

**DEPOSITI DELTIZI PLIOCENICI
ALLO SBOCCO DELLA VAL BREMBANA
(PREALPI BERGAMASCHE)**

C. CORSELLI, M. GNACCOLINI & G. OROMBELLI*

Abstract. At the outlet of the Brembo valley into the upper Lombardy Plain a conglomerate unit is present, about 30 m thick and outcropping over an area of about 1.5 km². This conglomerate was in the past attributed to the Villafranchian and considered as the lowermost part of the "Ceppo", a thick and widespread formation composed of well cemented coarse fluvial deposits.

The conglomerate unit here described, called Madonna del Castello Conglomerate, is interpreted as a Late Pliocene deltaic deposit. It shows a large scale cross-stratification affecting the whole thickness of the unit; single beds show decreasing gradient from the top to the base, with a concave up profile. Beds are prevalingly composed of matrix supported conglomerate, with elongated clasts parallel to the dip of bedding. Both geometry and structures are indicative of foreset beds.

The petrographic composition of the Madonna del Castello Conglomerate is characterized by prevailing clasts of Mesozoic limestones of local provenance, while subordinate and often absent are metamorphic, volcanic and arenaceous rocks deriving from the Sudalpine crystalline basement and from its Paleozoic cover, which outcrop at the head of the Brembo valley.

The Madonna del Castello Conglomerate overlies Early to Middle Pliocene fossiliferous mudstones (Tornago Formation) and represents a terminal regressive phase of the marine Pliocene sedimentation at the foot of the Lombardy Prealps.

Premessa.

Nelle incisioni del F. Brembo e del suo affluente Tornago, al limite tra l'alta pianura lombarda e le Prealpi bergamasche, sono noti da tempo affioramenti di argille marine plioceniche. I depositi marini pliocenici del T. Tornago sono stati descritti fin dal secolo scorso: tra gli studiosi che se ne sono occupati, dobbiamo ricordare Maggi (1869), Stoppani (1873), Varisco (1881), Parona (1883), Sacco (1886, 1900), Corti (1894), Taramelli (1895), Patrini (1923), Desio (1929), Venzo & Guaitani (1943), Guaitani (1944), Venzo (1950) e in-

* Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Milano, Via Mangiagalli 34, 20133 Milano.

— Lavoro eseguito con il contributo finanziario del Comitato per le Scienze Geologiche e Minerarie del C.N.R. e con un contributo del Ministero della Pubblica Istruzione, Progetto di Ricerca Geologia delle Pianure Italiane.

Gli aspetti paleoecologici sono stati studiati da C. Corselli, quelli geologici e sedimentologici da M. Gnaccolini e G. Orombelli.

fine Brambilla, Cantaluppi e Lualdi che, recentemente (1983), hanno analizzato le faune dei principali lembi pliocenici bergamaschi.

Nella regione presa in esame (Fig. 1) il Pliocene marino è rappresentato, secondo gli Autori, da argille grigio-azzurrognole cui seguono localmente, verso l'alto, sabbie siltose giallastre. Brambilla, Cantaluppi e Lualdi (1983) attribuiscono gli affioramenti dei dintorni di Almenno al Pliocene inferiore e medio, in base al rinvenimento di *Bolivina apenninica*, *B. leonardii*, *B. placentina*, *B. punctata*, *Ortomorphina tenuicostata*, *Globigerinoides italicus* e, per la macrofauna, di *Alvania cimicoides*, *Mathilda brocchii*, *Eulimella subalpina*, *Nassarius mayeri*, *Hinia craticulata*. Secondo gli stessi Autori, le associazioni più profonde riscontrate nelle argille grigio-azzurrognole sarebbero confrontabili con l'associazione attuale del Piano Circalitorale del Mediterraneo (in particolare con la Biocenosi dei fondi detritici del Largo, D. L., caratterizzata da *Dentalium panormum*, *Chlamys clavata*, *Pinna pernula*, *Ophiura carnea*; 80–130 m di profondità), mentre le sabbie siltose giallastre sarebbero indicative di pochi metri di profondità.

I depositi prevalentemente pelitici pliocenici appaiono ricoperti, nell'area studiata, da depositi conglomeratici più o meno cementati. Tra gli Autori che si sono occupati di questi ultimi ricordiamo in particolare Varisco, che, nel 1881, distinse nell'ambito dei depositi in questione due unità, indicate rispettivamente come «deposito caotico poligenico, cementato ora in conglomerato grossola-

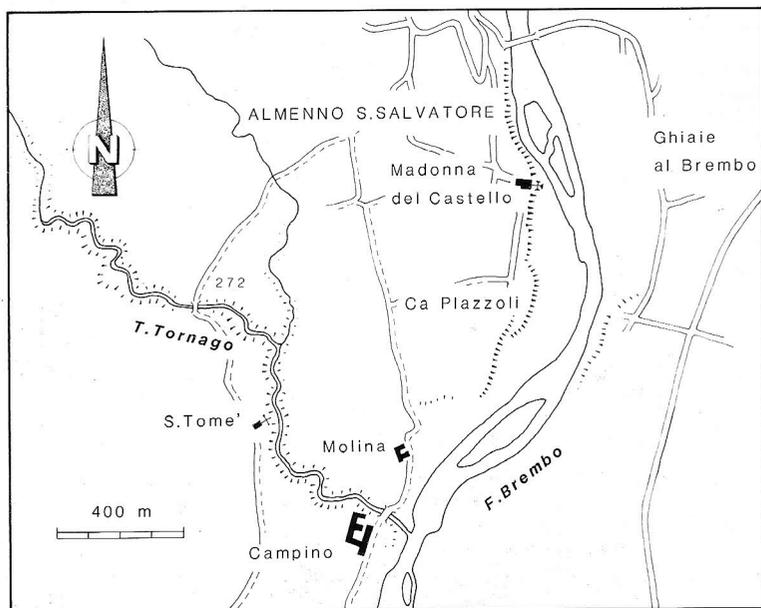


Fig. 1 — L'area studiata.

