



Alessandro Fontana
Alessandro Ferrari

INTERAZIONE TRA PROCESSI TETTONICI, ALLUVIONALI, EOLICI E PEDOGENETICI NELL'AREA DI SAMMARDENCHIA E POZZUOLO DEL FRIULI

INTERACTION BETWEEN TECTONIC, ALLUVIAL,
AEOLIAN AND PEDOGENETIC PROCESSES IN THE AREA
OF SAMMARDENCHIA AND POZZUOLO DEL FRIULI

Riassunto breve - Questo lavoro si basa sulla revisione dei dati geomorfologici e stratigrafici relativi all'esteso rilievo presente tra Sammardenchia e Pozzuolo del Friuli, che si eleva di alcuni metri rispetto alla pianura circostante. L'esistenza di questo colle isolato è legata all'attività dei sovrascorrimenti alpini più esterni, che hanno agito anche nel tardo Quaternario. Quindi la superficie del terrazzo non è stata interessata dalle alluvioni dell'ultimo massimo glaciale (LGM) ed è caratterizzata da suoli molto evoluti, sviluppatasi in genere su ghiaie e conglomerati. Specialmente nel settore orientale del rilievo, sono presenti depositi limosi giallastri, potenti fino a 1,5 m, che sono probabilmente depositi eolici (loess), in parte rielaborati dai processi colluviali. Questi sedimenti hanno in parte colmato delle vallecole che caratterizzavano la superficie del terrazzo e che sono state obliterate anche dall'erosione naturale e dai processi antropogenici, ma che sono riconoscibili grazie ai dati di topografia aviotrasportata (LiDAR).

Parole chiave: Pianura Friulana, Quaternario, Loess, Torrente Cormôr, Geoarcheologia, LiDAR

Abstract - This work is a review of the geomorphological and stratigraphic data about the large low-relief terrace existing between Sammardenchia and Pozzuolo del Friuli, that is a few meters higher than the surrounding alluvial plain. The existence of this isolated hill is related to the activity of the most external Alpine thrusts, which have been active also along the late Quaternary. Thus, the surface of the terrace has been not affected by the important fluvioglacial sedimentation of the Last Glacial Maximum (LGM) and it is characterized by well-developed soils. Generally the pedogenesis evolved on gravels and conglomerates. Anyhow, especially in the north-eastern sector of the isolated terrace, near the place Cûeis of Sammardenchia, some yellowish silts are present. They have a maximum thickness of 1.5 m and are interpreted as aeolian deposits (loess), partly reworked by colluvial processes. These silty sediments partly filled the pattern of small valleys which formerly characterized the top surface of the raised terrace, that have been also deleted by the natural and anthropogenic erosive processes. The traces of these valley can be now recognized thanks to the use of high-resolution aerial topography (LiDAR).

Key words: Friulian Plain, Quaternary, Loess, Cormôr Torrent, Geoarchaeology, LiDAR

1. Introduzione

L'area di Sammardenchia di Pozzuolo del Friuli, grazie alle indagini archeologiche condotte tra gli anni '80 del XX secolo e i primi anni 2000 è stata oggetto anche di numerose e dettagliate analisi di tipo geomorfologico e geologico. Infatti, durante gli scavi stratigrafici in questo sito si è attuata una collaborazione molto stretta tra archeologi e geologi, potendo quindi esplorare migliaia di metri quadri e ottenere importanti informazioni non solo archeologiche. Così si è riusciti ad investigare in dettaglio anche la geomorfologia e la stratigrafia quaternaria non solo in alcune sezioni mirate, ma estesamente in modo areale, come raramente si è potuto fare in altre zone della Pianura Veneto-Friulana.

La zona tra Sammardenchia e Pozzuolo del Friuli è caratterizzata dalla presenza di uno dei cosiddetti colli

isolati che contraddistinguono il settore centrale della Pianura Friulana (Fig. 1) e che, fin dagli albori della geologia moderna, hanno attirato l'attenzione di buona parte degli studiosi per la loro unicità. Lo stesso Giulio Andrea PIRONA (1861), considerato il padre fondatore del Museo Friulano di Storia Naturale, nella sua opera "Cenni Geognostici del Friuli" dedica alla geomorfologia e alla geologia di questi bassi rilievi alcune righe molto suggestive: "... a 4 o 5 miglia a sud di Udine si eleva di pochi metri un rialto che, come un'onda in mezzo alla pianura, si dirige da sud-est a nord-ovest, da Pozzuolo per Carpeneto ed Orgnano a Variano. Solo sulle sponde del profondo del Cormor presso Pozzuolo può vedersi a nudo la roccia". In queste sintetiche frasi è espressa l'essenza di questa zona, che è stata plasmata dall'assetto tettonico regionale, ma su cui hanno agito anche l'azione del Torrente Cormôr e altri fattori apparentemente meno evidenti.

I rilievi isolati della pianura rappresentano uno degli elementi particolari del settore friulano, un'area che, soprattutto negli ultimi decenni è stato oggetto di significative ricerche relative all'evoluzione durante il Quaternario recente. Infatti, nel loro complesso, l'anfiteatro morenico del Tagliamento e la prospiciente Pianura Friulana rappresentano una delle aree che hanno maggiormente contribuito a chiarire la dinamica e la cronologia dell'ultima avanzata glaciale, facendo da riferimento per buona parte dell'arco alpino (e.g. MONEGATO et al. 2007, 2017; FONTANA et al. 2008, 2014b). Tuttavia, specialmente per il periodo compreso tra l'instaurarsi dell'Ultimo Massimo Glaciale (in inglese Last Glacial Maximum, abbreviato in LGM, 29.000-19.000 anni fa; cfr. CLARKE et al. 2009) e il successivo tardoglaciale (19.000-11.700 anni fa, cfr. OROMBELLIO et al. 2005), uno degli elementi del clima glaciale/periglaciale che appare mancare dal settore friulano, e più in generale dall'Italia nord-orientale, è la diffusa presenza di depositi legati ai processi eolici. È singolare infatti che, nonostante le

numerose ricerche e la vicinanza delle fronti glaciali, le segnalazioni siano così scarse e contrastino con quanto documentato nell'Europa Orientale e Centrale, dove invece i depositi eolici sono molto diffusi (e.g. HAASE et al. 2007; BRADLEY 2014). In generale si parla di loess nel caso di sedimenti legati alla deposizione diretta di polveri eoliche (*loess strictu sensu*), mentre sono descritti come depositi di *loess-like* quelli derivanti dal loro rimaneggiamento da parte delle acque piovane o dagli agenti alluvionali (BRADLEY 2014; LOWE & WALKER 2014). Tali sedimenti, descritti in dettaglio in altri settori del nord Italia e soprattutto nel settore centrale della Pianura Padana e sui versanti alpini e appenninici ad essa prospicienti (e.g. CREMASCHI 1987, 1990), sono anche documentati nel Carso Triestino (e.g. BOSCHIAN & MONTAGNARI 2000; FALGUÈRES et al. 2008) e sono stati datati in dettaglio presso l'Isola di Susak, nel Golfo del Quarnaro (WACHA et al. 2011).

La ricerca qui presentata ha considerato i dati raccolti durante le indagini geoarcheologiche nell'area situata

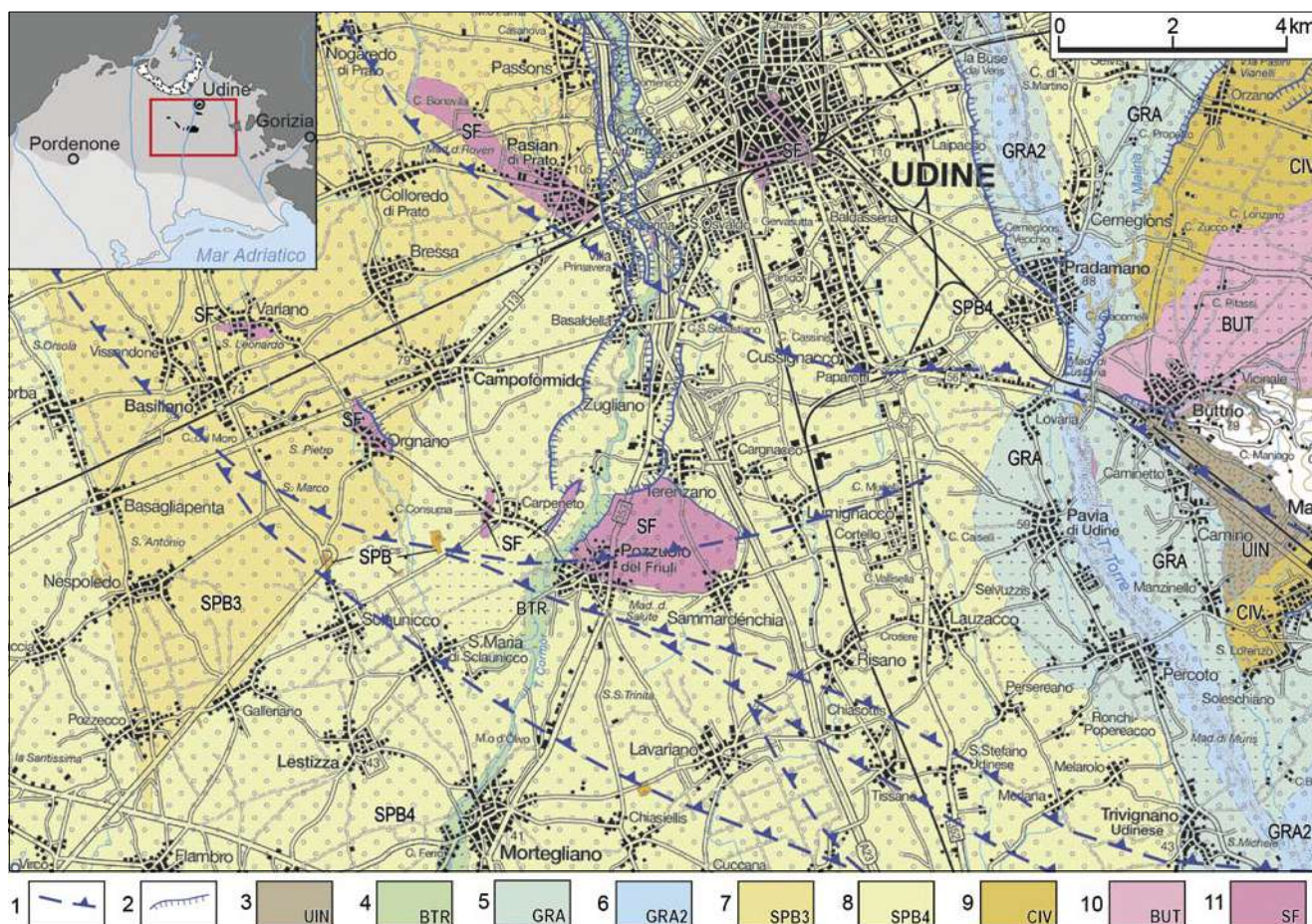


Fig. 1 - Stralcio della Carta delle unità geologiche della pianura del Friuli Venezia Giulia (modificato da FONTANA et al. 2019).
Legenda: 1) traccia di sovrascorrimento sepolto; 2) orlo di scarpata fluviale; 3) unità indifferenziate; 4) unità superiore dei bacini tributari; 5) unità di Grado; 6) subunità di Monastero; 7) subunità di Canoduzzo; 8) subunità di Remanzacco; 9) unità di Cividale; 10) unità di Buttrio; 11) superunità del Friuli.

- Portion of the Map of the geological units of the plain of Friuli Venezia Giulia (modified from FONTANA et al. 2019). Legend:
1) trace of buried thrust; 2) scarp of river terrace; 3) undifferentiated units; 4) upper unit of the tributary basins; 5) unit of Grado; 6) sub-unit of Monastero; 7) sub-unit of Canoduzzo; 8) sub-unit of Remanzacco; 9) unit of Cividale; 10) unit of Buttrio; 11) superunit of Friuli.

tra gli abitati di Sammardenchia e Pozzuolo del Friuli, descrivendo anche alcune nuove significative informazioni e re-interpretando i dati alla luce delle nuove conoscenze disponibili. Tra gli elementi più interessanti che emergono dalla rianalisi dei dati raccolti durante gli scavi vi sono proprio le notizie riguardanti la stratigrafia superficiale presente sopra il terrazzo di Sammardenchia e, in particolare, le evidenze sulla presenza di depositi eolici. Infatti, già nei lavori più recenti che consideravano l'area per i suoi aspetti geomorfologici e geologici (FONTANA 1999; FONTANA et al. 2019) era stata proposta la presenza di loess in alcune zone, ma gli indizi chiari erano ancora limitati o nulli. In questo contributo sono quindi raccolte e descritte le evidenze relative ai depositi quaternari, con particolare attenzione a quelli di origine eolica, definendone le caratteristiche e sottolineando le potenzialità e i limiti delle informazioni disponibili, anche confrontandoli con la situazione nell'intero settore dell'Alto Adriatico.

