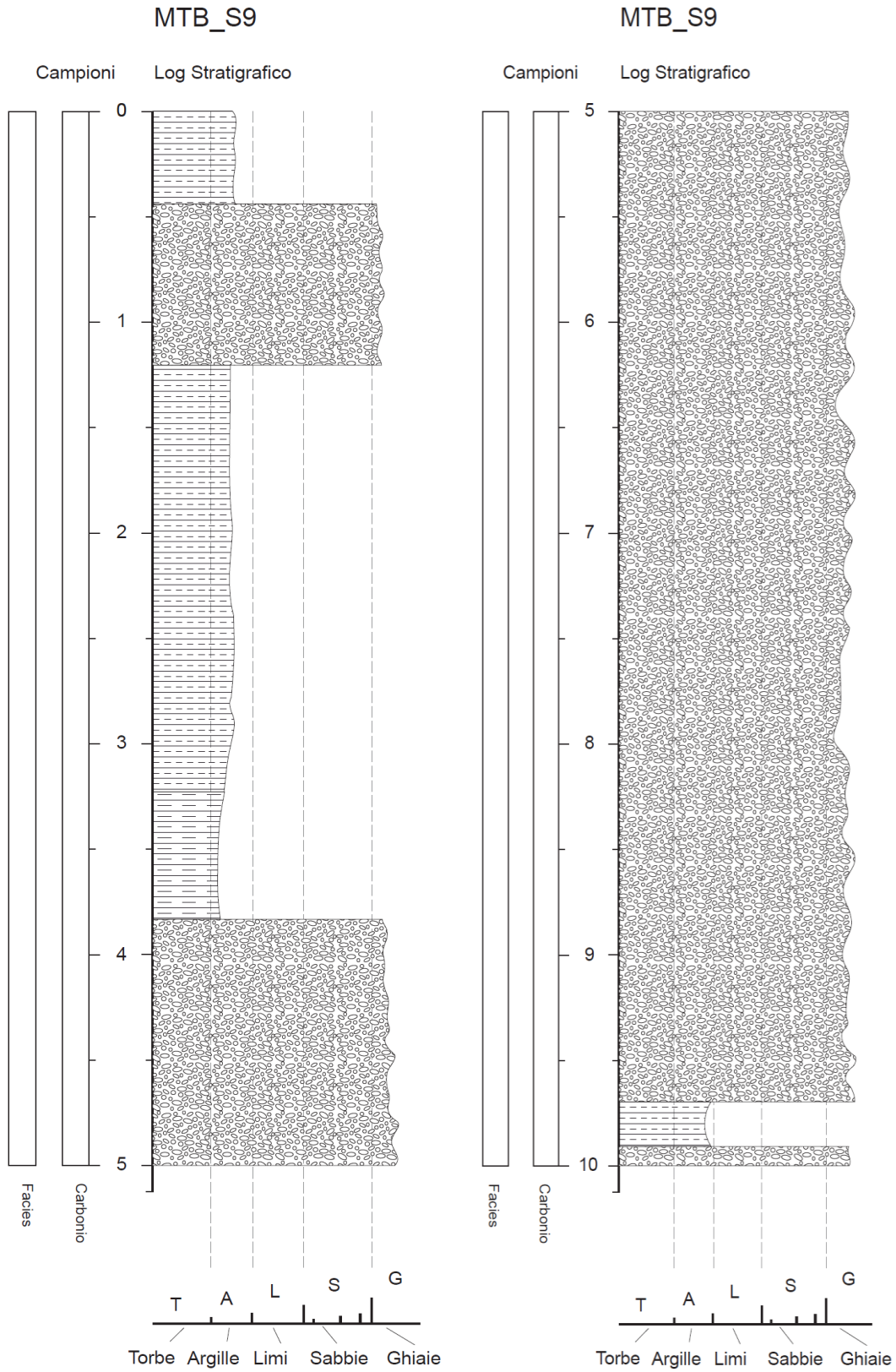
## DESCRIZIONE STRATIGRAFICA

- **0,00-0,70 m:** Limo argilloso marrone rossastro con resti vegetali ed elementi di ghiaia media sub-arrotondata calcarea.
- **0,70-2,10 m:** Ghiaia media calcarea con sabbia grossa e ciottoli Ømax. 9 cm
- **2,10-6,50 m:** Limo argilloso debolmente sabbioso bruno nocciola con rari livelli e livelletti limoso sabbiosi
- **6,50-9,20 m:** Ghiaia media calcarea in matrice limosa nocciola passante a sabbiosa limosa con livelletto di argilla nocciola tra 8,50 - 8,70 m.
- **9,20-10,50 m:** Argilla debolmente limosa nocciola.
- **10,50-11,10 m:** Ghiaia medio fine calcarea sub-arrotondata con limo argilloso.
- **11,10-11,80 m:** Argilla debolmente limosa marrone.
- **11,80-12,70 m:** Limo argilloso debolmente sabbioso nocciola con rari elementi di ghiaia.
- **12,70-13,20 m:** Limo con sabbia grossa debolmente ghiaiosa nocciola.
- **13,20-14,30 m:** Ghiaia media, calcarea, arrotondata con sabbia grossa limosa nocciola.
- **14,30-15,00 m:** Argilla limosa marrone.

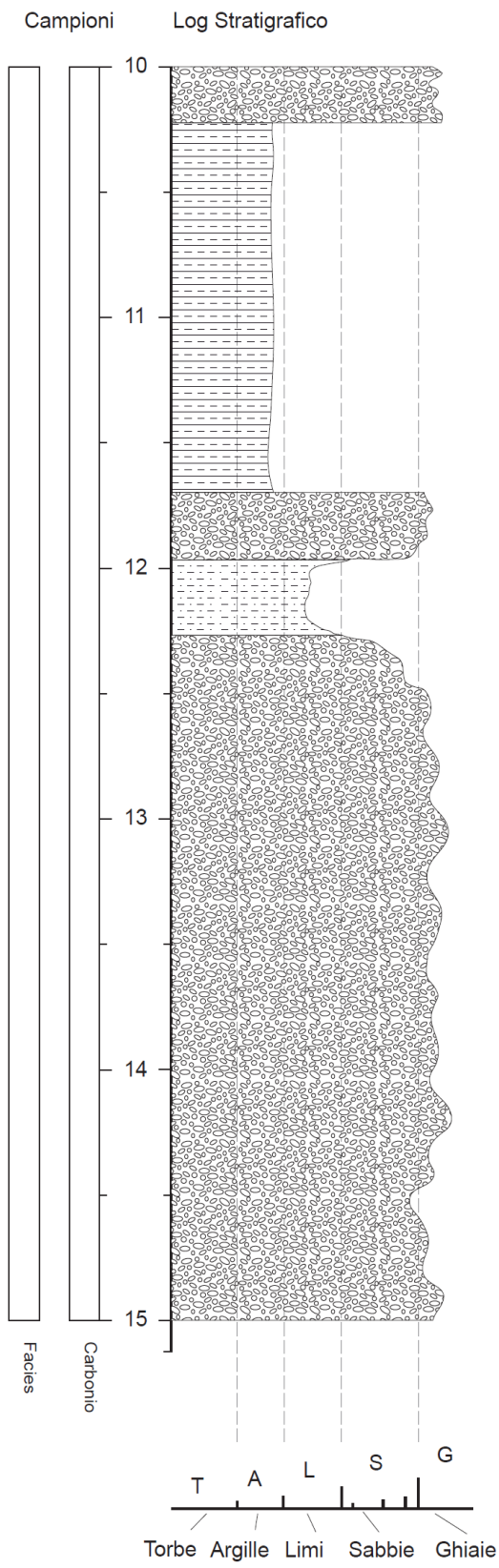
# MTB\_S8



## 6.2.9. Carotaggio MTB 9



# MTB\_S9

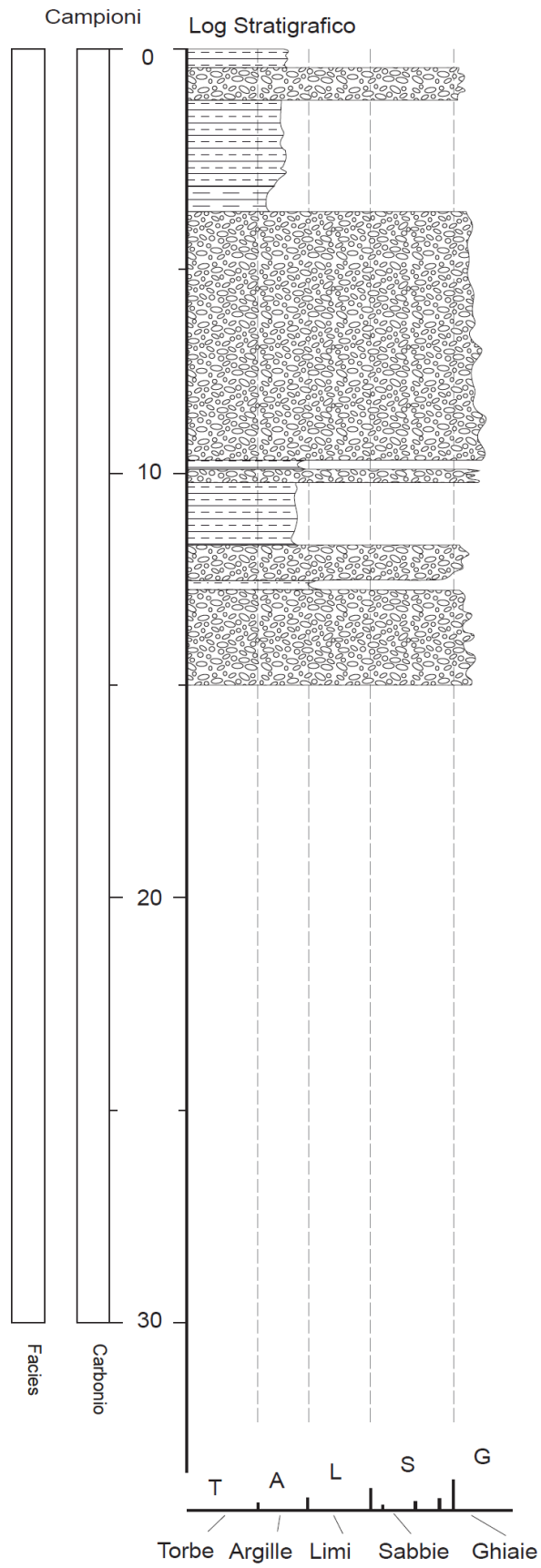


## DESCRIZIONE STRATIGRAFICA

- **0,00-0,90 m:** Limo argilloso marrone con frustoli vegetali ed elementi di ghiaia media, calcarea, sub-arrotondata.
- **0,90-1,20 m:** Ghiaia poligenica, media, in matrice limosa.
- **1,20-3,20 m:** Limo argilloso nocciola
- **3,20-3,80 m:** Argilla debolmente limosa nocciola.
- **3,80-10,20 m:** Ghiaia fine e media con sabbia limosa debolmentete argillosa nocciola e nocciola chiaro.  
  