no) (superiore) e come «ceppo» (inferiore). Successivamente Taramelli (1895) confermò la suddivisione operata da Varisco, con alcune precisazioni relative agli affioramenti sui quali sorge la chiesetta di S. Tomè, riferiti ai conglomerati soprastanti al «ceppo». Più tardi Desio (1929), riprendendo in considerazione la giacitura del «ceppo» affiorante sotto la chiesa della Madonna del Castello, in riva destra del Brembo, non escluse che potesse essere, almeno in parte, originaria. Venzo, infine, nel 1950, distinse nell'ambito dei conglomerati affioranti nell'incisione del T. Tornago, tre unità, denominate, a partire dall'alto, «ceppo poligenico grossolano dell'Interglaciale Günz-Mindel», «ceppo del Günz» e «ceppo calcareo del Villafranchiano».

Nel corso delle nostre indagini abbiamo potuto confermare la presenza, nell'area tra Brembo e Tornago, di due unità conglomeratiche ben differenziate: l'inferiore corrisponde ai depositi affioranti, in particolare, sotto la chiesa della Madonna del Castello; la superiore è correlabile con i conglomerati poligenici grossolani di Varisco (1881) ed affiora, tra l'altro, in prossimità della chiesetta di S. Tomè.

Di particolare interesse, al fine di una migliore conoscenza dell'evoluzione geologica della zona in esame tra il Pliocene ed il Pleistocene, ci è sembrato lo studio della successione conglomeratica inferiore, che abbiamo esaminato sia dal punto di vista della composizione petrografica, sia dal punto di vista della analisi di facies. Tenendo presente la località nella quale è stato possibile osservare i migliori affioramenti, e con lo scopo di evitare ogni eventuale equivoco, proponiamo di denominare i depositi in questione come *Conglomerato di Madonna del Castello*. Useremo invece il nome di *Conglomerato del Brembo* per i conglomerati superiori, mentre indicheremo come *l'ormazione del Tornago* i depositi prevalentemente pelitici pliocenici.

Le Formazioni plio-pleistoceniche affioranti tra il Brembo ed il Tornago

Le osservazioni effettuate lungo le incisioni del Brembo e dei suoi affluenti ci hanno consentito di ricostruire il quadro litostratigrafico illustrato nella Fig. 2.

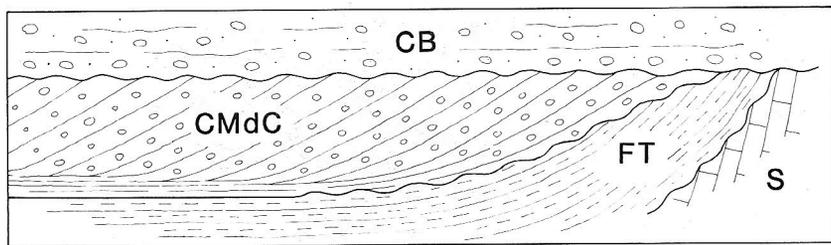


Fig. 2 - Schema litostratigrafico. Spiegazione dei simboli: S; substrato; FT) Formazione del Tornago; CMdC) Conglomerato di Madonna del Castello; CB) Conglomerato del Brembo.

Il substrato su cui poggiano le unità plio-pleistoceniche affiora lungo i tornanti della strada da Ghiaie al Brembo ad Almenno S. Salvatore e lungo il Brembo stesso, ove è costituito da calcari marnosi cinerei del «Sass della Luna»; nel Tornago ove è rappresentato invece da arenarie e marne riferibili ai Flysch cretacei. In particolare, in quest'ultima località, tra substrato e peliti plioceniche si osservano brecce costituite da elementi di arenaria e da un intero pacco di Flysch immersi in una matrice pelitica di colore grigio.

Formazione del Tornago.

Questa unità è osservabile tipicamente nell'incisione del T. Tornago e costituisce anche un modesto affioramento sulla sponda destra del Brembo, nel giardino annesso al Ristorante Palanca (Almenno S. Salvatore). E' costituita per la maggior parte da peliti grigie, generalmente di aspetto massivo, anche se localmente sono state osservate parvenze di stratificazione, con giaciture caratterizzate da immersione verso SSO e inclinazione di 15–20°. Sulla base di analisi granulometriche si è evidenziato un progressivo aumento delle frazioni più grossolane verso l'alto: si passa infatti da argille siltose, caratteristiche della parte basale degli affioramenti, a silt argilloso-sabbiosi.

Sono talore presenti, intercalati tra le peliti, letti di conglomerato a supporto di matrice (pelitica o pelitico-arenacea) con spessori fino a 90 cm: essi contengono clasti, di dimensioni fino a 15 cm, costituiti da calcari e selci. Sono stati inoltre osservati sottili letti sabbiosi inglobanti clasti pelitici. A tetto dei silt argillosi si osservano, localmente, sabbie fini, siltose, di colore giallastro, delicatamente laminate. Brambilla, Cantaluppi e Lualdi (1983) attribuiscono tutti questi depositi al Pliocene inferiore e medio.

Le macrofaune a Molluschi rinvenute nelle peliti rappresentano in genere una tanatocenosi autoctona e sembrano documentare paleocomunità riferibili alla attuale «Biocenosi dei Fanghi Terrigeni Costieri» (VTC) e più in particolare ad una facies impoverita della medesima, caratterizzata dalla presenza costante di *Corbula* (*Varicorbula*) *gibba* (Olivi), specie in genere abbondante in fondi ricchi di materia organica. Ad essa associata si rinviene *Turritella tricarinata* (Brocchi), taxon caratteristico esclusivo della Biocenosi VTC. Accompagnano in genere le due specie precedenti *Amyclina semistriata* (Brocchi) e *Lunatia poliana* (Delle Chiaie), entrambe pelofile tolleranti.