Il contributo presentato in questo articolo ha potuto basarsi sui dati di altimetria da laser aviotrasportato, comunemente chiamata LiDAR (Ligh Detecting and Ranging), che consente di apprezzare le sottili variazioni topografiche della pianura con un dettaglio impensabile fino a pochi anni fa. L'uso dei modelli digitali del terreno, che già in altre zone del Friuli Venezia Giulia ha saputo dare importanti risultati archeologici (e.g. BERNARDINI et al. 2013; FONTANA et al. 2018, VINCI et al. 2020) e geomorfologici (e.g. VENTURINI 2003; VENTURINI et al. 2004), si ritiene possa fornire significativi risvolti anche per la zona di Sammardenchia-Pozzuolo del Friuli. Quindi, si ritiene interessante commentare alcuni degli elementi geomorfologici più significativi della zona alla luce di queste nuove informazioni.

2. Materiali e metodi

Come scritto poco sopra, rispetto allo studio geomorfologico di dettaglio più recente condotto nella zona (FONTANA 1999), questo contributo ha potuto basarsi su rilievi topografici LiDAR. Si tratta di una metodologia ormai molto diffusa a livello internazionale, che risulta straordinariamente importante negli studi di aree con limitati dislivelli e morfologie poco evidenti, quali ad esempio quelle di pianura. Tuttavia in Italia questi dati sono esistenti ancora in limitate zone e fra queste vi è il Friuli Venezia Giulia. Infatti la Protezione Civile Regionale si era dotata già nel 2006-2007 di un rilievo LiDAR del suo intero territorio, ma i dati sono stati resi liberamente disponibili solo a partire dal 2015.

La copertura dei dati LiDAR è stata fatta tramite un sensore (ALTM) Optech 3033, montato su di un elicottero AS350 e tale sistema ha permesso l'acquisizione di dati con una densità di 4 o 5 punti di misurazione per

ogni m² ed un'accuratezza verticale di ± 15 cm. Il sensore utilizzato registra fino a 4 segnali di ritorno e può quindi discriminare quelli dovuti al terreno o all'edificato rispetto a quelli dati dalla vegetazione. Successivamente i dati sono stati filtrati, tenendo solo quelli relativi al terreno, e ricampionati generando un modello digitale del terreno (DTM) avente celle di 1 m², che è quello disponibile per il pubblico.

I dati altimetrici sono stati elaborati ed analizzati tramite il software ArcMap della ESRI, un sistema informativo geografico (GIS) che consente di elaborare le informazioni topografiche realizzando e analizzando i DTM, che permette di produrre anche in modo quasi automatico elaborazioni di variabili topografiche come lumeggiamento, inclinazione, esposizione e curvatura (operazioni hillshading, slope, aspect e curvature).

Per la ricostruzione delle principali direttrici fluviali del passato si sono analizzate le fotografie aeree zenitali e ortofoto scattate tra il 1954 e il 2016 e le numerose immagini satellitari di alta e altissima risoluzione geometrica disponibili sulla piattaforma internet di Google Earth e su quella ESRI (basemap di ArcMap). Queste sono immagini ottenute dalla combinazione di bande multispettrali che simulano i colori reali. Si sono effettuate anche alcune elaborazioni delle bande multispettrali del satellite Sentinel-2, che hanno risoluzione massima di 10 m.

Per la caratterizzazione della stratigrafia presente sulla superficie del terrazzo di Sammardenchia i dati più significativi sono stati raccolti nella zona indagata dagli scavi archeologici in località Cûeis nel settore delle ricerche 1994-1999 e 2000-2002 (1 in Fig. 2). Un altro sito chiave per la comprensione dell'evoluzione della zona è quello della scarpata del Torrente Cormôr, che negli ultimi anni è stato bonificato dalle macerie e immondizie che erano state accumulate fino agli anni '90 del XX secolo e che tra il 2018 e il 2019 è stato anche ripulito dalla vegetazione, consentendo la visibilità di affioramenti che non erano più accessibili da anni.

3. Inquadramento geologico

L'area di Sammardenchia-Pozzuolo, quasi al centro della Pianura Friulana, è caratterizzata da un ampio terrazzo di origine tettonica, rilevato di alcuni metri rispetto alle zone circostanti ed esteso su di un'area di circa 4 km². Ad una prima generazione di studiosi che ha descritto questa altura e investigato le evidenze di superficie (PIRONA 1861; DE GASPERI 1909; FERUGLIO 1920, 1925; COMEL 1946), sono proseguite altre ricerche più recenti che hanno potuto analizzare anche i dati del sottosuolo profondo tramite carotaggi esplorativi e indagini geofisiche, spiegando così l'origine dei colli isolati alla luce dell'assetto tettonico (CATI et al. 1987; VENTURINI 1987).

Infatti, la topografia è legata essenzialmente all'attività dei thrust alpini più esterni, che hanno ripreso strutture tettoniche di età dinarica (GALADINI et al. 2005; ZANFERRARI et al. 2008a). In particolare il sistema di faglie inverse di Pozzuolo ha riutilizzato il fronte esterno dinarico (linea di Palmanova), mostrando evidenze di deformazione recente in senso transpressivo, che hanno originato i rilievi isolati di Sammardenchia-Pozzuolo, Carpeneto, Orgnano e Variano (POLI 2019). Come visibile in Fig. 1, le parti più rilevate del terrazzo di Pozzuolo-Sammardenchia corrispondono proprio alla traccia del sovrascorrimento di Pozzuolo ed è in corrispondenza di questa struttura che affiorano i depositi miocenici, presso la scarpata erosa dal Torrente Cormôr in località Grote di Tami (4 in Fig. 2; per la descrizione dettagliata delle rocce del Miocene e del loro contenuto paleontologico si veda BIZZARINI et al., in questo volume). Sopra i colli isolati affiorano depositi la cui età è variabile e generalmente non conosciuta in modo preciso, ma che sono precedenti al LGM. Si tratta in maggioranza di ghiaie, anche con blocchi, talvolta cementati, anche se sono segnalate limitate zone con presenza di limi e argille. Nella Carta delle unità geologiche della pianura del Friuli Venezia Giulia tali depositi sono appartenenti alla superunità del Friuli (FONTANA et al. 2019; Fig. 1), che corrisponde al supersintema del Friuli nel Foglio Udine della nuova carta geologica nazionale (ZANFERRARI et al. 2008a).

La pianura circostante il terrazzo di Sammardenchia-Pozzuolo è costituita dai depositi fluvio-glaciali del Torrente Cormôr, quando questo era uno dei principali scaricatori glaciali direttamente connessi al ghiacciaio del Tagliamento e formò il suo megafan alluvionale (FONTANA et al. 2014a, 2014b). In particolare i depositi affioranti in zona sono riferibili alla cosiddetta fase cataglacia, verificatasi tra 22.000 e 19.000 anni fa, quando alla fine del LGM il ghiacciaio cominciò la sua fase di ritiro, ma rimase con la fronte ancora in pianura (FONTANA et al. 2014b). In quel periodo il Cormôr si incise nel tratto di passaggio attraverso le colline moreniche più esterne e sedimentò invece più a valle di Udine, creando un lobo telescopico che si espandeva verso ovest fino all'allineamento tra Pesian di Prato, Campoformido e Galleriano (Fig. 1). Si tratta della subunità di Remanzacco nella Carta delle unità geologiche della pianura del Friuli Venezia Giulia (SPB4, FONTANA et al. 2019), corrispondente al subsintema di Remanzacco nel foglio Udine della nuova carta geologica (ZANFERRARI et al. 2008a). Questa unità è formata da ghiaie e, comunque, le sue caratteristiche sedimentologiche sono ben comparabili a quelle della sub unità di Canodusso (SPB3, FONTANA et al. 2019) o subsintema di Canodusso (ZANFERRARI et al. 2008a), che rappresenta invece i sedimenti fluvio-glaciali dell'ultima massima avanzata glaciale, depositati tra 24.000 e 22.000 anni fa.

Successivamente, circa 19.000 anni fa, a seguito della rapida fusione del ghiacciaio e del suo conseguente ritiro all'interno della valle del Tagliamento, il Cormôr non è stato più alimentato dalle acque di fusione glaciali ed è divenuto un corso minore di regime torrentizio, alimentato da un bacino subalpino e pedemontano di soli 85 km² (FONTANA et al. 2014b). Il Cormôr si è quindi ulteriormente inciso, terrazzandosi rispetto alla pianura fluvio-glaciale del LGM fino a 20 m e scorrendo così lungo una valle larga alcune centinaia di metri che si riconosce tra le morene più esterne presso Pagnacco e Pozzuolo del Friuli. Durante il post-LGM l'attività del Cormôr è stata molto limitata, portando ad un sostanziale rimaneggiamento delle ghiaie sabbiose interne alla sua valle incisa e, più a sud, alla deposizione di un'unità con uno spessore massimo di 2-3 m che è stata cartografata come unità superiore dei bacini tributari (Fig. 1).

Prima dei lavori di canalizzazione eseguiti tra gli anni '30 e '50 del XX secolo, il Torrente Cormôr terminava poco a valle di Pozzuolo, nella zona situata a cavallo della fascia delle risorgive, in quella che era chiamata la Palude di Mortegliano (FERUGLIO 1925; MARTINIS 1996, 2002; FONTANA 2006). Fu grazie al lavoro volontario di migliaia di braccianti disoccupati (una sorta di sciopero al contrario passato alla storia come "le lotte del Cormôr" del 1950), che poi nel 1955 venne ultimata la regimentazione del corso d'acqua, consentendo il suo utilizzo per scopi irrigui nella bassa pianura e facendolo sfociare in Laguna di Marano (MARTINIS 2002).

4. Dati geomorfologici

Il DTM di Fig. 2 consente di apprezzare l'esteso rilievo esistente tra Sammardenchia e Pozzuolo in tutta la sua ampiezza e di evidenziare come la sua maggior espressione morfologica sia localizzata proprio in corrispondenza del Castelliere di Pozzuolo (3 in Fig. 2), dove viene raggiunto il dislivello naturale massimo di 14 m tra il top dell'altura e il fondo del Torrente Cormôr (Figg. 3d e 3g). In questa zona l'attività umana ha portato ad alterare la topografia originaria già dalla Protostoria (CASSOLA GUIDA et al. 1998) e in più luoghi la netta scarpata che il fiume aveva scavato è divenuta un acclive pendio. La scarpata è invece nettamente verticale poco più a monte, in località Grote di Tami, dove l'erosione operata dal Cormôr ha fatto affiorare le rocce mioceniche. È significativo ricordare che, subito a nord di questo sito, la zona di scarpata è descritta dal toponimo "Pietra", probabilmente riferito al fatto che in passato il substrato roccioso o il conglomerato affiorava più estesamente. Una evidente alterazione della topografia naturale è stata causata dall'edificazione della Villa Gradenigo Sabbatini (5 in Fig. 2), ora sede dell'Ente Regionale Sviluppo agricolo (ERSA), in cui il

dislivello è stato suddiviso da terrazzamenti utili alle coltivazioni. Simili interventi sono stati condotti sul fianco orientale del colle situato a oriente di Carpeneto (Fig. 3f), che rappresenta anche la sponda occidentale della valle in cui scorre il Cormôr. Questa depressione ha un'ampiezza compresa tra i 300 e gli 800 m nel settore a monte di Zugliano, mentre poi si allarga notevolmente fino a raggiungere i 2 km all'altezza di Terenzano, per effetto dell'ampia ansa erosa sul lato occidentale. Più a sud, l'ultimo tratto della valle è scavato tra il colle di Pozzuolo e quello situato a oriente di Carpeneto e ha una larghezza quasi costante di circa 600 m.

Tale particolare sviluppo planimetrico della valle del Cormôr è stato fortemente indotto dalla presenza delle strutture tettoniche con andamento SE-NW che, avendo sollevato il substrato roccioso resistente, hanno indotto il Cormôr, una volta inciso nella pianura LGM, a scavare il suo percorso attraverso i colli. Per l'effetto creato dall'ostacolo al flusso e la minor pendenza della pianura, nel tratto subito a monte del rilievo Sammardenchia-Pozzuolo-Carpeneto il fiume ha quindi eroso una sezione molto più larga che a monte. Come già evidenziato in lavori precedenti, il passaggio del Cormôr presso Pozzuolo è un caso di antecedenza fluviale, che

testimonia la complessa relazione tra i processi alluvionali e l'attività geodinamica (BELTRAME 1986; CAVALLIN et al. 1987; FONTANA 1999).

