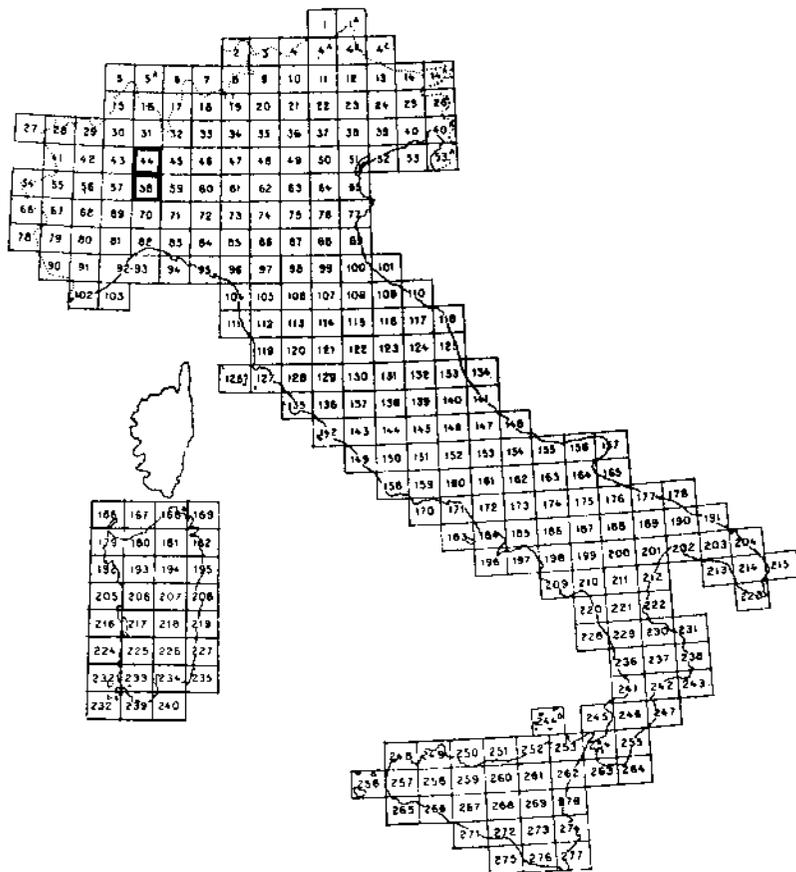


CARTA GEOLOGICA D'ITALIA



QUADRO D'UNIONE DEI FOGLI AL 100.000



MINISTERO DELL'INDUSTRIA, DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO
 DIREZIONE GENERALE DELLE MINIERE
 SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA

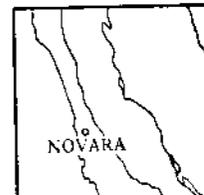
NOTE ILLUSTRATIVE
 della
 CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

ALLA SCALA 1 : 100.000

FOGLI 44 e 58

NOVARA MORTARA

Gp. BRAGA - U. RAGNI
 con introduzione di G. SCHIAVINATO



POLIGRAFICA & CARTEVALORI
 ERGOLANO (NAPOLI)
 1969



MINISTERO DELL'INDUSTRIA, DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO
DIREZIONE GENERALE DELLE MINIERE
SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA

NOTE ILLUSTRATIVE

della

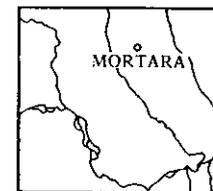
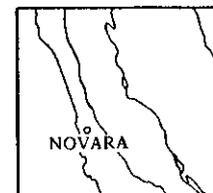
CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

ALLA SCALA 1: 100.000

FOGLI 44 e 58

NOVARA **MORTARA**

Gp. BRAGA - U. RAGNI
con introduzione di G. SCHIAVINATO



POLIGRAFICA & CARTEVALORI
ERCOLANO (NAPOLI)
1969

SOMMARIO

I	— INTRODUZIONE	Pag.	7
II	— CENNO STORICO SULLE CONOSCENZE GEOLOGICHE DELLA REGIONE	»	9
III	— SGUARDO GEOLOGICO D'INSIEME	»	13
IV	— STRATIGRAFIA	»	17
	FORMAZIONI MARINE	»	17
	1) E-C : « Complesso indifferenziato ».	»	17
	2) O²⁻¹ : Alternanze di sabbie, argille e marne ecc.	»	18
	3) M³⁻² : Formazione di Mombisaggio.	»	18
	4) M⁴ : Marne di S. Agata Fossili.	»	20
	5) P¹ M⁵ : Conglomerati ed arenarie ecc.	»	20
	6) P : Sabbie gialle e calcari ecc.	»	21
	FORMAZIONI CONTINENTALI QUATERNARIE	»	23
	7) I : Alluvioni villafranchiane.	»	23
	8) qcg : « Ceppo ».	»	25
	9) m^M : Morenico Mindel.	»	27
	10) fg^M : Fluvioglaciale Mindel.	»	28
	11) fl^M : Fluviale Mindel.	»	29
	12) m^R : Morenico Riss.	»	29
	13) fg^R : Fluvioglaciale Riss.	»	30

