

DIEGO E. ANGELUCCI

## LA VALLE DELL'ADIGE: GENESI E MODIFICAZIONE DI UNA GRANDE VALLE ALPINA COME INTERAZIONE TRA DINAMICHE NATURALI E FATTORI ANTROPICI

### 1. INTRODUZIONE

Questo contributo, introduttivo per le tematiche che affronta e per la prospettiva che propone, vuole fornire alcuni spunti per comprendere la genesi della valle dell'Adige, spiegarne le caratteristiche fisiche, individuare le dinamiche (naturali o antropiche) che vi hanno dato origine e la loro evoluzione nel tempo.

Il quadro che verrà presentato è sintetico <sup>(1)</sup>, con approfondimenti su temi quali la genesi della valle, il ruolo svolto dai ghiacciai nel suo modellamento, l'evoluzione dell'ambiente nell'intervallo compreso tra l'apice dell'ultima glaciazione e oggi, la progressiva antropizzazione del territorio e la configurazione del fiume Adige prima della rettifica. L'approccio proposto è essenzialmente geoarcheologico <sup>(2)</sup>, al fine di evidenziare le interrelazioni biunivoche tra evoluzione dell'ambiente e dinami-

---

<sup>(1)</sup> I dati utilizzati per la redazione di questo saggio provengono dall'analisi della bibliografia sulla geomorfologia, sulla geologia del Quaternario e sull'archeologia preistorica della valle dell'Adige e dalle ricerche svolte presso il Laboratorio di Archeologia preistorica, medievale e Geografia storica "B. Bagolini" dell'Università di Trento. Il tema affrontato è complesso, la bibliografia è ricca e le ricerche apportano continuamente nuovi dati: è impossibile quindi presentare un quadro esaustivo. Tutto ciò ha fatto sì che questo contributo prendesse la forma di un *digest* e che spesso incorra in semplificazioni; spero di essere riuscito a renderlo digeribile e mi scuso per le scorciatoie più o meno sbrigative di cui mi sono avvalso in alcuni punti.

<sup>(2)</sup> La Geoarcheologia è la disciplina che utilizza concetti e tecniche delle scienze della Terra per raggiungere interpretazioni archeologiche (RENFREW 1976; BUTZER 1982).

che correlate al popolamento umano, con particolare attenzione per le ultime fasi del Quaternario <sup>(3)</sup>.

Da un punto di vista geografico, l'attenzione è rivolta alla parte montana del bacino dell'Adige, tralasciando la porzione di pianura. In particolare, il contributo prende in esame il tratto compreso all'incirca tra Bozen/Bolzano e la Chiusa di Ceraino (considerando questa, anche se non in modo non del tutto corretto, come il punto di sbocco dell'Adige nella pianura padano-veneta) e si concentra sui tratti corrispondenti alla Bassa Atesina, alle conche di Trento e Rovereto e alla Val Lagarina.

## 2. UNA VALLE SINGOLARE

L'Adige è uno dei principali fiumi d'Italia e dell'intero versante settentrionale del Mediterraneo, per lunghezza del corso d'acqua (410 km) e per estensione del bacino idrografico (12.160 km<sup>2</sup>) <sup>(4)</sup>.

Il bacino imbrifero atesino si imposta nell'area dello spartiacque alpino; nella sua parte superiore, è suddiviso in più bacini secondari occupati da tributari di portata significativa, tra questi l'Isarco/Eisack (Fig. 1). Dalle sorgenti, presso Reschenpass/Passo di Resia, e fin quasi a Glurns/Glorenza, l'Adige si presenta come un torrente montano che defluisce lungo il margine occidentale dell'acclive fondovalle (Fig. 2). Nel restante tratto della Val Venosta/Vinschgau, quantomeno sino alle porte di Meran/Merano (più precisamente fino a Töll/Tel), l'Adige corre circa W-E e mantiene caratteristiche comparabili a quelle dei torrenti montani. A valle di questo punto e fino a Domegliara il fondovalle atesino si amplia e assume l'aspetto di una piana alluvionale stretta e allungata; nel tratto compreso tra Bozen/Bolzano e la Chiusa di Ceraino occupa un unico solco trasversale fortemente inciso, orientato NNE-SSW (Fig. 3).

La grande valle dell'Adige ha da sempre attratto l'attenzione degli studiosi <sup>(5)</sup>, che hanno sottolineato la considerevole estensione del siste-

---

<sup>(3)</sup> Il termine "Quaternario" indica le ultime fasi della storia geologica della Terra. Recentemente, l'inizio del Quaternario è stato ridefinito a circa 2,6 milioni di anni fa (v. [www.quaternary.stratigraphy.org.uk](http://www.quaternary.stratigraphy.org.uk) e GIBBARD 2005), il che lo fa corrispondere all'incirca con la comparsa del genere *Homo*.

<sup>(4)</sup> *Autorità di Bacino del fiume Adige*, 2008. Si noti che, dal punto di vista idrologico, il bacino dell'Adige chiude presso Albaredo d'Adige (VR); a valle di questa località e fino al mare Adriatico (cioè per oltre 100 km) il fiume è perlopiù pensile, adeguandosi alle caratteristiche morfologiche dei corsi d'acqua di bassa pianura.

<sup>(5)</sup> Una delle opere di riferimento per quanto riguarda l'Adige e la sua valle rimane,



Fig. 1 - Estensione del bacino idrografico dell'Adige (da *Autorità di Bacino del fiume Adige*, 2008, fig. 2.1).

senza dubbio, il volume curato da Eugenio Turri (1997), ma vorrei qui ricordare anche l'importanza, per la conoscenza del territorio, de *Le valli del Trentino* di Aldo Gorfer (GORFER 1977 e GORFER 1983).



Fig. 2 - Parte della porzione sommitale dell'Alta Val Venosta/Obervinschgau, vista da Kloster Marienberg/Abbazia di Santa Maria (il borgo visibile nell'immagine è Burgeis/Burgusio). Questa parte della valle si configura come un esteso piano inclinato controllato da conoidi coalescenti provenienti dal lato sinistro idrografico della valle, che costringono l'Adige a scorrere al piede del versante destro (ovest) della stessa.



Fig. 3 - La valle dell'Adige nel dintorni di Serravalle vista dal versante orientale del Monte Biaena.

ma vallivo, che attraversa la catena alpina in uno dei tratti più ampi, permettendo la comunicazione tra la regione prealpina e padano-veneta e il versante nord delle Alpi <sup>(6)</sup>, così come l'unicità in termini geologici e geomorfologici del territorio circostante <sup>(7)</sup>.

La valle dell'Adige rivela infatti, oltre ad un'elevata complessità del suo assetto geologico e strutturale, aspetti geografici e morfologici singolari, in parte condivisi con altre valli adiacenti <sup>(8)</sup>. Tra i più significativi elementi di peculiarità vi sono: l'orientamento generale dell'asse vallivo; il rilievo accidentato dei versanti e dei massicci montuosi circostanti; la profondità reale della valle, che si spinge alcune centinaia di metri sotto il livello del mare; l'andamento altimetrico del fondovalle, molto attenuato; la configurazione originale del corso d'acqua, prevalentemente meandriforme; le caratteristiche climatiche e ambientali, che vedono l'incunarsi dei climi sub-mediterranei all'interno della catena alpina, spingendo a latitudini elevate essenze vegetali o coltivazioni come il leccio o l'olivo. Questa complessità si deve al giustapporsi e al sovrapporsi di più dinamiche e fattori, naturali e antropici, che hanno governato la genesi della valle e le sue modificazioni nel corso del tempo.

### 3. GENESI DELLA VALLE DELL'ADIGE E FATTORI DI CONTROLLO

#### *Una valle glaciale?*

Le valli della regione alpina sono abitualmente designate come glaciali, facendo riferimento alla loro origine e alla morfologia che le contraddistingue. La valle dell'Adige non fa eccezione: il solco atesino e i suoi versanti conservano infatti abbondanti tracce dell'azione dei grandi

---

<sup>(6)</sup> TURRI 1997, p. 3.

<sup>(7)</sup> SAURO 1997, p. 23.

<sup>(8)</sup> La familiarità che si acquisisce vivendo in un certo luogo o frequentandolo abitualmente impedisce spesso di notare le particolarità di quel luogo per consuetudine o per distrazione. Per esempio, percorrendo l'autostrada del Brennero, l'accesso alla valle dell'Adige (in termini autostradali, proseguendo verso nord dopo il casello di Affi) consiste nello 'scendere' in valle, pur procedendo in senso contrario al flusso delle acque. Una volta notata, la perdita di quota tra il casello di Affi e la valle vera e propria (alla quota di Dolcè, per chiarirci) è sconcertante, soprattutto se si considera che essa corrisponde all'azione erosiva esercitata dall'Adige sulla Chiusa di Ceraino negli ultimi 15.000 anni circa. Seguendo un itinerario più rispettoso della geomorfologia, cioè attraverso la statale del Brennero e la forra della Chiusa di Ceraino, questo apparente paradosso non è avvertito ed è invece possibile osservare il risultato dell'opera di smantellamento da parte dell'Adige.

ghiacciai pleistocenici. Tuttavia, la genesi delle grandi valli che secano trasversalmente la catena alpina non è dovuta alla sola azione glaciale, ma ad una serie di processi e fattori che hanno agito prima del Quaternario.

### *Il controllo geologico*

La semplice osservazione di una carta geografica o di un'immagine satellitare delle Alpi centro-orientali (Fig. 4) mostra chiaramente come il reticolo idrografico si organizzi secondo alcune direzioni preferenziali. La valle dell'Adige, nel tratto compreso tra Bozen/Bolzano e lo sbocco in pianura, e le valli ad ovest di essa (la valle del Sarca, le Giudicarie e parte della Valcamonica) si dispongono secondo un asse circa NNE-SSW. Questa direzione corrisponde a un'estesa fascia di deformazione tettonica organizzata intorno ad un lineamento principale, la cosiddetta Linea delle Giudicarie <sup>(9)</sup>, che ha controllato la genesi e lo sviluppo di numerosi elementi morfologici quali valli principali e secondarie, creste montuose e linee di spartiacque (Fig. 4). Ai lineamenti giudicariesi si associano, nella zona in esame, altre famiglie di lineamenti tettonici disposti secondo direzioni ricorrenti, nello specifico: un sistema disposto in direzione prevalente NW-SE, che segue la Linea Schio-Vicenza e interessa le zone del Carega, del Pasubio e le valli orientali dell'altopiano dei Lessini; una seconda famiglia con asse circa WNW-ENE, impostata lungo la Linea della Valsugana; infine, una serie di elementi grossomodo paralleli allo spartiacque alpino, che hanno controllato la direzione di valli quali la Val di Sole, la Val Pusteria/Pustertal e la Gailtal (Fig. 4) <sup>(10)</sup>.

L'attività tettonica di questi lineamenti è iniziata in epoche remote del passato geologico (i dati relativi alla Linea delle Giudicarie ne indicano l'origine nel Cretaceo Superiore, intorno a 70 milioni di anni fa), ha subito fasi di accelerazione alternate a momenti di stasi, contribuendo alla deformazione e alla disarticolazione dei principali settori delle Alpi, e in alcuni casi prosegue ancora oggi <sup>(11)</sup>. Proprio lungo queste linee tettoniche si è impostato preferenzialmente il reticolo idrografico, avendo esse agito come fasce di debolezza ove si sono concentrati i pro-

---

<sup>(9)</sup> Per approfondimenti sul tema si vedano AVANZINI 2010, CASTELLARIN 2005, CASTELLARIN *et alii* 2006 e la bibliografia ivi citata.

<sup>(10)</sup> Per approfondimenti su questo tema v. SAURO 1997 (p. 36 in particolare) e la bibliografia citata nella nota precedente.

<sup>(11)</sup> Si rimanda alla bibliografia specifica citata nelle note precedenti e alle esaustive sintesi del progetto CARG (Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000).