Sulla base di queste considerazioni è possibile ipotizzare che il paleobiotoipo si trovasse nel Piano Circalitorale e fosse caratterizzato da continui apporti di materia organica di provenienza continentale (frequenti sono orizzonti a filliti e a frammenti lignitici). La presenza sia in esemplari interi che in frammenti di *Schizaster* sp. conferma l'ipotesi sopra proposta. La specie attuale (*Schizaster canaliferus* (Lamarck)) già segnalata nel Pleistocene italiano, abita,

in Mediterraneo, fondi di sabbia e melma di cui è elemento caratteristico. Secondo Vatova (1949) il taxon in questione è presente nell'Alto Adriatico come elemento caratteristico della macrofauna su fondi melmoso-fangosi ma anche fangoso-sabbiosi sia della Zoocenosi a *Turritella* sia della Zoocenosi a *Schizaster*. Quest'ultima dovrebbe rappresentare l'aspetto più costiero della Zoocenosi a *Turritella* in zone antistanti lo sbocco di grossi corsi d'acqua. Tenuto conto del fatto che la specie di *Schizaster* è endemica del Mediterraneo e che appartiene anche al sottogenere *Ora*, pure endemico dello stesso mare, è possibile ipotizzare che il taxon rinvenuto nella Formazione del Tornago possa essere identificato con *Schizaster canaliferus* (Lamarck). Lo stato di conservazione degli esemplari rinvenuti non ne permette tuttavia una attribuzione sicura, lasciando pertanto l'autoecologia del taxon solo ipotetica.

Il progressivo aumento, verso l'alto, delle frazioni siltosa e sabbiosa, ben documentata dalle analisi granulometriche, dimostra come l'ambiente risentisse maggiormente della relativa vicinanza di aree emerse. Nella tanatocenosi autoctona compare in concomitanza *Cuspidaria cuspidata* (Olivi), specie mistofila, mentre si fanno più sporadici gli esemplari di *Turritella tricarinata* (Brocchi). In vicinanza dei letti conglomeratici, poi, la tanatocenosi sembra arricchirsi di forme alloctone per lo più legate al Piano Infralitorale (*Ostrea* sp., *Tellina* sp., in genere con valve disarticolate).

L'affioramento descritto da Desio (1929) in riva destra del Tornago, non è stato ritrovato; l'elenco delle faune da lui riportato sembra tuttavia confermare il progressivo aumento della componente alloctona della tanatocenosi nelle sabbie siltose giallastre superiori. Si tratta per lo più di forme legate sia ai substrati duri del Piano Infralitorale («Biocenosi delle Alghe fotofile», «Biocenosi dell'herbier a *Posidonia oceanica*»), sia ai substrati mobili infralitorali ed in parte circolitorali.

In definitiva la Formazione del Tornago testimonia il passaggio dal Piano Circolitorale al Piano Infralitorale.

Conglomerato di Madonna del Castello.

Questa unità affiora lungo le scarpate che fiancheggiano il corso del Brembo, dal ponte di Almenno S. Salvatore fino alla località Campino, per circa 1,5 km, e inoltre nell'incisione del Tornago, tra il ponte di quota 272 m e la confluenza con il Brembo. E' costituita da conglomerati e conglomerati arenacei, con locali intercalazioni di arenarie. I conglomerati sono formati da ciottoli con massima dimensione apparente in genere non superiore a 20 cm (eccezionalmente fino a 40 cm) e contengono abbondante matrice arenacea; la loro cementazione è buona ed uniforme.

La composizione petrografica dei conglomerati è illustrata nella Tabella 1. Prevalgono nettamente i litotipi calcarei (58–98%; media 82%); quasi sempre presenti, con percentuali fino al 13%, sono le rocce metamorfiche a tessitura scistosa; dolomie e selci sono osservabili solo localmente, talora con percentuali significative; più rari sono altri litotipi quali rocce granitoidi, quarzo, conglomerati arenacei tipo Verrucano Lombardo, ecc.

LITOLOGIA	1M	2M	3M	4M	5M	6M	7M	8M	9M	10M	MEDIA	DEV.ST.	INT.F.
Rocce granitoidi	2.00	2.02	3.70	2.91	5.67						1.630	1.994	1.425
Rocce di tipo dioritico o gabbrico	1.00			3.88	3.41						0.829	1.520	1.086
Gneiss e micascisti	4.00	4.04	2.77	10.67	13.63	4.31	1.78		2.83		4.403	4.416	3.156
Quarziti			0.92				0.90				0.182	0.384	0.274
Quarzo	1.00	6.06	1.85		2.27	0.86	2.67				1.471	1.901	1.358
Vulcaniti della F. di Collio					1.13						0.113	0.357	0.255
Conglom. arenacei del Verrucano				3.88			0.90				0.478	1.228	0.877
Arenarie non calcaree	1.00					2.59			2.84		0.643	1.137	0.812
Arenarie calcaree	9.00	1.01	1.84	0.97					3.77		1.659	2.848	2.035
Calcari	80.00	82.83	88.00	65.08	57.99	87.07	93.75	84.30	87.73	98.15	82.490	12.309	8.797
Dolomie			0.92	11.64	10.22	4.31					2.709	4.545	3.248
Selci	1.00	4.04		0.97				9.82	0.94	1.85	1.862	3.061	2.187
Non identificabili	1.00				5.68	0.86		5.88	1.89		1.531	2.326	1.662

Tab. 1 — Composizione petrografica percentuale del Conglomerato di Madonna del Castello. Stazioni 1M–9M: Brembo; stazione 10M: Tornago. Sono indicati media, deviazione standard e intervallo fiduciale della media.