Data la limitata attività del Cormôr negli ultimi millenni, si ritiene che il torrente abbia scavato la sua valle subito dopo la disattivazione dell'unità di Remanzacco, quando durante la sua fase di scollegamento dalla fronte del ghiacciaio del Tagliamento aveva ancora una portata molto più significativa dell'attuale. Quindi, probabilmente, l'incisione ha raggiunto una morfologia simile all'attuale attorno a 19.000 anni fa. Tuttavia, il fondo di tale incisione è stato poi rimodellato e soprattutto rielaborato nella prima parte del tardoglaciale.

Lungo l'alveo del torrente (Fig. 3d) la pendenza ha un valore piuttosto costante che è compreso tra 3,5 e 4,2‰, è frutto della sua attività di erosione e sedimentazione attuate nel post-LGM; invece, lungo la pianura esterna (Fig. 3a) è compresa tra 4,5-5,2‰, in linea coi valori che ha in altre zone poco a sud di Udine. La pendenza è invece molto variabile in corrispondenza del terrazzo di Sammardenchia-Pozzuolo, infatti può essere quasi nulla immediatamente a nord di esso (Fig. 3c) e al top di esso (Fig. 3b-d), mentre queste due zone sono separate dalla scarpata verticale che si riconosce con direzione prima

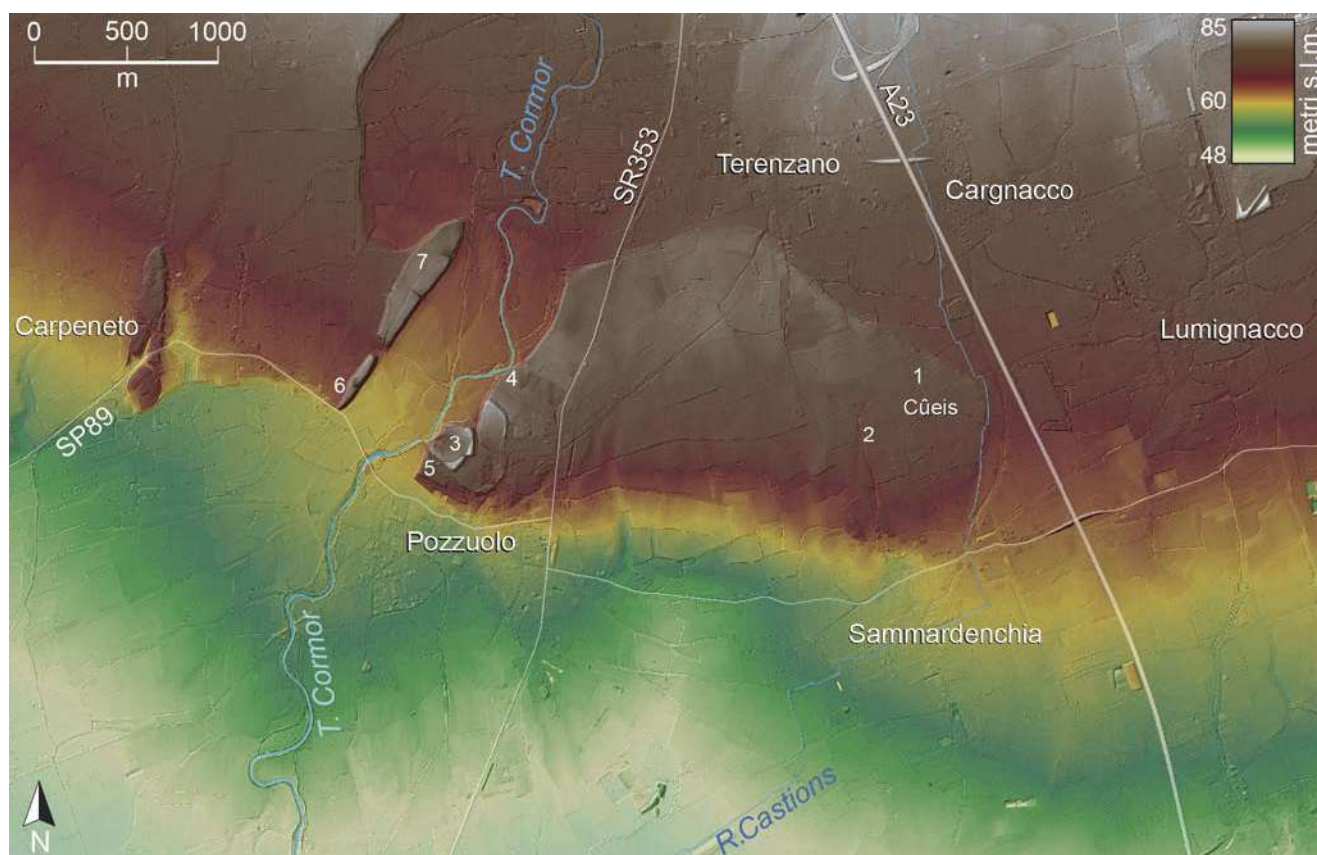


Fig. 2 - Modello digitale del terreno (DTM) ottenuto da dati LiDAR. 1) Area scavi Cûeis 1985-2002; 2) area scavi Selvis; 3) Castelliere di Pozzuolo; 4) Grote di Tami; 5) Villa Gradenigo Sabbatini; 6) Colle orientale di Carpeneto, Monumento ai caduti; 7) Colle orientale di Carpeneto, settore nord.

- Digital terrain model (DTM) from LiDAR data. 1) Excavation area Cûeis 1985-2002; 2) excavation area Selvis; 3) Castle of Pozzuolo; 4) Tami's Cave; 5) Villa Gradenigo Sabbatini; 6) Eastern hill of Carpeneto, War Memorial; 7) Eastern hill of Carpeneto, north sector.

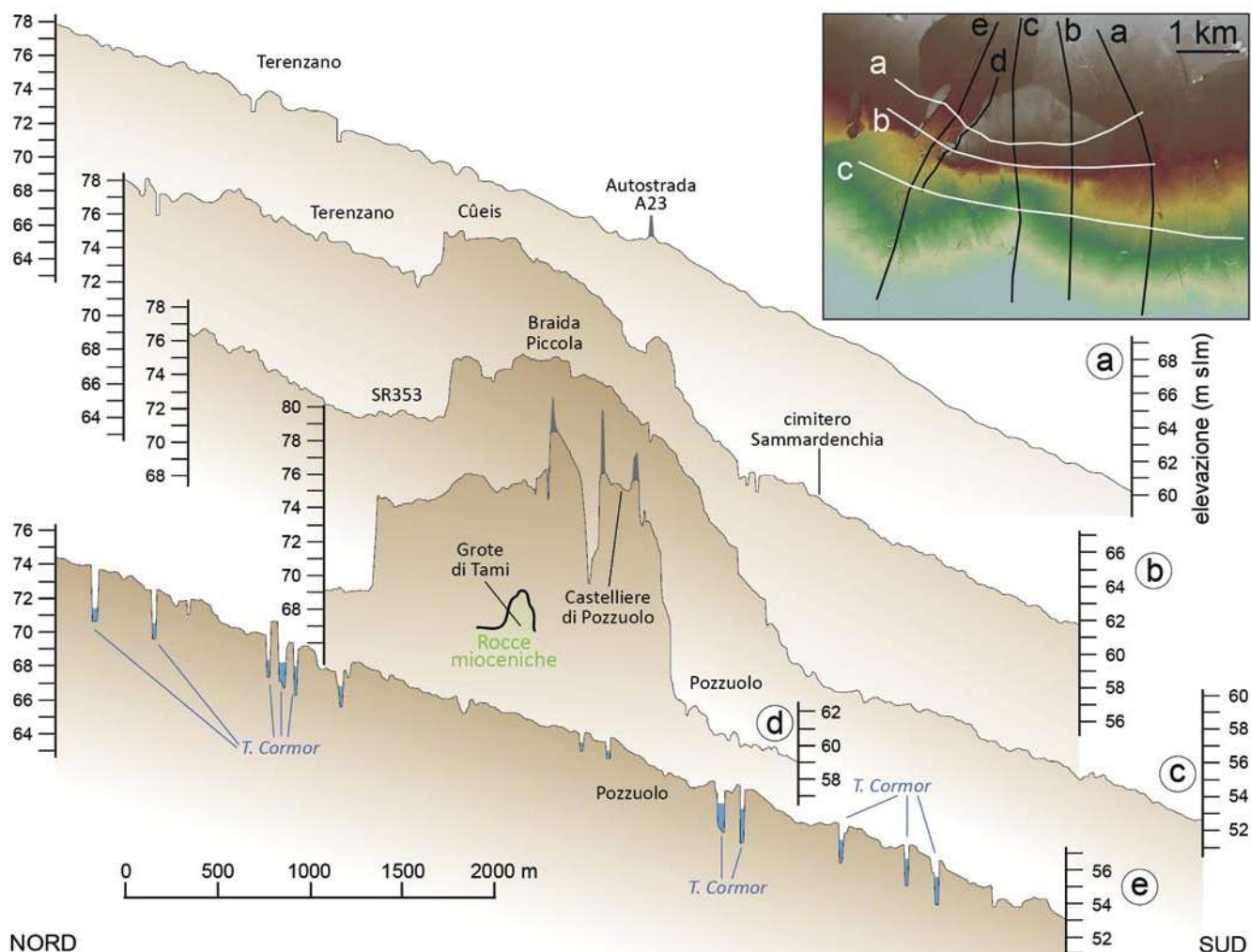


Fig. 3 - Profili topografici perpendicolari alla direzione della pianura. Per l'ubicazione si vedano le tracce bianche indicate nel riquadro in alto a destra.

- Topographic profiles perpendicular to the direction of the plain. For the location, see the white traces indicated in the inset map at the top right.

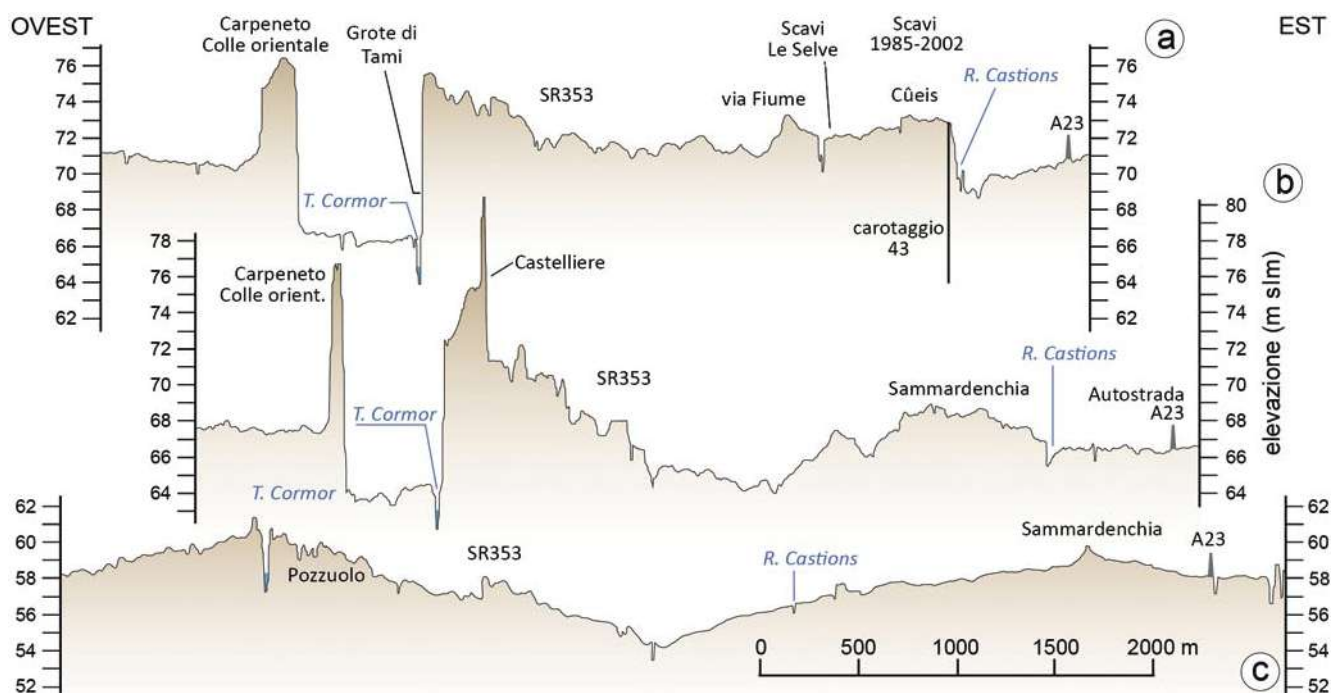


Fig. 4 - Profili topografici longitudinali alla direzione della pianura. Per l'ubicazione si vedano le tracce nere indicate nel riquadro in alto a destra di Fig. 3.