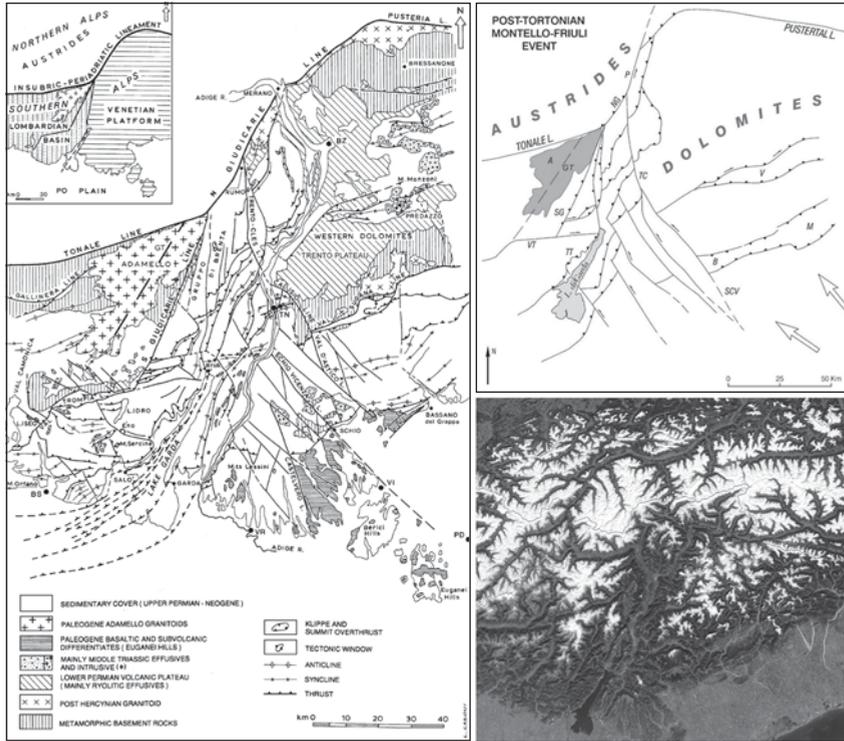


Fig. 4 - Controllo geologico-strutturale sull'assetto morfologico delle Alpi centro-orientali: carta strutturale del settore centro-orientale delle Alpi meridionali (a sinistra; da CASTELLARIN *et al.* 2006, fig. 2); schema tettonico delle principali strutture attive a partire dal Messiniano (in alto a destra; Miocene finale; SCV - sistema Schio-Vicenza; SG - sistema delle Giudicarie; TC - faglia Trento-Cles; V - linea della Valsugana; da CASTELLARIN *et al.* 2006, fig. 6); immagine da satellite delle Alpi centro-orientali (in basso a destra; fonte: archivio Laboratorio B. Bagolini, Università di Trento).

cessi superficiali d'alterazione, d'erosione e di trasporto, permettendo alle acque superficiali e ai corsi d'acqua di svolgere il loro compito: raggiungere il mare nel più breve tempo possibile. L'impostazione della rete idrografica lungo gli accidenti strutturali e tettonici risale a fasi geologicamente antiche, come già evidenziato dalla bibliografia<sup>(12)</sup>, nondimeno la configurazione attuale del reticolo idrografico principale di

<sup>(12)</sup> «Lunghi segmenti della Val d'Adige a Sud di Bolzano, la Valle dei Laghi, la Valle del Sarca e la conca di Trento sono impostate in depressioni di angolo di faglia o in depressioni tettoniche complesse» (SAURO 1997, p. 38).

questo settore delle Alpi si deve soprattutto agli eventi di deformazione succedutisi a partire dal Miocene finale (Fig. 4), ma anche ad un episodio che si verificò in questa stessa fase geologica: il prosciugamento di buona parte del Mediterraneo (per quanto inverosimile possa apparire).

### *La crisi messiniana*

La valle dell'Adige è un solco scavato profondamente nel substrato geologico; l'aspetto attuale della valle non rende giustizia alla sua reale profondità, intendendo come tale la profondità misurata dal punto di contatto tra la roccia vera e propria e i sedimenti accumulati dopo l'escavazione del substrato roccioso. Non si tratta però di un'eccezione: i dati raccolti negli ultimi decenni mostrano che le valli sovraescavate sono diffuse lungo l'intero margine alpino, sia a nord sia a sud della catena<sup>(13)</sup>, pur essendo difficilmente riconoscibili perché colmate da forti spessori di sedimenti o perché occupate da laghi. Si tratta, in effetti, di enormi canyon con dislivelli totali nell'ordine delle migliaia di metri e riempimenti il cui spessore si aggira sulle diverse centinaia di metri.

I dati relativi alla valle dell'Adige indicano che a Trento i sedimenti giacenti al di sopra del substrato roccioso raggiungono uno spessore massimo di 620 m, cioè che il fondovalle 'reale' si trova ad una quota di 435 m sotto il livello del mare (Fig. 5)<sup>(14)</sup>. Dati analoghi provengono dal Lago di Garda e da altre valli e laghi prealpini (Fig. 6). La profondità del contatto con il substrato, così come la generale forma 'a V' di queste valli, è interpretata come il risultato di un'intensa fase erosiva verificatasi molto prima del Quaternario, precisamente nelle fasi finali del Miocene<sup>(15)</sup>. L'innesco degli ingenti processi di erosione si deve alla cosiddetta 'crisi messiniana' (nella letteratura scientifica "MCS", vale a dire *Messinian salinity crisis*, iniziata all'incirca 6 milioni di anni fa<sup>(16)</sup>), quando lo Stretto di Gibilterra si chiuse a causa di movimenti tettonici, isolando il Mediterraneo dall'Oceano Atlantico. Essendo il Mediterraneo un mare a bilancio idrico negativo<sup>(17)</sup>, la chiusura dello stretto provocò un ab-

<sup>(13)</sup> PREUSSER *et al.* 2010.

<sup>(14)</sup> I dati più significativi a tale riguardo provengono da prospezioni geofisiche e da carotaggi quali il pozzo "Fersina 1", v. FELBER *et al.* 1998, FUGANTI *et al.* 2000, BASSETTI & BORSATO 2007, AVANZINI 2010.

<sup>(15)</sup> FINCKH 1978, BINI *et al.* 1978, FELBER *et al.* 2000.

<sup>(16)</sup> MANZI *et al.* 2013.

<sup>(17)</sup> La quantità d'acqua apportata dai fiumi che drenano verso il Mediterraneo non è sufficiente a mantenerne il livello, che è garantito da un afflusso idrico continuo dall'Oceano Atlantico.



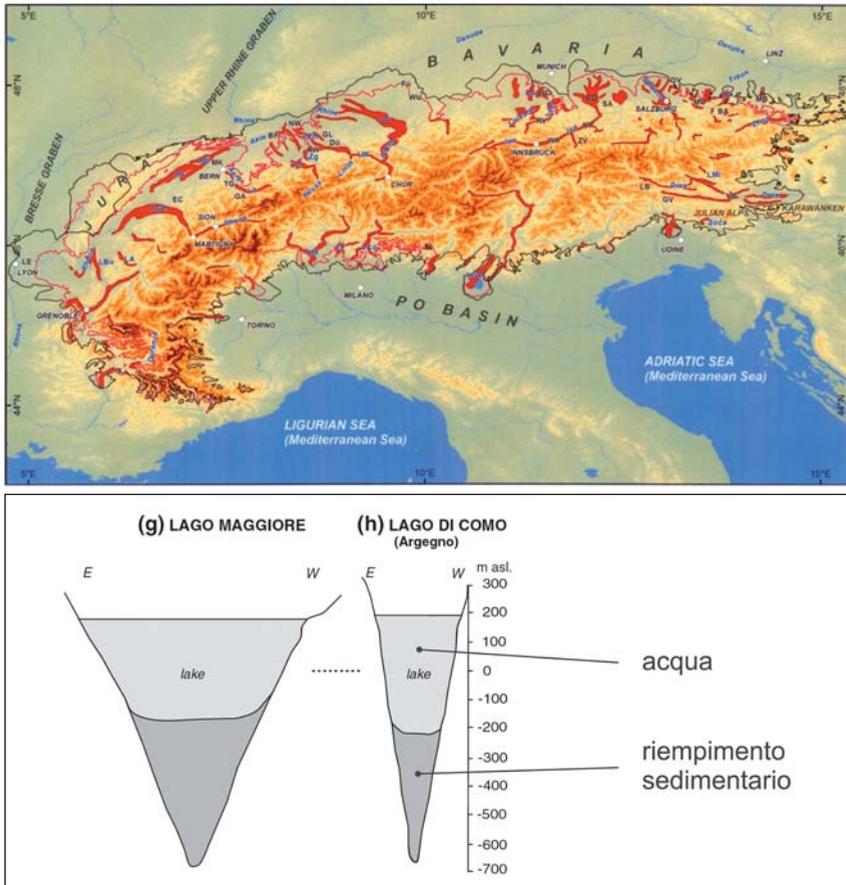


Fig. 6 - In alto: posizione ed estensione delle valli sovraescavate lungo le Alpi (in rosso), in relazione alla massima estensione dei ghiacciai nell'Ultimo Massimo Glaciale Alpino (linea rossa) e alla massima estensione assoluta delle glaciazioni pleistoceniche (linea nera; modificato da PREUSSER *et al.* 2010, fig. 2). In basso: profili del Lago Maggiore e del Lago di Como presso Argegno (esagerazione verticale 5x, quote in metri s.l.m.; modificato da PREUSSER *et al.* 2010, fig. 5).

#### 4. LA MORFOGENESI GLACIALE

##### *Variazioni climatiche durante il Quaternario*

Come è noto, durante il Quaternario si sono verificate numerose oscillazioni climatiche di durata e intensità variabile. Queste fluttuazioni, caratteristiche ma non esclusive del Quaternario, hanno determinato modificazioni fisiche e ambientali che hanno coinvolto tutta la superfi-

cie del pianeta. Di fatto, nel Quaternario si registrano fenomeni che non hanno precedenti nella storia del pianeta, specificatamente: l'elevata instabilità climatica e ambientale; la generale moda fredda in termini termici, cui si accompagna una tendenza all'ulteriore raffreddamento del pianeta; l'esistenza di associazioni floristiche e faunistiche analoghe alle attuali, soprattutto per le fasi più recenti (permettendo così una piena applicazione dei principi attualistici); non ultimo, la presenza umana.

La variabilità climatica del Quaternario si è concretizzata su scale temporali differenti, con cicli di durata e intensità diversa. I dati paleoclimatici mostrano l'esistenza di variazioni climatiche a scala plurimillennaria, millenaria, secolare e decennale, ai quali si possono sovrapporre eventi particolari definiti ACC (*Abrupt Climatic Change*, quali il Dryas Recente, oscillazione fredda della fine del Pleistocene). Nell'ultimo milione di anni circa, le variazioni climatiche a scala plurimillennaria, le più intense tra quelle sopra indicate, si sono susseguite in modo pressoché regolare ogni 100 mila anni circa (Fig. 7), secondo un ritmo controllato da una serie di cofattori, tra questi le variazioni di eccentricità dell'orbita terrestre e fenomeni di retroazione non lineare dei parametri climatici<sup>(19)</sup>. Questa ritmicità si traduce, in termini ambientali e geomorfologici, nell'alternanza tra fasi fredde durante le quali i ghiacciai si espandono – le glaciazioni – e fasi temperate durante le quali si verifica il ritiro dei ghiacciai – gli interglaciali<sup>(20)</sup>.

Glaciazioni e interglaciali sono a loro volta modulati da fasi tendenzialmente più fredde o più temperate, indicate rispettivamente come stadi e interstadi. Il meccanismo dell'alternanza glaciale-interglaciale è regolato da dinamiche complesse, che includono processi che modificano buona parte delle caratteristiche superficiali del pianeta: oltre al clima e ai suoi parametri (quali temperatura, umidità, circolazione oceanica), si modificano le caratteristiche geografiche (distribuzione dei ghiacciai, livello del mare, posizione della linea di costa), le dinamiche superficiali da cui dipendono i processi di morfogenesi, il ciclo sedimentario e la pedogenesi, e, ovviamente, fattori ambientali abiotici e biotici, che si riflettono sulla distribuzione delle comunità biologiche e dei gruppi umani. Volendo semplificare in modo estremo, ecco i meccanismi che si innescano all'inizio di una glaciazione: la minore insolazione del pianeta

---

<sup>(19)</sup> Il dibattito scientifico su questi temi è vivace e l'aggiornamento delle conoscenze è continuo: per un primo approccio allo stato attuale delle conoscenze si vedano, ad esempio, LIESICKI 2010, RIAL *et al.* 2013 e la bibliografia ivi contenuta.