Il conglomerato di Madonna del Castello costituisce un corpo dello spessore di circa 30 m, composto da strati e banchi con immersione compresa tra N 180 e N 230 e inclinazione tra 12° e 24°. Nella parte inferiore di questo litosoma (v. p. 127, punto *d*) sono state rinvenute due sottili intercalazioni di peliti sabbiose, entrambe fossilifere e con evidenti bioturbazioni, che si interdigitano con arenarie conglomeratiche e conglomerati a supporto di matrice arenacea. Le microfaune contenute (1) consentono di attribuire queste intercalazioni, ed i conglomerati che le contengono, ad un probabile Pliocene.

L'unità in esame poggia sulle peliti della Formazione del Tornago: il contatto è visibile lungo il Tornago e lungo il Brembo, nel giardino annesso al Ristorante Palanca di Almenno S. Salvatore. Nella valle del Brembo la formazione è sormontata da un sottile orizzonte di ghiaie scarsamente alterate, che costituiscono la superficie di un terrazzo attribuibile al Pleistocene superiore. Nella

(1) La Dott. A. Vismara Schilling, che vivamente ringraziamo, ha determinato le seguenti specie:

Ammonia tepida (Cushman)

Bolivina catanensis Seguenza

Bolivina dilatata Reuss

Bolivina cf. *punctata* d'Orbigny

Brizalina alata (Seguenza)

Bulimina cf. *echinata* d'Orbigny

Bulimina cf. *marginata* d'Orbigny

Bulimina cf. *ovata* d'Orbigny

Bulimina cf. *pyrula* d'Orbigny

Cibicoides praecinctus (Karrer)

Cibicoides pseudoungerianus (Cushman)

Florilus boueanum (d'Orbigny)

Lenticulina cf. *peregrina* (Schwager)

Robulus sp.

Textularia sp.

Globigerina microstoma Cita, Premoli Silva & Rossi

Globigerinoides obliquus extremus Bolli & Bermudez

Globigerinoides obliquus obliquus Bolli

Orbulina universa d'Orbigny

incisione del Tornago sopra di essa affiorano, con giacitura suborizzontale, i conglomerati poligenici grossolani da noi indicati come Conglomerato del Brembo.

Conglomerato del Brembo.

Questa formazione affiora in corrispondenza delle scarpate che fiancheggiano il T. Tornago, da Almenno S. Bartolomeo fino alla confluenza col Brembo. Al di fuori dell'area in esame l'unità è osservabile estesamente lungo il tratto inferiore del Brembo fino alla confluenza con l'Adda.

Si tratta di conglomerati grossolani costituiti da ciottoli e blocchi (massimo diametro apparente fino ad oltre un metro) da arrotondati a ben arrotondati; i clasti sono spesso disposti con una netta orientazione preferenziale e mostrano una evidente embricazione (Fig. 3). Sono rozzamente stratificati in banchi a giacitura suborizzontale, sovente delimitati da superfici di erosione irregolarmente ondulate. Il grado di cementazione non è omogeneo: ciò è evidenziato dalla presenza in affioramento di ampie ed irregolari cavernosità.

La composizione petrografica è illustrata nella Tabella 2. I clasti dominanti sono sempre quelli calcarei; subordinati appaiono i ciottoli di vulcaniti, di conglomerati arenacei tipo Verrucano, di arenarie non calcaree, di gneiss e micascisti e di dolomie; rari sono infine quarzo, arenarie calcaree e selci.

Questa unità si differenzia dal Conglomerato di Madonna del Castello per i seguenti motivi:

a) i clasti calcarei, pur essendo ancora dominanti, sono in quantità sensibilmente inferiore (i valori massimi riscontrati sono nettamente inferiori alla media di 82% calcolata per il Conglomerato di Madonna del Castello);

b) le vulcaniti (Formazione di Collio), i conglomerati arenacei tipo Verrucano e le arenarie non calcaree sono in genere più abbondanti: tra questi componenti, particolarmente significative sono le vulcaniti, sempre presenti;

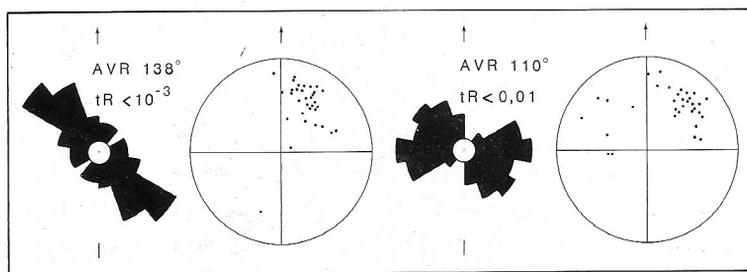


Fig. 3 — Orientazione dell'asse *a* dei ciottoli allungati ed embricazione dei ciottoli appiattiti (giacitura del piano *ab*) nel Conglomerato del Brembo (incisione del T. Tornago). AVR: azimut del vettore risultante; tR: test di Rayleigh.

c) la granulometria è in genere più grossolana e la matrice meno abbondante; i clasti inoltre sono quasi sempre meglio arrotondati;

d) la cementazione è più debole ed irregolarmente distribuita.

Secondo Venzo (1950) l'unità in esame è attribuibile all'Interglaciale Günz–Mindel. Sulla base di correlazioni litostratigrafiche a livello regionale si ritiene, invece, che questa unità appartenga al complesso di depositi conglomeratici situati ai piedi delle Prealpi Lombarde, che costituiscono l'episodio di massima aggradazione, determinando anche lo sbarramento di numerose valli laterali (Leffe, Bagaggera). Le analisi paleomagnetiche condotte sui sedimenti lacustri ivi depositi e le faune a Mammiferi e Molluschi continentali in essi contenute portano a ritenere che tale fase di aggradazione si sia protratta durante gran parte del Pleistocene inferiore, mentre non si può neppure escludere che essa abbia avuto inizio già nel Pliocene terminale (Billard et al., 1982; Cremaschi et al., 1983).