A 9,70-9,90 livello di limo argilloso marrone ghiaioso.
- **10,20-11,70 m:** Limo argilloso nocciola e nocciola scuro debolmente sabbioso a tratti.
- **11,70-12,55 m:** Ghiaia medio fina con sabbia limosa nocciola
- **12,55-12,75 m:** Limo sabbioso argilloso nocciola.
- **12,75-15,00 m:** Ghiaia medio fine con sabbia limosa nocciola



# MTB\_S9



## **6.2.10. Interpretazione e correlazione geologica**

### **SONDAGGIO MTB-S1**

Eseguito su strada arginale del T. Chiampo (quota strada +63,50 m s.l.m.m.; p.c. = +58,00 m s.l.m.m.) per uno spessore di 5,20 m si segnala la presenza di uno strato superiore di materiale di riporto, costituito in gran parte da ghiaia medio-grossa (subarrotondata e sub-angolare) in matrice limoso-argillosa debolmente sabbiosa.

Segue fino alla profondità di 6,80 m dal piano strada, ghiaia medio-grossa calcarea, con ciottoli, in matrice limoso-sabbiosa debolmente argillosa.

Fra 6,80-19,20 m di profondità dal piano strada seguono terreni di natura limoso-argillosa, da debolmente sabbiosi a sabbiosi, talora con inclusioni e intercalazioni ghiaiose (significativa è la presenza fra 13,45 e 14,45 m di una stratificazione ghiaiosa medio-grossa in matrice limoso-argillosa debolmente sabbiosa).

Infine tra 19,20- 28,00 m (fine sondaggio) dal piano strada è presente ghiaia calcarea, a granulometria da medio-fine a media, in matrice limoso-argillosa debolmente sabbiosa con un sottile livello di limo argilloso.

### **SONDAGGIO MTB-S2**

Eseguito su strada arginale del T. Chiampo (quota strada +61,50 m s.l.m.m.; p.c. = +56,10 m s.l.m.m.) presenta uno strato superiore di materiale di riporto di spessore 3,80 m costituito in gran parte da ghiaia medio-grossolana subarrotondata in matrice limoso-sabbiosa, con frequenti ciottoli; si disgiungono nel primo metro ghiaia limoso sabbiosa (primi 25 cm), limo argilloso con ghiaia (70 cm).

Sotto il rilevato arginale seguono, fino alla profondità di 7,80 m dal piano strada, terreni limosi argillosi, a tratti debolmente sabbioso, con ghiaia medio-fine, passante a fine. Successivamente si susseguono, tra 7,80-8,85 m di profondità dal piano strada, una stratificazione ghiaiosa calcarea, con granulometria medio-grossa, subarrotondata, in matrice limoso-sabbiosa debolmente argillosa.

Al di sotto (8,85-11,95 m dal piano strada) si trovano terreni coesivi di natura limoso-argillosa debolmente sabbiosa, piuttosto consistente.

Si ripetono nuovamente in alternanza fino al termine del sondaggio (a metri 28,00) banchi di ghiaia calcarea, a granulometria medio-grossa, in matrice limoso-

argillosa, talvolta sabbiosa (intervalli 19,95-17,25 m, 18,60-22,60 m, 26,50-28,00 m) con terreni coesivi di natura limosa-argillosa, talvolta sabbiosi (intervalli 17,25-18,60 m, 22,60-26,50 m).

### **SONDAGGIO MTB-S3**

Eseguito su sommità arginale T. Guà (quota strada +69,00 m s.l.m.m.; p.c. = +63,20 m s.l.m.m.) presenta uno strato superiore di materiale di riporto di spessore 4,90 m, costituito in prevalenza da limo argilloso e limo sabbioso con elementi di ghiaia.

Tra 4,90-17,80 m dalla sommità arginale seguono ghiaie medio-grosse calcaree (sub arrotondata) in matrice limoso-argillosa (per i primi metri) passante a limoso-sabbiosa con ciottoli. Al di sotto (17,80-23,60 m) è ancora presente ghiaia media e medio grossa calcarea (sub-arrotondata e sub-angolare) con ciottoli in matrice limoso-argillosa, talora con sottili intercalazioni (decimetriche) argilloso-limose.

Tra 23,60-26,10 m dalla sommità arginale si incontrano terreni di natura argilloso-limosa con elementi di ghiaia, seguiti di nuovo fino al termine del sondaggio (30,00 m) da ghiaia calcarea sub-angolare e sub-arrotondata a granulometria variabile da medio-fine a medio-grossa, con rari ciottoli in matrice limoso-sabbiosa.

### **SONDAGGIO MTB-S4**

Eseguito su strada arginale del T. Guà (quota strada +61,00 m s.l.m.m.; p.c. = +54,00 m s.l.m.m.) si compone inizialmente di uno strato superiore di materiale di riporto (spessore 5,00 m), di natura prevalentemente ghiaiosa per i primi 2,70 m (ghiaia medio-fine in matrice limoso-sabbiosa, con ciottoli più o meno frequenti), passante in profondità a limo argilloso a tratti debolmente sabbioso.

Segue fino alla profondità di 9,55 m dal piano strada, un terreno di natura prevalentemente limoso-argilloso, da debolmente sabbioso a sabbioso, di consistenza moderata, con intercalato un intervallo di ghiaia medio grossa, in matrice limoso-argillosa debolmente sabbiosa (intervallo 7,70-8,35 m).

Si sussegue ghiaia medio-grossa calcarea (sub-arrotondata) in matrice limoso-sabbiosa passante a limoso-argillosa in un intervallo complessivo che va tra 9,55-14,40 m di profondità dal piano strada.

Al di sotto (14,40-16,55 m) seguono terreni coesivi di natura limoso-argillosa, con elementi di ghiaia, sovrainposti a ghiaia media calcarea (sub arrotondata e sub-angolare) in matrice limoso-argillosa, da debolmente sabbiosa a sabbiosa fino a 30.00 m, termine del sondaggio.

#### **SONDAGGIO MTB-S5**

Eseguito su sommità arginale di separazione dell'attuale bacino di laminazione (quota strada +62,40 m s.l.m.m.; p.c. = +60,00 m s.l.m.m.) si rileva la presenza di uno strato superiore di materiale di riporto, costituito da limo argilloso con ghiaia nel primo metro e limo argilloso debolmente sabbioso con elementi di ghiaia fino alla profondità di 1,80 m dalla sommità.

Sotto il rilevato arginale segue fino alla profondità di 4,40 m dalla sommità ancora terreni limoso-argillosi, più o meno sabbioso, con elementi di ghiaia medio-grossa; Tra 4,40-15,65 m dalla sommità arginale segue ghiaia medio-grossa calcarea (sub arrotondata e sub-angolare) prevalentemente in matrice limoso-sabbiosa con una piccola intercalazione tra 11,00-11,40 m di limo argilloso.

Al di sotto si susseguono da prima (15,65-19,25 m) limi argillosi più o meno sabbiosi, con elementi di ghiaia fine e poi, tra 19,25-28,00 m (fine sondaggio), superata da una sottile stratificazione sabbiosa (19,25-19,60 m), ghiaia medio-grossa calcarea (sub-arrotondata e sub-angolare), con rari ciottoli, in matrice limoso-sabbiosa debolmente argillosa.

#### **SONDAGGIOMTB-S6**

Eseguito su sommità arginale di separazione dell'attuale bacino di laminazione (quota strada +59,80 m s.l.m.m.; p.c. = +58,00 m s.l.m.m.) si rileva la presenza di uno strato superiore (spessore 2,50 m), costituito da limo argilloso più o meno sabbioso, di rilevato arginale.

Successivamente, tra 2,50-28,00 m di profondità dalla sommità arginale (fine sondaggio) è presente ghiaia calcarea (sub-angolare e sub-arrotondata) in prevalenza a granulometria media e medio-grossa, generalmente in matrice limoso-argillosa, talvolta in matrice limoso-sabbiosa; talora sono presenti alcune sottili

intercalazioni argilloso-limose e limoso-argillose (fra 9,60-10,10 m, 10,60- 10,70 m, 10,70-11,40 m, 12,50-12,70 m e fra 16,70-17,20 m).

#### **SONDAGGIOMTB-S7**

Eseguito a campagna (p.c. = +60,00 m s.l.m.m.), all'inizio è presente uno strato superiore (spessore 1,50 m), costituito da limo argilloso con elementi di ghiaia, molto consistente; seguono fino alla profondità di 3,30 m dal piano campagna ghiaia medio-grossa calcarea (da sub arrotondata a sub-angolare) in matrice limoso-argillosa.

Successivamente si susseguono alternativamente terreni coesivi limoso argillosi talvolta con ghiaia e sabbia (intervalli 3,30-3,90 m, 10,50-12,90 m) con ghiaia media e medio-grossa, con rari ciottoli, talora con sabbia grossa, talora in matrice sabbioso-limosa fino profondità 15,00 m, termine del sondaggio (intervalli 3,90-10,50 m, 12,90-15,00 m).

#### **SONDAGGIOMTB-S8**

Eseguito a campagna (p.c. = +60,50 m s.l.m.m.), presenta all'inizio uno strato superiore (spessore 0,70 m), costituito da limo argilloso con elementi di ghiaia, molto consistente. Seguono, fino alla profondità di 2,10 m dal piano campagna uno strato di ghiaia media calcarea con sabbia grossa e ciottoli e terreni coesivi di natura limoso-argillosa debolmente sabbioso, da moderatamente consistente a consistente fino a 6,50 m.

Al di sotto (6,50-9,20 m dal p.c.) segue ancora ghiaia media calcarea, in matrice limosa e sabbioso-limosa con sottile intercalazione argillosa fra 8,50 e 8,70 m seguito da un sottile livello argilloso, debolmente limoso presente 9,20-10,50 m dal p.c. moderatamente consistente.