14) fl ^R	: Fluviale Riss.	Pag.	33
15) fg ^{WR} , fg ^W , fl ^W	: Fluvioglaciale-fluviale Würm	»	33
16) a ¹ -fl ^W	: Alluvioni fluviali pleistocenico-oloceniche	»	37
17) a ¹	: « Alluvium antico »	»	37
18) a ² , a ³	: « Alluvium medio e recente ed attuale. »	»	38
V	— TETTONICA	»	39
VI	— MORFOLOGIA	»	45
VII	— GEOLOGIA APPLICATA	»	47
	1) Cave e miniere	»	47
	2) Sorgenti e risorgive	»	49
	3) Idrologia di superficie e del sottosuolo	»	49
VIII	— BIBLIOGRAFIA	»	51

I — INTRODUZIONE

Il territorio compreso nei Fogli 44 - NOVARA e 58 - MORTARA della Carta Geologica d'Italia è costituito, per la maggior parte, dai terreni alluvionali quaternari. Soltanto nell'estrema porzione sud-occidentale del F^o MORTARA affiorano, con una certa continuità, alcune formazioni marine terziarie che formano la propaggine orientale del gruppo collinare del Monferrato.

I nuovi rilevamenti hanno apportato sostanziali modifiche alle precedenti edizioni dei Fogli. Il Quaternario, infatti, è stato distinto seguendo le norme disposte dalla « Commissione per il Quaternario Padano », su basi essenzialmente geomorfologiche. È stato possibile seguire, almeno in parte, l'evolversi nel tempo della pianura alluvionale, partendo direttamente dal basamento marino pliocenico, affiorante poco a Nord del F^o NOVARA, e dalle cerchie moreniche mindeliane, rissiane e würmiane a cui si innestano le corrispettive falde fluvioglaciali e fluviali di valle.

Per quanto riguarda il Terziario, viene introdotta una nuova suddivisione dei terreni su basi litostratigrafiche, in conformità alle disposizioni emanate dal Comitato Geologico. L'unità stratigrafica fondamentale è la formazione, caratterizzata da uniformità litologica e distinta cartograficamente dalle unità sopra e sottostanti. A questo proposito va posta in rilievo l'impossibilità, riscontrata in qualche caso, di definire con precisione il letto ed il tetto e, di conseguenza, la serie-tipo di alcune formazioni; si è dovuto, perciò, proporre delle « unità informali » anche se, probabilmente, correlabili con formazioni note e ben definite nei fogli circostanti. Tali incertezze, come pure certi nomi formazionali, potranno essere eliminati o modificati con il progredire dei rilevamenti e degli studi nelle aree collaterali.

Il rilevamento è stato eseguito dai seguenti Dottori Geologi: G. LIBORIO e U. RAGNI (Istituto di Mineralogia, Petrografia e Geochimica dell'Univer-

sità di Milano), sotto la direzione del Prof. G. SCHIAVINATO, per il F^o NOVARA; M. CORSI, G. GATTO, G. O. GATTO e P. GATTO (Istituto di Geologia della Università di Padova), sotto la direzione del Prof. Gb. DAL PIAZ coadiuvato da Gp. BRAGA, per il F^o MORTARA.

I dati relativi alle strutture tettoniche sepolte, alla stratigrafia dei pozzi profondi ed alle sezioni geologiche che corredano i fogli, sono stati forniti dall'AGIP MINERARIA (Azienda Generale Italiana Petroli).

Tutti gli elementi cartografici dei Fogli in questione sono stati approvati dal Comitato Geologico. Va rilevato come in entrambi i Fogli siano state apportate modifiche sulla base di nuovi aggiornamenti anche in fase di coordinazione.

Per quanto riguarda il F^o NOVARA, l'interpretazione geologica di alcune formazioni quaternarie ha subito sensibili perfezionamenti, sicchè allo scopo di meglio chiarire la situazione stratigrafica, cui queste note si riferiscono, viene allegato uno schizzo geologico-morfologico della regione compresa entro la metà settentrionale del Foglio medesimo, alla scala 1:125.000 (Fig. 1).

La stesura delle Note Illustrative è stata curata da Gp. BRAGA per la parte riguardante il Terziario (Stratigrafia, Tettonica e Geologia applicata) e da U. RAGNI per quanto concerne i terreni quaternari ed i lineamenti morfologici generali. In ogni capitolo viene, di volta in volta, indicato il nome dell'autore delle singole parti.

G. SCHIAVINATO

II — CENNO STORICO SULLE CONOSCENZE GEOLOGICHE DELLA REGIONE

Gp. BRAGA e U. RAGNI

Per quanto riguarda il Terziario che, come già accennato, si sviluppa solamente nel Foglio MORTARA, il progredire degli studi geologici procede di pari passo con l'evolversi delle conoscenze sull'intero bacino del Piemonte, cui quest'area appartiene.