- Topographic profiles, longitudinal to the direction of the plain. For the location, see the black traces indicated in the inset map at the top right in Fig. 3.

SE-NW, tra l'autostrada e Terenzano e poi ENE-WSW da questo abitato fino all'alveo del Cormôr. Sul versante meridionale del terrazzo la superficie ha un andamento convesso (Fig. 3b-d), con pendenza che può raggiungere anche il 20%, e va poi raccordandosi con la pianura circostante, grossomodo poco a monte della strada che unisce Pozzuolo a Sammardenchia.

La superficie sopra il rilievo isolato di Sammardenchia-Pozzuolo è sub-pianeggiante, ma l'analisi dei dati LiDAR (Figg. 2 e 7) evidenzia chiaramente la presenza di una morfologia locale piuttosto articolata, data da alternanze di vallecole e dorsali, ampie 500-100 m, che sono verosimilmente corrispondenti al reticolo formatosi naturalmente per smaltire le acque piovane. Si riconosce infatti un pattern di depressioni parallele che drenano verso sud, la cui evidenza originaria è stata però fortemente compromessa dall'azione combinata di processi erosivi e deposizionali, sia naturali che antropogenici. Infatti, ai meccanismi di origine naturale che hanno agito su tempi molto lunghi, si sono sommati negli ultimi millenni le pratiche agrarie e i riordini fondiari. Questi, oltre a spianare genericamente le superfici, hanno anche causato il movimento di colluvi che hanno largamente riempito le zone depresse.

Tale dinamica è stata ben documentata presso l'area degli scavi archeologici condotti in località Cûeis nel 2001, dove sono stati individuati lunghi fossati neolitici (PESSINA 2006). Questi seguivano l'andamento di una depressione naturale e le strutture archeologiche sono state preservate grazie ai sedimenti colluviali che successivamente hanno parzialmente riempito l'area.

Le vallecole che scendono dal terrazzo verso sud non sono quasi riconoscibili sul terreno per la loro limitata evidenza topografica, mentre sono visibili in alcune immagini telerilevate, come ad esempio certe riprese satellitari effettuate durante la stagione di crescita delle coltivazioni e in condizioni di stress idrico. In queste situazioni di difficoltà per le piante, esse divengono particolarmente sensibili alla granulometria dei sedimenti su cui crescono e vegetano meglio sui substrati fini. Così le piante nelle vallecole colmate di sedimenti colluviali manifestano un migliore stato di rigoglio.

Invece, nelle immagini invernali, quando la copertura vegetale nei campi è minima, sono spesso ben evidenti le tracce dei paleoalvei di tipo *braided*, che sono diffusamente presenti nella pianura LGM che circonda il rilievo di Sammardenchia-Pozzuolo. Il pattern da loro disegnato consente di riconoscere un andamento divergente, a ventaglio che si irradia come apice dalla stretta in cui il Cormôr oltrepassa i rilievi presso Pozzuolo e dal margine più orientale del rilievo, a est di Sammardenchia. Nel complesso si tratta di due conoidi alluvionali che il DTM ricavato dal LiDAR consente di rendere molto ben visibili. Entrambi questi conoidi hanno una lunghezza di circa 2500 m, hanno apice tra i 67-65 m e sono riconoscibili fino a circa 52

m slm, mentre più a valle si raccordano con la pianura circostante. Come descritto in FONTANA (1999), corrispondono a morfologie di accumulo formate dal Cormôr nelle ultime fasi in cui era ancora uno scaricatore glaciale che, nell'oltrepassare il tratto in cui era confinato dalla presenza del rilievo tettonico, aveva poi sparso a ventaglio i suoi sedimenti. I due conoidi si toccano poco a ovest del cimitero di Sammardenchia (Fig. 3h) e generano una depressione che nel corso del post-LGM può aver svolto il ruolo di collettore naturale delle acque piovane.

Nel settore verso nord l'attività alluvionale del Cormôr ha rimodellato il colle isolato, creando delle scarpate relativamente verticali, alte fino a 4 m, proprio in virtù dell'azione erosiva delle acque. Lo stesso processo si era verificato più a ovest, dove anche il versante occidentale del colle situato a est di Carpeneto appare fortemente sagomato dall'erosione fluviale, prima che il Cormôr si incidesse nei suoi stessi depositi e formasse la valle in cui scorre tuttora.

5. Dati Stratigrafici e paleopedologici

Come ricordato nell'inquadramento, i depositi che affiorano sopra i colli isolati della Pianura Friulana sono molto variegati e discontinui, legati a condizioni locali sia per la sedimentazione originaria, che per la loro successiva preservazione. Infatti si tratta di sedimenti quasi sempre precedenti al LGM che possono avere età molto differenziate, potenzialmente comprese dal Pleistocene Inferiore a quello Superiore (cfr. ZANFERRARI et al. 2008a; FONTANA et al. 2019). Non fa eccezione il colle di Sammardenchia-Pozzuolo, in cui i pochi affioramenti descritti negli ultimi decenni denotano la varietà dei depositi e la loro limitata continuità laterale.

5.1 Scarpata del T. Cormôr, località Grote di Tami

In questo noto sito (Figg. 3d e 4a), già studiato da molti autori (ad es. PIRONA 1861; COMEL 1946) e recentemente rianalizzato (BIZZARINI et al. 2020 in questo volume), la pulizia effettuata in questi anni consente ora di vedere direttamente il contatto stratigrafico tra i conglomerati e le sottostanti arenarie mioceniche, separate da una discontinuità angolare (Fig. 6). Il conglomerato è formato di clasti da mediamente arrotondati ad arrotondati, con diametri variabili dalle ghiaie fini a quelle grossolane e con rara presenza di blocchi. La composizione petrografica è tipica del bacino del Tagliamento. Il grado di cementazione è molto variabile, con alcune porzioni che ne sono quasi prive e mostrano una struttura clasto-sostenuta, mentre altre hanno una struttura a supporto di matrice e sono fortemente cementate.

Sopra i conglomerati sono presenti ghiaie con spessori variabili, ora poco visibili presso la scarpata (cfr.

BELTRAME 1986), ma che affiorano nei campi localizzati sulla superficie del terrazzo. È su tale superficie che, in alcune zone, si riconoscono percentuali significative di limi giallastri anche nello strato arativo, caratterizzati dalla presenza di abbondanti cristalli di muscovite.

5.2 Carotaggio 43 (Località Cûeis) [45°59'39.09"N - 13°13'51.98"E; 71,5 m slm]

Tra le indagini condotte per la realizzazione della Carta Geologico Tecnica formazionale finanziata dalla Regione Friuli Venezia Giulia (Progetto GEO-CGT), nel 2007 è stato effettuato un carotaggio al top della superficie del colle isolato di Sammardenchia, al bordo nord-orientale dello stesso, circa 35 m a ovest del tracciato della Roggia Ledra di Castions (Fig. 7). Il punto di indagine è poco distante dall'area indagata con gli scavi del 1994-1999 e il carotaggio ha raggiunto 10 m di profondità dal piano campagna. La sequenza è caratterizzata da circa 40 cm di riporto sotto cui vi sono limi gialli debolmente ghiaiosi che passano ad argille limose rossastre, consolidate, caratterizzate dalla presenza di ghiaie con composizione silico-clastica e fortemente alterate. Da 80 cm fino al fondo foro la carota ha incontrato alternanze di ghiaie medio grosse, arrotondate, con presenza di matrice sabbiosa e sabbioso limosa.

Solo tra 4,2 e 5,0 m sono documentati livelli debolmente cementati e la ghiaia è medio-fine tra 7,2 e 8,6 m.

5.3 Profilo pedostragafico quadrati GG/9-10 (scavi Cûeis 1998) [45°59'39.53"N - 13°13'45.53"E; 73,4 m slm] e Profilo 2000 [45°59'40.00"N - 13°13'41.42"E; 73,7 m slm]

Per la zona ampiamente studiata tramite scavi estensivi tra il 1994 e il 2002 (FERRARI & PESSINA 1999) fa da riferimento la trincea stratigrafica/pedologica scavata nel 1998, già pubblicata in FONTANA (1999) (Fig. 9c). Anche nell'area indagata nel 2000 è stata descritta una trincea con caratteri simili ma che ha raggiunto le ghiaie non alterate, di cui si riporta qui la descrizione estesa (Fig. 8b), con le profondità riferite al piano campagna.

Orizzonte (0) 0-45 cm: strato arativo di tessitura franco limosa e colore marrone (10YR 5-4/3), privo di scheletro senza reazione all'HCl; limite inferiore abrupto ondulato.

Orizzonte (I) 45-90 cm: tessitura franco limosa e colore marrone giallastro scuro (10YR 5-4/4), pietrosità assente e scheletro raro, con rari clasti di selce (2 mm) e presente solo nella parte bassa, forse dovuti a bioturbazioni; consistenza molto friabile e scarsamente adesiva,



Fig. 5 - Immagine satellitare di alta risoluzione geometrica a colori reali (satellite Worldview-2) in cui sono evidenti le tracce scure relative ad alvei di tipo braided. I paleoalvei formano un pattern a ventaglio che consente di identificare due conoidi alluvionali che avevano apice a est e a ovest del rilievo di Sammardenchia - Pozzuolo. 1) Cûeis, scavi 1985-2002; 2) scavi area Selvis (Le Selve); 3) Castelliere di Pozzuolo.

- High geometric resolution image in real color (Worldview-2 satellite) in which the dark traces of braided riverbeds are evident. The paleochannels form a divergent pattern that allows to identify two alluvial fans that had apex east and west of the Sammardenchia-Pozzuolo relief. 1) Cûeis, excavations 1985-2002; 2) excavations Selvis (Le Selve); 3) Castelliere (Hillfort) of Pozzuolo.

con struttura poliedrica media, moderatamente visibile; pori molto piccoli, comuni, puliti; presenza di anellidi, radici comuni suborizzontali; assenza di screziature, efflorescenze e concrezioni. Carbonati assenti. Limite inferiore chiaro irregolare.

Orizzonte (II) 90-110 cm: Limoso argilloso con abbondante presenza di cristalli di muscovite; colore marrone giallastro chiaro (7.5YR 5/4-6); struttura poliedrica angolare, subverticale, ben espressa e grossolana, con patine nerastre (ossidi di manganese) sulle facce degli aggregati e rivestimenti argillosi comuni, con facce di pressione. Consistenza da molto a estremamente dura, pori piccoli comuni; presenza di tane di micromammiferi e anellidi; scheletro minuto, comune dato da clasti non carbonatici di 1-2 cm. limite inferiore netto, forse erosivo. Si tratta di orizzonte Bt con caratteri vertici.

Orizzonte (III) 110-145 cm: caratteristiche simili a orizzonte (II) ma con glosse verticali di colore marrone giallastro chiaro (10YR 5/6) formate da limo plastico e poco consistente, friabile; presenza di screziature; nel complesso la struttura è prismatica, con fessure verticali molto evidenti; scheletro comune (15%) con clasti non carbonatici fino a 2 cm. Limite inferiore abrupto.

Orizzonte (IV) 145-160 cm: tessitura limoso argillosa, colore marrone deciso (7.5YR 5-4/6); struttura poliedrica angolare, prismatica con evidenti fessurazioni e rivestimenti di argille e rare patine di ferro-manganese; scheletro frequente, minuto; pori piccoli comuni. Limite inferiore chiaro ondulato.

Orizzonte (V) 160-180 cm: caratteri come orizzonte (IV) ma con scheletro più frequente e alla base accu-

mulo di ciottoli centimetrici fortemente alterati, con evidenti patine di ferro-manganese. Presenza di glosse poco allungate di forma tondeggianti. Limite inferiore abrupto.

Orizzonte (VI) 180-220 cm: tessitura argilloso limosa e colore marrone rossastro (5YR 4/4); scheletro abbondante (oltre 50%); struttura poliedrica angolare media, interrotta dai ciottoli, anche pluricentrici. Questi sono presenti anche all'interno delle glosse che risultano tondeggianti. Pori piccoli e scarsi; limite inferiore graduale.