<sup>(20)</sup> La fase in cui viviamo attualmente, l'Olocene, è un interglaciale

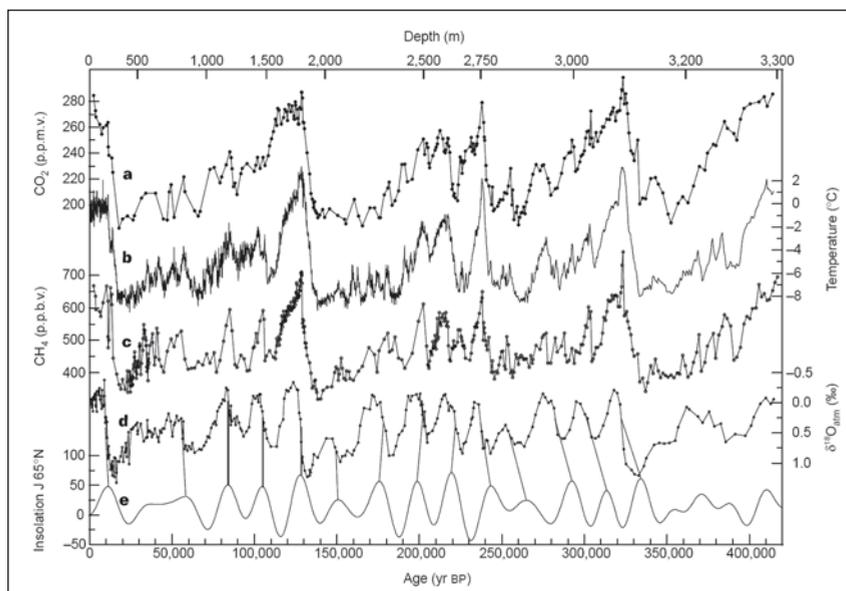


Fig. 7 - Variazioni di alcuni parametri glaciologici e atmosferici registrati dai carotaggi nei ghiacci antartici della stazione di Vostok negli ultimi 400.000 anni circa. Le curve indicano, dall'alto verso il basso: la concentrazione di anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ); la temperatura calcolata a partire dal rapporto isotopico dell'ossigeno; la concentrazione di metano; la variazione della quantità dell'isotopo  $^{18}\text{O}$  dell'ossigeno atmosferico; l'insolazione a metà giugno alla latitudine di  $65^\circ \text{N}$ . Si noti la stretta analogia nell'aspetto delle curve e la presenza di picchi positivi ogni 100.000 anni circa (da PETIT *et al.* 1999, fig. 3).

dovuta alle variazioni climatiche porta ad una diminuzione della temperatura e, conseguentemente, alla discesa dello zero termico e del limite delle nevi perenni; si verifica così un aumento delle precipitazioni nevose durante la stagione invernale, accompagnata dal mantenimento al suolo della neve durante la stagione estiva, essendo la fusione inibita dalle basse temperature, con conseguente formazione di ghiaccio <sup>(21)</sup>; la massa dei ghiacciai continentali e locali aumenta, portando alla loro espansione e all'avanzamento delle fronti glaciali verso aree prima non occupate dai ghiacci <sup>(22)</sup>; si verifica così un'espansione delle aree caratterizzate da

<sup>(21)</sup> In effetti, il meccanismo essenziale dell'aumento di volume dei ghiacciai è legato sì alle maggiori precipitazioni nevose durante l'inverno, ma soprattutto alla limitata fusione della neve durante l'estate, che rappresenta il meccanismo fondamentale che permette la trasformazione della neve in ghiaccio vero e proprio.

<sup>(22)</sup> I ghiacciai sono masse in movimento, non statiche – da qui la loro capacità di erodere, trasportare e accumulare materiali.

forme e sedimenti glaciali e, allo stesso tempo, delle regioni periglaciali (zone situate al di fuori dell'azione diretta dei ghiacciai, ma controllate dal clima freddo) e dei processi ad esse correlati (ad esempio, quelli dovuti all'azione del vento, che portano alla deposizione di accumuli sabbiosi o di polveri eoliche, i cosiddetti 'loess'); da ultimo, le comunità animali e vegetali restringono il loro habitat, spingendosi a zone di bassa latitudine e quota minore. Con la fine di una glaciazione il meccanismo si inverte: grazie alla maggiore insolazione e all'aumento delle temperature, le masse glaciali si ritirano e si ristabiliscono le condizioni temperate. In questa brevissima sintesi, sono state tralasciate le numerose conseguenze che si registrano nell'ambiente fisico e biologico; è necessario però citare, quantomeno, gli effetti che l'alternanza glaciale-interglaciale ha sul livello del mare. Durante le glaciazioni, l'espansione dei ghiacciai continentali e locali determina l'immobilizzazione dell'acqua in forma di ghiaccio, la diminuzione della quantità d'acqua superficiale disponibile e della portata media dei fiumi e quindi un minore afflusso d'acqua ai mari. Su lunghi periodi, questo meccanismo causa l'abbassamento del livello del mare <sup>(23)</sup>, che torna invece ad innalzarsi negli interglaciali grazie alla fusione del ghiaccio e alla maggiore disponibilità di acqua. Si parla, in questo caso, di oscillazioni glacioeustatiche del livello del mare, cui corrispondono variazioni della posizione della linea di costa. I due fenomeni (variazione del livello del mare e spostamento della linea di costa) non hanno una corrispondenza immediata tra di loro, essendo controllati da dinamiche sistemiche; in prima approssimazione si può dire che durante le glaciazioni la linea di costa tende a spostarsi verso il mare per effetto dell'abbassamento del livello dello stesso, con un movimento detto regressione (la terraferma si espande rispetto al mare), viceversa, con l'aumento del livello del mare si assiste allo spostamento della linea di costa verso la terra, con un processo di trasgressione (il mare inonda parti di terraferma). I dati oggi disponibili mostrano che il livello medio del mare ha subito variazioni drastiche, che accompagnano le fluttuazioni dei valori della temperatura. I dati su queste variazioni, abbondanti e accurati per gli ultimi 500.000 anni, indicano che al culmine dell'ultima glaciazione, circa 25.000 anni fa, il livello del mare si trovava circa 125 metri più basso dell'attuale, mentre nell'ultimo interglaciale, intorno a 120.000 mila anni fa, il livello del mare si attestava all'incirca cinque metri al di sopra del livello medio attuale. È chiaro che queste

---

<sup>(23)</sup> Il processo qui descritto non ha alcuna relazione con le dinamiche citate più sopra, relative al disseccamento del Mediterraneo durante il Messiniano.

variazioni del livello del mare hanno giocato un ruolo nella distribuzione geografica delle terre e dei mari, ma anche nel funzionamento delle dinamiche superficiali.

### *L'ultima glaciazione e i suoi effetti nella valle dell'Adige*

Le Alpi furono massicciamente investite dagli effetti della glaciazione quaternarie. I ghiacciai alpini subirono più fasi di espansione durante il Pleistocene, portando le loro fronti fino alla fascia pedemontana sia a nord sia a sud delle Alpi <sup>(24)</sup>. Come si è visto sopra, durante il Quaternario si sono verificate numerose glaciazioni e negli ultimi 400 mila anni circa si riconoscono quattro cicli glaciale-interglaciale ben definiti (Fig. 7). La classificazione climatostratigrafica alpina tradizionale, proposta da Penck e Brückner all'inizio del ventesimo secolo <sup>(25)</sup>, identificava quattro glaciazioni durante l'intero quaternario, denominate Günz, Mindel, Riss e Würm, dalla più antica alla più recente. Questo sistema quadripartito oggi è considerato superato, senza nulla togliere al lavoro pionieristico e fondamentale dei due studiosi germanici; durante il Quaternario si sono succeduti molti più cicli glaciali, la cui riconoscibilità è limitata a causa della parziale incompletezza del *record* stratigrafico continentale. I dati oggi disponibili, in particolare quelli relativi alla cronologia (grazie alle moderne tecniche di datazione), alla stratigrafia (grazie alle nuove metodologie di rilievo e documentazione) e al clima del passato (dai cosiddetti *proxy-data*), hanno portato alla costruzione di una nuova classificazione stratigrafica del Quaternario. Essa si fonda su suddivisioni cronostratigrafiche ufficializzate a scala globale e sulla suddivisione in stadi derivati dal trattamento statistico dei dati relativi alle variazioni degli isotopi stabili, che hanno permesso di suddividere l'intera durata del Quaternario in stadi isotopici dell'ossigeno (detti OIS, *Oxygen Isotope Stage*, o MIS, *Marine Isotope Stage* - Fig. 8). L'unico termine ancora in uso tra quelli proposti da Penck e Brückner è Würm, tuttora utilizzato per indicare l'ultimo ciclo glaciale.

La documentazione relativa al ciclo del Pleistocene Superiore è abbastanza dettagliata (Fig. 9). L'ultimo interglaciale, denominato Eemia-

---

<sup>(24)</sup> L'area di influenza dei ghiacciai continentali correlati alle zone polari è sempre stata limitata, anche nelle fasi più fredde del Pleistocene, a latitudini più elevate: ad esempio, il ghiacciaio finno-scandinavo non si è mai spinto fino alle Alpi, raggiungendo, nelle fasi di massima espansione, gli attuali territori della Germania settentrionale e della Polonia. Il glacialismo alpino è quindi da riferirsi esclusivamente all'azione di masse glaciali locali.

<sup>(25)</sup> PENCK & BRÜCKNER 1909.

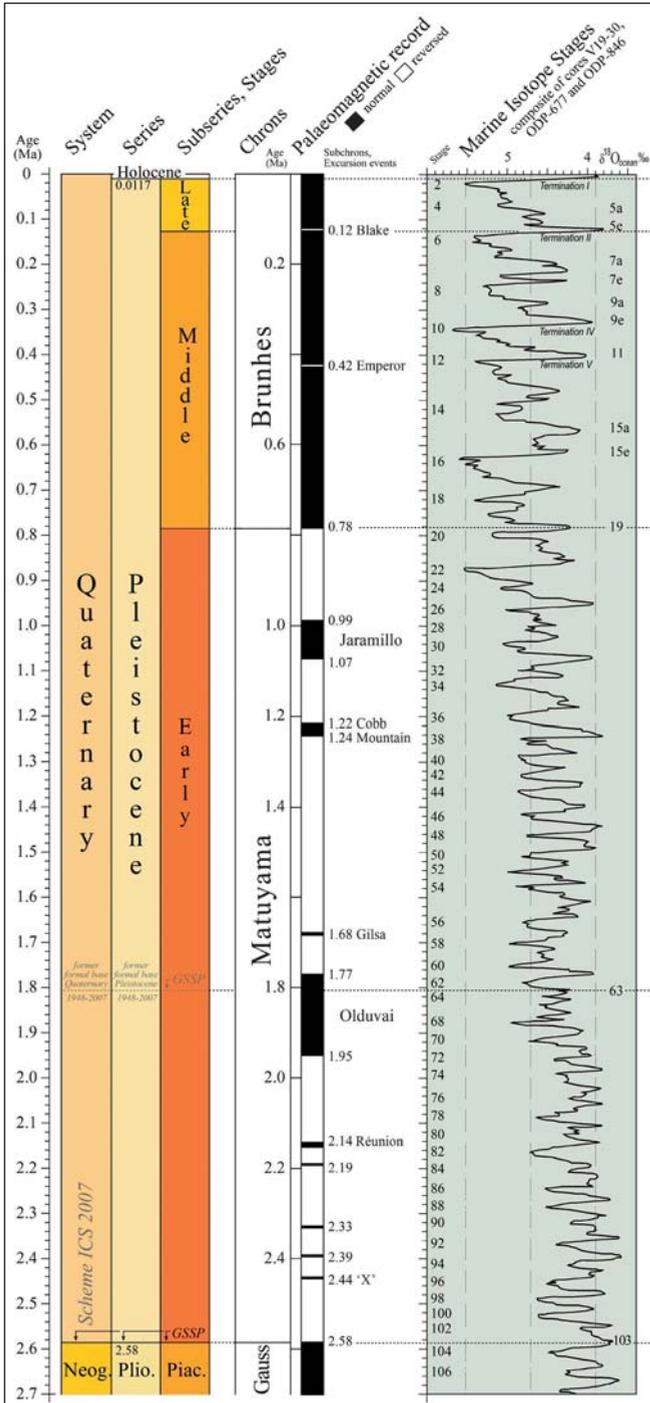


Fig. 8 - Estratto dalla tabella di correlazione cronostatigrafica globale del Quaternario indicante le età in milioni di anni (prima colonna a sinistra, "Age"), le principali suddivisioni stratigrafiche in sistemi, serie ed epoche, le variazioni del campo magnetico terrestre (colonna "Chron" e "Palaeomagnetic record"), le variazioni del rapporto isotopico dell'ossigeno e la numerazione degli stadi isotopici dell'ossigeno (colonna "Marine Isotope Stages"). Modificato da GIBBARD *et al.* 2005 (modified 2007).