La regione riveste una grande importanza per l'abbondanza di dati stratigrafici e paleontologici che contribuiscono alla ricostruzione geologica e paleoecologica di un bacino-tipo, divenuto ormai classico per lo studio del Terziario in generale.

Le ricerche sul Terziario si riferiscono alla dorsale collinare del Monferrato ma, poichè le zone più classiche dal punto di vista stratigrafico e paleontologico si trovano al di fuori del Foglio MORTARA (ad es. Rosignano e Vignale), quasi tutti gli studi interessano soltanto di riflesso e non direttamente le aree montuose a SE di Casale Monferrato.

Ciò nondimeno essi sono serviti egualmente per chiarire le serie stratigrafiche ed i problemi geologici dell'area rilevata.

Non è il caso che ci si dilunghi nel parlare di tutti i lavori geologici che direttamente o indirettamente interessano il Terziario. Si potrà consultare all'uopo l'analogo capitolo delle « Note Illustrative » del confinante foglio VERCELLI, dove le stesse formazioni affiorano più compiutamente.

Inoltre uno sguardo all'elenco bibliografico posto alla fine del volume servirà per avere un'idea delle tappe più significative sull'evoluzione degli studi geologici della regione.

Il maggior fiorire di lavori geologici, soprattutto paleontologici, si

verifica fra il diciannovesimo e il ventesimo secolo e si identifica con i nomi di famosi studiosi quali, SACCO DE ALESSANDRI, PREVER, LOVARI ecc. autori di studi particolari sulla « Pietra da cantoni » o di grandi monografie e ricerche a largo respiro. Fra queste si può ricordare l'edizione del 1889 della « Carta Geologica del bacino piemontese », corredata da un volume illustrativo di 634 pagine, nel quale sono minutamente descritti tutti i diversi piani della serie terziaria piemontese con precise indicazioni delle località fossili-fere, dei caratteri litologici, paleontologici e tettonici e con cenni di geologia applicata; tale opera rimane quindi fondamentale per la conoscenza geologica della regione.

Del foglio MORTARA, come di numerosi altri fogli, uscì una successiva edizione (1928), riveduta da STELLA per quanto riguarda i terreni quaternari, accompagnata da un succinto volumetto (1935) di note illustrative del Bacino Terziario del Piemonte.

Dopo una lunga stasi, soltanto nel dopoguerra si è avuta una ripresa delle ricerche con numerosi lavori, fra i quali si può ricordare quello di ELTER (1956), che ha portato un valido contributo alla chiarificazione della complessa tettonica del Monferrato, di DROOGER e SOCIN (1959), GIRELLI (1960), GIRELLI e PIZZOCCHERO (1960) e BONI e SACCHI VIALLI, (1962), MONTRASIO, PREMOLI SILVA e RAGNI (1968), riguardanti ricerche macro e micropaleontologiche e stratigrafiche, che si sono dimostrate di estrema importanza per una più moderna interpretazione della serie stratigrafica di queste regioni.

Un notevole impulso alle conoscenze stratigrafiche ed alla soluzione di alcuni problemi, quali ad esempio la tettonica sepolta è stato dato dalla AGIP MINERARIA per mezzo delle prospezioni geofisiche, geosismiche e gravimetriche o con sondaggi esplorativi portati anche a grandi profondità.

I primi studi sulle formazioni alluvionali quaternarie della regione, condotti con rigore veramente scientifico, risalgono a G. OMBONI (1859/60, 1861). Egli non riconosce che una sola glaciazione (« mare glaciale »), attribuendo le morene ricoprenti i vari fluvioglaciali a testimonianze di successivi stadi di ritiro dei ghiacci.

Nello stesso periodo G. MORTILLET (1861) dimostra la natura fluviale dei depositi alluvionali pleistocenici e, di conseguenza, la loro diversa età

rispetto alle sovrapposte morene, ritenute ancora stadi successivi di un'unica glaciazione.

Nel 1877 T. TARAMELLI pubblica un lavoro sul « ferretto » lombardo che interpreta come formazione « marino-glaciale ». Riconosce, seppure con molte riserve, la glaciazione mindeliana, il « Ccppo » e le sottostanti argille « lacustro-glaciali » (le argille del Günz di G. NANGERONI).

B. CORTI (1892-'93) riesce a datare, sulla base del contenuto in diatomee, le argille di Castelnovate come Villafranchiane.

Nel 1892 esce la monografia di F. SACCO sull'anfiteatro morenico del Lago Maggiore, corredata da una carta geologica alla scala 1/100.000. L'anno seguente lo stesso Autore completa il rilevamento della regione novarese, riportato nella prima edizione del F^o. NOVARA (1931). Sebbene la nuova edizione si discosti, talora di parecchio, dalle idee espresse da SACCO, specie per quanto riguarda l'attribuzione cronologica dei depositi morenici (non riconosce infatti la glaciazione mindeliana) e di quelli fluvioglaciali e fluviali ad essi connessi, al succitato Autore va attribuito il merito di aver eseguito una perfetta delimitazione geomorfologica dell'area, base sicura su cui è stato fondato il nuovo rilevamento.