LITOLOGIA	B 1	B 2	B 3
Gneiss e micascisti		7.07	4.04
Quarzo		1.01	3.03
Vulcaniti della F. di Collio	12.85	15.15	16.16
Conglom. arenacei del Verrucano	2.75	9.09	5.05
Altri conglomerati		2.02	3.03
Arenarie non calcaree	3.66	6.06	5.05
Arenarie calcaree		1.01	1.01
Calcari	64.24	58.59	57.58
Dolomie	7.33		4.04
Selci			1.01
Non identificabili	9.17		

Tab. 2 — Conglomerato del Brembo: composizione petrografica percentuale. Stazione B1: S. Tomè; B2: Paladina; B3: Briolo.

Il delta pliocenico

Le caratteristiche geologiche generali dell'area presa in esame indicano che la giacitura particolare degli strati e dei banchi conglomeratici che costituiscono il Conglomerato di Madonna del Castello è essenzialmente il risultato di processi deposizionali. Si tratta della stratificazione obliqua a grande scala di un apparato deltizio progradante da nord verso sud: caratteristica è, al riguardo, la variazione di inclinazione osservata in corrispondenza della scarpata a sud di Ca' Plazzoli (Fig. 4), ove sono stati misurati valori di inclinazione progressivamente crescenti dalla base (12°) alla sommità (18°) degli strati frontali. L'orientazione dei ciottoli allungati, come verrà precisato anche più avanti, è risultata



Fig. 4 – Il Conglomerato di Madonna del Castello in riva destra del Brembo, immediatamente a sud di Ca' Plazzoli. Si noti la stratificazione obliqua a grande scala che caratterizza l'edificio deltizio.

grosso modo parallela alla linea di massima pendenza degli strati frontali (negli affioramenti lungo il Brembo varia da N–S a NNE–SSO; negli affioramenti del Tornago è NE–SO) (Fig. 5): questa situazione è tipica di depositi ghiaioso-sabbiosi legati a trasporto e sedimentazione in massa sul pendio frontale di un delta (Johansson, 1963; Gnaccolini & Orombelli, 1971, 1976; ecc.).

Le tessiture e le strutture dei depositi che costituiscono l'edificio deltizio vengono descritte qui di seguito sulla base, in particolare, degli affioramenti osservabili lungo la sponda destra del Brembo.

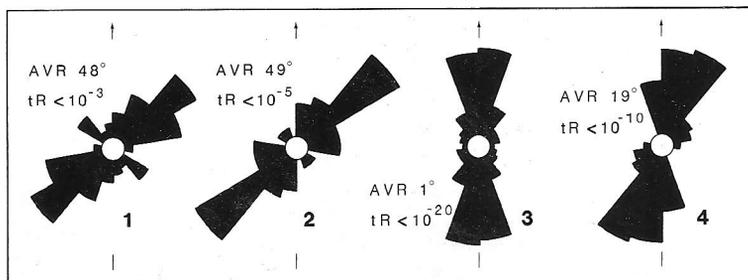


Fig. 5 – Orientazione dell'asse *a* dei ciottoli allungati nel Conglomerato di Madonna del Castello. I grafici 1 e 2 si riferiscono a misure effettuate nell'incisione del Tornago, i grafici 3 e 4 ad osservazioni eseguite lungo il Brembo. AVR: azimut del vettore risultante; tR: test di Rayleigh.

a) Un centinaio di metri a sud del ponte della strada Ghiaie al Brembo—Almenno S. Salvatore, nel giardino del Ristorante Palanca, a contatto con le peliti marine del Pliocene (Formazione del Tornago) si osserva un primo orizzonte costituito da arenarie e conglomerati, il cui spessore complessivo varia da 0 m (verso nord) a circa 4 m (verso sud). Nella porzione più settentrionale dell'affioramento, al di sopra delle peliti plioceniche, si notano: arenarie giallastre da medie a finissime, distintamente laminate (laminazioni da piano—parallele a debolmente oblique), arenarie finissime, siltose, con tracce di fossili e localmente bioturbazioni, ed una sottile lente argillosa nerastra. I litotipi arenacei passano lateralmente verso sud, con molta rapidità, a conglomerato a supporto clastico, con ciottoli discretamente arrotondati (dimensioni massime circa 20 cm); tali conglomerati possono presentare nell'insieme aspetto massivo o essere disposti in letti che si scompongono lateralmente in allineamenti di ciottoli immersi nelle arenarie. Appena più a sud i conglomerati sono nuovamente sostituiti da letti di arenarie giallastre da medie a grossolane, con evidenti laminazioni parallele ed oblique e con allineamenti di ciottoli (Fig. 6).