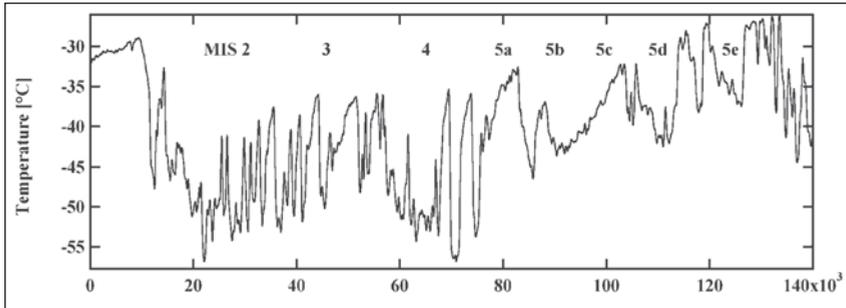


Fig. 9 - Variazioni della temperatura registrate nella stazione di Summit (Groenlandia) durante gli ultimi 140.000 anni circa, corrispondenti all'intervallo tra i *Marine Isotope Stage* MIS1 e MIS5 (indicati nella parte alta della figura). Si noti come, poco più di 20.000 anni fa (nel momento corrispondente allo ALGM, Ultimo Massimo Glaciale Alpino), la temperatura a Summit era inferiore di circa 20°C rispetto all'attuale (da JOHNSEN *et al.* 2001, fig. 5).

no e corrispondente allo stadio isotopico 5e, raggiunte il climax termico tra circa 128.000 e 115.000 anni fa. Al termine di questo si verificò una prima blanda fase di raffreddamento e circa 75.000 anni fa iniziò la glaciazione vera e propria, con una prima fase di 'degradazione' climatica (OIS 4, tra circa 75.000 e 55.000 mila anni fa), seguita da un intervallo meno freddo (OIS 3, tra circa 55.000 e 30.000 mila anni fa, già noto come "Interpleniglaciale würmiano") e da una nuova fase di forte raffreddamento, che raggiunse il culmine intorno a 25.000 anni fa. È questa la fase definita ALGM (*Alpine Last Glacial Maximum* o Ultimo Massimo Glaciale), durante la quale si verificò la massima espansione dei ghiacciai würmiani <sup>(26)</sup>.

I dati relativi alla situazione geografica e ambientale del margine meridionale delle Alpi durante l'ALGM sono numerosi <sup>(27)</sup>. Per l'area in esame si può fare riferimento a un'immagine che, seppur obsoleta e in parte superata, non manca di sorprendere per la sintesi e l'efficacia rappresentativa: è la ricostruzione dell'area alpina eseguita per il TCI da Bruno Castiglioni <sup>(28)</sup>, che permette di avere un'idea d'insieme dell'area atesina nel momento di massima espansione würmiana (Fig. 10). La grande massa glaciale, alimentata dai ghiacciai secondari provenienti dalle

<sup>(26)</sup> RAVAZZI 2003 e bibliografia ivi citata.

<sup>(27)</sup> Vi sono, naturalmente, anche dati sulle glaciazioni precedenti, ma la loro quantità e qualità non è comparabile con quelli relativi alla glaciazione würmiana – ci limiteremo quindi a descrivere questa.

<sup>(28)</sup> CASTIGLIONI 1940.

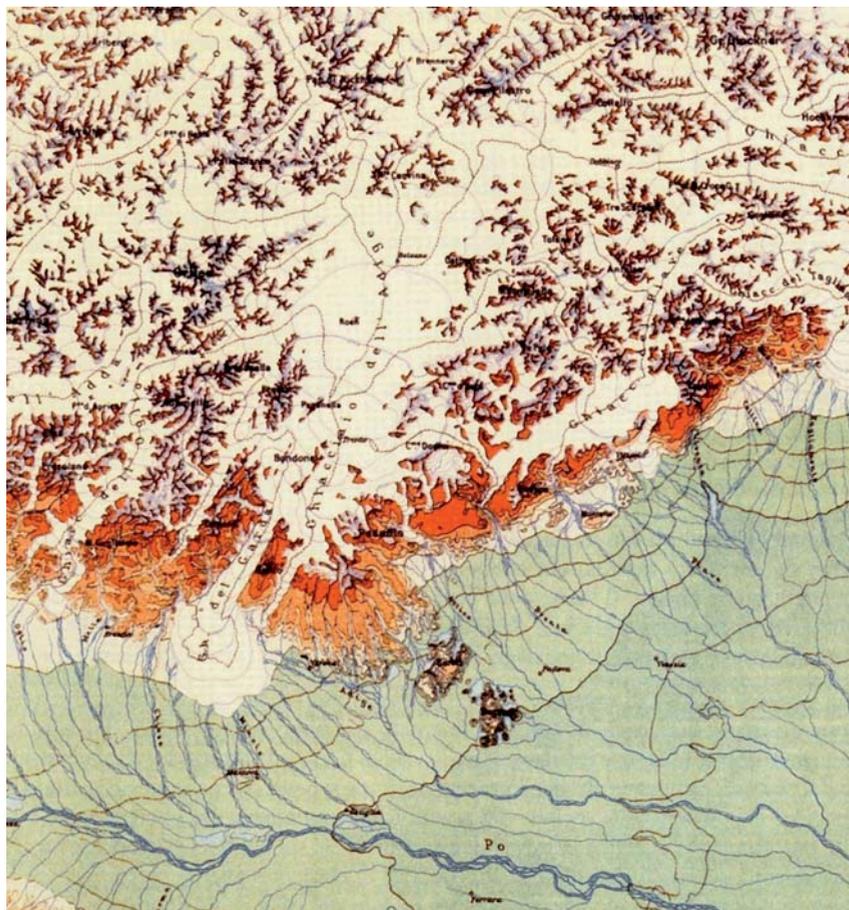


Fig. 10 - Ricostruzione paleogeografica del bacino dell'Adige e dintorni durante l'Ultimo Massimo Glaciale (*alias* ALGM, v. testo), proposta da Bruno Castiglioni, nell'*Atlante fisico economico d'Italia* del T.C.I. (1940). La ricostruzione del Castiglioni, per quanto rivista in alcuni dettagli nel corso del tempo, rimane una delle rappresentazioni cartografiche più efficaci riguardo all'estensione dei ghiacciai pleistocenici nelle Alpi Meridionali.

valli tributarie, raggiungeva spessori di tutto rispetto nel solco oggi corrispondente alla valle dell'Adige, accumulando depositi glaciali sia lateralmente sia alla fronte del ghiacciaio.

I dati geomorfologici e quaternaristici, in particolare la posizione e la quota delle morene laterali del ghiacciaio atesino e dei relativi depositi, permettono di stabilire che la massa glaciale raggiungeva quote dell'ordine dei 2000 m nell'area di Bolzano, per poi digradare gradualmente verso sud, attestandosi poco sotto i 1600 m di quota nei dintorni di

Trento <sup>(29)</sup>. I flussi del ghiacciaio atesino seguivano percorsi talora diversi rispetto all'idrografia attuale: gli autori sono concordi nell'indicare che il ghiacciaio dell'Adige – grazie alla quota superiore a quella dei passi che conducono alle valli laterali – subiva varie trasfluenze: dalla conca di Trento si diramavano infatti lingue che si spingevano verso la Valsugana e lungo il corso dell'attuale fiume Brenta o verso la Val d'Astico (Fig. 10). La trasfluenza più significativa si verificava però poco più a nord, in corrispondenza della sella di Terlago, quasi sotto le pareti della Paganella, dove il ghiacciaio si divideva in due rami principali: quello occidentale, alimentato anche da lingue provenienti dalla sella di Andalo e dall'area oggi occupata dal Sarca, si dirigeva verso il solco benacense, mentre quello orientale colmava la valle dell'Adige. Le due lingue glaciali erano divise dalla dorsale del Monte Baldo, che emergeva al di sopra dei due rami glaciali in forma di *nunatak* <sup>(30)</sup> – come peraltro accadeva alle porzioni sommitali delle vette più elevate nei dintorni di Trento (Paganella, Bondone, Vigolana - Fig. 10) <sup>(31)</sup>. La lingua glaciale più sviluppata era sul versante occidentale, che scorreva lungo il solco benacense per spingersi oltre il margine pedemontano alpino, espandendosi in un grande lobo che ha lasciato un chiarissimo registro geomorfologico e sedimentario nelle colline moreniche a sud del lago di Garda. Si tratta di grandi volumi di depositi glaciali organizzati in anfiteatri morenici, dove l'alternarsi di creste origina il caratteristico rilievo articolato in una complessa successione di colline ad andamento planimetrico arcuato, intervallate da conche chiuse più o meno allungate, talora occupate da torbiere o piccoli laghi. La valle dell'Adige era invece occupata da una lingua di volume e spessore minori rispetto a quella gardesana: seguendo il corso della Val Lagarina, essa attestava la propria fronte nell'area di Rivoli Veronese, immediatamente a sud (a monte, da un punto di vista altimetrico) della soglia di Ceraino <sup>(32)</sup>.

I dati sulla cronologia della massima espansione dei ghiacciaio würmiano dell'Adige suggeriscono che questa sia avvenuta tra circa 25.000 e 22.000 anni fa <sup>(33)</sup>.

<sup>(29)</sup> AVANZINI 2010.

<sup>(30)</sup> Il termine indica un rilievo circondato dai ghiacciai, ma non ricoperto da ghiaccio.

<sup>(31)</sup> AVANZINI 2010.

<sup>(32)</sup> È da sottolineare che le due lingue glaciali, la benacense e la atesina, divise dalla dorsale Bondone-Stivo, si ricongiungevano parzialmente attraverso il solco della Valle del Cámeras e di Loppio.

<sup>(33)</sup> AVANZINI *et al.* 2013; per una discussione più approfondita su temi si vedano anche BONDESAN 2001 e ANGELUCCI & BASSETTI 2009.

## 5. IL TARDOGLACIALE

Il ritiro dei ghiacciai pleistocenici ebbe luogo nel tardoglaciale, compreso tra circa 17.000 e 11.500 anni fa <sup>(34)</sup>. Il tardoglaciale è il periodo di riscaldamento che caratterizzò la fine del Pleistocene, precedendo l'instaurarsi delle condizioni oloceniche; il ristabilirsi delle condizioni temperate non avvenne però in modo uniforme, ma fu scandito da stadi e interstadi con condizioni talora contrastanti. In particolare, dopo la fase temperata dell'“interstadio tardoglaciale”, all'incirca tra 14.500 e 12.500 anni fa <sup>(35)</sup>, seguì un'ultima pulsazione fredda detta Dryas Recente <sup>(36)</sup>. Questo evento vide un irrigidimento del clima che terminò bruscamente in corrispondenza del limite Pleistocene-Olocene, datato 11.550 anni fa, ed è considerato un esempio di *Abrupt Climatic Change* per la sua breve durata, l'intensità e la rapidità delle modificazioni climatiche e ambientali.