L'opera di A. STELLA (1895) sui terreni quaternari della valle del Po rappresenta una pietra miliare nello studio del Quaternario continentale. In essa infatti appare per la prima volta la triplice distinzione delle formazioni fluvioglaciali e fluviali in « diluvium recente », « diluvium medio » e « diluvium antico », già accennata nei precedenti lavori di SACCO.

Nel 1903, T. TARAMELLI, nella sua monografia « I tre laghi » perfeziona le idee di STELLA ed è il primo a collegare i tre « diluvium » ad altrettante glaciazioni quaternarie.

Nel 1909 esce la grande opera di PENCK e BRÜCKNER sulle glaciazioni pleistoceniche alpine.

Nel 1929/30 G. NANGERONI inizia la sua lunga attività di studioso del Quaternario alpino e prealpino. I suoi numerosi lavori (1929-58) ed in particolare quello monografico del 1954 (b), hanno consentito il sicuro inquadramento geologico-geomorfologico-stratigrafico della regione compresa tra le province di Como-Varese-Novara. Merito di questo Autore è il riconoscimento della glaciazione Günz nella zona Malnate-Bizzozzero (F^o. VARESE),

nonchè quello di una perfetta delimitazione, in particolare negli anfiteatri morenici Cusio-Verbano-Ceresio, delle varie cerchie mindeliane, rissiane, würmiane e dei corrispettivi fluvioglaciali.

Dal 1933, S. VENZO (1945-65), seppure in territori diversi da quelli oggetto delle nostre indagini, ha contribuito in maniera determinante alla conoscenza del Quaternario alpino e prealpino.

Nel 1962 appare la grande monografia in lingua francese di P. GABERT sulle pianure alluvionali padane. Si tratta di un poderoso lavoro che, seppure criticabile in alcuni punti, rappresenta la più completa sintesi sul Quaternario padano. In particolare per la nostra regione, dobbiamo riconoscere una quasi perfetta identità di vedute esistente tra noi ed il valente geomorfologo d'oltralpe.

III — SGUARDO GEOLOGICO D'INSIEME

Gp. BRAGA e U. RAGNI

L'insieme dei due fogli MORTARA e NOVARA risulta costituito pressochè interamente da terreni quaternari di ambiente continentale. Solo lungo il margine sud-occidentale del F^o. MORTARA compaiono le prime colline terziarie, che fanno già parte di quel grande complesso geologico-morfologico e strutturale noto, geograficamente, come il Monferrato.

La formazione geologica più antica è data da:

1) E — C — « *Complesso indifferenziato* ». Marne ed argille grigio-nocciola con frequenti frammenti di calcari marnosi a radiolari e fucoidi, calcari arenacei e nummulitici, brecciole ad elementi di rocce cristalline di vario tipo. Si tratta in genere di piccoli affioramenti mal definibili e tettonicamente disturbati, che dovrebbero far parte di un'unità « alloctona » impostatasi per fenomeni di diapirismo.

La serie marina « autoctona », dal terreno più antico al più recente, si suddivide nelle seguenti unità litostratigrafiche:

2) O²⁻¹ — Alternanze di sabbie, argille e marne, talora con sottili livelli di arenarie micacee e lenti di conglomerati. OLIGOCENE MEDIO e INFERIORE. Gli affioramenti scarsi e l'impossibilità di definire una serie che permettesse la correlabilità con formazioni già esistenti, hanno consigliato di raggruppare questi termini in una « unità informale ».

3) M³⁻² — *Formazione di Mombisaggio*. Calcari marnosi o arenacei, riccamente fossiliferi. SERRAVALLIANO — LANGHIANO. Questa formazione si ricollega con gli stessi affioramenti del sottostante F^o. ALESSANDRIA e non

si differenzia molto dalla « *Pietra da Cantoni* », presente più ad occidente, nel F⁰. VERCELLI; esse hanno in comune una grandissima abbondanza di macrofossili.

Verso l'alto si passa ad una serie di marne compatte grigio-chiare, ben stratificate con sottili intercalazioni sabbioso-arenacee, che per certi aspetti si avvicinano alle *Marne di Mincengo* del F⁰. VERCELLI.

4) M⁴ — *Marne di S. Agata Fossili*. Marne grigio-azzurre con rare e sottili intercalazioni sabbiose. TORTONIANO.

5) P¹ M⁵ — Conglomerati ed arenarie in grosse bancate, passanti verso l'alto a marne sabbiose. Marne ed argille con intercalazioni calcaree. Lenti e masse di gessi. MESSINIANO — PLIOCENE INFERIORE?

Malgrado la presenza di qualche rara lente gessosa, non appariva pienamente giustificata l'assegnazione di questi eterogenei litotipi alla « *Formazione gessoso-solfifera* », diversamente rappresentata nei fogli circostanti. Verso l'alto, inoltre, si è notata una facies argillosa, associata a letti conglomeratici con microfaune scarse e rimaneggiate, probabilmente già pliocenica.