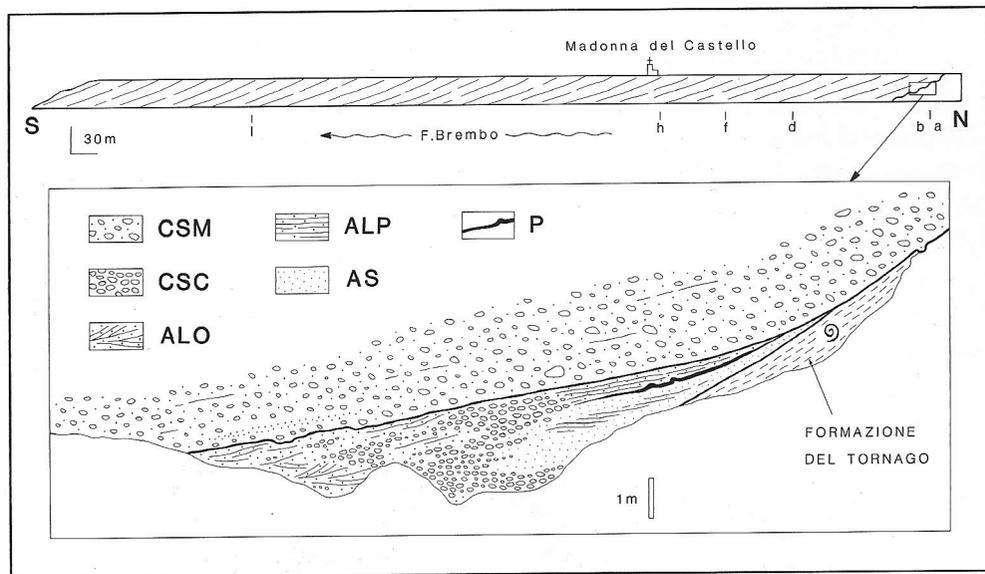


Fig. 6 – Il Conglomerato di Madonna del Castello lungo la scarpata che costeggia il Brembo: è illustrato, in particolare, il limite tra il conglomerato e la Formazione del Tornago. Spiegazione dei simboli: le lettere a, b, ecc. alla base dello schizzo che occupa la parte superiore della figura si riferiscono ai corrispondenti punti descritti nel testo; CSM) conglomerati a supporto di matrice; CSC) conglomerati a supporto clastico; ALO) arenarie medie e grossolane a laminazione obliqua; ALP) arenarie da medie a finissime con laminazioni parallele od oblique a basso angolo; AS) arenarie finissime e siltite, localmente bioturbate; P) argilla siltosa nerastra.

L'associazione di litofacies che costituisce questo primo orizzonte, direttamente sovrastante alle peliti marine plioceniche, fa pensare a depositi di spiaggia: i conglomerati testimoniano probabilmente berme ciottolose; a tergo di queste, in zona più protetta, si sono depositi i sedimenti arenacei e pelitici, osservati immediatamente a nord dei conglomerati; mentre le litofacies arenacee più grossolane, riscontrate immediatamente a sud di questi ultimi, sono riferibili ad un ambiente di spiaggia esterna.

I depositi in questione rappresentano i primi materiali grossolani giunti nel bacino in cui, in precedenza, si erano andati depositando i sedimenti fini della Formazione del Tornago. Questi materiali, come già precisato, appaiono rimaneggiati e modellati dal moto ondoso.

b) Al di sopra dell'orizzonte appena descritto affiorano, sempre nel giardino del Ristorante Palanca, conglomerati a supporto di matrice arenacea, con clasti di dimensioni fino a 40 cm, disposti in letti mal definiti di spessore compreso tra 40 e 80 cm. Essi "tagliano" i depositi sottostanti venendo a contatto, verso nord, con le peliti marine plioceniche (Fig. 6). In corrispondenza del contatto è stato osservato un canale d'erosione profondo circa 40 cm e di poco più ampio, diretto approssimativamente NNE-SSO.

c) Conglomerati analoghi ai precedenti (con dimensioni massime dei ciottoli fino a 15 cm) si alternano con arenarie conglomeratiche fino a circa 150 m più a sud degli affioramenti di cui ai punti *a* e *b*, dando origine alla stratificazione obliqua a grande scala già descritta.

Le arenarie conglomeratiche, che si presentano in letti di spessore variabile da 5 fino a 65 cm, mostrano talora, al loro interno, una grossolana laminazione obliqua a basso angolo. Misure effettuate in corrispondenza di un conglomerato con abbondante matrice arenacea hanno messo in evidenza una netta orientazione preferenziale dei ciottoli allungati in direzione N-S.

Le caratteristiche dei depositi sopra descritti (abbondante matrice, cattiva selezione, orientazione preferenziale dei clasti allungati parallela alla massima inclinazione degli strati obliqui) testimoniano che i singoli letti sono costituiti da materiali prevalentemente trasportati e sedimentati in massa sul pendio frontale di un edificio deltizio.

d) Circa 150 m a sud degli affioramenti di cui ai punti *a* e *b* si osservano, nella porzione inferiore della scarpata, due sottili lingue di peliti sabbiose fossilifere (v. p. 122), che si interdigitano con arenarie conglomeratiche e conglomerati a supporto di matrice arenacea simili a quelli già descritti. Questa associazione di litofacies rappresenta verosimilmente la parte basale del pendio frontale del delta. In un conglomerato arenaceo immediatamente soprastante la seconda intercalazione pelitica i ciottoli allungati risultano preferenzialmente orientati NNE-SSO, parallelamente alla massima inclinazione degli strati frontali.

e) Ai depositi sopradescritti segue, fino a 220–230 m dal punto *a*, una alternanza di conglomerati a supporto di matrice arenacea e di arenarie conglomeratiche analoga a quella vista all'inizio e testimoniante una successione di strati frontali legati al progredire verso sud dell'apparato deltizio.

f) 220–230 m a sud degli affioramenti di cui ai punti *a* e *b* compaiono, a circa metà della scarpata, depositi con caratteri diversi rispetto a quelli visti finora. Qui si osservano infatti arenarie da medie a fini con evidenti laminazioni piano–parallele ed oblique, in letti di spessore fino a più di 1 m; le arenarie sono incise da canali profondi fino a circa 2 m riempiti da conglomerato a supporto di matrice arenacea, analogo a quello descritto in precedenza, o da arenarie medio–grossolane con ciottoli sparsi.

Questa associazione di litofacies testimonia da un lato l'azione di correnti trattive, dall'altro il verificarsi di episodi di sedimentazione in massa in corrispondenza di canali più o meno profondamente incisi.

Il rinvenimento di un'analogia associazione in un affioramento ubicato, più a sud (v. punto *l*), proprio in corrispondenza della sommità della scarpata (parte superiore degli strati frontali) potrebbe far pensare, per i depositi in esame, ad una maggiore vicinanza alle foci fluviali. In questo caso le arenarie a laminazioni orizzontali ed oblique potrebbero testimoniare l'azione di correnti trattive connesse ad episodi di minore attività del flusso entrante nel bacino, oppure una deposizione in zone momentaneamente laterali rispetto all'asse dei canali più attivi. I sedimenti più grossolani, delimitati inferiormente da canali d'erosione, sarebbero invece il risultato di violenti flussi di piena, in vicinanza delle foci fluviali.