Già nelle fasi terminali dello ALGM, tra circa 21.000 e 18.000 anni fa, i ghiacciai alpini iniziarono a subire le prime fasi di deglaciazione <sup>(37)</sup> e sembra probabile che intorno a 17.000 anni fa buona parte di essi stesse subendo un significativo ritiro <sup>(38)</sup>. La deglaciazione definitiva della valle dell'Adige (facendo riferimento all'inizio dell'accumulo di materiale nella torbiera di Isera <sup>(39)</sup>) sembra comunque essere avvenuta intorno ai 14.000 anni fa, con l'inizio dell'interstadio tardoglaciale. Sorprendentemente, i valori relativi alle aree montane sono cronologicamente simili a quelli dalla valle principale: l'area circostante il Lago Nero di Cornisello, ubicato nel massiccio della Presanella ad oltre 2200 metri di quota, risulta deglaciata in fasi coeve con il fondovalle atesino <sup>(40)</sup>. Le

---

<sup>(34)</sup> Per approfondimenti sulla stratigrafia e sulla cronologia della massima espansione würmiana e del tardoglaciale si rimanda ai saggi di RAVAZZI 2003, RAVAZZI *et al.* 2007, ANGELUCCI & BASSETTI 2009 e alla bibliografia specifica ivi citata. Si ricorda che in questo contributo le età sono citate in anni calendario bp (“before present”), prendendo cioè come riferimento l'anno 1950 AD.

<sup>(35)</sup> L'interstadio tardoglaciale comprende gli interstadi di Bølling e Allerød delle precedenti classificazioni climatostratigrafiche.

<sup>(36)</sup> Il Dryas Recente è spesso citato con il termine inglese *Younger Dryas* o con l'acronimo YD.

<sup>(37)</sup> PELLEGRINI *et al.* 2005.

<sup>(38)</sup> CASADORO *et al.* 1976. Gli autori sottolineano comunque come in queste epoche buona parte del territorio si trovasse ancora in condizioni periglaciali e che per raggiungere una situazione di stabilità e ripopolamento da parte delle comunità biologiche bisognerà attendere le fasi relative all'interstadio tardoglaciale citato sopra, v. RAVAZZI 2003 e ANGELUCCI & BASSETTI 2009.

<sup>(39)</sup> CALDERONI *et al.* 1996, ma si veda anche ANGELUCCI & BASSETTI 2009.

<sup>(40)</sup> FILIPPI *et al.* 2007.

informazioni finora raccolte permettono quindi di affermare che, poco dopo 14.000 anni fa circa, la regione corrispondente al bacino atesino era praticamente priva di ghiacci fino a quote di media montagna.

Durante il tardoglaciale, e soprattutto nelle sue fasi iniziali, si instaurò una situazione di grande instabilità geomorfologica e ambientale: la fusione e il ritiro dei ghiacciai determinò, in primo luogo, la mobilitazione di enormi quantità d'acqua di fusione, con un'ingente attività torrentizia e fluviale nella valle principale, nelle laterali e in pianura padana. Allo stesso tempo, i versanti vallivi furono oggetto di una generalizzata perdita di sostegno laterale a causa della scomparsa della massa glaciale, che provocò fenomeni di rilascio, particolarmente ingenti se si tiene conto del rilevante dislivello esistente tra i massicci montuosi e i fondivalle principali, spesso nell'ordine dei migliaia di metri. A questi due primi fattori si aggiunse l'assenza di suoli e di coltri vegetali, che, associata alle condizioni ancora in parte periglaciali nelle aree a quota più elevata, determinò l'innescarsi di significativi fenomeni di erosione, trasporto e sedimentazione, con innesco di movimenti franosi e accumulo di grandi coltri detritiche alla base dei versanti e di depositi alluvionali nelle valli.

Alcuni di questi processi proseguirono durante le fasi iniziali dell'Olocene, periodo in cui si assiste alla graduale attenuazione delle dinamiche superficiali, grazie all'instaurarsi di una situazione climatica favorevole allo sviluppo dei suoli e della copertura vegetale. I dati paleobotanici disponibili indicano che già nel corso del tardoglaciale le coperture boschive, virtualmente assenti durante l'ALGM nel territorio trentino, riconquistarono rapidamente il territorio e che nelle prime fasi dell'Olocene il limite superiore dei boschi si venne ad attestare a quote superiori ai 2000 metri <sup>(41)</sup>. Parallelamente, il territorio venne ricolonizzato dalle comunità biologiche e nuovamente occupato dai gruppi umani, che fecero la loro (nuova) comparsa nei territori montani delle Prealpi orientali durante gli interstadi tardoglaciali <sup>(42)</sup>.

## 6. EVOLUZIONE DEL BACINO DELL'ADIGE DOPO L'ULTIMA GLACIAZIONE

I dati relativi all'ultima glaciazione, citati sopra, indicano che poco prima di ventimila anni fa la valle dell'Adige e le valli circostanti erano

---

<sup>(41)</sup> TINNER & VESCOVI 2007.

<sup>(42)</sup> ANGELUCCI & BASSETTI 2009.

occupate da un'ingente massa glaciale che defluiva fino alla Pianura Padana seguendo tracciati non necessariamente coincidenti con l'idrografia attuale. Il ritiro tardoglaciale lasciò le valli libere dai ghiacci, aprendo una fase di grandi trasformazioni che porterà fino alla situazione attuale, con un accavallarsi di processi diversi e di attori differenziati – non ultimo, per i tempi più recenti, quello umano, attuale dominatore del territorio e del paesaggio.

Le modificazioni delle dinamiche superficiali occorse durante l'ultimo ciclo glaciale ebbero ripercussioni significative sulla valle dell'Adige e sulle caratteristiche idrografiche e idrologiche del fiume. La bibliografia segnala un drastico cambiamento paleogeografico del bacino atesino: «Il paleoAdige non scorreva verso la pianura attraverso Bolzano, Trento, Rovereto e l'attuale Val Lagarina, ma a partire da Terlano si dirigeva verso Appiano e Caldaro e la conca di Lavis, per poi proseguire verso SSO attraverso la depressione tettonica della Valle dei Laghi (Lago della Mar [sic], Lago Santo, Lago di Terlago), la bassa Valle del Sarca e la depressione del Garda. Allora il paleoNoce scorreva probabilmente verso la Valle di Andalo e Molveno e la conca di Stenico. [...] L'alta Valle dei Laghi rappresenterebbe dunque il troncone relitto, incarsito e "deformato" dalla tettonica successiva, della valle di un "paleoAdige", probabilmente impostatasi sin dal Miocene, in seguito abbandonata dal fiume. Al posto dell'attuale Val Lagarina meridionale, a sud di Ala, con ogni probabilità esisteva una valle locale, incisa nell'ambito dell'esteso altopiano M. Baldo-Lessini»<sup>(43)</sup>. Purtroppo, come lo stesso autore sottolinea, la bontà di queste ricostruzioni e la possibilità di attribuire un'età certa alle diverse fasi evolutive sono fortemente inibite dagli intensi fenomeni di erosione che hanno accompagnato la storia geologica recente delle Alpi.

Durante le fasi di ritiro dei ghiacciai, le aree dominate dalle dinamiche alluvionali (valli laterali e fondovalle principali) furono soggette a significativi fenomeni di erosione, trasporto e, soprattutto, accumulo. I dati più significativi provengono, in questo senso, dalla conca di Trento<sup>(44)</sup>: i sondaggi meccanici e le prospezioni geofisiche, unite alle datazioni radiometriche, indicano che la posizione del fondovalle durante la glaciazione würmiana si trovava, nei pressi di Trento, ad una profondità pari a 160-180 m dall'attuale livello di campagna (cioè, poco superiore all'attuale livello del mare in termini di quota assoluta; Fig. 5).

---

<sup>(43)</sup> SAURO 1997, p. 39.

<sup>(44)</sup> Si vedano i contributi di FUGANTI *et al.* 1998, FELBER *et al.* 2000, BASSETTI & BORSATO 2007, AVANZINI 2010.

Le fasi immediatamente successive alla deglaciazione videro un rapidissimo accumulo di sedimenti, principalmente fluviali ma anche lacustri e palustri, all'interno della valle dell'Adige. I dati del pozzo "Fersina 1" <sup>(45)</sup> mostrano come, durante un arco di poco più di mille anni (tra circa 12.500 e 11.500 anni fa), si siano accumulati, nell'attuale area della città di Trento, oltre 100 metri di sedimenti, con un tasso di accumulo che difficilmente trova confronti nel registro geologico. Questa ingente attività sedimentaria durante il tardoglaciale (soprattutto nelle fasi finali, corrispondenti al Dryas Recente) è documentata in molte valli del margine alpino e ulteriormente amplificata nella valle dell'Adige a causa della situazione geografica ereditata dall'azione dei ghiacciaio atesino e dall'assetto geologico-strutturale già citato. Dopo il ritiro del ghiacciaio, infatti, il solco dell'Adige si trovò ad essere configurato come una valle pressoché cieca, senza deflusso verso la pianura, a causa dello sbarramento della Chiusa di Ceraino (Fig. 11) <sup>(46)</sup>. Pur mancando dati esaurienti sul tema, è chiaro che la Chiusa di Ceraino ha funzionato come soglia dell'intero tratto montano dell'Adige, controllandone il deflusso ancora in tempi recenti <sup>(47)</sup>. Ugo Sauro suggerisce che l'incisione della soglia fosse «iniziata con ogni probabilità da uno scaricatore glaciale, quando la fronte della lingua glaciale era attestata all'incirca in questa posizione» <sup>(48)</sup>, pur indicando che il taglio della forra, ancora ben visibile nel tratto della strada statale del Brennero tra Ceraino e Volargne, è successivo alla genesi dei versanti che la delimitano. Durante il tardoglaciale e l'Olocene, quindi, la soglia di Ceraino ha impedito il naturale deflusso dell'Adige verso sud, in parte come formidabile barriera litologico-strutturale, in parte a causa dell'ingente accumulo di detrito alluvionale trasportato dal fiume <sup>(49)</sup>.

---

<sup>(45)</sup> FUGANTI *et al.* 1998, FELBER *et al.* 2000.

<sup>(46)</sup> Si è già sottolineato come nel Würm il ghiacciaio atesino si attestasse a una quota superiore rispetto al fondovalle attuale, lasciando le proprie morene frontali presso Rivoli e Caprino Veronese.

<sup>(47)</sup> A detta di E. Turri «un altro dei passaggi cruciali dello spazio fisico governato dall'Adige» e «chiave di volta della intera geografia atesina» (TURRI 1997, p. 7).

<sup>(48)</sup> SAURO 1997, pp. 52-53.

<sup>(49)</sup> Ugo Sauro sottolinea come la Val Lagarina fosse così definita «per la presenza, sino in epoca storica, di un esteso acquitrino. Per rendere possibile la bonifica di questo acquitrino fu abbassata artificialmente la soglia in roccia della Chiusa di Ceraino che rappresentava una diga naturale per il fiume e le sue alluvioni. La persistenza di questo acquitrino è senza dubbio legata agli abbondanti apporti di materiale alluvionale che il fiume non era in grado di trasportare, data la scarsa pendenza [...], ma è probabilmente dovuta anche ad un sollevamento tettonico del blocco M. Pastello-M. La Rocca di Ceraino» (SAURO 1997, p. 51).



Fig. 11 - La Chiesa di Ceraino vista dalla Rocca di Rivoli.