6) P — Sabbie gialle in alternanza con argille e marne. Argille azzurrognole e sabbie fini quarzoso micacee. PLIOCENE. Questa serie di terreni, prevalentemente argillosi, si presenta spesso, nella zona rilevata, molto incompleta al tetto. L'attribuzione di questi litotipi alla formazione delle *Argille di Lugagnano* è sicuro, mentre le *Sabbie di Valle Andona*, tipiche, potrebbero non essere rappresentate.

I terreni quaternari che, come si è detto, prevalgono nettamente nei due fogli, sono stati così distinti:

7) I — Alluvioni per lo più ciottolose con alla base argille rossastre in lenti limitate e con intercalazioni di livelli lignitico-torbosi. « VILLAFRANCHIANO ». Tali terreni sono stati riscontrati unicamente alla base delle più profonde incisioni del fiume Ticino e del torrente Sizzone, nel F⁰. NOVARA.

8) qcg — Conglomerati poligenici fluviali (« *Ceppo* »), attribuiti al « VILLAFRANCHIANO SUPERIORE » e quindi coevi delle alluvioni ciottolose

(7). Sono situati lungo la scarpata del torrente Olona da Fagnano Olona fino a Castellanza.

9) m^M — Depositi morenici intensamente ferrettizzati dell'anaglaciale MINDEL. Essi sono limitati al margine centro-settentrionale del F⁰. NOVARA.

10) fg^M — Alluvioni fluvio-glaciali ferrettizzate dell'anaglaciale MINDEL. Costituiscono grossi pianalti terrazzati o relitti isolati nella porzione settentrionale del F⁰. NOVARA.

11) fl^M — Testimoni isolati di fluviale-MINDEL. Sono localizzati lungo l'estremo lembo meridionale del F⁰. MORTARA, dove costituiscono le parti più elevate delle collinette terziarie.

12) m^R — Depositi morenici del RISS, concentrati lungo il margine settentrionale del F⁰. NOVARA, dove danno luogo a due ordini di cerchie moreniche.

13) fg^R — Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali del RISS I^o e del RISS II^o. Esse danno luogo a bellissime « lingue », grosso modo triangolari, che vanno ad innestarsi alle cerchie rissiane precedentemente segnalate.

14) fl^R — Testimoni erosi e dilavati di fluviale-RISS. Essi sono visibili nella pianura del F⁰. MORTARA, in cui emergono al di sopra delle alluvioni würmiane ed oloceniche.

15) fg^{WR} — fg^W — fl^W — Alluvioni fluvio-glaciali, fluviali e pluviali del Würm, suddivise, sulla base di considerazioni litologico-geomorfologiche, in tre fasi stadiali würmiane. Esse danno luogo alla più diffusa e potente formazione in quanto costituisce da sola i 3/4 dei fogli NOVARA e MORTARA.

16) a¹ — fl^W — Alluvioni di terrazzo würmiano-oloceniche situate nella zona di confluenza dei torrenti Tanaro e Scrivia con il fiume Po.

17) a¹ — Alluvioni terrazzate dell'OLOCENE ANTICO.

18) a² e a³ — Alluvioni terrazzate dell'OLOCENE MEDIO e RECENTE/ATTUALE.

I depositi alluvionali olocenici sono sviluppati per lo più lungo i maggiori

corsi d'acqua della regione, vale a dire lungo il Ticino, la Sesia, il Tanaro, la Scrivia e, soprattutto, il Po. -

Dal punto di vista tettonico sono stati esaminati numerosi problemi, quali:

- la struttura geologica del Monferrato, analizzata nelle due fasi tettoniche principali, quella pre-miocenica e quella post-messiniana, in relazione specialmente con i complessi rapporti di giacitura intercorrenti tra le varie formazioni e connessi a probabili manifestazioni diapiriche.
- le strutture sepolte messe in evidenza dalle esplorazioni dirette ed indirette e dalle ricerche dell'AGIP Mineraria, condotte negli ultimi anni in tutta la valle padana per la scoperta e lo sfruttamento degli idrocarburi.
- i rapporti delle strutture sepolte con quelle di superficie.

IV — STRATIGRAFIA

FORMAZIONI MARINE

(Gp. BRAGA)

- 1) **E — C** — « Complesso indifferenziato »: *Marne ed argille grigio-nocciola con frequenti frammenti di calcari marnosi a radiolari e fucoidi, arenarie feldspatiche e calcari a glauconite, brecciole ad elementi di rocce cristalline e calcaree a nummuliti, discocicline e litotamni (EOCENE-CRETACEO)*

È la formazione geologica più antica affiorante nell'area esaminata. Si tratta per lo più di terreni marnosi ed argillosi alternati con rari banchi di calcari più o meno argillosi.