Superata una breve intercalazione di ghiaia media con limo argilloso (presente fra 10,50-11,10 m), segue un sottile livello argilloso debolmente limoso talvolta sabbioso fino a 12,70 m.

In fine si susseguono una sottile stratificazione di limo con sabbia debolmente ghiaioso (presente fra 12,70-13,20 m), ghiaia media calcarea arrotondata, con sabbia

grossa limosa alla profondità di 14,30 m dal p.c. e tra 13,95 e 15,00 m di profondità (fine sondaggio) argilla limosa consistente.

#### **SONDAGGIOMTB-S9**

Eseguito a campagna (p.c. = +56,50 m s.l.m.m.), inizialmente è presente uno strato superiore (spessore 0,90 m), costituito da limo argilloso con elementi di ghiaia, molto consistente.

Superata un'intercalazione ghiaiosa in matrice limosa (fra 0,90 e 1,20 m), segue, fino alla profondità di 3,20 m dal piano campagna, limo argilloso da consistente a moderatamente consistente a sua volta seguito da un livello argilloso debolmente limoso consistente (fra 3,20-3,80 m di profondità dal p.c.). Successivamente si riscontra ghiaia medio-fine, in matrice limoso-argilloso/sabbiosa fino a 10,20 m dal p.c. Segue ancora ghiaia fra 10,20-15,00 m di profondità dal p.c. (fine sondaggio) medio-fine in matrice sabbiosa più o meno limosa a eccezione di un breve livello di limoso-argilloso debolmente sabbioso tra 10,20-11,70 m dal p.c.

## **7. CORRELAZIONE TRA LE VALLI DEI LESSINI ORIENTALI E LA PIANURA DELL'ADIGE**

Le analisi geomorfologiche e stratigrafiche condotte presso Soave (Val Tramigna), Montecchia di Crosara (Val d'Alpone) e Montebello Vicentino (Val di Chiampo-Agno) sono state realizzate con l'intenzione di cercare orizzonti stratigrafici, morfologie e superfici pedogenizzate che consentissero di tracciare correlazioni significative tra le valli dei Lessini orientali e il prospiciente megafan alluvionale dell'Adige. In specifico, ci si è posti l'obiettivo primario di individuare e correlare la superficie che demarca il limite tra depositi LGM e post-LGM.

A tal fine, in questo capitolo si è deciso di non considerare i sondaggi realizzati in Val Tramigna (sondaggi VTR). Difatti, la scarsa profondità di perforazione (variabile tra i 10 m e i 15 m), congiuntamente al fatto che i primi metri campionati hanno attraversato il rilevato arginale, non permettono di raggiungere livelli utili alle correlazioni volute.

Diversamente si prospetta la situazione presente nei sondaggi di Montecchia di Crosara (sondaggi MTC) e di Montebello Vicentino (sondaggi MTB). Infatti, la profondità di perforazione raggiunta dai suddetti (variabile tra i 28 m e i 35 m) ha permesso una importante caratterizzazione del sottosuolo. Inoltre, nell'area di Montecchia, la presenza di livelli organici ben conservati ha consentito di datare in modo assoluto alcuni orizzonti significativi. Date queste premesse, le elaborazioni stratigrafiche si sono quindi concentrate maggiormente sui carotaggi della valle dell'Alpone.

### **7.1. VAL D'ALPONE**

Presso il sito di Colombaretta (Montecchia di Crosara) sono stati realizzati 7 carotaggi geognostici (sondaggi MTC) di cui 6 sono risultati utili al raggiungimento degli obiettivi preposti. Il sondaggio MTC-S7 è stato escluso dalla seguente trattazione sia a causa della sua ridotta profondità di campionamento, sia a causa della sua marginalità topografica rispetto la valle.

Tali sondaggi si sono spinti fino ad una profondità di campionamento del sottosuolo compresa tra 30-35 m dal p.c. Al fondo di tutti i sondaggi è stato possibile

riconoscere ghiaie medio-grossolane poligeniche di spessore variabile tra i 2 e i 6 m. La datazione più profonda, effettuata su un campione di materia organica prelevata dal sondaggio MTC-S6 ad una profondità compresa tra 29,37-29,39 m dal p.c., ha fornito un valore calibrato di 20.401-19.544 anni a.C. Considerando tutti gli intervalli di ghiaia presenti alla base di ogni sondaggio come appartenenti ad uno stesso periodo di formazione e, dato che cadono tutti al di sotto del limite posto dalla datazione sopra menzionata, possiamo ritenere che questo livello di ghiaie avente il tetto a circa 30 m sotto la superficie della valle sia riconducibile all'ultimo massimo glaciale (LGM). Inoltre, il limite posto da suddetta datazione non si colloca immediatamente sopra le ghiaie, ma circa 3 m più in alto. Quindi, questo porta a supporre che le ghiaie siano relativamente più antiche rispetto a quanto datato. Di conseguenza si ipotizza che le ghiaie si siano sedimentate in un periodo antecedente la fase finale dell'LGM, quindi prima di 23.000 anni fa (Fig. 7.1).

Tali ghiaie sono interpretate come depositi alluvionali in facies di canale e, data la loro presenza in tutti i sondaggi, si suppone che siano pertinenti ad un sistema fluviale a più canali (verosimilmente braided) che si distribuiva su tutta la superficie della valle. Tuttavia, rimane aperta anche l'ipotesi che i carotaggi abbiano tutti intercettato il medesimo paleocanale di un alveo monocursale. Difatti, la porzione di valle investigata dai sondaggi è un settore marginale, posto ad occidente rispetto l'intera estensione della valle e i punti di indagine sono disposti lungo la direzione della pendenza valliva. Di conseguenza non vi è la sicurezza che le ghiaie possano ricoprire tutta la superficie profonda della valle. Comunque, considerando il periodo di acme del LGM e paragonando il sistema dell'Alpone con altri dalle caratteristiche simili, pare più probabile che l'alveo avesse morfologia braided e che, quindi, occupasse buona parte della valle.

Successivamente, verso l'alto, in tutti i sondaggi analizzati le ghiaie si interrompono improvvisamente, lasciando il posto a sedimenti di sabbia medio-fine e talvolta sabbie limose/limi sabbiosi per alcuni metri verso l'alto in una successione tipo fining upward. Da questi si passa poi a depositi di tipo argilloso-limosi, spesso intercalati con livelli più o meno spessi di materia organica (argilla ad alto contenuto organico o strati di torbe argillose), come nei sondaggi MTB-S1 e MTB-S6, o di nuovo a modesti depositi ghiaiosi (sondaggi MTC-S2, MTC-S3, MTC-S4). Tale variazione sedimentologica è un evidente segno di una fase di cambiamento



nelle condizioni idrodinamiche del sistema fluviale ivi presente. L'abbandono delle ghiaie e la formazione di livelli organici al top dell'intervallo (sondaggi MTC-S1, MTC-S6) ci fa supporre una progressiva diminuzione nella capacità di sedimentazione. Inoltre, la presenza di ghiaie solo al top dell'intervallo di alcuni sondaggi (MTB-S2, MTC-S3 e MTC-S4), testimonia comunque l'attiva presenza del sistema fluviale, ma che apparentemente sembra essersi convogliata in un sistema a più scarsa diffusione areale. Laddove l'alveo del canale non arrivava, si verificava la deposizione di sedimenti più fini (limi sabbiosi/sabbie limose) o la superficie era inattiva e si aveva talvolta l'accumulo di materia organica. Quest'ultimo processo, oltre a indicare l'assenza di sedimentazione clastica, era legato anche al ristagno superficiale della falda.

Sulla base della datazione effettuata a 29,37-29,39 m dal piano campagna in MTC-S6, è facilmente ipotizzabile come tale successione stratigrafica sia venuta a deporsi in condizioni di cambiamento avvenuto durante la transizione pleniglaciale/cataglaciale che ha seguito l'acme glaciale dell'LGM. L'ambiente è quello tipico di una piana d'erosione con presenza di canale ad alveo ghiaioso. È ipotizzabile quindi che, durante la fase cataglaciale, il miglioramento climatico abbia indotto il sistema fluviale ad aumentare la sua capacità erosiva concentrando la propria attività forse lungo canali monocursali. Questo viene individuato dai livelli ghiaiosi intercettati esclusivamente nei sondaggi MTC-S2, MTC-S3, MTC-S4 alle profondità rispettive di 30,00-31,65 m – 25,30-25,75 m – 30,10-30,80 m rispetto la bocca pozzo (Fig. 7.1). L'instaurarsi di una fase erosiva potrebbe essere connesso alla diminuzione del rapporto tra portata solida e liquida, forse per la minor efficacia dei processi di denudamento dei versanti e per un relativo aumento della copertura vegetale.

Al di sopra degli strati appena descritti e dell'intercalazione organica datata, si sviluppa una fitta alternanza di sabbie, sabbie limose, limi e limi argillose talvolta in apparenti successioni tipo fining upward, con alcune intercalazioni di argilla organica o di torba al top della sequenza. Ciò è soprattutto evidente nei sondaggi MTC-S2, MTC-S3, MTC-S6 alle rispettive profondità di 24,64-30,00 m – 17,70-25,30 m e 23,50-29,00 m, mentre in sondaggi quali MTC-S1, MTC-S4, MTC-S5 la successione stratigrafica sembra più regolare con sviluppi in alcuni metri di limo argilloso con livelli di sabbia (nei rispettivi intervalli di 17,50-21,80 m; 24,00-30,10

m e 24,65-29,00 m) talvolta interrotti da intercalazioni organiche (Fig. 7.1). Peculiare è la situazione in MTC-S6 dove la sequenza sembra interrompersi al top con lo sviluppo di una superficie pedogenizzata. Difatti, la presenza di argille limose grigio scure, debolmente organiche, assieme alle sottostanti concrezioni carbonatiche e di evidenti tracce di bioturbazione, ci porta ad interpretare quanto descritto come un suolo sepolto.

Datazioni effettuate su questo livello organico in MTC-S6 (top del suolo sepolto) e in MTC-S3 alle rispettive profondità di 23,50-23,52 m – 17,70-18,00 m, restituiscono date calibrate di rispettivamente 15.516-15.092 e 13.522-13.136 a.C. È interessante notare come le suddette coincidano quasi esattamente al passaggio tra il periodo del Dryas I e il Boling, per quanto concerne la datazione di MTC-S6, e tra la fine del Dryas II e inizio dell'Allerod, per quanto concerne la datazione di MTC-S3. Pertanto, il seppellimento del suolo appena descritto è attribuibile allo sviluppo di una piana di esondazione durante il periodo tardoglaciale.