Orizzonte (VII) 220-280 cm: ghiaie non carbonatiche, con sostegno di matrice argillosa di colore marrone (7YR 5/4), che verso il fondo passano gradualmente a ghiaie con struttura a supporto di clasti, ma in cui comunque i ciottoli sono fortemente alterati e con fessure riempite di argilla. Assenza di clasti carbonatici al tetto e rara presenza verso il fondo dell'orizzonte.

Orizzonte (VIII) 280-310 cm: ghiaie alterate che passano gradualmente ad inalterate, con presenza anche di clasti carbonatici

Nel complesso si tratta di una sequenza stratigrafica che denota una complessa pedogenesi, fino alle parti più profonde, e che probabilmente è costituita da suoli poligenici sovrapposti. Soprattutto gli orizzonti VI e VII demarcano caratteristiche tipiche di un paleosuolo fortemente evoluto, che per la sua formazione ha richiesto l'azione dei processi pedologici per un intervallo di tempo di decine di migliaia di anni e, verosimilmente, in un contesto morfoclimatico differente da quello olocenico. Gli orizzonti superiori, fino a 1,45 m di profondità, sono caratterizzati da sedimenti limosi giallastri e sono



Fig. 6 - Foto della scarpata fluviale presso località Grote di Tami, dove l'erosione del T. Cormôr ha fatto affiorare le arenarie mioceniche e i conglomerati che le ricoprono in discontinuità angolare. In (b) è visibile la stratificazione dei conglomerati.
- Photo of the river scarp near "Grote di Tami" (Tami's cave), where the erosion of T. Cormôr exposed the Miocene sand-stones and the conglomerates that cover them in angular discontinuity. In (b) the stratification of the conglomerates is visible.

interpretabili come depositi di origine eolica sulla base del confronto con altre sequenze descritte nell'Italia Nord-orientale (cfr. CREMASCHI 1990).

Da notare che poche decine di metri più a nord e a nord-est, nella zona in cui si trova la strada campestre con direzione E-W che separa l'area del Grande Pozzo da quelle delle campagne di scavo 2000-2002 (Fig. 7), le ghiaie fortemente alterate e con presenza di matrice argillosa rossastra sono affioranti subito sotto l'arativo. Questi corrispondono agli orizzonti VI e VII della sezione GG 9/10 e sezione 2000 e si trovano in una zona in cui la quota assoluta del piano campagna è comparabile a quella dell'altro sito. Quindi tra i due punti si può ricostruire un dislivello originale di oltre 1,5 m dell'orizzonte con le ghiaie alterate, successivamente spianato dall'erosione.

5.4 Grande Pozzo (Struttura 153, Scavo Cûeis 1995-97) [45°59'39.29"N - 13°13'46.54"E; 73,3 m slm]

Questa struttura archeologica scavata tra il 1995 e il 1999 corrisponde ad una buca quasi circolare con diametro di circa 4 m e profonda circa 1,5 m al di sotto dell'arativo (Fig. 6a), mentre originariamente poteva giungere anche a oltre 2 m. Il riempimento sedimentario è stato descritto anche con metodi micromorfologici da OTTOMANO (1999), che ha dimostrato l'utilizzo di questa buca come un cisterna per acqua, almeno in una

fase iniziale, mentre sono poi documentate varie fasi di riutilizzo fino a quella finale come rifiutiera (cfr. FERRARI & PESSINA 1999). La buca era scavata all'interno di limi argillosi e argille limose le cui caratteristiche sono confrontabili con gli orizzonti da I a VI della sezione GG/9-10 del 1998. In particolare, gli ultimi 70 cm circa erano costituiti da argille limose rossastre con rari clasti di selce centimetrici, mentre al di sopra i sedimenti erano limoso argillosi giallastri. Le piogge avvenute durante le operazioni di scavo hanno più volte dimostrato la notevole impermeabilità dei depositi in cui era scavata la buca, richiedendo l'intervento di pompe per il suo svuotamento. In questo punto non si è arrivati a raggiungere le ghiaie documentate nell'orizzonte VII del profilo GG 9/10 che, quindi, si trovavano originariamente oltre 2 m al di sotto del livello topografico presente nella zona. Il Grande pozzo era ubicato al limite della grande struttura 126, scavata per circa 370 m², indagata estesamente tra il 1995 e il 1999 (CERMESONI et al. 1999), e tutta avente come substrato limi giallastri consolidati, fortemente bioturbati.

5.5 Sezioni Strutture 230 e 231 (Scavo Cûeis 2001) [45°59'40.40"N - 13°13'40.3"E; 73,3 m slm]

Tra il 2000 e 2002 si sono svolte indagini estensive in un'area dei Cûeis situata a nord-ovest di quella precedentemente scavata (Fig. 7) ed è stato documentato

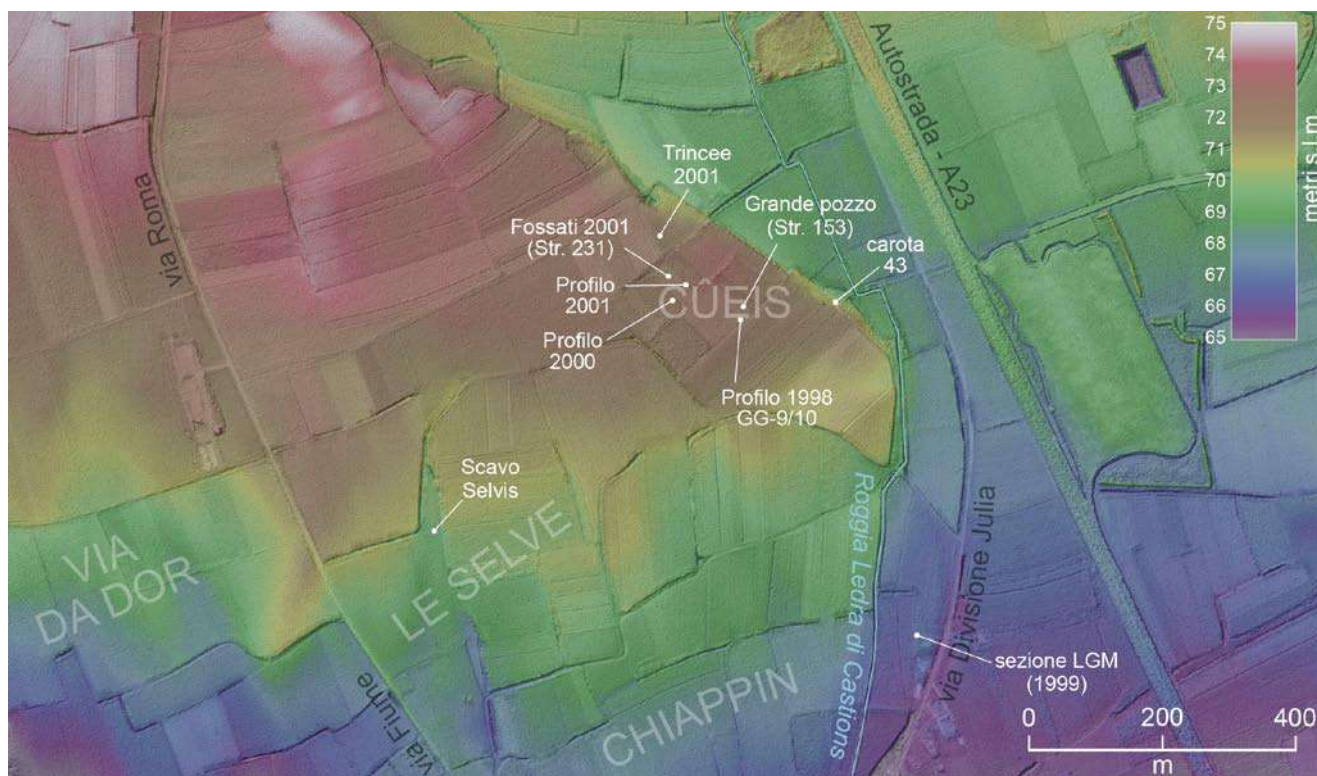


Fig. 7 - Modello digitale del Terreno (DTM) dell'area a nord dell'abitato di Sammardenchia con indicati i luoghi citati nel testo in cui sono state descritte sezioni stratigrafiche.
- Digital Land Model (DTM) of the area north of the town of Sammardenchia indicating the places mentioned in the text in which stratigraphic sections have been described.

un sistema di fosse allungate in senso NNE-SSW che è stato interpretato come un sistema di perimetrazione di uno degli abitati neolitici di Sammardenchia. Esso è formato da un fossato più profondo (strutture 173 e 231), costituito probabilmente da vari segmenti, affiancato sul lato occidentale da una canaletta con sezione a "U" (strutture 232), fonda poco più di 50 cm (PESSINA 2006). Le datazioni al radiocarbonio di vari campioni di carboni provenienti dal riempimento di queste strutture testimoniano che esse sono riferibili ad un periodo compreso tra la fine del VI e l'inizio del V millennio a.C. (PESSINA 2006). Al fondo della struttura 231, come nello strato L di Fig. 9a, i sedimenti erano caratterizzati da concrezioni carbonatiche e da croste di ferro-manganese la cui formazione è legata alla forte impermeabilità dello strato argilloso in cui sono scavati i fossati e all'azione "diagenetica" dell'acqua.

I nuovi dati di topografia LiDAR consentono di riconoscere che il sistema di fossati risulta essere impostato lungo una delle vallecicole che caratterizzano la superficie sommitale del terrazzo di Sammardenchia con andamento N-S. Questa depressione è stata utilizzata anche per posizionare una condotta dell'acquedotto negli anni '70 del XX secolo, che purtroppo ha parzialmente intaccato le strutture archeologiche.

In buona parte dell'area scavata tra 2000 e 2002 al di sotto dell'arativo erano presenti limi gialli consolidati ma dalla consistenza friabile, caratterizzati dalla presenza da rara a comune di screziature di 1-2 mm. La struttura di questi orizzonti è chiaramente poliedrica ben espressa che diviene prismatica-colonnare in profondità. L'asportazione dello strato arativo su di un'area molto estesa per mettere in luce le strutture archeologiche ha consentito di documentare la struttura poligonale degli aggregati di suolo, con lato di lunghezza media 35 cm e massimo 50 cm. Le fessure di separazione sono larghe 1-2 cm, profonde fino a 10 cm, riempite del sedimento che costituiva gli orizzonti di suolo soprastanti (Figg. 8c, 8d, 9a e 9b). Lungo le pareti delle strutture archeologiche le fessure mostravano la presenza del riempimento fin quasi al contatto con l'orizzonte delle argille rossastre sottostanti. In molti casi alcuni reperti archeologici di dimensioni anche centimetriche erano infissi all'interno delle fratture, testimoniando l'attività di processi di movimento del suolo tipo espansione e contrazione anche nel periodo successivo alla frequentazione neolitica.

Un limite netto, probabilmente erosivo, separa i limi soprastanti da argille limose fortemente consolidate, caratterizzate da una struttura poliedrica angolare ben espressa, che diviene prismatica colonnare con blocchi larghi 6-10 cm. Le fratture identificano un evidente *tonguing* di limo grigio biancastro proveniente dagli orizzonti sovrastanti, in cui il colore "sbiancato" è probabilmente stato indotto da processi di eluviazione avvenuti nelle fessure.

5.6 Trincee 2001 (Cûeis-Cret)

Nel novembre 2001 sopra il terrazzo di Sammardenchia si sono scavate due trincee fonde circa 1,5 m per cercare la continuazione dei fossati neolitici individuati pochi mesi prima (strutture 230 e 231; Fig. 7). Il sito indagato si trova alcune decine di metri a nord-est delle strutture precedentemente descritte, nella zona identificata dal microtoponimo "Cret". L'area è situata a poca distanza dalla scarpata che borda l'angolo nord-orientale del terrazzo, alla cui base era presente una sorgente d'acqua fino agli anni '50 del XX secolo che, per la sua persistenza, veniva sfruttata nei periodi di maggior siccità per far abbeverare gli animali (cfr. FONTANA 1999). Le trincee hanno permesso di documentare una sequenza di depositi limosi fini giallastri che arrivano fino a circa 1,2 m di profondità, soprastanti ad argille limose rossastre fortemente consolidate. Queste ultime erano costituite da una struttura fortemente poliedrica, con elementi aventi lato di 5-10 cm, ben separati fra loro da fessure centimetriche che isolavano i singoli aggregati ed erano riempite dai limi soprastanti, sbiancati. Nel complesso la stratigrafia è ben confrontabile con quella naturale entro cui sono stati scavati i fossati indagati nel 2001 e descritti di seguito (Figg. 9a e 9b).