Non esistono veri e propri affioramenti; normalmente si possono osservare dei materiali argillosi, a malapena distinguibili dal terreno agrario, con immersi frammenti di calcari e di calcari arenacei.

Secondo G. ELTER (1956), questi frammenti sono rappresentati da calcari marnosi di tipo « alberese », da calcari a radiolari e a fucoidi, da calcari a calpionelle, da marne calcaree con nummuliti, discocicline e litotamni e da calcareniti glauconitiche. In generale però queste rocce sono prive o povere di fossili.

Si notano infine brecciole ad elementi di rocce cristalline.

G. ELTER spiega la struttura quasi caotica di queste rocce invocando la « fratturazione » degli strati di rocce più resistenti e la penetrazione, lungo i piani di rottura, delle argille che ne hanno gradatamente inglobato i frammenti.

Limitati affioramenti del « complesso indifferenziato » sono stati osservati lungo la strada Lu-Conzano, a SSO di Monte Torra, e nei pressi di Cima Castagna, dove però non è stato possibile vedere i rapporti con le formazioni soprastanti.

Per quanto riguarda l'età, mentre F. SACCO (1935) attribuisce questo complesso all'Eocene medio-inferiore, G. ELTER (1956) propende per una età eocenica e, probabilmente, in parte anche cretacea.

2) O²⁻¹ — *Alternanze di sabbie, argille e marne, talora con sottili livelli di arenarie micacee e lenti di conglomerati più o meno grossolani* OLIGOCENE MEDIO-INFERIORE

Entro l'area indicata nella carta gli affioramenti di queste rocce sono molto scarsi e mal definibili, per la presenza di una notevole copertura coluvio-eluviale ed humica. Essi sono osservabili nei pressi del cimitero e poco ad Est dell'abitato di Lu ed hanno una limitata estensione areale. Questi terreni sono poverissimi di macrofossili, mentre le microfaune sono costituite in prevalenza da foraminiferi bentonici e, subordinatamente, da foraminiferi planctonici, fra cui globigerine e rare globorotalie.

La serie è molto incompleta al tetto ed è ricoperta in trasgressione dalla *Formazione di Mombisaggio* (= « *Pietra da Cantoni* ») o, in alcuni punti, da MIO-PLIOCENE marnoso-gessoso.

L'esiguità e la precarietà degli affioramenti non permette di valutare con sicurezza il carattere formazionale e la posizione di questo complesso roccioso, per cui è sembrato più opportuno classificarlo come « Unità informale ».

G. ELTER (1956) affermava che, dai fossili presenti, a questi terreni si poteva assegnare genericamente un'età oligocenica.

Da similitudini litologiche e microfaunistiche sembra trattarsi di lenti molto ridotte delle *Arenarie di Ranzano*, formazione molto ben rappresentata nei vicini fogli VERCELLI e ALESSANDRIA; in questo caso apparterebbero all'Oligocene medio-inferiore.

3) M³⁻² — *Formazione di Mombisaggio — Calcari marnosi ed arenacei, riccamente fossiliferi (Lithothamnium sp., Miogipsine, pettinidi, ecc.) passanti superiormente a marne. « Pietra da Cantoni » (Pomaro Monferrato).* SERRAVALLIANO — LANGHIANO

Marne compatte grigio-chiare, bene stratificate, con sottili intercalazioni sabbioso-

micacee, e con microfauna a globorotalie (a SE di Valenza). SERRAVALLIANO — LANGHIANO

Questa formazione, che nella carta geologica preesistente era stata riferita da SACCO (1935) all'ELVEZIANO, costituisce la naturale prosecuzione verso occidente della ben nota « *Pietra da Cantoni* », divenuta classica per i suoi affioramenti di Rosignano e Vignale. In alcuni punti essa è sormontata in concordanza da una facies essenzialmente marnosa.

I sedimenti che la costituiscono sono di origine clastica, di ambiente marino poco profondo ed in certe zone, verso la base, gli strati contengono spesso ciottoli rimaneggiati dei conglomerati oligocenici sottostanti, denotando una deposizione a carattere trasgressivo.

La più spiccata peculiarità di questi terreni, specialmente in alcuni livelli intermedi, sta nella straordinaria ricchezza della sua macrofauna, costituita essenzialmente da Lamellibranchi, Gasteropodi, Brachiopodi, Cirripedi, Vermidi, Alghe e Pesci, oggetto in passato di famose monografie come quelle di SACCO (1889), DE ALESSANDRI (1897), D'ERASMO (1924) e BONI e SACCHI VIALLI (1962). Fra le specie più caratteristiche si possono ricordare *Aturia aturi* BAST., *Flabellipecten burdigaliensis* (LAMARCK), *Chlamis holgeri* (GEINITZ), *Chl. northamptoni* (MICHELOTTI), *Chl. scabrella* (LAMARCK), *Amusium denudatum* (REUSS), *Lima miocenica* SISM., *Ostrea crassissima* LAMARCK, *Clypeaster crasscostatus* AGASSIZ, *Cl. intermedius* DESMOULINS, *Pecten revolutus* MICHEL, *Chl. macrotis* SOVERBY, *Chl. opercularis* (LINNÉ).