La posizione degli affioramenti in esame, ubicati a circa metà della scarpata, implicherebbe, nel caso fosse accettata l'ipotesi sopra esposta, un sia pure momentaneo abbassamento del livello marino, accompagnato dall'incisione locale dell'edificio deltizio. In caso contrario sarebbe necessario ammettere la esistenza di correnti trattive radenti il pendio frontale, alternate ad episodi di erosione e risedimentazione.

g) Seguono, fino a circa 300 m dal punto *a*, conglomerati a supporto di matrice arenacea (clasti fino a 13 cm) ed arenarie conglomeratiche in letti di spessore fino a 60 cm, con caratteristiche analoghe a quelle più volte ricordate. Essi testimoniano verosimilmente strati frontali legati al progredire del delta.

h) A circa 300 m dal punto *a*, circa a metà della scarpata compresa nel parco della Villa Cattaneo (Almenno S. Salvatore), si osservano depositi che ricordano in parte quelli rilevati immediatamente al di sopra delle peliti marine plioceniche. Si tratta di un orizzonte grossolanamente lenticolare, con spessore massimo sui 4–5 m, nel quale è possibile distinguere diversi tipi di depositi. Verso sud prevalgono arenarie da fini a grossolane, giallastre, con laminazioni

ondulate, contenenti allineamenti e lenti di ciottoli ben arrotondati, di dimensioni fino a 20 cm. Queste arenarie passano rapidamente, verso nord, ad una alternanza di letti arenacei (con laminazioni più o meno evidenti e localmente con allineamenti di ciottoli ben arrotondati) e di conglomerati a clasti arrotondati di dimensioni fino a 20 cm. Questi ultimi si presentano in letti di forma irregolare, con spessori fino a 1,5 m, che si scompongono lateralmente in più allineamenti di ciottoli.

Questa associazione di litofacies fa pensare a depositi di spiaggia, probabilmente legati ad un momentaneo rallentamento negli apporti clastici o ad un cambiamento di posizione dei canali alimentatori principali. La posizione degli affioramenti (a metà scarpata) rende necessaria l'ipotesi di un momentaneo abbassamento del livello marino.

i) I depositi precedentemente illustrati sono ricoperti da una successione di conglomerati a supporto di matrice arenacea e di arenarie conglomeratiche, in letti da 10 a 60 cm e con ciottoli di dimensioni fino a 20 cm; questa successione è osservabile, pur con una estesa copertura in corrispondenza di Ca' Plazoli, fino a circa 750 m a sud del punto *a*.

I letti di arenaria conglomeratica sono talora disposti in modo da dare origine ad una rozza "laminazione" obliqua a basso angolo. Alla base di un orizzonte di arenarie conglomeratiche è stata osservata una grossolana «streaming lineation» (Picard & High, 1973).

La maggior parte dei depositi sembra ricollegabile a fenomeni di sedimentazione in massa lungo il pendio frontale. La presenza di «streaming lineation» ed anche quella, se pur molto rara, di sottili letti arenacei laminati, indicano l'azione saltuaria di correnti trattive radenti il pendio frontale.

l) A circa 750 m dal punto *a*, poco a sud delle case di quota 273 m, alla sommità della scarpata sono stati osservati depositi analoghi a quelli descritti al punto *f* (arenarie da medie a fini, con evidenti laminazioni parallele ed oblique a basso angolo; canali d'erosione colmati da conglomerato ad abbondante matrice arenacea). La posizione di queste litofacies, ubicate in corrispondenza della porzione sommitale degli strati frontali, suggerisce la vicinanza delle foci fluviali (cf. punto *f*).

m) Successivamente, fino alla terminazione sud della scarpata, a circa 1 km dal punto *a*, prevalgono depositi attribuibili al pendio frontale: si tratta di conglomerati a supporto di matrice arenacea, con clasti di dimensioni fino a 20 cm, in letti da 20 a 60 cm, alternati a subordinate arenarie conglomeratiche; localmente sono state osservate superfici di erosione.

n) Depositi analoghi sono osservabili, se pure in affioramenti più modesti, fino a circa 1500 m a valle del punto *a*, nei dintorni delle località Molina e Campino.

Considerazioni conclusive

Allo sbocco della Val Brembana, nell'alta pianura lombarda, è stato identificato un edificio deltizio di età pliocenica. Esso è rappresentato da un litosoma prevalentemente conglomeratico (potenza circa 30 m) caratterizzato da una stratificazione obliqua a grande scala che interessa tutto lo spessore del corpo e che testimonia successive fasi di progradazione. L'instaurarsi del delta appare preannunciato già nel Pliocene medio da un graduale aumento della frazione grossolana nelle peliti marine sottostanti l'edificio.

Lo sviluppo del delta si è manifestato prevalentemente in senso longitudinale, con una progradazione che si continua per almeno 1500 m in direzione nord-sud. La costruzione dell'edificio appare preceduta dall'instaurarsi di un ambiente di spiaggia ghiaioso-sabbiosa ed è a volte per breve tempo interrotta per migrazioni laterali degli apporti, oppure a seguito di variazioni momentanee del livello marino.

L'edificazione del delta testimonia inoltre una prima fase di sovralluvionamento (o di aggradazione) entro le valli prealpine, con graduale riempimento delle incisioni vallive preesistenti, le cui cause possono essere tettoniche e/o climatiche. È singolare che il contributo a tali alluvioni sia stato fornito prevalentemente dai rilievi marginali prealpini più che da quelli interni, alla testata del bacino idrografico del Brembo. Poiché non sembra si siano verificate in questo settore variazioni di tracciato nel reticolo fluviale, una accresciuta degradazione dei versanti prealpini per cause climatiche o tettoniche appare plausibile.

I conglomerati del delta pliocenico sono ricoperti in discordanza dal Conglomerato del Brembo.