5.7 Profilo 2001 (Scavo Cûeis 2001)

[45°59'39.30"N - 13°13'40.80"E; 73,5 m slm]

Sezione pedologica profonda circa 2,5 m (Fig. 8e), scavata circa 20 m a sud ovest dei fossati neolitici sopra descritti (strutture 231). Al di sotto dell'arativo i depositi limosi argillosi rossastri con poco scheletro minuto si trovano fino a circa 80 cm di profondità, separati dalle sottostanti argille con ghiaie da un limite abrupto. Tra 80 e 180 cm sono presenti argille limose rossastre con scheletro da comune ad abbondante, anche formato da ciottoli di litologie non carbonatiche. A 180 cm esiste il limite netto ma ondulato che marca il passaggio alle ghiaie medio fini, debolmente alterate, in cui domina la componente carbonatica. In questa sezione stratigrafico-pedologica mancano gli orizzonti limosi in cui sono scavati i fossati neolitici, che quindi, pur essendo molto vicini, si trovano in una zona in cui la sequenza stratigrafica è più conservata.

6. Discussione e prospettive future

La revisione dei vecchi e nuovi dati geomorfologici e stratigrafici disponibili per l'area di Sammardenchia e Pozzuolo consente di affermare che su ampi settori al di sopra del terrazzo isolato che caratterizza la zona sono presenti depositi limosi, situati al di sopra di suoli ben sviluppati, evoluti su ghiaie. In base al confronto di sequenze stratigrafiche e pedologiche finora inedite e alla

reinterpretazione di informazioni precedenti, si ritiene che i depositi limosi giallastri siano di origine eolica. In particolare tale agente di trasporto consente di spiegare la presenza di depositi fini, con spessore fino a 1,5 m, sulle porzioni più alte del terrazzo di Sammardenchia, come ad esempio in località I Cûeis.

Tra le caratteristiche più diagnostiche che spingono a ritenere i limi giallastri documentati in varie sezioni come depositi eolici o come loro colluvi vi è proprio la loro posizione rispetto al paesaggio naturale e, quindi, l'impossibilità che siano stati portati lì dal trasporto alluvionale. Inoltre, un altro fattore chiave per il riconoscimento è la struttura prismatica-colonnare molto ben espressa che caratterizza questi sedimenti limosi pedogenizzati. Dove visibili, i prismi hanno altezze di alcuni decimetri e la loro base è poligonale, con lati che possono arrivare fino a 50 cm, anche se mediamente sono compresi tra i 20 e i 40 cm. Per quanto noto, al momento la struttura prismatica documentata presso lo scavo archeologico dei Cûeis del 2001 è una delle più evidenti dell'Italia nord-orientale (cfr. CREMASCHI 1990; FERRARO 2009; SAURO et al. 2009; PERESANI & NICOSIA 2015).

Si sottolinea che per i poligoni visibili all'interfaccia superiore degli orizzonti limosi e quelli documentati anche nella parte sommitale delle argille rossastre descritte ad esempio nelle strutture 230, 231 e 153 non si ipotizza un'origine legata ai cosiddetti suoli poligonali. Questi sono prodotti dall'azione del gelo permanente nei territori caratterizzati da situazioni ambientali periglaciali, ma hanno dimensioni e caratteri differenti (cfr. VAN VLIET-LANÖE 1998; BALLANTYNE 2018). Invece, i poligoni descritti nell'area dei Cûeis sono compatibili con i processi tipici dell'espansione e contrazione stagionale degli aggregati di suolo, come descritto anche in altre aree delle Alpi meridionali (CREMASCHI 1990; FERRARO 2009; SAURO et al. 2009; PERESANI & NICOSIA 2015; ZERBONI et al. 2014).

Al di sotto dei limi giallastri nei profili meglio conservati si è riconosciuta la presenza di un orizzonte arricchito in argilla, che dovrebbe corrispondere ad un orizzonte Bt (II in Fig. 9c), verosimilmente prodotto anche dai processi attuatisi durante il post-LGM.

I dati presentati in questo lavoro sono qualitativi, ma per tutte le aree investigate fra il 1994 e il 2002 sulla

zona di Sammardenchia sono stati prelevati numerosi campioni di terreno che sono attualmente conservati presso il Museo Friulano di Storia Naturale. Molti di tali campioni sono anche indisturbati però, per motivi di tempo, all'epoca degli scavi non sono stati sottoposti ad analisi specifiche se non in pochissimi casi e con lo scopo di comprendere meglio la stratigrafia archeologica (cfr. OTTOMANO 1999). Quindi, nel prossimo futuro si vuole procedere alle loro analisi sedimentologiche e paleopedologiche, per ottenere utili indizi alla ricostruzione delle variazioni ambientali, climatiche e morfologiche cui è stata soggetta la zona di Sammardenchia-Pozzuolo nel lungo termine.

Indizi della presenza di depositi eolici sono stati documentati anche nella zona in prossimità della scarpata di località Grote di Tami (4 in Fig. 2) e presso il colle situato a est di Carpeneto, sia nella zona dove si trova il monumento ai caduti della prima Guerra Mondiale (6 in Fig. 2), sia in quella più settentrionale (7 in Fig. 2). Infatti in queste località già nello strato arativo è stata notata una presenza localmente piuttosto abbondante di sedimenti limosi giallastri con evidenti cristalli muscovite, la cui presenza non è facilmente compatibile con processi alluvionali del bacino del Tagliamento, mentre è spiegabile con l'apporto eolico.

La presenza di loess non era inaspettata nell'area di studio, anzi, però al momento, in tutta la Pianura Friulana non sono noti altri siti in cui gli indizi della presenza di depositi eolici siano così chiare. Diverse sono invece le evidenze nella zona del Carso Triestino in cui numerose sono le sequenze stratigrafiche di ripari e grotte in cui la presenza di sedimenti derivati da rielaborazione di loess è frequente (ad es. BOSCHIAN & MONTAGNARI 2000; BOSCHIAN & DE SANTIS 2001) ed è riferita a fasi databili già a partire dalla parte centrale del Pleistocene Medio (FALGUÈRES et al. 2008).

Quindi, considerando anche la posizione geografica del terrazzo rilevato di Sammardenchia-Pozzuolo, è facile ipotizzare che depositi di loess primario o di loess rielaborato siano presenti o lo siano stati anche su quasi tutti gli altri colli isolati che caratterizzano la zona a sud di Udine e il colle del Castello di questa città. Considerazioni analoghe si possono fare anche per la zona posta a nord di Buttrio, su cui affiorano generalmente le ghiaie pre-LGM dell'unità di Buttrio (Fig. 1, FONTANA

Fig. 8 - Fotografie di sezioni stratigrafiche e profili pedologici descritti nel testo. a) Grande pozzo (Struttura 153, scavi Cûeis 1996-1997); b) Profilo pedo-stratigrafico (scavi Cûeis 2000); c) Fossato neolitico (Struttura 231, scavi Cûeis 2001); d) Sezione del fossato neolitico (Struttura 231, quadrati A10-C10, 2001) con in primo piano la struttura poliedrica prismatica dei limi gialli in cui è stata scavato il fossato; e) Profilo pedo-stratigrafico 2001 (scavi Cûeis 2001) in cui le argille rossastre sono affioranti sotto lo strato arativo; f) Sezione pedologica della superficie del LGM lungo via Divisione Julia, alla base della scarpata che borda il rilievo di Sammardenchia.

- Photos of stratigraphic sections and soil profiles described in the text. a) Large well (Structure 153, excavations Cûeis 1996-1997); b) Pedo-stratigraphic profile (excavation Cûeis 2000); c) Neolithic moat (Structure 231, excavations Cûeis 2001); d) Section of the Neolithic moat (Structure 231, squares A10-C10, 2001) with the multifaceted prismatic structure of the yellow silts in which the moat was dug in the foreground; e) Pedo-stratigraphic profile 2001 (excavation Cûeis 2001); in which the reddish clays are outcropping under the arable layer; f) Pedological section of the LGM surface along via Divisione Julia, at the base of the escarpment which borders the relief of Sammardenchia.



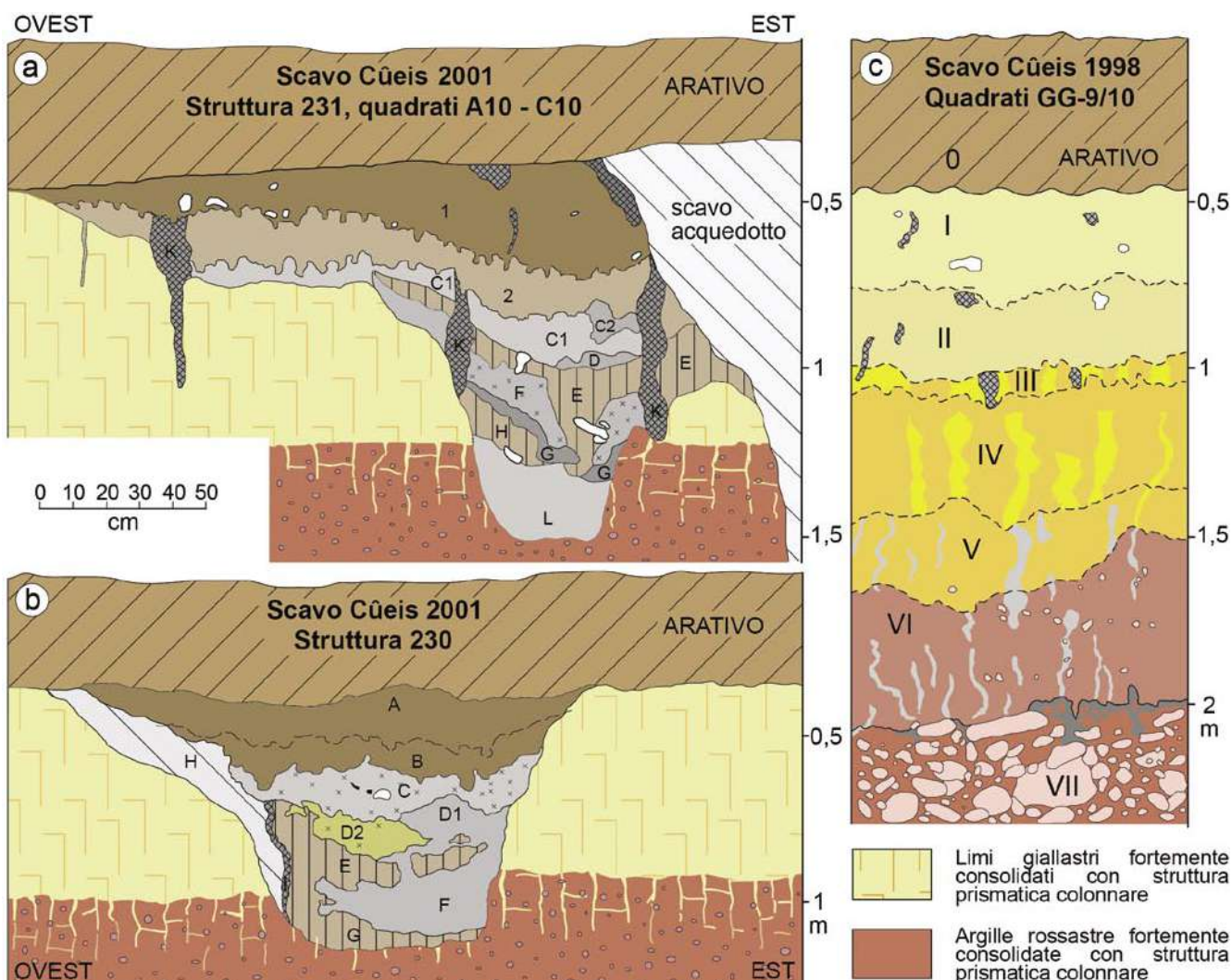


Fig. 9 - Disegni di sezioni stratigrafiche e profili pedologici descritti nel testo. a) Sezione del fossato neolitico (Struttura 231, quadrati A10-C10, 2001) ritratto in Fig. 8d; b) Sezione di struttura neolitica (Struttura 230, scavi 2001); c) Sezione stratigrafica quadrati GG/9-10 (scavi Cûeis 1998).

- Stratigraphic sections and soil profiles described in the text. a) Section of the Neolithic moat (Structure 231, squares A10-C10, 2001) portrayed in Fig. 8d; b) Section of Neolithic structure (Structure 230, excavations 2001); c) Stratigraphic section squares GG / 9-10 (excavations Cûeis 1998).

et al. 2019), dato che tutta quell'area era già leggermente rilevata rispetto alla pianura circostante durante l'ultima glaciazione ed era quindi una zona stabile su cui si potevano accumulare polveri eoliche.