La fase di accumulo tardoglaciale sembra continuare nei momenti iniziali dell'Olocene, ma con il procedere dell'Olocene si instaurarono condizioni in parte di stabilità, favorevoli allo sviluppo di suoli, e in parte erosive, che portarono all'incisione dei depositi alluvionali tardoglaciali e alla genesi di terrazzi fluviali. Michele Bassetti e Andrea Borsato sottolineano che, in Val Lagarina, i terrazzi rilevati di qualche decina di metri rispetto al fondovalle attuale possono corrispondere cronologicamente a quelli del Vallone Bellunese, dove la fase di riempimento del fondovalle si concluse tra 9.000 e 8.000 anni fa, con successiva incisione dei depositi alluvionali da parte del Piave e dei suoi affluenti <sup>(50)</sup>. Comunque sia, durante l'Olocene il quadro generale mutò: la fase di accumulo registrata durante il Dryas Recente sembra essere sostituita, nella valle dell'Adige, da un sostanziale quadro di stabilità accompagnata dalla definitiva colonizzazione di ampi tratti del fondovalle e dei versanti da parte delle vegetazione, con fenomeni di trasporto e accumulo limitati ad aree ristrette: è da notare, infatti, come al tasso di sedimentazione di oltre cento metri registrato in poco più di mille anni dal pozzo "Fersina 1"

---

<sup>(50)</sup> BASSETTI & BORSATO 2007, p. 36, e bibliografia ivi citata.

durante le fasi finali del tardoglaciale segua una serie di spessore di circa trenta metri per l'intero Olocene, cioè per un arco di tempo di 11.500 anni <sup>(51)</sup>. Durante l'Olocene l'accumulo sembra concentrarsi in posizioni specifiche, quali le basi dei versanti dei solchi vallivi principali o i conoidi provenienti dalle valli laterali: in ambo i casi, si accumulano importanti successioni di materiali detritici, ben documentate in molti siti archeologici dell'area circostante Trento quali Romagnano Loc, Vatte di Zambana, Pradestel e altri <sup>(52)</sup>.

Tra le forme correlate ai processi d'accumulo laterale, i conoidi hanno svolto un ruolo fondamentale nella configurazione della valle dell'Adige. Nelle porzioni superiori del bacino (es. nel tratto superiore della Val Venosta/Vinschgau – v. Fig. 2), il fondovalle è praticamente costituito da conoidi coalescenti; spostandosi più a sud, si riconosce chiaramente come queste forme e i depositi ad esse correlati abbiano contribuito in modo determinante a configurare la morfologia del fondovalle e l'andamento dell'asta fluviale principale. Vari sono i tipi di conoidi che sboccano nella valle dell'Adige dalle valli laterali: alluvionali, detritici, di deiezione e misti, questi ultimi controllati da processi di tipo sia alluvionale che gravitativo, grazie all'azione delle cosiddette colate rapide (quali *debris-flow* o *mud-flow*). Indipendentemente dalla loro origine, la maggior parte dei conoidi che si gettano nella valle dell'Adige ha registrato un'intensa attività sedimentaria durante i momenti finali del Pleistocene e durante l'Olocene antico, fino a circa 9000 anni fa, per subire poi un rallentamento nei processi di accumulo con l'inizio dell'Atlantico, grazie all'instaurarsi di un generale quadro di stabilità che incentivò lo sviluppo delle coperture pedogenetiche e vegetali <sup>(53)</sup>. Nella conca di Trento, i dati più significativi provengono dai conoidi del Rio Vela e del Fersina. La stratigrafia del conoide del Vela è ben nota grazie alle estese indagini archeologiche condotte in loco: il conoide, già formato in tempi anteriori all'Olocene, vide una fase di stabilità nel primo Olocene, per poi subire un'importante fase di erosione dopo il V millennio a. C. seguita da una fase di accumulo <sup>(54)</sup>. Il conoide del Fersina, sul quale è edificata parte della città di Trento, sembra aver subito un'evoluzione generale del tutto simile a quella del conoide del Vela <sup>(55)</sup>. È superfluo sottolineare come i conoidi alluvionali abbiano svolto, inoltre, un ruolo

---

<sup>(51)</sup> FUGANTI *et al.* 1998, BASSETTI & BORSATO 2007.

<sup>(52)</sup> DALMERI *et alii* 2000.

<sup>(53)</sup> Il tutto è già sottolineato da SAURO 1997, p. 51.

<sup>(54)</sup> BASSETTI & BORSATO 2007 e bibliografia ivi citata.

<sup>(55)</sup> BASSETTI & BORSATO 2007.

fondamentale per l'insediamento lungo le vallate alpine: grazie alla posizione rilevata rispetto al fondovalle i conoidi sono stati sistematicamente scelti, fin da epoche preistoriche, come punti preferenziali di insediamento umano <sup>(56)</sup>.

Tornando alle dinamiche alluvionali, i dati riguardanti la loro azione durante l'Olocene medio (tra circa 9000 e 6000 anni fa <sup>(57)</sup>) sono scarsi se confrontati con quelli relativi alle fasi precedenti <sup>(58)</sup> e indicano una decisa diminuzione degli apporti alluvionali in virtù del già citato quadro di stabilità geomorfologica, pur registrando «fasi minori di aggradazione della pianura alluvionale atesina» <sup>(59)</sup>. Questa situazione di generale quiescenza, seppur intervallata da situazioni locali di instabilità, sembra terminare nel III millennio a.C., a partire dal quale si verificano fenomeni di accumulo sedimentario, talora ingenti, lungo i principali conoidi, così come nei fondivalle dell'Adige e del Sarca <sup>(60)</sup>.

## 7. L'IMPATTO ANTROPICO DURANTE LA PREISTORIA: CENNO

Il nostro percorso, tracciato su base sommariamente cronologica, è giunto ora all'Olocene medio, periodo che corrisponde all'*optimum* climatico e ambientale degli ultimi 11.500 anni e durante il quale si registra la comparsa di un nuovo fattore determinante per l'evoluzione ambientale del bacino montano atesino: il fattore umano.

Dal punto di vista archeologico, il già citato ALGM rappresenta in un certo senso il punto d'inizio della documentazione archeologica per l'area qui considerata. La vigorosa azione dei ghiacciai würmiani ha cancellato buona parte delle evidenze archeologiche anteriori all'ALGM: nell'attuale territorio trentino si contano infatti poco più di 500 manufatti attribuibili al Paleolitico medio, provenienti quasi esclusivamente da località esterne all'area glacializzata nel Pleistocene Superiore, in particolare dai massicci del Baldo, del Bondone, dei Lessini e dell'Altopiano dei Sette Comuni <sup>(61)</sup>. Con il tardoglaciale si registra la prima (ri)colonizzazione dell'area in esame con i gruppi di cacciatori-raccoglitori

---

<sup>(56)</sup> È facile osservare che i nuclei storici degli abitati lungo il fondovalle dell'Adige sono frequentemente collocati su conoidi alluvionali.

<sup>(57)</sup> RAVAZZI 2003; ANGELUCCI & BASSETTI 2009.

<sup>(58)</sup> FUGANTI *et al.* 1998.

<sup>(59)</sup> BASSETTI & BORSATO 2007, p. 36.

<sup>(60)</sup> Questo tema è ampiamente trattato nel bel contributo di BASSETTI & BORSATO 2007, cui si rimanda per approfondimenti.

<sup>(61)</sup> GRIMALDI 2013.

epigravettiani che, dopo il ritiro dei ghiacciai, si spinsero lungo le valli alpine e sugli altopiani prealpini, lasciando un esteso *record* archeologico che attesta l'occupazione umana durante l'interstadio tardoglaciale e, in parte, durante il Dryas Recente <sup>(62)</sup>. Con l'instaurarsi delle condizioni temperate dell'Olocene, nel Preboreale e nel Boreale, i gruppi di cacciatori-raccoglitori mesolitici estesero il proprio territorio su quasi tutto il bacino dell'Adige (e zone limitrofe), raggiungendo lo spartiacque alpino e spingendosi fino a quote oltre i 2000 m. La bibliografia relativa a queste fasi, corrispondenti al Paleolitico Superiore finale e al Mesolitico, è abbondante e il tema non verrà qui approfondito <sup>(63)</sup>. Sembra però rilevante citare i dati raccolti da alcuni siti dove l'elevata risoluzione della successione stratigrafica (come il Riparo Gaban, presso Trento <sup>(64)</sup>) o l'accuratezza del dato archeologico (quale il sito di Lugo di Grezzana, presso Verona <sup>(65)</sup>) permettono di comprendere cosa accadde a partire dall'Olocene medio nell'area prealpina. Con l'instaurarsi delle condizioni di stabilità medio-oloceniche i processi superficiali correlati a dinamiche naturali subirono un deciso rallentamento, se non un arresto. Nondimeno, le successioni registrate nei siti citati non evidenziano un arresto dell'azione di accumulo; piuttosto, sono le dinamiche di sedimentazione a subire una drastica modificazione. Al Riparo Gaban, già dal Neolitico antico (quantomeno da circa 6800-6500 anni fa) i processi di accumulo risultano essere controllati da fattori antropici, portando alla deposizione di sedimenti di vario tipo contenenti una frazione minima di apporti naturali. A Lugo di Grezzana, i resti dell'occupazione neolitica, datata tra circa 7300 e 7000 anni fa, vengono sepolti da colluvi provenienti dal versante soprastante, la cui attivazione si deve all'impatto antropico indiretto attraverso la pratica del disboscamento e il conseguente aumento dei processi d'erosione, del ruscellamento e del trasporto di materiale lungo il versante. I dati raccolti da questi due siti concordano con altri indicatori, quali i dati paleoambientali raccolti a Ledro che, pur indicando una generica diminuzione delle temperature estive a partire da circa 7200 anni fa e un aumento delle precipitazioni tra circa 8200 e 4000 anni fa, individuano chiare tracce di attività umana e sfruttamento degli ambienti forestali già da 7500 anni fa circa, con un ulteriore intensificazione a partire da 4100 anni fa <sup>(66)</sup>.

---

<sup>(62)</sup> DALMERI *et al.* 2000.

<sup>(63)</sup> Si vedano, ad esempio, DALMERI *et al.* 2000, CAVULLI *et al.* 2011, GRIMALDI 2013 e la bibliografia ivi citata.

<sup>(64)</sup> ANGELUCCI *et al.* 2009.

<sup>(65)</sup> CAVULLI *et al.* 2002, ANGELUCCI 2002.

<sup>(66)</sup> MAGNY *et al.* 2009, PEYRON *et al.* 2013.

Questi dati, seppur preliminari e provenienti da siti dove la bontà delle evidenze ha permesso di approfondire le tematiche sulle relazioni tra gruppi umani e contesto ambientale e geografico, suggeriscono che la comparsa delle economie produttive nell'area prealpina, con la neolitizzazione, determinò significativi effetti di impatto antropico sull'ambiente, in fasi più antiche di quanto immaginato fino a pochi anni fa. Le ricerche su questi argomenti sono in corso e vedranno ulteriori risultati nel futuro, pur indicando preliminarmente che il paesaggio prealpino è il risultato di interazioni tra fattori naturali e culturali articolatesi su più millenni e che gli effetti dell' 'antropizzazione' sull'ambiente fisico sono molto antichi <sup>(67)</sup>.

#### 8. IL FONDOVALLE ATESINO PRIMA DELLA RETTIFICA DELL'ADIGE

Quale era quindi l'aspetto del fondovalle dell'Adige nelle sue condizioni naturali, ovverosia prima delle opere di rettifica del fiume, di regolarizzazione dei deflussi e di bonifica delle aree acquitrinose avvenute in età recente? Più in particolare, quale era la configurazione del fiume? È chiaro, da quanto detto finora, che la risposta a tali questioni non è semplice. Le fasi più antiche, immediatamente successive alla deglaciazione, furono interessate da rapidissime trasformazioni del territorio con eventi a carattere pressoché catastrofico nel fondovalle e lungo i versanti adiacenti. Nondimeno, anche la ricostruzione della paleogeografia e dell'evoluzione della valle dell'Adige durante le fasi più recenti dell'Olocene è resa difficoltosa dall'articolato mosaico di forme e depositi che si giustappungono nel fondovalle e nelle zone prossime, e dall'alternarsi tra fasi di stabilità e di aggradazione nel corso del tempo. La bibliografia, ricca di dati di carattere locale, raccolti prevalentemente da siti archeologici o da indagini di carattere geognostico, risulta lacunosa nel momento in cui si tentasse di effettuare una ricostruzione diacronica del fondovalle atesino <sup>(68)</sup>.