Questo genere di rapporti ha qualche analogia con quelli tra il Membro di Paderno d'Adda e il Membro di Trezzo nella formazione del Ceppo dell'Adda (Orombelli, 1979), in affioramenti posti una decina di chilometri più ad ovest; potrebbe quindi rappresentare una situazione generalizzata al piede delle Prealpi lombarde e non meramente locale.

Il Conglomerato del Brembo rappresenta la fase di massima aggradazione dell'alta pianura allo sbocco del Brembo e reca al suo tetto un paleosuolo di tipo fersiallitico. L'intera successione è stata successivamente intagliata a vari livelli da una serie di terrazzi fluviali, dei quali i principali sono riferibili, sulla base di correlazioni litostratigrafiche, paleopedologiche e geomorfologiche regionali, al Pleistocene medio e al Pleistocene superiore. Infine altri minori terrazzi, contigui ai corsi d'acqua, possono essere riferiti al Pleistocene superiore terminale e all'Olocene.

BIBLIOGRAFIA

- Billard A., Bucha V., Horacek J. & Orombelli G. (1982) - Preliminary paleomagnetic investigations on Pleistocene sequences in Lombardy, Northern Italy. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, v. 88, n. 2, pp. 295-318, 11 fig., Milano.
- Brambilla G., Cantaluppi G. & Lualdi A. (1983) - Panorama generale del Pliocene nel Bergamasco. *Riv. Mus. Sc. Nat. BG*, v. 6, pp. 3-25, 2 fig., Bergamo.
- Corti B. (1894) - Sulla fauna a foraminiferi dei lembi pliocenici prealpini di Lombardia. *Rend. R. Ist. Lomb. Sc. Lett.*, s. 2, v. 27, n. 4, pp. 198-212, Milano.
- Cremaschi M., Orombelli G. & Salloway J. (1983) - The Bagaggera sequence (Como, North Italy) and the Late Pliocene and Pleistocene evolution of the Lombardy foothill. *Intern. Geol. Correl. Progr.*, Project 73/1/24, Quaternary Glaciations in the Northern Hemisphere, Rep. n. 9, pp. 217-222, 4 fig., Paris.
- Desio A. (1929) - Studi geologici sulla regione dell'Albenza (Prealpi Bergamasche). *Mem. Soc. Ital. Sc. Nat.*, v. 10, n. 1, pp. 3-156, 1 tav., 27 fig., Milano.
- Gnaccolini M. & Orombelli G. (1971) - Orientazione dei ciottoli in un delta lacustre pleistocenico della Brianza. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, v. 77, n. 3, pp. 411-424, 1 tav., 7 fig., Milano.
- Gnaccolini M. & Orombelli G. (1976) - Il lago proglaciale di Rovagnate in Brianza (Como). Studio geologico e sedimentologico. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, v. 82, n. 3, pp. 579-618, 6 tav., 11 fig., Milano.
- Guaitani F. (1944) - Revisione della fauna dei lembi pliocenici delle Prealpi Lombarde. *Riv. Ital. Paleont.*, v. 50, n. 2, pp. 1-29, Milano.
- Johansson C. E. (1963) - Orientation of pebbles in running water, a laboratory study. *Geogr. Ann.*, v. 45, pp. 85-112, 20 fig., Stockholm.
- Maggi L. (1869) - Intorno al conglomerato dell'Adda. *Rend. R. Ist. Lomb. Sc. Lett.*, s. 2, v. 2, pp. 733-741, Milano.
- Orombelli G. (1979) - Il Ceppo dell'Adda: revisione stratigrafica. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, v. 85, pp. 573-652, 24 fig., Milano.
- Parona C. F. (1883) - Esame comparativo della fauna dei vari lembi pliocenici lombardi. *Rend. R. Ist. Lomb. Sc. Lett.*, s. 2, v. 16, n. 12, pp. 621-637, Milano.
- Patrini P. (1923) - Contributo allo studio del Pliocene lombardo. *Atti Soc. Ital. Sc. Nat.*, v. 62, n. 2, pp. 168-175, Milano.
- Picard M.D. & High L. E. (1973) - Sedimentary structures of ephemeral streams. *Developments in Sedimentology*, v. 17, pp. 1-223, 16 tav., 139 fig., Amsterdam.
- Sacco F. (1886) - Il Villafranchiano al piede delle Alpi. *Boll. R. Comit. Geol. Italia*, s. 2, v. 7, n. 11-12, pp. 421-449, Roma.
- Sacco F. (1900) - La Valle Padana. *Ann. R. Acc. Agric. Torino*, v. 43, pp. 1-252, Torino.
- Stoppani A. (1873) - Corso di Geologia, 2 V., pp. 1-738, 161 fig., Milano.
- Taramelli T. (1895) - Dei giacimenti pliocenici nei dintorni di Almenno in prov. di Bergamo. *Rend. R. Ist. Lomb. Sc. Lett.*, s. 2, v. 28, n. 19, pp. 1-8, Milano.
- Varisco A. (1881) - Note illustrative della Carta Geologica della Provincia di Bergamo. V. di 130 pp., 1 carta, Bergamo.
- Vatova A. (1949) - La fauna bentonica dell'Alto e Medio Adriatico. *Nova Thalassia*, v. 1, n. 3, pp. 1-110, 16 tav., Venezia.
- Venzo S. (1950) - Rinvenimento di *Anancus arvernensis* nel Villafranchiano dell'Adda di Pa-

derno, di *Archidiskodon meridionalis* e *Cervus* a Leffe. Stratigrafia e clima del Villafranchiano Bergamasco. *Atti Soc. Ital. Sc. Nat.*, v. 89, n. 1-2, pp. 43-122, 10 fig., Milano.

Venzo S. & Guaitani F. (1943) - Nuovo giacimento del Pliocene superiore a Torre dei Roveri, nelle Prealpi Bergamasche. *Riv. Ital. Paleont.*, v. 49, n. 1, pp. 1-15, 1 tav., Milano.