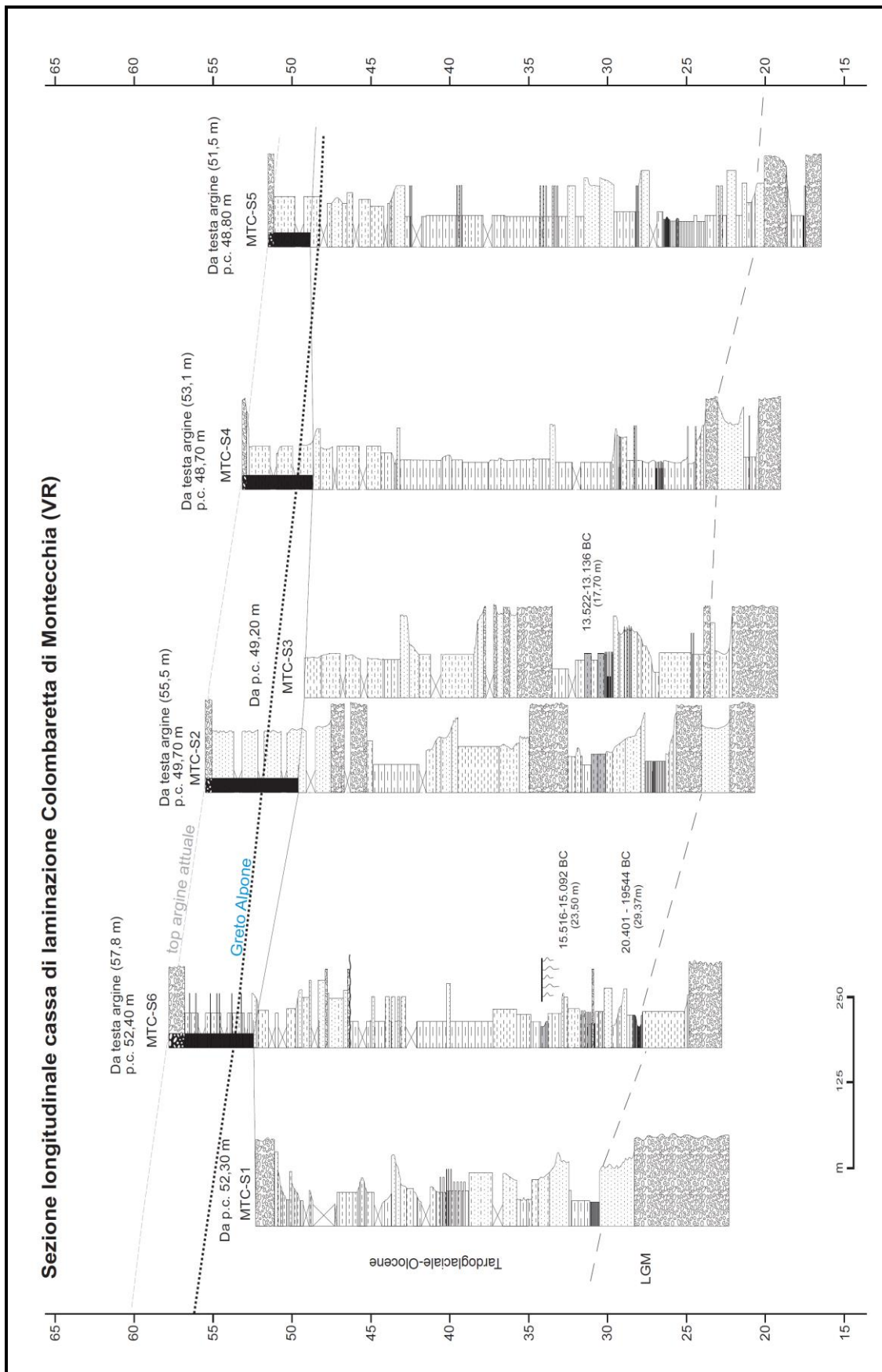
Le continue oscillazioni climatiche che hanno caratterizzato il tardoglaciale potrebbero aver contribuito alla notevole varietà stratigrafica che caratterizza tale sequenza, con alcuni periodi di stasi deposizionale e pedogenesi e altre fasi di sedimentazione, specie al passaggio tra periodi freddi (Dryas I, Dryas II) e caldi (Boling, Allerod). Data la quota molto bassa di questo tratto della val d'Alpone, è molto probabile che già dal periodo del Boling i versanti siano stati ricoperti dal bosco, diminuendo quindi in modo consistente la possibile alimentazione proveniente dai processi colluviali e gravitativi. Conseguentemente, questo potrebbe aver causato un minor carico solido nel torrente che, a parità di portata liquida, potrebbe aver generato la lieve incisione del paleo-Alpone. Difatti, nell'area indagata il paleo-Alpone ha causato la sedimentazione di un'importante coltre di depositi tardoglaciali e olocenici, legati soprattutto a sedimenti di piana d'esondazione che presuppongono l'esistenza di un canale confinato. Nei carotaggi in cui sono presenti le ghiaie, esse testimoniano un canale profondo circa 3 m.

Le datazioni fin qui menzionate, dunque, delimitano il periodo di transizione LGM/tardoglaciale e, grossolanamente, suggeriscono che buona parte delle stratigrafie analizzate si sia depositata durante l'Olocene. Le condizioni climatiche pressoché stabili difatti permettono una costante sedimentazione di depositi alluvionali in facies di piana di esondazione (alternanza tra limi argillosi/argille

limose con intercalazioni sabbiose più o meno grossolane) con talvolta incursione di depositi ghiaiosi di modesto spessore depositatisi in facies di canale (sondaggio MTC-S2 rispettivamente negli intervalli 20,70-23,15 m – 8,00-10,25 m, e sondaggio MTC-S3 rispettivamente negli intervalli 12,00-15,70 m). Conseguentemente si assiste alla totale assenza di livelli organici o suoli, a testimonianza di una forte aggradazione della valle in tutto questo periodo sino all'attuale piano campagna (Fig. 7.1).

Pur non avendo considerato gli aspetti archeologici della valle dell'Alpone, pare importante sottolineare la possibile influenza delle antiche attività antropiche sull'alimentazione sedimentaria della valle. Infatti gli studi regionali hanno identificato nella zona dei Lessini un'importante impatto antropico sulla copertura forestale e sulla dinamica dei versanti almeno dall'Eneolitico (circa 6000 anni fa).

Riassumendo, dall'iniziale deposizione di ghiaie da parte di un sistema fluviale con andamento braided durante LGM, si transita a condizioni di piana di esondazione con andamento fluviale monocursale nel tardoglaciale. Di fatto successivamente l'attività dell'Alpone è molto poco testimoniata e le ghiaie del canale sono testimoniate solo nei sondaggi MTC-S2, MTC-S3, dove comunque indicano la presenza di un alveo inciso rispetto al fondovalle. In base ai rapporti geometrici esistenti tra i corpi ghiaiosi e la piana alluvionale, sembra si quindi ipotizzabile un paleo-Alpone abbastanza prossimo al livello della paleo-superficie. Ciò avrebbe così permesso il continuo alluvionamento della valle e il ristagno delle acque superficiali. Inoltre, si considera che il cambiamento nel sistema idrologico del paleo-Alpone, non dipenda esclusivamente dalle mutate condizioni climatiche. Infatti, l'incisione dell'Adige della propria superficie LGM, avvenuta nel tardoglaciale, di certo ha condizionato il profilo di equilibrio dei propri affluenti lessinei, costringendoli ad adattarsi al nuovo profilo topografico raggiunto dall'Adige. Successivamente nell'Olocene, l'attività del paleo-Alpone, che si mantiene a morfologia monocursale, permette una costante e forte aggradazione della valle (in assenza di formazioni di livelli organici e suoli) sino alle condizioni attuali. La deposizione di circa 30 m di sedimento tra il tardoglaciale e l'Olocene è stata probabilmente favorita anche dal peculiare assetto litostratigrafico della valle d'Alpone.



**Fig. 7.1:** In figura è rappresentata la correlazione cronostratigrafica tra i sondaggi di Montecchia di Crosara

Infatti, i suoi versanti molto spesso sono costituiti da rocce basaltiche terziarie che alterano facilmente quando esposte e possono fornire importanti quantitativi di argille tramite processi colluviali e gravitativi.

## **7.2. VAL DI CHIAMPO-AGNO**

Presso il comune di Montebello Vicentino sono stati realizzati 9 sondaggi geognostici (MTB), ma solo alcuni hanno raggiunto profondità considerevoli, comprese tra 28 e 30 m (MTB-1, MTB-S2, MTB-S3, MTB-S4, MTB-S5, MTB-S6), mentre altri si sono fermati ai primi 15 m (MTB-S7, MTB-S8, MTB-S9). I sondaggi sono stati realizzati in un'area situata a SW rispetto l'intero sviluppo areale della valle condivisa dal Chiampo e dall'Agno. Conseguentemente, l'interpretazione che segue riflette solo le condizioni marginali che si svilupparono in tale settore della valle, anche se vi sono alcuni fattori che consentono di ipotizzare che quanto discusso si possa estendere all'intero settore terminale della valle.

Si precisa fin dall'inizio che, la quasi totale assenza di livelli di sedimento organico nei nove sondaggi analizzati, non ha permesso l'esecuzione di alcuna datazione utile a definire delle superfici a valenza cronostratigrafica. L'interpretazione che segue, di conseguenza, è meno affidabile di quanto proposto per la vicina valle dell'Alpone.