Allo stato attuale, l'unica fase per la quale è possibile effettuare una ricostruzione delle condizioni geografiche e ambientali del fondovalle dell'Adige è quella immediatamente precedente alla rettifica, peraltro non generalizzabile per periodi anteriori, visto che i dati disponibili sembrano

---

<sup>(67)</sup> Non c'è spazio per approfondire l'argomento o dettagliare gli aspetti relativi alla preistoria recente, temi per i quali si rimanda alla bibliografia archeologica recente, in parte citata nella lista bibliografica finale.

<sup>(68)</sup> Si faccia riferimento a BASSETTI & BORSATO 2007 e AVANZINI 2010.

attestare una fase di accumulo a partire dal XIII sec. AD <sup>(69)</sup>. I dati più significativi, per quantità e qualità, provengono dalla cartografia storica, tra questi i lavori svolti dal gruppo di ricerca del Laboratorio Bagolini dell'Università di Trento <sup>(70)</sup> e l'esaustiva cartografia pubblicata nel bel volume di Kurt Werth <sup>(71)</sup>, una delle fonti più preziose per comprendere le caratteristiche della configurazione dell'Adige prima della rettifica.

Le fonti cartografiche mostrano in modo chiaro che la configurazione dell'Adige non era omogenea lungo il percorso dell'asta fluviale. Pur in un contesto generale di configurazione meandriforme <sup>(72)</sup>, risulta evidente come nei tratti situati a valle delle principali confluenze (ad esempio a sud della confluenza con il Passirio/Passer, con l'Isarco/Eisack e con il Noce) il fiume assumesse un tracciato a più canali, di tipo anastomosato (si veda ad esempio la configurazione del tratto immediatamente a S di Meran/Merano <sup>(73)</sup>), per poi passare a una configurazione intermedia <sup>(74)</sup> e riprenderne una a canale meandriforme nei tratti più a valle. Le fonti disponibili sembrano inoltre evidenziare che il tracciato meandriforme diveniva prevalente in Val Lagarina.

Le tracce relative ad antichi meandri dell'Adige sono tuttora visibili lungo il fondovalle alluvionale: i processi di rettifica e le bonifiche non sono stati in grado di cancellare completamente le tracce stesse né il microrilievo ad esse associato. Tracce di antichi meandri sono riconoscibili nelle fotografie aeree e nelle immagini satellitari in aree non urbanizzate e urbanizzate <sup>(75)</sup>, spesso visibili anche grazie alla semplice osservazione autoptica del fondovalle (Fig. 12) o mediante l'analisi del microrilievo (Fig. 13).

Nel suo percorso l'Adige era influenzato da vari 'ostacoli' che incontrava lungo il suo cammino e dai conoidi provenienti dalle valli laterali. A titolo di esempio si può citare la conca di Trento, dove l'altimetria del fondovalle e la posizione del fiume sono controllate dai conoidi dell'Avisio, del Vela e del Fersina. All'altezza di Zambana l'Adige viene

<sup>(69)</sup> COLTORTI 1991; BASSETTI & BORSATO 2007.

<sup>(70)</sup> Si veda, in questo senso, il recente volume curato da Elena Dai Prà (2013) e i contributi ivi contenuti.

<sup>(71)</sup> WERTH 2003.

<sup>(72)</sup> Per meandriforme s'intende un corso d'acqua che scorre lungo un solo canale fluviale attivo ad elevata sinuosità; i corsi d'acqua anastomosati sono invece caratterizzati dalla presenza di più canali attivi separati tra di loro da barre ghiaiose.

<sup>(73)</sup> WERTH 2003, p. 272.

<sup>(74)</sup> Si fa riferimento alla configurazione definita dai geomorfologi come *meandering with chute*.

<sup>(75)</sup> Quale il meandro di Centa a Trento.



Fig. 12 - Il paleomeandro di Taio (Nomi) visto da Castel Barco. Il meandro dell'Adige, che arrivava a lambire Castel Pietra, è ancora ben riconoscibile malgrado la rettifica e le bonifiche agrarie.

spinto verso il fianco ovest, fino a lambire le pareti del massiccio della Paganella, dal poderoso conoide dell'Avisio, proveniente dalla sinistra idrografica (Fig. 14). Più a sud, il fiume era spinto invece verso est dal piccolo conoide del Vela e, una volta aggirato il Dos Trento, formava uno stretto meandro a Centa, per essere infine spostato verso ovest dal grande conoide del Fersina. Si deve peraltro tenere conto che alcuni dei conoidi non sono oggi facilmente identificabili. Esemplificativo è il caso del conoide del Noce, ancora riconoscibile dal punto di vista geomorfologico, correlato all'attività di questo corso d'acqua che, prima della sua deviazione, sboccava nei pressi di Grumo <sup>(76)</sup> – da qui la posizione dell'Adige a lambire S. Michele e il versante sinistro idrografico della valle.

L'Adige, precedentemente alla rettifica, era quindi profondamente diverso dal corso d'acqua attuale, così come diverso era l'intero fondovalle. La cartografia storica, unita all'analisi delle piane alluvionali attuali analoghe a quella dell'Adige prima della bonifica, mostra come il fondovalle fosse una landa punteggiata da aree con acque stagnanti, spesso inondata dalle piene del fiume. Parimenti, il limite tra il corso d'acqua

<sup>(76)</sup> Si veda WERTH 2003, p. 322.

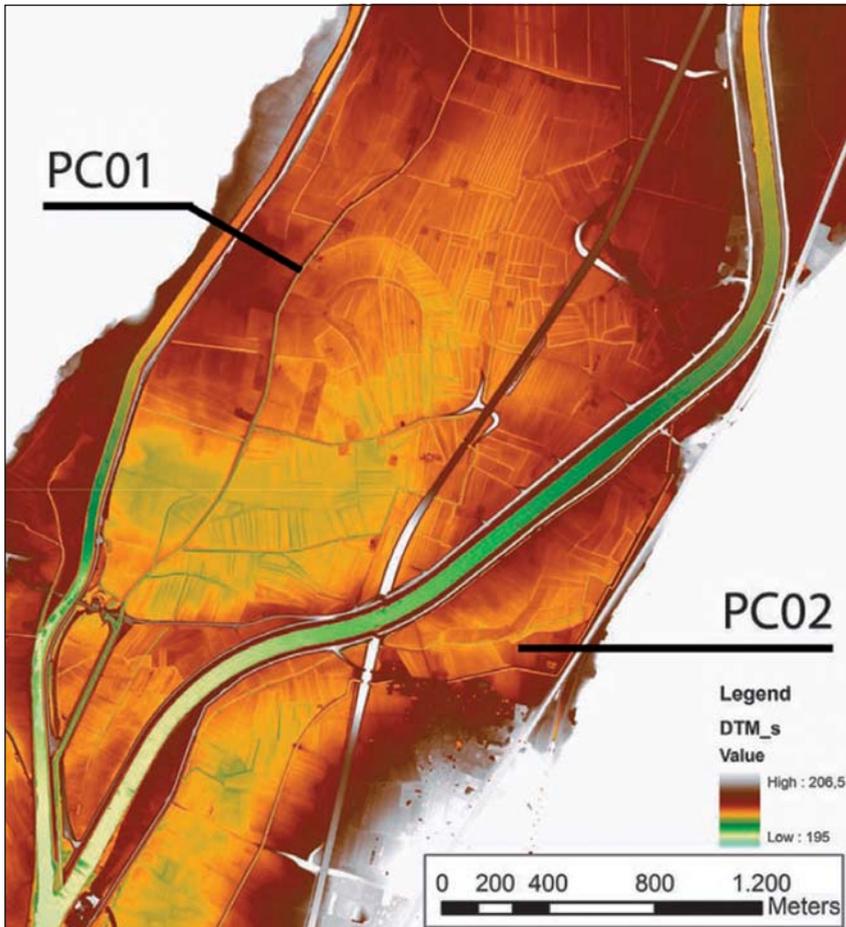


Fig. 13 - Tracce di paleoalvei dell'Adige (PC01 e PC02) presso Nave San Rocco, riconoscibili in fotografia aerea e grazie a variazioni altimetriche di scarsa entità, qui enfatizzate mediante la tecnica del *Constrained Colour Shading* (da COLECCHIA & FORLIN 2013, fig. 3).

vero e proprio e le aree circostanti, oggi abrupto a causa dell'arginatura del fiume, era più sfumato, essendo caratterizzato da zone palustri, laghi fluviali e golene permanentemente o temporaneamente occupate dall'acqua. Un fondovalle diverso dall'attuale quindi, difficilmente transitabile a causa delle caratteristiche idriche e per la presenza di barriere fisiche di vario tipo (ad esempio, si osservi in Fig. 12 la posizione di Castel Pietra tra il meandro abbandonato di Taio e la base del ripido versante orientale della valle), dove la percorribilità in senso longitudi-



Fig. 14 - L'ampio conoide dell'Avisio visto da ovest, all'apice del quale si trova parte del nucleo storico di Lavis. Si noti l'apertura a ventaglio del conoide, i cui depositi sbarrano praticamente l'intero fondovalle dell'Adige, spingendo il fiume (non visibile nell'immagine) contro il versante occidentale della valle.

nale era garantita soprattutto dalla via fluviale, essendo quella di terra più difficoltosa.

## 9. NOTE FINALI

Tra le finalità di questo contributo vi era quella di evidenziare la complessità del bacino dell'Adige e della sua valle, morfologicamente controllata da fattori geologici e strutturali, originata in epoche pre-quaternarie, modellata dai ghiacciai pleistocenici e dai processi occorsi dopo il loro ritiro, definitivamente trasformata dall'attività antropica negli ultimi duecento anni. L'abbondanza e la qualità degli studi sul territorio hanno permesso di tracciare lo schema qui sinteticamente esposto, che costituisce altresì un punto di partenza per le questioni ancora da risolvere, quali quelle relative alla ricostruzione delle dinamiche puntuali di evoluzione del fondovalle e dei versanti durante l'Olocene, delle modalità di impatto antropico nel tempo e delle interazioni tra fattori naturali

e culturali – in altri termini, della genesi e della trasformazione del paesaggio di questo settore della catena alpina.

#### RINGRAZIAMENTI

La grande valle dell'Adige mi ha affascinato sin dal mio arrivo a Trento e questo contributo vuole essere un primo omaggio alla terra che mi ha accolto, nella speranza di poter continuare a dedicarmi in futuro alla geoarcheologia del Trentino e delle Alpi meridionali. Fino ad oggi, sono molte le persone che mi hanno aiutato e che vorrei ringraziare, in ordine sparso e tralasciando i titoli accademici: Vito Rovigo, per l'organizzazione del convegno, e l'Accademia degli Agiati, in particolare Fabrizio Ramera; Emanuele Curzel, Elena dai Pra', Marco Mastronunzio, Anna Tanzarella, Annalisa Colecchia, Paolo Forlin e Matilde Peterlini per le utili discussioni e i materiali messi a disposizione; Guido Zolezzi e Francesco Comiti per avermi messo sulla retta via (anastomostata o meandriforme che sia); Daniela Anesin, Annaluisa Pedrotti, Francesco Carrer e Teresa Medici per la revisione del manoscritto e i suggerimenti; Cristina Bassi e Michele Bassetti per le osservazioni; i miei studenti e le mie studentesse per i continui stimoli.