Questi fossili sono caratteristici del Miocene medio-inferiore, e in particolare i tre ultimi segnalati definirebbero una età serravalliana.

Egualemente ricche sono le microfaune; fra i foraminiferi planctonici più significativi si riscontrano: *Globigerinoides bisfericus* TODD, *Praeorbulina glomerata* (BLOW) *Orbulina suturalis* (BRONN). e *Orbulina universa* (D'ORB.).

In base ad approfonditi studi micropaleontologici effettuati sulla « *Pietra da Cantoni* » affiorante nel foglio VERCELLI, MONTRASIO, PREMOLI SILVA & RAGNI (1968) hanno potuto distinguere numerose biozone che, in termini stratigrafici, corrispondono alla parte superiore dell'Aquitano (nel senso di Miocene inferiore), al Langhiano ed alla base del Serravalliano.

I terreni appartenenti a questa formazione, a suo tempo molto utilizzati come materiale da costruzione, sono ben osservabili in una cava abbandonata nei pressi di Conzano.

Come più sopra accennato la più tipica formazione è ricoperta in concordanza da un complesso marnoso, costituito da strati di marne grigio-chiaro, un pò sabbiose, contenenti livelli a piccoli ciottoli di serpentina.

Questi terreni caratterizzati da una abbondante microfauna del Miocene medio, sono ben rappresentati e particolarmente sviluppati nei dintorni di Pecetto di Valenza.

4) M⁴ — Marne di S. Agata Fossili — *Marne grigio-azzurre, con rare e sottili intercalazioni sabbiose e gasteropodi prevalenti, lamellibranchi e microfauna a foraminiferi sia bentonici che planctonici.* TORTONIANO.

Gli affioramenti naturali di questa formazione sono scarsissimi ed uno dei pochi luoghi in cui si può osservare una certa successione dei suoi termini litologici è nei pressi del Cimitero di S. Salvatore Monferrato, ai limiti con il foglio ALESSANDRIA.

Questa facies prevalentemente marnosa è a mala pena distinguibile dal terreno agrario ed è sovente interessata da smottamenti lungo i versanti per cui la sua individuazione sul terreno ne è risultata estremamente difficile e un calcolo approssimato della sua potenza affatto impossibile.

L'attribuzione di questi depositi marini alle « *Marne di S. Agata Fossili* » è stata facilitata non tanto dalla loro posizione stratigrafica, essendo il passaggio ai termini inferiori e superiori piuttosto incerto, quanto per la costante presenza delle sottili intercalazioni sabbiose, talvolta grossolane, tipiche di questa classica formazione tortoniana.

Non sono stati rinvenuti macrofossili e la microfauna, piuttosto povera, è caratterizzata quasi esclusivamente da foraminiferi bentonici.

5) P¹ M⁵ — *Conglomerati ed arenarie in grosse bancate, passanti verso l'alto a marne sabbiose. Marne ed argille a nullipore e pettinidi con intercalazioni calcaree, passanti superiormente a marne e sabbie. Lenti e masse di gessi (g).* PLIOCENE INFERIORE (?) — MESSINIANO.

Questo complesso di terreni, di gran lunga predominante con i suoi

affioramenti su tutta la serie terziaria dell'area rilevata, corrisponderebbe al « Messiniano » della precedente edizione del foglio MORTARA (1928).

Le litofacies predominanti sono costituite da calcari evaporitici cariati, con intercalazioni di marne e più raramente di arenarie passanti superiormente a marne e sabbie; nella parte orientale dell'area in esame prevalgono questi due ultimi tipi litologici.

La base della serie è data da marne a frattura concoide con intercalazioni di sottili livelli sabbiosi ed è quindi mal distinguibile dalla sottostante formazione di S. Agata Fossili. Superiormente si ha un insensibile passaggio fra i livelli argilloso-marnosi presumibilmente « Messiniani » e le argille bluastre in facies piacentiana. I reperti fossili sono scarsissimi e le microfaune molto povere, sono piuttosto banali e stratigraficamente insignificanti.

In queste condizioni ci si è trovati nell'impossibilità di suddividere quest'eterogenea serie di terreni in più formazioni distinte; la presenza di rare lenti e masse gessose non giustificava l'attribuzione dei vari litotipi alla formazione gessoso-solfifera, che dovrebbe avere un carattere essenzialmente evaporitico-lagunare e salmastro.

A questa successione di termini litologici, aventi una potenza complessiva di una ottantina di metri, è stata assegnata un'età mio-pliocenica.

Gli affioramenti migliori sono osservabili lungo la strada Lu-Mirabello Monferrato, in particolare nelle cave abbandonate; alla base si notano calcari grigi cariati, calcari marnosi, brecciole calcaree ad elementi spigolosi di cinque-sette mm di diametro e, verso l'alto, sabbie e marne alternate.