Infatti, nonostante il confronto tra le stratigrafie di Montebello Vicentino e Montecchia di Crosara mettano in chiara evidenza le differenze sedimentologiche che le caratterizzano, è comunque possibile tentare una correlazione basata sulla geometria e le proprietà dei depositi. Si fa riferimento al corpo di ghiaie che interessa le porzioni terminali dei sondaggi più profondi di Montebello Vicentino. Queste, infatti, sulla base della presenza di una soprastante superficie pedogenizzata, sono probabilmente confrontabili con quelle presente nei sondaggi di Montecchia di Crosara. Tali ghiaie sono interpretate come depositi alluvionali in facies di canale, con caratteristiche e cronologia simili a quelle datate al LGM nella val d'Alpone (vedi Fig. 7.1; 7.2)

Si presume di conseguenza, che il sistema fluviale che ha depositato le ghiaie nei sondaggi MTB-S1, MTB-S2, MTB-S3, MTB-S4, MTB-S5, MTB-S6 alle rispettive profondità di 25,20-28,00 – 26,50-28,00 – 26,10-30,00 – 26,65-30,00 – 19,60-28,00

– 17,20-28,00 m, sia stato caratterizzato da una morfologia braided. Il periodo di deposizione di tale parte della stratificazione purtroppo non è al momento determinabile in modo assoluto. Se le ghiaie profonde in val d'Alpone sono state attribuite con sufficiente certezza cronologica al periodo di acme glaciale (LGM), si propone di attribuire al medesimo periodo anche le ghiaie profonde trovate nei sondaggi di Montebello Vicentino. Infatti, è presumibile che le valli, essendo adiacenti e drenanti verso il megafan dell'Adige, durante il LGM abbiano avuto un'evoluzione confrontabile, caratterizzata cioè da simili profili longitudinali.

L'evoluzione stratigrafica post-LGM, rappresentata dai sondaggi di Montebello Vicentino, è alquanto complessa. Data la distribuzione areale dei punti di sondaggio, piuttosto concentrati in alcune zone dell'intera superficie del sito analizzato, si è deciso di porre maggiore attenzione sui sondaggi MTB-S3, MTB-S6, MTB-S1, MTB-S2 che si pongono indicativamente lungo una linea con direzione circa NE-SW, pseudo-longitudinale alla valle; comunque non si è trascurato quanto presente nei sondaggi limitrofi (Fig. 7.2).

Può essere che i sedimenti fini che si trovano sopra le ghiaie profonde siano corrispondenti a quanto visto nella valle dell'Alpone, ma purtroppo non vi sono dati oggettivi a supporto di tale interpretazione. Rimane quindi anche possibile l'ipotesi che la situazione sia differente e che le ghiaie alla base dei carotaggi profondi abbiano un'altra età. È importante però notare che la presenza di concrezioni carbonatiche individuate nel carotaggio MTB-S2 a 22,60 m e in MTB-S5 a 16,30 m siano indice di pedogenesi e, quindi, di un periodo relativamente prolungato di non deposizione sulla superficie soprastante.

È da notare la presenza, immediatamente sopra le ghiaie precedentemente discusse, di sedimenti fini che sembrano mantenere circa una continuità in tutti i sondaggi, anche se con spessori diversi. Essi sono soprattutto evidenti nel sondaggio MTB-S2 a profondità di 22,60-25,60 m nel quale, inoltre, la presenza di concrezioni carbonatiche e di bioturbazioni al top della sequenza ci rivela la presenza di un paleosuolo, parzialmente eroso al tetto. Tale successione stratigrafica presenta delle similitudini con quella presente nel sondaggio MTB-S5 alla profondità di 15,65-19,60 m che, per medesime caratteristiche pedo-stratigrafiche e, in particolare per le tracce di pedogenesi, viene correlata alla precedente. Nei rimanenti sondaggi, posti

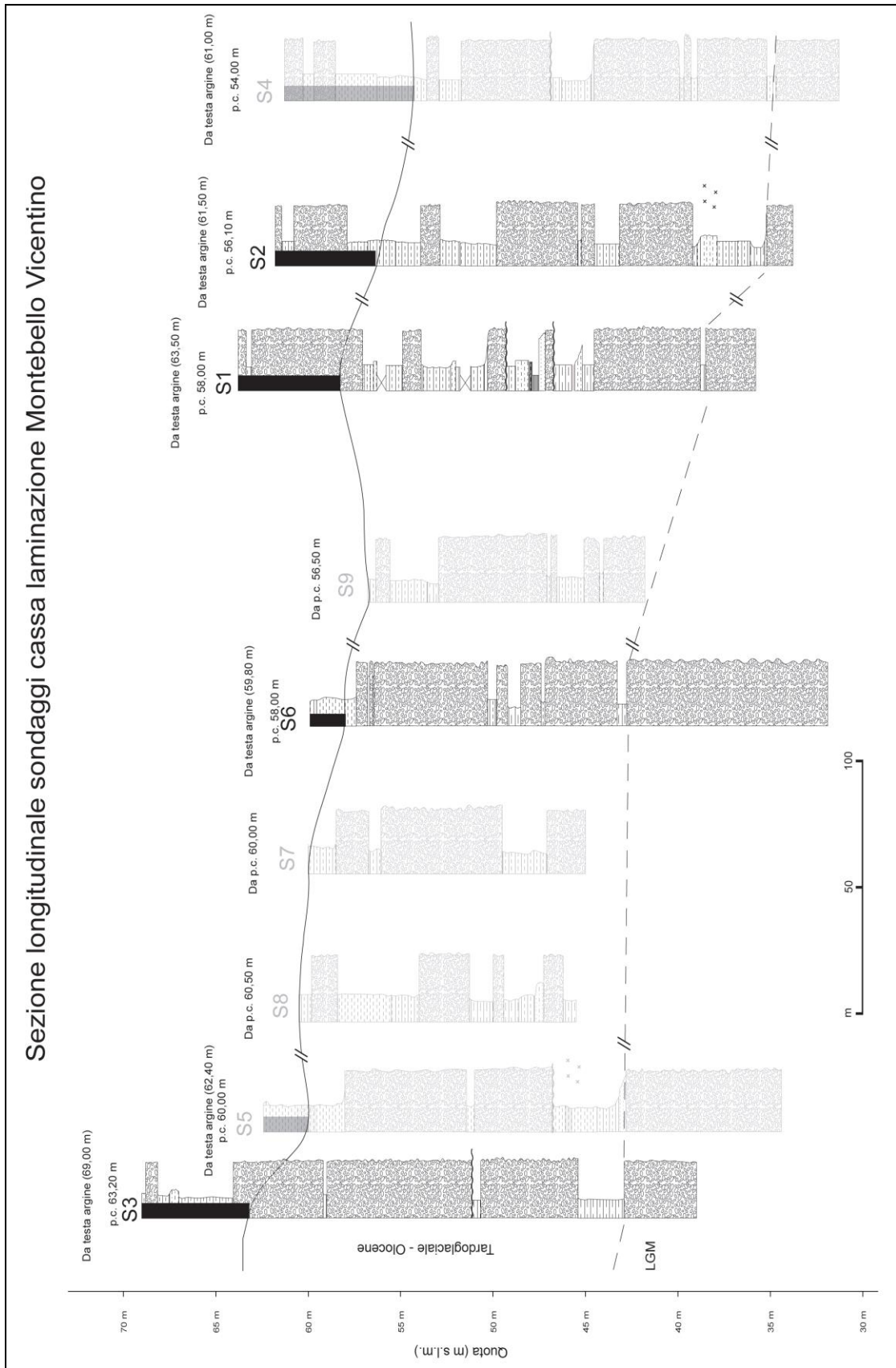
sulla linea di sezione i livelli di limo argilloso si pongono a profondità di 23,60-26,10 m (MTB-S3), 16,70-17,20 m (MTB-S6), 25,00-25,20 m (MTB-S1). Tali intercalazioni limoso-argillose e/o argille-limose, per continuità spaziale e per caratteristiche sedimentologiche comuni, vengono considerate coeve. La presenza di alcune tracce di pedogenesi in MTB-S5, suggerisce l'ipotesi che nell'area vi sia stata una scarsa o nulla sedimentazione, forse concomitante ad un periodo di cambiamento climatico che segue l'acme glaciale. Anche se meno supportate da dati cronologici, per questa porzione della carota valgono le considerazioni effettuate per la valle d'Alpone, e si potrebbe ipotizzare la presenza una pianura alluvionale interessata dalla presenza di pochi canali attivi che, più o meno incisi, isolano porzioni di pianura su cui si è attuata la pedogenesi.

Tuttavia, a differenza della val d'Alpone, tale situazione non sembra perdurare per molto. Difatti, al di sopra del livello di sedimenti fini limosi argilloso precedentemente discusso, la successione stratigrafica nei sondaggi è di difficile correlazione. Il ritorno di spessi depositi di ghiaia accomuna tutti i sondaggi; in alcuni l'abbondanza di ghiaia è tale da occuparne l'intera estensione della carota (MTB S3), in altre invece le ghiaie si alternano a livelli più o meno spessi di limi argillosi sino alla superficie (esempio MTB-S1). Le ghiaie sono attribuibili a depositi alluvionali in facies di canale, mentre i sedimenti fini sono attribuibili a depositi alluvionali in facies di piana di esondazione. La differente distribuzione di tali sedimenti (sia delle ghiaie che dei limi) nei diversi sondaggi è tale da non permettere una sicura correlazione stratigrafica tra di essi. L'evoluzione della successione sedimentaria appena descritta viene ad essere interpretata come appartenente ad un ambiente caratterizzato dal ritorno di un sistema fluviale a più canali attivi in condizioni di sovralluvionamento della valle. I canali sono poco incisi rispetto al fondo della valle, permettendo una costante aggradazione della valle nelle porzioni non interessate attivamente dalla presenza del canale. Di fatto tale situazione si è perpetuata fino all'epoca delle grandi bonifiche (tra il Cinquecento e l'Ottocento); periodo nel quale i diversi canali minori, dominati dai tributari maggiori quali Chiampo e Agno, vennero prosciugati e/o confinati all'intero di canali arginati allo scopo di liberare le terre dalle paludi che insistevano sulla bassa pianura veneta.

E' interessante notare che nei carotaggi MTB-S2 ed MTB-S3 le ghiaie hanno anche riempito lo spazio golenale aggradando al di sopra della piana alluvionale esterna all'alveo. Tale assetto indica che il fenomeno della sedimentazione è in atto nella zona. Inoltre, il riempimento della golenale va a diminuire il volume disponibile per il funzionamento delle casse di laminazione, rendendo necessari degli interventi di manutenzione (asporto e scavo delle ghiaie) al fine di mantenere efficace la funzionalità dell'opera di laminazione delle piene.



## Sezione longitudinale sondaggi cassa laminazione Montebello Vicentino



**Fig. 7.2:** nell'immagine sono rappresentate le correlazioni cronostratigrafiche tra i sondaggi di Montebello Vicentino. In trasparenza i sondaggi che non appartengono alla pseudo-linea di sezione, di cui al testo.