#### BIBLIOGRAFIA

- ANGELUCCI D.E., 2002 - *Il sito preistorico di Lugo di Grezzana (VR): prime osservazioni micromorfologiche*, «Preistoria Alpina», 38, pp. 109-129.
- ANGELUCCI D.E. & BASSETTI M., 2009 - *Humans and their landscape from the Alpine Last Glacial Maximum to the Middle Holocene in Trentino: geoarchaeological considerations*, «Preistoria Alpina», 44, pp. 59-78.
- ANGELUCCI D.E., BOSCHIAN G., FONTANALS M., PEDROTTI A. & VERGÈS J.M., 2009 - *Shepherds and karst: The use of caves and rock-shelters in the Mediterranean region during the Neolithic*, «World Archaeology», 41, 2, pp. 191-214.
- Autorità di Bacino del fiume Adige, 2008 - *Quaderno sul bilancio idrico superficiale di primo livello. Bacino idrografico del fiume Adige*, Trento.
- AVANZINI M. (ed.) 2010 - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 060. Trento*, Trento 2010.
- M. AVANZINI M., BARGOSI G.M., BORSATO A., CUCATO M., MORELLI C., PICOTTI V. & SELLI L. (eds.), 2013 - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 043. Mezzolombardo*, Trento.
- BASSETTI M. & BORSATO A., 2007 - *Evoluzione geomorfologia della Bassa Valle dell'Adige dall'ultimo massimo glaciale: sintesi delle conoscenze e riferimenti ad aree limitrofe*, «Studi Trentini di Scienze Naturali. Acta Geologica», 82, pp. 29-40.
- BINI A., CITA M.B. & GAETANI M., 1978 - *Southern alpine lakes. Hypothesis of an erosio-*

- nal origin related to the Messinian entrenchment*, «Marine Geology», 27, pp. 271-288.
- BONDESAN A., 2001 - *Una nuova data 14C nell'anfiteatro morenico di Vittorio Veneto e la costruzione del suo Sandur (Pianura del F. Meschio)*, in *Atti VIII Convegno Glaciologico Italiano: "Risposta dei ghiacciai alpini ai cambiamenti climatici"*, Bormio, 9-12 settembre 1999, «Supplementi di Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria», 5, pp. 87-89.
- BUTZER K.W., 1982 - *Archaeology as Human Ecology*, Cambridge.
- CALDERONI G., FINOTTI F., ILICETO V., LEONARDI D. & PAGANELLI A., 1996 - *Topography-based identification of a palaeopeat-bog at Isera, near Rovereto (Trento, Italy) and first stratigraphic, radiocarbon and palynological results*, «Il Quaternario», 9, 2, pp. 671-678.
- CASADORO G., CASTIGLIONI G.B., CORONA E., MASSARI F., MORETTO M.G., PAGANELLI A., TEREZIANI F. & TONIELLO V., 1976 - *Un deposito tardowürmiano con tronchi subfossili alle Fornaci di Revine (Treviso)*, «Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano», 24, pp. 22-63.
- CASTELLARIN A. (ed.), 2005 - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 080. Riva del Garda*, Firenze.
- CASTELLARIN A., VAI G.B., CANTELLI L., 2006 - *The Alpine evolution of the Southern Alps around the Giudicarie faults: A Late Cretaceous to Early Eocene transfer zone*, «Tectonophysics», 414, pp. 203-223.
- CASTIGLIONI B., 1940 - *L'Italia nell'età quaternaria. Carta delle Alpi nel Glaciale*, in G. DAINELLI (ed.), *Atlante fisico economico d'Italia del T.C.I.*, Milano, tav. 3.
- CAVULLI F., ANGELUCCI D.E. & PEDROTTI A., 2002 - *La successione stratigrafica di Lugo di Grezzana (Verona)*, «Preistoria Alpina», 38, pp. 89-107.
- CAVULLI F., GRIMALDI S., PEDROTTI A. & ANGELUCCI D.E., 2011 - *Toward a comprehension of archaeological visibility: the case study of the Trentino region (southern Alps)*, in M. VAN LEUSEN, G. PIZZOLO & L. SARTI (eds.), *Hidden Landscapes of Mediterranean Europe. Cultural and methodological biases in pre- and protohistoric landscape studies*, BAR International Series, 2320, pp. 83-94.
- COLECCHIA A. & FORLIN P., 2013 - *Visibilità e interpretazione del record archeologico in aree d'altura. Le potenzialità dell'analisi LIDAR DTM*, in D.E. ANGELUCCI, L. CASAGRANDE, A. COLECCHIA & M. ROTTOLI (eds.), *APSAT 2. Paesaggi d'altura del Trentino. Evoluzione naturale e aspetti culturali*, Mantova 2013, pp. 41-60.
- COLTORTI M., 1991 - *Il contributo geoarcheologico alla conoscenza dell'evoluzione recente della piana di Bolzano*, in AA.VV., *Bozen. Von den Anfängen bis zur Schleifung der Stadtmauern - Bolzano. Dalle origini alla distruzione delle mura*, Bolzano 1991, pp. 17-37.
- DAI PRÀ E., 2013 - *APSAT 9. Cartografia storica e paesaggi in Trentino. Approcci geostorici*, Mantova.
- DALMERI G., GRIMALDI S., LANZINGER M., 2000 - *Il Paleolitico e il Mesolitico*, in M. LANZINGER, F. MARZATICO & A. PEDROTTI (eds.), *Storia del Trentino. I. La preistoria e la protostoria*, Bologna, pp. 15-117.
- FELBER M., VERONESE L., COCCO S., FREI W., NARDIN M., OPPIZZI P., SANTULIANA E. & VIOLANTI D., 2000 - *Indagini sismiche e geognostiche nelle valli del Trentino meridionale (Val d'Adige, Valsugana, Valle del Sarca, Valle del Chiese), Italia*, «Studi Trentini di Scienze Naturali. Acta Geologica», 75, pp. 3-52.
- FILIPPI M.L., HEIRI O., ARPENTI E., ANGELI N., BORTOLOTTI M. & VAN DER BORG K., 2007 - *Studio paleolimnologico del Lago di Cornisello (Parco Naturale Adamello-Brenta)*, «Studi Trentini di Scienze Naturali. Acta Geologica», 82, pp. 261-278.

- FINCKH P., 1978 - *Are southern Alpine lakes former Messinian canyons? - Geophysical evidence for preglacial erosion in the southern alpine lakes*, «Marine Geology», 27 (1978), pp. 289-302.
- FUGANTI A., BAZZOLI G. & MORTEANI G., 1998 - *The Quaternary evolution of the Adige Valley near the city of Trento (Northern Italy) as deduced from wells and radiocarbon dating. Preliminary results*, «Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Geologica», 73, pp. 93-97.
- GARCIA-CASTELLANOS D., ESTRADA F., JIMÉNEZ-MUNT I., GORINI C., FERNÁNDEZ M., VERGÉS J. & DE VICENTE R., 2009 - *Catastrophic flood of the Mediterranean after the Messinian salinity crisis*, «Nature», 462, pp. 778-782.
- GIBBARD P.L., BOREHAM S., COHEN K.M. & MOSCARIELLO M., 2005 - *Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years*, «Boreas», 34, 1.
- GORFER A., 1977 - *Le valli del Trentino, Trentino orientale*, 2ª ed., Rovereto.
- GORFER A., 1983 - *Le valli del Trentino, Trentino occidentale*, 2ª ed., Rovereto.
- GRIMALDI S., 2013 - *Il territorio dei cacciatori raccoglitori in Trentino durante il Paleolitico e il Mesolitico*, in D.E. ANGELUCCI, L. CASAGRANDE, A. COLECCHIA & M. ROTTOLI M. (eds.), *APSAT 2. Paesaggi d'altura del Trentino. Evoluzione naturale e aspetti culturali*, Mantova, pp. 75-90.
- JOHNSEN S.J., DAHL-JENSEN D., GUNDESTRUP N., STEFFENSEN J.P., CLAUSEN H.B., MILLER H., MASSON-DELMOTTE V., SVEINBJÖRNSDÓTTIR A.E. & WHITE J., 2001 - *Oxygen isotope and palaeotemperature records from six Greenland ice-core stations: Camp Century, Dye-3, GRIP, GISP2, Renland and NorthGRIP*, «Journal of Quaternary Science», 16, 4, pp. 299-307.
- LISIECKI L.E., 2010 - *Links between eccentricity forcing and the 100,000-year glacial cycle*, «Nature Geoscience», 3, pp. 349-352.
- MAGNY M., GALOP D., BELLINTANI P., DESMET M., DIDIER J., HAAS J.N., MARTINELLI N., PEDROTTI A., SCANDOLARI R., STOCK A. & VANNIÈRE B., 2009 - *Late-Holocene climatic variability south of the Alps as recorded by lake-level fluctuations at Lake Ledro, Trentino, Italy*, «The Holocene» 19, 4, pp. 575-589.
- MANZI V., GENNARI R., HILGEN F., KRIJGSMAN W., LUGLI S., ROVERI M. & SIERRO F.J., 2013 - *Age refinement of the Messinian salinity crisis onset in the Mediterranean*, «Terra Nova», 25, pp. 315-322.
- PELLEGRINI G.B., ALBANESE D., BERTOLDI R. & SURIAN N., 2005 - *La deglaciazione nel Vallone Bellunese, Alpi Meridionali Orientali*. «Supplementi di Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria», 7, pp. 271-280.
- PENCK A. & BRÜCKNER E., 1909 - *Die Alpen im Eiszeitalter*, Leipzig.
- PETTIT J.R., JOUZEL J., RAYNAUD D., BARKOV N.I., BARNOLA J.-M., BASILE I., BENDER M., CHAPPELLAZ J., DAVIS M., DELAYGUE G., DELMOTTE M., KOTLYAKOV V.M., LEGRAND M., LIPENKOV V.Y., LORUS C., PÉPIN L., RITZ C., SALTZMAN E. & STIEVENARD M., 1999 - *Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica*, «Nature», 399, pp. 429-436.
- PEYRON O., MAGNY M., GORING S., JOANNIN S., DE BEAULIEU J.-L., BRUGIAPAGLIA E., SADORI L., GARFI G., KOULI K., IOAKIM V. & COMBOURIEU-NEBOUT N., 2013 - *Contrasting patterns of climatic changes during the Holocene across the Italian Peninsula reconstructed from pollen data*, «Climate of the Past», 9, pp. 1233-1252.
- PREUSSER F., REITNER J.M. & SCHLÜCHTER C., 2010 - *Distribution, geometry, age and origin of overdeepened valleys and basins in the Alps and their foreland*, «Swiss Journal of Geoscience», 103, pp. 407-426.
- RAVAZZI C., 2003 - *An overview of the Quaternary Continental stratigraphic units based on biological and climatic events in Italy*, «Il Quaternario», 16, 1 bis, pp. 11-18.

- RAVAZZI C., PERESANI M., PINI R., & VESCOVI E., 2007 - *Il Tardoglaciale nelle Alpi italiane e in Pianura padana. Evoluzione stratigrafica, storia della vegetazione e del popolamento antropico*, «Il Quaternario», 20, 2, pp. 163-184.
- RENFREW A.C., 1976 - *Archaeology and the Earth Sciences*, in D.A. DAVIDSON, M. SHACKLEY (eds.), *Geoarchaeology*, London.
- RIAL J.A., OH J. & REISCHMANN E., 2013 - *Synchronization of the climate system to eccentricity forcing and the 100,000-year problem*, «Nature Geoscience», 6, pp. 289-293.
- SAURO U., 1997 - *Dal ghiacciaio al fiume*, in E. TURRI & S. RUFFO (eds.), *Adige. Il fiume, gli uomini, la storia*, Verona, pp. 23-59.
- TINNER W. & VESCOVI E., 2007 - *Ecologia e oscillazioni del limite degli alberi nelle Alpi dal Pleniglaciale al presente*, «Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Geologica», 82, pp. 7-15.
- TURRI E., 1997 - *Lo spazio atesino*, in E. TURRI & S. RUFFO (eds.), *Adige. Il fiume, gli uomini, la storia*, Verona, pp. 3-19.
- TURRI E. & RUFFO S., (eds.), 1997 - *Adige. Il fiume, gli uomini, la storia*, Verona.
- WERTH K., 2003 - *Geschichte des Etsch zwischen Meran und San Michele. Flussregulierung, Trockenlegung der Möser, Hochwasser*, Lana.