Nella Pianura Friulana l'altro sito che presenta delle notevoli evidenze di sedimentazione eolica in ambiente continentale è rappresentato dalle cosiddette Dune di Belvedere - San Marco, situate fra Aquileia e la Laguna di Grado, che sono state già riconosciute da tempo come forme di accumulo legate a processi eolici e sono state caratterizzate in dettaglio soprattutto dai lavori di COMEL (1954, 1956) e MAROCCO (1991, 2010). La loro attribuzione cronologica alle fasi finali del LGM è stata ottenuta solo recentemente (FONTANA et al. 2019) e conferma l'importanza dei processi eolici in quell'intervallo di tempo chiamato "cataglaciale" a cui si sono attribuiti importanti depositi di loess (cfr. CREMASCHI 1990).

Dal confronto con le sequenze di loess datate lungo il margine alpino (DI ANASTASIO & PERESANI 1995; FERRARO 2009; PERESANI 2004; ZERBONI et al. 2014) e nell'Isola di Susak (WACHA et al. 2011), appare evidente come nel settore dell'Alto Adriatico e del Nord Italia vi siano state delle fasi favorevoli alla deposizione eolica durante l'intervallo tra il MIS 4 e il MIS 2 (circa 70.000-11.700 anni fa), oltre a fasi precedenti di cui però la cronologia è molto incerta. Si può quindi ipotizzare che i depositi di origine eolica documentati presso Sammar-denchia siano almeno in parte del Pleistocene Superiore e che possano avere probabilmente un'età compresa soprattutto tra 35.000 e 17.000, ma sicuramente più antica di 11.700 anni fa. La sedimentazione eolica ha in genera ammantano la topografia preesistente, seppellendo le superfici stabili che erano rimaste precedentemente esposte per molte migliaia di anni. Quindi, come documentato in altri siti all'aperto dell'Italia settentrionale

(CREMASCHI et al. 2015; ZERBONI et al. 2014), è possibile che anche sul terrazzo di Sammardenchia-Pozzuolo alla base o all'interno dei sedimenti di loess vi siano conservati depositi archeologici di età paleolitica che consentirebbero di aprire nuove orizzonti sulla ricerca preistorica nella Pianura Friulana. In questa prospettiva un'attenta ri-analisi delle centinaia di migliaia di manufatti litici raccolti in superficie nell'area di studio tra gli anni '80 e '90 del XX secolo potrebbe già apportare alcuni risultati anche se, data la quantità di reperti raccolti, si tratta di un lavoro lungo.

Nella zona di Sammardenchia, da un punto di vista geoarcheologico, è anche significativo notare la corrispondenza tra le maggiori testimonianze di strutture archeologiche di epoca neolitica antica e i substrati limosi derivati da loess. Infatti le aree scavate tra il 1985 e il 2005 nella zona dei Cûeis insistono quasi interamente su depositi limosi e, come già notato in FONTANA (2000), tale comunanza è stata probabilmente guidata dalle caratteristiche pedologiche e agronomiche di questi substrati che, per molti aspetti, sono simili a quelli presenti nelle pianure dell'Europa centrale. Nel caso di località I Cûeis si tratta di suoli leggeri, ben lavorabili da un'agricoltura primitiva priva di aratro e con una fertilità naturale nettamente superiore a quella delle zone contermini, in cui affiorano le ghiaie del LGM con suoli nettamente meno evoluti (Fig. 8f).

In tutta la zona di località Cûeis e Le Selve la presenza di vallecicole e dorsali di limitata entità mostrate dalle elaborazioni dei rilievi LiDAR (Figg. 2 e 7) corrisponde all'evidenza attenuata di un paesaggio che nel passato doveva apparire più articolato, con dislivelli topografici che potevano arrivare fino a 2-4 m, anche sopra la superficie del terrazzo. Il progressivo abbassamento di tali dislivelli è stato causato sia dall'erosione che dal riempimento delle zone depresse per movimentazione di colluvi. Si può pensare a processi attuatisi sul lungo termine (decine di migliaia di anni) per effetto del sollevamento tettonico della zona, ma su cui nel breve termine (ultimi millenni e soprattutto secoli) hanno pesantemente influito le attività umane. Nella maggior parte delle sezioni stratigrafiche osservate i depositi limosi giallastri corrispondono a depositi di loess rielaborato da processi colluviali che lo hanno accumulato naturalmente nelle aree depresse già prima dell'epoca neolitica. L'origine colluviale sarebbe documentata dalla presenza all'interno dei limi di clasti ghiaiosi, ciottoli e loro allineamenti, che sono probabilmente riferibili all'azione di processi come quelli che formano le cosiddette "stone line" (cfr. CREMASCHI 2000).

Data la persistenza della presenza neolitica per oltre mezzo millennio con relativa continuità (PESSINA et al. 1998; PESSINA 2006) nell'area de I Cûeis si ipotizza che già durante la Preistoria recente sia stato innescato un significativo movimento di sedimenti superficiali. Nel settore occidentale del colle di Sammardenchia-

Pozzuolo, verso la zona del Castelliere (3 in Fig. 2) vi è stata una attività antropogenica significativa anche nella Protostoria e poi, più in generale durante l'epoca romana e quella basso medievale. Tuttavia in tutta la zona di studio sono state soprattutto le sistemazioni agrarie dell'ultimo secolo e la meccanizzazione agraria che hanno causato estesi e profondi spianamenti. Le centinaia di strutture archeologiche neolitiche documentate su tutta la zona di Sammardenchia e le oltre 300 scavate tra la fine del XX e l'inizio del XXI secolo denotano sempre la mancanza di una significativa porzione della stratigrafia originaria, di cui spesso rimane solo il fondo. Questa situazione suggerisce di concentrare le ricerche in zone simili a quelle indagate nel 2001 e 2002, dove le strutture neolitiche come la 230 e 231 (Figg. 9a e 9b) sono state scavate all'interno di vallecicole che sono state poi anche sepolte dai colluvi accumulatisi successivamente alla frequentazione archeologica.

Molto interessante e complesso è anche il suolo sottostante la coltre di limo, che in molti casi è praticamente affiorante in superficie ed esso stesso è stato variamente eroso per i processi descritti sopra. Probabilmente è più corretto parlare di suoli, in quanto le caratteristiche descritte sono compatibili con un suolo policiclico che ha subito una prolungata pedogenesi e alcuni dei limiti tra gli orizzonti potrebbero rappresentare superfici erosive. Sono peraltro necessarie indagini chimiche e micromorfologiche per provare a ricostruire con maggior dettaglio l'evoluzione testimoniata in questo profilo. Considerando il quadro stratigrafico e geomorfologico regionale, si può comunque ritenere che gli orizzonti argilloso rossastri che marciano il passaggio alle ghiaie sottostanti siano riferibili almeno al MIS 5 e, in particolare, è probabile che abbiano subito anche la pedogenesi dell'ultimo interglaciale, quando il clima era più caldo e ha favorito processi di lisciviazione e ossidazione (MIS 5e, 132.000-116.000 anni fa). I sedimenti ghiaiosi su cui si è evoluto questo suolo potrebbero comunque essere anche significativamente più antichi, ma si ritiene che nella zona di Sammardenchia possano riferirsi al massimo alle fasi centrali o a quelle successive del Pleistocene Medio.

I nuovi dati relativi alle unità più antiche presenti sopra il terrazzo di Sammardenchia-Pozzuolo suggeriscono che i conglomerati siano limitati a zone in cui la cementazione è stata soprattutto favorita da condizioni topografiche e idrogeologiche molto localizzate, come ad esempio lungo le scarpate che bordano il rilievo isolato. Infatti, la venuta a giorno di acque di falda può favorire la precipitazione di carbonato di calcio, portando alla cementazione delle ghiaie, come descritto in altre zone dell'alta Pianura Friulana (ZANFERRARI et al. 2008a, 2008b). Si tratta però in questi casi di un conglomerato che non ha una continuità laterale molto importante e, quindi, in genere non ha un significato stratigrafico. È quindi probabile che nella zona di Sam-

mardenchia-Pozzuolo non esista una cosiddetta unità conglomeratica, ma si tratti più semplicemente di una facies diagenetica locale e che non è necessariamente indicazione dell'antichità delle ghiaie che costituiscono il deposito. Il carotaggio 43 (paragrafo 5.2; Fig. 4a) effettuato sopra il terrazzo in località Cûeis sembra puntare in questa direzione, in quanto ha attraversato per quasi 10 m ghiaie sciolte in cui solo un limitato orizzonte mostrava deboli segni di cementazione.

I dati presentati contribuiscono a far ritenere il rilievo di Sammardenchia-Pozzuolo come uno dei luoghi chiave per la comprensione delle complesse dinamiche che hanno portato all'evoluzione della Pianura Friulana nel corso del Quaternario. Si suggerisce quindi di approfondire gli studi di nuovi eventuali affioramenti posti in luce da futuri scavi, anche temporanei come quelli legati alla messa in posto di sottoservizi o cantieri edili. Risulta altresì importante analizzare i numerosi campioni di sedimenti prelevati nel corso degli scavi archeologici passati e che, alla luce delle nuove tecnologie di analisi ora disponibili, potrebbero già supportare un'importante avanzamento delle conoscenze.

Manoscritto pervenuto il 5.VIII.2020, accettato il 9.VIII.2020

Ringraziamenti

Questo lavoro è dedicato alla memoria di Alfio Nazzi, Roberto Tosone e Aldo Candussio, che con le loro dettagliate ricerche di terreno hanno favorito e partecipato allo sviluppo degli studi scientifici nell'area di Sammardenchia e Pozzuolo e alla loro divulgazione. Molte delle segnalazioni delle località citate nel testo si devono ad Alfio Nazzi, che ha portato gli scriventi in queste zone, individuando aree che, agli occhi di un uomo intelligente, curioso e profondo conoscitore del territorio com'era Alfio, parevano particolari e con caratteri geologici non facilmente spiegabili.

Le ricerche sono state effettuate anche grazie alle diverse amministrazioni comunali di Pozzuolo del Friuli, che per molti anni hanno finanziato le campagne di scavo presso Sammardenchia.

Bibliografia

- BALLANTYNE, C.K. 2018. *Periglacial Geomorphology*. Wiley-Blackwell.
- BELTRAME, S. 1986. *Indagine geologico-tecnica in prospettiva sismica del comune di Pozzuolo del Friuli*. Comune di Pozzuolo del Friuli.
- BERNARDINI, F., A. SGAMBATI, E. MONTAGNARI KOKELJ, C. ZACCARIA, R. MICHELI, A. FRAGIACOMO & A. DE MIN. 2013. Airborne LiDAR application to karstic areas: The example of Trieste province (north-eastern Italy) from prehistoric sites to Roman forts. *Journal of Archaeological Science* 40: 2152-60.
- BIZZARINI, F., P. MADDALENI, G. MUSCIO, M. PONTON, L. SIMONETTO & S. VENTURINI. 2020. La geologia dell'area di Pozzuolo del Friuli e gli affioramenti miocenici: storia della ricerca e prospettive. *Gortania. Geologia, Paleontologia, Paleontologia* 41: 11-42.
- BOSCHIAN, G., DE SANTIS, A. 2011. Bears and sediments at Caverna degli Orsi (Trieste, Italy). In *Fragments of Ice Age environments*, Proceedings in Honour of Ivan Turk's Jubilee, cur. B. TOŠKAN, 181-207. Ljubljana.
- BRADLEY, R.P. 2014. *Paleoclimatology: Reconstructing Climates of the Quaternary*, 3rd edition. Cambridge (USA): Academic Press.
- CASSOLA GUIDA, P., S. PETTARIN, G. PETRUCCI & A. GIUMLIA MAIR. 1998. *Pozzuolo del Friuli-II, 2. La prima età del ferro nel settore meridionale del castelliere. Le attività produttive e i resti faunistici*. Roma: Quasar. Studi e Ricerche di Protostoria mediterranea.
- CATI, A., R. FICHERA & V. CAPELLI. 1987. *Italia nordorientale. Interpretazione integrata dei dati geofisici e geologici*. Milano: AGIP, Servizi centrali per l'esplorazione.
- CAVALLIN, A., S. LAUZI, M. MARCHETTI & N. PADOVAN. 1987. *Carta geomorfologica della pianura friulana ad Est del F. Tagliamento e a Sud dell'anfiteatro morenico*. Atti del Convegno Ricercatori Scienze della Terra. Milano: Dipartimento di Scienze della Terra.
- CERMESONI, B., A. FERRARI, P. MAZZIERI, A. PESSINA & D. TAINI. 1999. Le strutture e la documentazione culturale. Il Catalogo. In *Sammardenchia-Cueis. Contributi per la conoscenza di una comunità del primo neolitico*, cur. A. FERRARI & A. PESSINA, 93-230. Udine: Pubblicazioni del Museo Friulano di Storia Naturale 41.
- CLARK, P., A. DYKE, J. SHAKUN, A. CARLSON, J. CLARK, B. WOHLFARTH, J. MITROVICA, S. HOSTETLER & A. MCCABE. 2009. The Last Glacial Maximum. *Science* 325: 710-4.
- COMEL, A. 1946. Una nuova concezione sull'origine dei terrazzi prewürmiani friulani con particolare riferimento a quelli di Pozzuolo, Orgnano e Variano. *In Alto* s. II, 44 (2): 3-9.
- COMEL, A. 1954. *Monografia sui terreni della pianura friulana. Genesi della pianura orientale costruita dall'Isonzo*. Gorizia: Nuovi Annali Istituto Chimica-Agrario Sperimentale di Gorizia 5: 1-286.
- COMEL, A. 1958. *Note illustrative della Carta Geologica delle Tre Venezie: Foglio 40 "Palmanova"*. Venezia: Uff. Idrogr. Magistrato alle Acque di Venezia.
- CREMASCHI, M. 1987. *Palaeosols and Vetustols in the Central Po Plain (Northern Italy). A study in Quaternary Geology and Soil development*. Milano: Unicopli, 316 pp.
- CREMASCHI, M., cur. 1990. *The loess in northern and central Italy: a loess basin between the Alps and the Mediterranean region*. C.N.R., Centro di Studio per la Stratigrafia e Petrografia delle Alpi Centrale, Milano, 187 pp.
- CREMASCHI, M., A. ZERBONI, C. NICOSIA, F. NEGRINO, H. RODNIGHT & C. SPÖTL. 2015. Age, soil-forming processes, and archaeology of the loess deposits at the Apennine margin of the Po plain (northern Italy): New insights from the Ghiardo area. *Quaternary International* 376: 173-88.
- DI ANASTASIO, G., & M. PERESANI. 1995. Osservazioni pedostratigrafiche e micromorfologiche sul sito mesolitico di Casera Lissandri (Altopiano del Cansiglio). *Studi Trentini di Scienze Naturali. Acta Geologica* 72: 79-92.
- DE GASPERI, G.B. 1909. I rilievi della pianura friulana. *In Alto* 20: 23-5.
- FERRARO, F. 2009. Age, sedimentation and soil formation in the Val Sorda loess sequence, Northern Italy. *Quaternary International* 204: 54-64.