### **7.3. Correlazione con la pianura dell'Adige.**

Per quanto riguarda ciò che è avvenuto nella pianura esterna alle valli, i carotaggi studiati non apportano significativi dati diretti. Inoltre, la scarsità di dati e informazioni che tuttora concerne il sottosuolo alla confluenza tra le valli della Lessinia in questione e il prospiciente megafan dell'Adige, non permette una facile ricostruzione di ciò che avvenne nel periodo LGM e post-LGM. Nonostante ciò, si vuole comunque dare un'interpretazione il più verosimilmente possibile della dinamica degli eventi che hanno conformato la pianura attuale.

Come già discussa nei capitoli precedenti (Capitolo 2), l'espansione dei ghiacciai alpini avvenuta durante LGM è correlata con un'importante fase di sedimentazione in tutta la pianura lombarda, dove costituì il livello fondamentale della pianura, e in quella veneto-friulana, con la tipica conformazione di megafan alluvionali. Con l'inizio del tardoglaciale ebbe inizio una nuova fase, caratterizzata dalla mancanza di sedimentazione e dalla formazione di incisioni fluviali lungo i maggiori fiumi alpini e in parte lungo il reticolo dei loro tributari in pianura. Tale evoluzione caratterizza anche il fiume Adige. L'aggradazione del megafan dell'Adige durante LGM fu principalmente supportata da sedimenti fluvioglaciali provenienti dalle morene più esterne presenti presso Rivoli Veronese. (Sorbini et al, 1984). Attorno a circa 15.000 anni cal. BP la valle dell'Adige si presentava completamente libera dal ghiacciaio e parzialmente occupata da laghi, come dimostrato nella zona tra Trento e Rovereto (Bassetti e Borsato, 2005). Molto probabilmente durante questo periodo di deglaciazione, l'Adige incide la propria superficie LGM, creando una scarpata alta 45 m alla testa del megafan che progressivamente si chiude in direzione NW-SE ad una distanza di 40 km. Tale comportamento, legato alle variazioni tra portata liquida e solida verificatasi tra la fine del LGM e il tardoglaciale, è in esatta concordanza con quanto avvenuto nei già ben noti megafan del Brenta, Piave, Tagliamento. Durante questa fase di deglaciazione, l'incisione della superficie LGM da parte dell'Adige ha molto probabilmente influenzato il reticolo idrografico proveniente dai Lessini. Questi ultimi, a seguito dell'abbassamento topografico subito dall'Adige, quasi certamente hanno dovuto riconfigurare il proprio profilo di equilibrio, determinando probabilmente una fase di più o meno intensa incisione verso valle. Si pensa che tale dinamica abbia influenzato l'andamento del paleo-Alpone, che si immetteva probabilmente nell'Adige poco dopo lo sbocco in pianura,

a Ovest di San Bonifacio. Quanto detto potrebbe aver coinvolto anche il sistema fluviale che scendeva dalle valli del Chiampo e Agno ma, data la possibile maggiore distanza della loro confluenza in Adige rispetto il sito di indagine, il modificarsi del profilo longitudinale dell'Adige ha avuto minori effetti presso il sito di Montebello Vicentino.

Da analisi d'immagini telerilevate e foto aeree, è possibile individuare come, presso lo sbocco della valle dell'Alpone (presso il centro abitato di S. Bonifacio), e solo marginalmente di fronte le valli Chiampo e Agno-Guà, sia ancora presente un lembo di pianura pleistocenica attribuita alla paleo superficie LGM del megafan dell'Adige. Questa, senza una particolare evidenza morfologica, sconfinava nell'alta pianura recente dell'Alpone descritta dettagliatamente al capitolo 3.4 sui Suoli (Fig. 7.3). Solo il rilievo effettuato in campagna ha permesso di trovare un lieve dislivello dalla pianura pleistocenica verso l'attuale pianura percorsa dell'Alpone, che ci spinge a supporre come qui, allo sbocco dell'Alpone in pianura, l'incisione del paleo-Alpone in epoca tardoglaciale sia stata più accentuata, scavando profondamente il lato settentrionale del lembo estremo del megafan pleistocenico dell'Adige. Successivamente, a seguito dell'intesa attività di aggradazione della valle dell'Alpone, tale incisione è stata riempita progressivamente sin quasi a riaccordarsi con la superficie pleistocenica. Grazie alle datazioni effettuate in campioni prelevati dai sondaggi di Montecchia di Crosara, è stato così possibile, sulla base delle suddette considerazioni, ricostruire vari livelli di possibili paleo-superfici che raccordano la valle dell'Alpone con l'antistante pianura pleistocenica.

Più complessa risulta la correlazione della pianura pleistocenica dell'Adige con il sistema deposizionale dei fiumi Chiampo Alpone. Ricordiamo difatti che il Chiampo solo in tempi recenti confluisce nell'Alpone, a seguito di opere di regimentazione delle acque. Di conseguenza, all'epoca degli eventi analizzati fino ad ora, il Chiampo con ogni probabilità manteneva una indipendenza del proprio percorso fino all'immissione nell'Agno. Ribadendo quanto detto precedentemente, la fase di probabile incisione che potrebbe aver caratterizzato il sistema in questione, non fu profonda quanto come quella dell'Alpone. Di conseguenza è del tutto verosimile ipotizzare come il settore di pianura alluvionale dei fiumi Agno-Guà Chiampo si sia deposita al di sopra del substrato sabbioso dell'Adige pleistocenico, in geometria onlap, nel lato più orientale di tale superficie. Difatti, in

questo settore compreso tra Lonigo e S. Bonifacio, non solo il microrilievo non mette in evidenza la transizione dei due sistemi ma, inoltre, neanche il rilievo in campagna non ha individuato particolari indizi morfologici. L'unica prova di quanto detto ci viene dalla carta dei suoli della provincia di Padova, la quale conferma la nostra ipotesi. Dagli studi condotti per la realizzazione della medesima infatti, emerge come i suoli della bassa pianura recente dei fiumi Agno-Guà-Frassine si sviluppino al di sopra del substrato dell'Adige, che spesso si ritrova come orizzonti sepolti entro il profilo pedologico (ARPAV, 2013).



**Fig. 7.3:** Nell'immagine satellitare Landsat (Google Earth) la val d'Alpone (al centro in alto) la val di Chiampo e Agno (in alto a destra) alla confluenza in pianura. Nel cerchio il settore di pianura pleistocenica di cui al testo.

## 8. CONCLUSIONI

Lo studio proposto in questa tesi ha permesso di approfondire le conoscenze riguardanti il sottosuolo delle valli dei torrenti Alpone, Chiampo e Agno-Guà. Lo studio dei sondaggi di Montecchia di Crosara (MTC) e di Montebello Vicentino (MTB) e l'elaborazione delle loro stratigrafie, ha permesso di ottenere alcune informazioni importanti sulle facies sedimentarie degli ultimi 20.000 anni, che consentono di descrivere in modo più dettagliato l'evoluzione paleogeografia delle aree studiate. Inoltre, le correlazioni proposte, tra la val d'Alpone e la pianura veneta prospiciente, hanno permesso di delineare alcune superficie marker che aumentano l'informazione stratigrafica profonda di questo settore di pianura finora poco studiato.

L'individuazione di successioni limoso-argillose/limoso-sabbiose deposte in facies di piana di esondazione che, in entrambi i gruppi di carotaggi (MTC e MTB), si sovrappongono a notevoli coltri ghiaiose (in facies di canale) comuni a tutti i sondaggi, ci testimonia come in un certo periodo entrambi i sistemi abbiano risentito di un cambiamento nelle condizioni idrodinamiche dei canali attivi ivi presenti. Le datazioni effettuate esclusivamente su campioni di materia organica raccolta nei soli carotaggi di Montecchia di Crosara all'interno delle sequenze limo-argillose, restituiscono valori calibrati compresi tra 15.516 anni a.C. e 13.136 anni a.C., permettendo di attribuire tale cambiamento al periodo tardoglaciale post-LGM, almeno per quanto riguarda le carote di Montecchia di Crosara.

Anche se meno supportate da dati cronologici, per la medesima porzione di semidementi nei sondaggi di Montebello Vicentino, valgono le considerazioni effettuate per la valle d'Alpone. Infatti, si rinvennero nei sondaggi quali MTB-S5 e MTB-S2 sedimenti con indizi di probabile pedogenizzazione probabilmente coevi con il suolo sepolto presente in MTC-S6 datato 15.516-15.092 anni a. C. Si potrebbe ipotizzare la presenza una pianura alluvionale interessata dalla presenza pochi canali attivi che, più o meno incisi, isolano porzioni di pianura su cui si è attuata la pedogenesi durante il periodo tardoglaciale .

L'iniziale fase di miglioramento climatico che segue l'acme glaciale difatti ha comportato condizioni di maggior carico idraulico dei fiumi che, in condizioni di

biostaisa, hanno certamente ridotto il loro carico solido e lievemente inciso il proprio letto.

Si presume che l'incisione del palo-Alpone e del paleo-Chiampo/Agno non sia stata notevolmente profonda. Difatti la riduzione del carico solido dei fiumi di certo non ha impedito la continua sedimentazione accumulatasi in valle; la scarsa profondità di incisione dei fiumi ha consentito sicuramente il continuo alluvionamento della valle.

Il corpo di ghiaie che interessa le porzioni terminali dei sondaggi più profondi sono invece state attribuite con sufficiente certezza cronologica al periodo di acme glaciale (LGM) in Val d'Alpone, grazie ad una datazione su un campione posto 3 m le ghiaie di valore 20.401-19.544 anni a.C, mentre per i sondaggi di Montebello Vicentino, il periodo di deposizione di questa parte della stratificazione purtroppo non è al momento determinabile in modo assoluto, ma comunque attribuibile all'LGM.

Solo localmente ed esclusivamente in val d'Alpone, si segnalano discontinui orizzonti organici e/o sedimenti con evidente pedogenizzazione (di cui alcuni datati a radiocarbonio), che localmente indicano brevi fasi di scarsa, se non assente, sedimentazione. Tali, grazie alle datazioni, sono stati attribuiti a passaggi da periodi freddi (Dryas I, II) a periodi caldi (Boling, Allerod), che caratterizzano tutto il tardoglaciale. Tali orizzonti sono comunque discontinui e non permettono quindi di poter compiere considerazioni a valenza più generale.

Le evidenze stratigrafiche appena riassunte ci permettono inoltre di considerare come le valli fossero occupate da un sistema fluviale con morfologia a canali intrecciati (verosimilmente *braided*), che in epoca tardoglaciale lascia spazio a un sistema a canale monocursale poco inciso (di difficile interpretazione se wandering o meandriforme) con annessa piana di esondazione.

Tale configurazione viene mantenuta anche in periodi più recenti nella valle dell'Alpone. Infatti, per quanto concerne le stratigrafie di Montecchia di Crosara, le ghiaie tornano solo talvolta in alcuni sondaggi (MTC S2 e S3).

Al di sopra della sequenza tardoglaciale, si assiste ad una intensa aggradazione della valle che porta a una deposizione di quasi 30 m di sedimento nel solo periodo tardoglaciale-olocenico.

Differente si presenta la situazione nelle stratigrafie di Montebello Vicentino nelle quali, dopo la fase di transizione climatica tardoglaciale, si impongono nuovamente

ghiaie in quasi tutti i sondaggi. Si assiste così ad un ritorno a condizioni di torrente a più canali attivi in condizioni di sovralluvionamento della valle.

Quanto descritto viene messo in relazione con il comportamento dell'Adige durante il medesimo periodo (LGM/post-LGM). Le fasi di rallentata attività dei canali presenti nelle valli, e la loro possibile lieve incisione, viene correlata alla concomitante incisione dell'Adige in epoca tardoglaciale, il quale sembra rispondere esattamente come quelli già noti del Brenta, Piave, Tagliamento al passaggio LGM – Tardoglaciale.

All'esterno della valle in pianura, si è avuta incisione dei depositi LGM sia da parte dell'Adige, sia da parte del reticolo idrografico proveniente dai Lessini i quali, conseguentemente l'abbassamento del profilo topografico dell'Adige, rispondono modificando il loro profilo di equilibrio e innescando un'incisione regressiva dei propri letti.

## BIBLIOGRAFIA

- ACCORSI C.A., AITKEN M. J., CREMASCHI M., FERRARIS, M., MCELROY C., QUESTIAUX D. & VAN VLIET LANOE, (1990) - *The loess in Northern Italy: a loess basin between the Alps and the Mediterranean region*. In: Cremaschi M. (ed.), *Quad. Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 1.
- 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.
- ANTONELLI R., BARBIERI G., DAL PIAZ G.V, DAL PRÀ A., DE ZANCHCE V., GRANDESSO P., MIETTO P., SEDEA R. & ZANFERRARI A., (1990) - *Carta geologica dei Veneto 1:250.000. Una storia di cinquecento milioni di anni*. Regione del Veneto, S.E.L.C.A., Firenze.
- ARNUAD-FASSETTA G.A., CARRE M.B., MAROCCO R., MASELLI SCOTTI F., PUGLIESE N., ZACCARIA C., BANDELLI A., BRESSON V., MANZONI G., MONTENEGRO M.E., MORHANGE C., PIPAN M., PRIZZON A., SICHÉ I. (2003) – *The site of Aquileia (Northeastern Italy): example of fluvial geoarchaeology in a Mediterranean deltaic plain*. *Géomorphologie*, 4, 227-246.
- BARALDI F., CARTON A., CASTALDINI D., PANIZZA M., PELLEGRINI P., SORBIN L. ( 1980) – *Neotettonica di parte dei Fogli Peschiera del Garda (48), Verona (49), Mantova (62) e di tutto il Foglio Legnago (63)*. C.N.R., Contributi alla realizzazione della carta Neotettonica dell'Italia, Pubbl. 356 P.F. Geodinamica: 643-655.
- BARBIERI G., (1995) – *Le rocce dell'Altopiano dei Sette Comuni (Prealpi Venete)*. Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Geologia, 70.
- BARBIERI G., DE ZANCHE V., MEDIZZA F. & SEDEA R., (1982) - *Considerazioni sul vulcanismo terziario dei Veneto occidentale e del Trentino meridionale*. *Rend. Soc. Geol. It* 4.
- BASSETTI M., BOSARO A., (2005) – *Evoluzione geomorfologica della Bassa Valle dell'Adige dall'Ultimo Massimo Glaciale: sintesi delle conseguenze e riferimenti ad aree limitrofe*. Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Geologia, 83.
- BAVEC M., TULACZYK S.M., MAHAN S.A., STOCK G.M., (2004) - *Late Quaternary glaciation of the Upper Soča River Region (Southern Julian Alps, NW Slovenia)*. *Sedimentary Geology* 165.
- BINI A., (1997) - *Stratigraphy, chronology and palaeogeography of Quaternary deposits of the area between the Ticino and Olona rivers (Italy–Switzerland)*. *Geologia Insubrica*, 2.
- BONDESAN A., MENEGHEL M. (Eds.), (2004) - *Geomorfologia della provincia di Venezia*. Esedra, Padova.
- BOSELLINI A. (1989) - *Dynamics of Tethyan carbonate platform*. In: P.D. Crevello, L.W. James, J.F. Sarg, J.F. Read (eds.), *Controls on Carbonate Platform and Basin Evolution*. *Soc. Econ. Paleont. Miner., Spec. Publ.* 44: 3-13.



- BOSELLINI A. (2004) - *The western passive margin of Adria and its carbonate platforms*. Società Geologica Italiana, 32 (Volume speciale).
- BOSELLINI A., CARRARO F., CORSI M., DE VECCHI G.P., GATTO G.O., MALARODA R., STURANI C., UNGARO S., ZANETTIN B., (1967) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000*. Foglio 49 Verona: 61, Nuova Tecnica Grafica, Roma.
- BOSELLINI A., CARRARO F., CORSI M., DE VECCHI G.P., GATTO G.O., MALARODA R., STURANI C., UNGARO S., ZANETTIN B., (1967) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000*. Foglio 49 Verona: 61, Nuova Tecnica Grafica, Roma.
- CANTELLI L. & CASTELLARIN A., (1994) - *Analisi e inquadramento strutturale del sistema "Schio-Vicenza"*. Atti Tic. Sc. Della Terra, Serie Speciale, 1: 231-245, Pavia.
- CARRARO F., GIARDINO M., (2004) - *Review of the Quaternary Glacialism in North Western Alps*. In: Gibbard, P., Ehlers, J. (Eds.), *Developments in Quaternary Science*, vol. 2, Part 1.
- CARTON A., CASTALDINI D., (1985) – *Approfondimenti di morfotettonica tra il Lago di Garda ed il Torrente Alpone (provincia di Verona)*. Bollettino Museo Civico di Storia Naturale, Verona, 12.
- CARTON A., CASTALDINI D., (1985) – *Approfondimenti di morfotettonica tra il Lago di Garda ed il Torrente Alpone (provincia di Verona)*. Bollettino Museo Civico di Storia Naturale, Verona, 12.
- CASATI P., (a cura di) (1996) – *Scienze della Terra: elementi di Geologia Generale, Volume 1*. CittàStudiEdizioni, 3° edizione, pgg 391-426. Torino.
- CASSINIS G., CASTELLARIN A. & DE ZANCHE V., (1981) - *Foglio 48 Peschiera del Garda*. In Castellarin A. (a cura di), *Carta tettonica delle Alpi Meridionali (alla scala 1:200.000)*, Pubbl. 441, P.F. Geodinamica, CNR, 120-123, Roma.
- CASTELLACCIO E., ZORZIN R., (2012) - *Acque calde e geotermia della provincia di Verona: Aspetti geologici e applicazioni*. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, II° serie. Sezione Scienze della Terra, 8
- CASTELLARIN A. (1972) – *Evoluzione paleotettonica sinsedimentaria del limite tra Piattaforma veneta e Bacino lombardo a Nord di Riva del Garda*. Giornale di Geologia, 38.
- CASTELLARIN A. (1972) – *Evoluzione paleotettonica sinsedimentaria del limite tra Piattaforma veneta e Bacino lombardo a Nord di Riva del Garda*. Giornale di Geologia, 38.
- CASTELLARIN A., CORSI M., DE VECCHI G.P., GATTO G.O., LARGAIOLLI T., MOZZI G., PICCOLI G., SASSI F. P., ZANETTIN B., ZIRPOLI G. (1968) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000*. Foglio 36 Schio, Nuova Tecnica Grafica, Roma.
- CASTIGLIONI G.B., (1989) – *Geomorfologia*. UTET, Torino.

- CASTIGLIONI G.B., (2001) - *Response of the fluvial system to environmental variations*. In: Castiglioni, G.B., Pellegrini, G.B. (Eds.), *Illustrative Notes of the Geomorphological Map of Po Plain (Italy)*. Geografia Fisica Dinamica Quaternaria (Suppl. 4).
- CASTIGLIONI G.B., (2004) – *Quaternary glaciations in the eastern sector of the Italian Alps*. *Developments in Quaternary Science*, 2.
- CATTANEO A. & TRINCAREDI F., (1999) – *The Late-Quaternary trasgressive record in the Adriatic epicontinental sea: basin widening and facies partitioning*. In: Bergman K. & Sneddn J. (eds), *Isolated Shallow marine sand bodies: sequence stratigraphic analysis and sedimentologic interpretation*. Spec. Publ., 64.
- CORREGGIARI A., ROVERI M., TRINCARDI F., (1996) - *Late Pleistocene and Holocene evolution of the North Adriatic Sea*. *Il Quaternario – Italian Journal of Quaternary Sciences* 9.
- 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.
- CREMASCHI M., (1987) – *Vetusol and Paleosols in the Central Po Plain (Northern Italy)*. Unicopli, Studi e Ricerche sul territorio, 28.
- DE ZANCHE V., SORBINI L., SPAGNA V., (1977) – *Geologia del territorio del Comune di Verona*. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona , 52 pp.
- FERRARO F., (2009) - *Age, sedimentation, and soil formation in the Val Sorda loess sequence, Northern Italy*. *Quaternary International* 204.
- FONTANA A., (2006) - *Evoluzione geomorfologica della bassa pianura friulana e sue relazioni con le dinamiche insediative antiche*. Monografie Museo Friulano Storia Naturale 47, Udine. Enclosed Geomorphological Map of the Low Friulian Plain scale 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.
- FONTANA A., MOZZI P., MARCHETTI M., (2014) – *Alluvial fans and megafans along the southern side of the Alps*. *Sedimentary Geology* 301, 150-171.
- FONTANA, A., MOZZI, P., BONDESAN, A., 2004. *L'evoluzione geomorfologica della pianura veneto-friulana*. In: Bondesan, A., Meneghel, M. (Eds.), *Geomorfologia della provincia di Venezia*. Esedra, Padova.
- GIANOTTI F., FORNO M.G., IVY-OCHS S., KUBIK P.W., (2008) - *New chronological and stratigraphical data on the Morainic Amphitheatre of Ivrea (Piedmont, NW Italy)*. *Quaternary International* 190.
- GUZZETTI F., MARCHETTI M., REICHENBACH P., (1997) - *Large alluvial fans in the north-central Po Plain (Northern Italy)*. *Geomorphology* 18, 119–136.