- FERRARI, A., & A. PESSINA, cur. 1999. *Sammardenchia-Cûeis. Contributi per la conoscenza di una comunità del primo neolitico*, Udine: Pubblicazioni del Museo Friulano di Storia Naturale 41: 1-358.
- FERUGLIO, E. 1920. *I terrazzi della pianura pedemorenica friulana*. Venezia: Ufficio Idrografico Magistrato alle Acque di Venezia, Pubbl. 107.
- FERUGLIO, E. 1925. *Carta geologica delle Tre Venezie. Foglio Udine, scala 1:100.000*. Firenze: Ufficio Idrografico Magistrato alle Acque di Venezia.
- FONTANA, A. 1999. Aspetti geomorfologici dell'area di Sammardenchia di Pozzuolo del Friuli. In *Sammardenchia-Cueis, contributi per lo studio di una comunità neolitica*, cur. A. FERRARI & A. PESSINA, 5-18. Udine: Pubblicazioni del Museo Friulano di Storia Naturale 41.
- FONTANA, A. 2000. Siti e ambienti della Pianura Friulana. In *La Neolitizzazione tra Oriente e Occidente*, Atti del Convegno, Udine 22-23 aprile 1999, cur. A. PESSINA & G. MUSCIO, 189-206. Udine: Museo Friulano di Storia Naturale.
- FONTANA, A., P. MOZZI & A. BONDESAN. 2008. Alluvial megafans in the Venetian-Friulian Plain (north-eastern Italy): Evidence of sedimentary and erosive phases during Late Pleistocene and Holocene. *Quaternary International* 189: 71-90.
- FONTANA, A., P. MOZZI & M. MARCHETTI. 2014a. Alluvial fans and megafans along the southern side of the Alps. *Sedimentary Geology* 301: 150-71.
- FONTANA, A., G. MONEGATO, S. DEVOTO, E. ZAVAGNO, I. BURLA & F. CUCCHI. 2014b. Geomorphological evolution of an Alpine fluvio-glacial system at the LGM decay: the Cormôr type megafan (NE Italy). *Geomorphology* 204: 136-53.
- FONTANA, A., G. MONEGATO, S. ROSSATO, E. POLI, S. FURLANI & C. STEFANI, cur. 2019. *Carta delle unità geologiche della pianura del Friuli Venezia Giulia alla scala 1:150.000 e note illustrative*. Trieste: Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia - Servizio Geologico, 1-80 + 1 foglio.
- GALADINI, F., M.E. POLI & A. ZANFERRARI. 2005. Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes with $M \geq 6$ in the eastern Southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy). *Geophysical Journal International* 161: 739-62.
- HAASE, D., J. FINK, G. HAASE, R. RUSKE, M. PÉCSI, H. RICHTER, K. ALTERMANN & K. JÄGER. 2007. Loess in Europe-its spatial distribution based on a European Loess Map, scale 1:2,500,000. *Quaternary Science Reviews* 26: 1301-12.
- LOWE, J., & M. WALKER. 2014. *Reconstructing Quaternary Environments*. Routledge, 3rd Edition.
- MAROCCHIO, R. 1991. Le dune di Belvedere-San Marco. Una antica linea di riva? 1) Considerazioni geomorfologiche. *Gortania, Atti Museo Friulano Storia Naturale* 13: 57-76.
- MAROCCHIO, R. 2010. Primi dati per la ricostruzione paleoidrografica del territorio della bassa pianura friulano-isontina e della Laguna di Grado nell'Olocene. *Gortania. Geologia, Paleontologia, Paleontologia* 31: 69-86.
- MARTINIS, M. 2002. Il Torrente Cormôr. *Ce Fastu?* 78: 31-43.
- MARTINIS, M. 2011. *Il Cormôr. Idrologia, storia, economia, cultura, ambiente*. Udine: Ribis, Acque del Friuli.
- MONEGATO, G., C. RAVAZZI, M. DONEGANA, R. PINI, G. CALDERONI & L. WICK. 2007. Evidence of a two-fold glacial advance during the last glacial maximum in the Tagliamento end moraine system (eastern Alps). *Quaternary Research* 68: 284-302.
- MONEGATO, G., G. SCARDIA, I. HAJDAS, F. RIZZINI & A. PICCIN. 2017. The Alpine LGM in the boreal ice-sheets game. *Scientific Reports* 7: 1-8.
- OROMBELLI, G., C. RAVAZZI & M.B. CITA. 2005. Osservazioni sul significato dei termini LGM(UMG), tardoglaciale e postglaciale in ambito globale, italiano ed alpino. Il Quaternario. *Italian Journal Quaternary Science* 18: 147-56.
- OTTOMANO, C. 1999. Analisi di suoli in sezione sottile: modalità di uso del suolo ed evoluzione paleoambientale dell'area di Sammardenchia. In *Sammardenchia-Cueis. Contributi per la conoscenza di una comunità del primo neolitico*, cur. A. FERRARI & A. PESSINA, 333-40. Udine: Pubblicazioni del Museo Friulano di Storia Naturale 41.
- PERESANI, M., cur. 2004. *12.000 anni a al Bus de la Lum. Un accampamento paleolitico sull'Altopiano del Cansiglio*. Pordenone: Società Naturalisti "S. Zenari".
- PERESANI, M., & C. NICOSIA. 2015. Comparative study of two late Pleistocene sequences with paleosols and aeolian deposits at the southern Alpine foreland. *Geografia Fisica Dinamica Quaternaria* 38: 41-53.
- PESSINA, A. 2006. Nuovi dati sugli aspetti culturali del Primo Neolitico del Friuli e sui rapporti con l'Adriatico orientale. In *Preistoria dell'Italia settentrionale. Studi in ricordo di Bernardino Bagolini*, Atti del convegno, Udine, 23-24 settembre 2005, cur. A. PESSINA & P. VISENTINI, Udine: Museo Friulano di Storia Naturale.
- PESSINA, A., FERRARI, A. & FONTANA, A. 1998. Le prime popolazioni agricole del Friuli. In *Settemila anni fa il primo pane. Ambienti e culture delle società neolitiche*, catalogo della mostra, cur. A. PESSINA & G. MUSCIO, 133-45. Udine: Museo Friulano Storia Naturale.
- PIRONA, G. 1861. Cenni geognostici sul Friuli. *Annuario Associazione Agr. Friuli* 4: 259-99, 1 carta geologica.
- POLI, M.E. 2019. Inquadramento strutturale della Pianura Friulana. In *Carta delle unità geologiche della pianura del Friuli Venezia Giulia alla scala 1:150.000 e note illustrative*, cur. A. FONTANA, G. MONEGATO, S. ROSSATO, E. POLI, S. FURLANI & C. STEFANI, 15-8. Trieste: Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia - Servizio Geologico.
- SAURO, U., R. FRANCESE, F. FERRARESE, A. MIOLA, P. MOZZI, R. G. QUARIO, L. TROMBINO & G. VALENTINI. 2009. Doline Fills - Case Study of the Faverghera Plateau (Venetian Pre-Alps, Italy). *Acta Carsologica* 38: 51-63.
- VAN VLIET-LANÖE, B. 1998. Frost and soils: implications for paleosols, paleoclimates and stratigraphy. *Catena* 34: 157-83.
- VENTURINI, C. 2003. Il Friuli nel Quaternario: evoluzione del territorio. In *Glacies, l'età dei ghiacci in Friuli, ambienti climi e vita negli ultimi 100.000 anni*, catalogo della mostra, cur. G. MUSCIO 23-106. Udine: Museo Friulano Storia Naturale.
- VENTURINI, C., A. ASTORI & A. CISOTTO. 2004. The late Quaternary evolution of central Friuli (NE Italy) as detected through field survey and DEM-derived map analyses. In *Mapping Geology in Italy*, cur. G. PASQUARÈ, C. VENTURINI & G. GROPELLI, 95-106. Firenze: Selca, APAT-Servizio Geologico d'Italia.
- VENTURINI, S. 1987. Nuovi dati sul Tortoniano del sottosuolo della pianura friulana. *Gortania, Atti del Museo Friulano Storia Naturale* 9: 5-16.
- VINCI, G., F. BERNARDINI & S. FURLANI. 2020. Geo-archaeology of the Grozzana area (N-E Italy). *Journal of Maps* 15: 697-707.

- VITRI, S., G. LEONARDI, S. CORAZZA, C. BALISTA & S. MIZZAN. 1992. Gli impianti produttivi seminterrati di Pozzuolo del Friuli. In *Tipologia di insediamento e distribuzione antropica nell'area veneto-istrianica dalla protostoria all'alto Medioevo*, atti del seminario di studio, Asolo 3-5 novembre 1989, 17-32. Monfalcone (Go): Edizioni della Laguna.
- WACHA, L., S.M. PAVLAKOVIC, A. NOVOTHNY, M. FRECHEN & M. CRNJAKOVIC. 2011. The loess chronology of the Island of Susak, Croatia. *Quaternary Science Journal* 60: 153-69.
- ZANFERRARI, A., R. AVIGLIANO, G. MONEGATO, G. PAIERO & M.E. POLI, cur. 2008a. *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 066 "Udine"*. Tavagnacco (Ud): GraphicLinea.
- ZANFERRARI, A., R. AVIGLIANO, P. GRANDESSO, G. MONEGATO, G. PAIERO, M.E. POLI & C. STEFANI, cur. 2008b. *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 065 "Maniago"*. Tavagnacco (Ud): GraphicLinea.
- ZERBONI, A., L. TROMBINO, C. FRIGERIO, F. LIVIO, A. BERLUSCONI, A.M. MICHETTI, H. RODNIGHT & C. SPÖTL. 2014. The loess-paleosol sequence at Monte Netto: a record of climate change in the Upper Pleistocene of the central Po Plain, northern Italy. *Journal of Soils and Sediments* 6: 1329-50.

Authors' addresses - Indirizzi degli Autori:

- Alessandro FONTANA
Dipartimento di Geoscienze, Università degli Studi di Padova
Via Giovanni Gradenigo 6, I-35131 PADOVA
e-mail: alessandro.fontana@unipd.it
- Alessandro FERRARI
Gruppo Naturalisti di Spilamberto, Antiquarium di Spilamberto
Via Umberto I 2, I-41057 SPILAMBERTO (MO)