- HABBE K.A., (1969) - *Die würemzeitliche Vergletscherung des Gardasee-Gebietes* – Freiburger Geographische Arbeiten.
- HAJDAS I. (2006) - *Radiocarbon dating for Quaternary studies - new developments and perspectives*. Quaternary International, 154, 160-163.
- HAJDAS I. (2009) - *Applications of Radiocarbon Dating Methods*. Radiocarbon, 51(1), 79-90.
- HINDERER M., (2001) - *Late Quaternary denudation of the Alps, valley and lake fillings and modern river loads*. Geodinamica Acta 14, 231–263.
- LAMBECK K., ANTONIOLI F., PURCELL A., SILENZI S., (2004) - *Sea level change along the Italian coast for the past 10,000 yrs*. Quaternary Science Reviews 23, 1567–1598.
- LIBBY W.F., ANDERSON E.C. & ARNOLD J.R. (1949) - *Age Determination by Radiocarbon Content: World-Wide Assay of Natural Radiocarbon*. Science, 109, 227-228.
- MARCHETTI M., (1990) – *Cambiamenti idrologici nella Pianura Padana centrale a nord del fiume Po: i casi di “underfit streams” dei fiumi Mincio, Oglio e Adda*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 13.
- MARCHETTI M., (1996) - *Variazioni idrodinamiche dei corsi d'acqua della Pianura Padana centrale connesse con la deglaciazione*. Il Quaternario – Italian Journal of Quaternary Sciences 9, 465–472.
- MARCHETTI M., (2001) - *Fluvial, fluvio-glacial and lacustrine forms and deposits*. In: Castiglioni, G.B., Pellegrini, G.B. (Eds.), *Illustrative Notes of the Geomorphological Map of the Po Plain*. Geografia Fisica Dinamica Quaternaria (Suppl. 4), pp. 73–104.
- MARCHETTI M., (2002) - *Environmental changes in the central Po Plain (Northern Italy) due to fluvial modifications and men's activities*. Geomorphology 44, 361–373.
- MASTELLA C., (2006) – *Indagine idrogeologica nelle valli dell'Alpone e Tramigna per la salvaguardia delle risorse idriche sotterranee*. Consorzio le Valli
- MAZZA. S., (2005) - *Atlante orografico delle Alpi*. SOIUSA. Priuli e Verlucca editori.
- MIETTO P., SAURO U., (2000) – *Le Grotte del Veneto: paesaggi carsici e grotte del Veneto*. Regione del Veneto, La Grafica, Vago di Lavagno (VR).
- MONEGATO G., RAVAZZI C., DONEGANA M., PINI R., CALDERONI G., WICK L., (2007) – *Evidence of a two-fold glacial advance during the last glacial maximum in the Tagliamento end moraine system (eastern Alps)*. Quaternary Research, 68.
- OROMBELLI G., (1983) - *I depositi würmiani del comasco*. Geografia Fisica Dinamica Quaternaria, 6.
- PANIZZA M., SLEJKO D., BARTOLOMEI G., CARTON A., CASTALDINI D., DEMARTIN M., NICOLICH R., SAURO U., SEMENZA E., SORBINI L., (1981) – *Modello sismotettonico dell'area fra il Lago di Garda e il Monte Grappa*. Rendiconti Società Geologica Italiana, 4: 587-603.

- PASA A., DURANTE PASA M. V., SANDRO R., (1960) - *L'ambiente fisico e geologico del territorio veronese*. Verona, Istituto per gli Studi Storici Veronesi.
- PELLEGRINI G.B., ALBANESE D., BERTOLDI R. & SURIAN N., (2005) – *La deglaciazione nel Vallone Bellunese, Alpi Meridionali Orientali*. Suppl. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, suppl. 7, 271-280.
- PELLEGRINI G.B., SURIAN N., ALBANESE D., DEGLI ALESSANDRINI A., ZAMBRANO R., (2006) – *Le grandi frane pleistoceniche di Marzai e dei Colesei di Anzù e loro effetti sull'evoluzione geomorfologica e paleoidrografica della Valle del Piave nel Canale di Quero (Prealpi Venete)*. Studi Trentini Scienze Naturali, Acta Geologia, 81, 87-104.
- PENCK A., BRÜCKNER E., (1909) - *Die Alpen im Eiszeitalter*. Tauchnitz, Leipzig.
- PETRUCCI F., TAGLIAVINI S., (1969) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, Foglio 61 Cremona*. Istituto Poligrafico Zecca dello Stato, Roma.
- PICCOLI G. (1989) – *I basalti dei Lessini inquadrati negli episodi vulcanici del Cenozoico veneto-trentino*. La Lessinia ieri, oggi, domani. Quaderno culturale.
- PICOTTI V., PROSSER G., CASTELLARIN A., (1995) – *Structures and kinematics of the Giudicarie-Val Trompia fold and thrust belt (central Southern Alps, Northern Italy)*. Memorie di Scienze Geologiche, 47. Padova.
- PIOVAN S., MOZZI P., STEFANI C., (2010) - *Bronze Age paleohydrography of the southern Venetian Plain*. Geoarchaeology 25, 6–35.
- PIOVAN S., MOZZI P., ZECCHIN, M., (2012) - *The interplay between adjacent Adige and Po alluvial systems and deltas in the late Holocene (Northern Italy)*. Géomorphologie 4 (2012), 427–440.
- PRETI M., (1999) – *The Holocene trasgression and the land-sea interaction south of the Po delta*. Giornale di Geologia, serie 3, 61, 140-159.
- ROGHI G., ROMANO R., (2008) – *Il Gruppo dei Calcari Grigi nei Monti Lessini*. In <QCLIOD>.
- REIMER P.J., BARD E., BAYLISS A., BECK J.W., BLACKWELL P.G., BRONK RAMSEY C., BUCK C.E, CHENG H., EDWARDS R.L., FRIEDRICH M., GROOTES P.M., GUILDERTSON T.P., HAFLIDASON H., HAJDAS I., HATTÉ C., HEATON T.J., HOFFMANN D.L., HOGG A.G., HUGHEN K.A., KAISER K.F., KROMER B., MANNING S.W., NIU M., REIMER R.W., RICHARDS D.A., SCOTT E.A., SOUTHON J.R., STAFF R.A., TURNEY C.S.M. & VAN DER PLICHT J. (2013) - *IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP*. Radiocarbon, 55(4), 1869-1887.
- SAURO U., (1973) - *Il paesaggio degli Alti Lessini. Studio geomorfologico*. Museo Civico di storia naturale di Verona. Memorie fuori serie, numero 6.
- SAURO U., (2007) – *Museo Civico Etnografico “La Lessinea: l'uomo e l'ambiente” di Bosco Chiesanuova*. Musei in Lessinea. Verona, Stimmgraf.
- SAURO U., (2010) – *Lessinea*. Verona, Cierre edizioni.

- SAURO U., ZAMPIERI D., (2001) - *Evidence of surface flauting and surface rupture in the Fore-Alps of Veneto and Trentino (NE Italy)*. *Geomorphology*, 40.
- SOLDATI M., CORSINI A., & PASUTO A., (2004) – *Landslide and climate change in the Italian Dolomites since Late Glacial*. *Catena*, 55, 141-161.
- SORBINI L., ACCORSI C.AA., BANDINI MAZZANTI M., FORLANI L., GANDII F., MENEGHEL M., RIONI A., SOMMARUGA M., (1984) – *Geologia e Geomorfologia di una porzione della Pianura a Sud-Est di Verona*. *Memorie delo Museo Civico di Storia Naturale di Verona (II° serie)*, sezione Scienze della Terra, 2.
- STEFANI M., VINCENZI S., (2005) - *The interplay of eustasy, climate and human activity in the late Quaternary depositional evolution and sedimentary architecture of the Po Delta system*. *Marine Geology* 222–223, 19–48.
- SYNAL H.A., STOCKER M. & SUTER M. (2007) - *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section B-Beam Interactions with Materials and Atoms*, 259(1), 7-13.
- VENTURINI C., (2003) - *Il Friuli nel Quaternario: evoluzione del territorio*. In: Muscio, G. (Ed.), *Glaciers, l'età dei ghiacci in Friuli, ambienti climi e vita negli ultimi 100.000 anni, catalogo della mostra*. Museo Friulano Storia Naturale, Udine, pp. 23–106.
- VENZO S., (1977) - *Depositi quaternari e del Neogene superiore nella bassa valle del Piave da Quero al Montello e del Paleopiave nella valle del Soligo (Treviso)*. *Memorie dell'Istituto di Mineralogia e Geologia dell'Università di Padova*, 30.
- VESCOVI E., RAVAZZI C., ARPENTI E., FINSINGER W., PINI R., VALSECCHI V., WICK L., AMMANN B., & TINNER W. (2007) – *Interactions between climate and vegetation during the Lateglacial period as recorded by lake and mire sediment archives in Northern Italy and Southern Switzerlan*. *Quaternary Science Reviews*, 26.
- VIGANÒ A., BRESSAN G., RANALLI G., MARTIN S., (2008) – *Focal mechanism inversion in yhe Giudicarie-Lessini seismotectonic region (Southern Alps, Italy): Insights on the tectonic stress and strain*. *Tectonophysics* 460, Elsevier, 106-115.
- ZAMPIERI D. (2000) – *Segementation and linkage of the Lessini Mountains normal faults, Southern Alps, Italy*. *Tectonophysics* 349, Elsevier, 19-31.
- ZAMPIERI D., (1995) - *Tertiary extension in the southern Trento Platform, Southern Alps, Italy*. *Tectonics*, 14: 645-657.
- ZANFERRARI A., BOLETTINARI G., CAROBENE L., CARTON A., CARULLI G. B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., PANIZZA M., PELLEGRINI G. B., PIANETTI F., SAURO U., (1982) – *Evoluzione neotettonica dell'Italia Nord-Orientale*. *Memorie di Scienze Geologiche* , Vol. XXXV, pagg 335-376, Padova.

# RINGRAZIAMENTI

## **ALLEGATI**

- a. Carta geomorfologica semplificata della pianura tra Soave e Montebello Vicentino**
- b. Correlazioni tra i sondaggi di Montecchia di Crosara e di Montebello Vicentino**