Lungo la carrareccia che da C.na Vallora scende verso Est si osservano calcari marnosi cariati che soggiacciono ad una alternanza di calcari arenacci, argille, e sabbie argillose, in strati di pochi cm di spessore.

A S. Germano, entro gli strati superiori, si possono osservare alcune masse irregolari o lentiformi di gesso, separate da livelli di marne ed argille nerastre o grigio-scuri.

6) P — *Sabbie gialle e calcari ad ostree, pettinidi ecc. in strati sottili, alternati a straterelli di argille e marne (Sabbie di Andona p.p.) Sabbie quarzoso-micacee e argille lacustri; argille, sabbie argillose giallastre o azzurrognole e sabbie quar-*

zoso-micacee a Gasteropodi e Foraminiferi bentonici (Argille di Lugagnano).
PLIOCENE

Le « formazioni » plioceniche giacciono spesso in discordanza trasgressiva sui sedimenti di età più antica. Alla base si riscontrano dei calcari organogeni giallastri, a grana grossa, molto fossiliferi, alternati a straterelli di argille e marne giallastre. Per la maggior parte però questi sedimenti sono rappresentati da argille azzurrognole (*Argille di Lugagnano*) e sabbie argillose giallastre (*Sabbie di Andona* ?), per quanto gli affioramenti non siano tali da mettere chiaramente in evidenza la successione delle argille azzurre in basso e delle sabbie giallastre verso l'alto, che sembrano essere nettamente subordinate.

Numerosi affioramenti rivelano infatti quasi sempre una componente argillosa predominante, come ad esempio si osserva a NE della stazione di Valenza, lungo il rio Coda del Lupo o in corrispondenza delle cave per fornaci di laterizi. In una di queste cave (cava di Cantone Losa, a SE di S. Germano) si è osservata la seguente successione:

- 4 — Alluvioni argillose, ferrettizzate, ocracee o nerastre, poggianti sui sedimenti sottostanti, con un limite molto irregolare.
- 3 — Argille biancastre, leggermente sabbiose a bande ocracee.
- 2 — Calcari arenacei duri, in livelli discontinui.
- 1 — Sabbie micacee fittamente stratificate con intercalazioni argillose.

Tutti questi sedimenti, ad eccezione del 4) che appartiene al Fluvio-glaciale Mindel, fanno parte molto probabilmente della parte alta della formazione argillosa in facies « Piacenziana », che nei fogli più occidentali è stata distinta e cartografata come formazione delle *Argille di Lugagnano*.

Ad Est di Valenza, tra C. Belvedere e Castel Menada, il fiume Po ha profondamente inciso, nella sua sponda destra, i piccoli rilievi collinari mettendo in evidenza una serie di terreni prevalentemente abbiosi, che SACCO (1928) aveva cartografati come villafranchiani

Sembra però che, malgrado la presenza nei livelli più alti di questi depositi di strutture di tipo continentale-deltizio e di fossili salmastrici e d'acqua

dolce, sia da escludere un'età villafranchiana e che questi terreni appartengano ancora al pliocene inferiore (MARTINIS, 1949) o, più genericamente, alla formazione delle *Sabbie di Andona*.

La potenza del Pliocene non è valutabile, non essendo mai stato rinvenuto con sicurezza il suo tetto; lo spessore relativo sembra si aggiri sui 50-80 m.

FORMAZIONI CONTINENTALI QUATERNARIE

(U. RAGNI)

- 7) I : *Alternanze di alluvioni ciottoloso-ghiaiose rugginose e di sabbie giallastre talora argillose; alla base, argille rossastre in lenti limitate. Localmente (Castelnovate), livelli lignitico-torbosi di circa 1 m di potenza. « VILAFRANCHIANO INF. » Alluvioni ciottolose grossolane, intensamente ferrettizzate per circa 4 m. « VILAFRANCHIANO SUP. »*

I terreni villafranchiani affiorano, invero molto sporadicamente, solo nelle profonde incisioni del F. Ticino e del T. Sizzone, nel settore settentrionale del F^o. NOVARA. La loro sottoposizione al fluvioglaciale Mindel è particolarmente visibile sul versante destro del T. Sizzone, a W di Marzalesco, mentre poco a monte (a E di Maggiora-F^o. VARALLO) si può riscontrare la loro diretta sovrapposizione ai livelli marini del Pliocene.

Lungo il T. Sizzone affiorano depositi ghiaioso-ciottolosi rossastri con lenti di sabbie giallastre abbastanza grossolane e, raramente, livelletti lignitico-torbosi. Si notano, a tratti, cenni di stratificazione incrociata. Tali depositi, già contrassegnati da F. SACCO (1892) come « Astiano », sono da considerare al contrario, almeno nell'area compreso entro il F^o. NOVARA, di facies deltizia; essi si collegano a monte, attraverso livelli di ambiente più lagunare, ai depositi litorali del Pliocene superiore di Maggiora. Rappresentano dunque dei relitti di un delta del Villafranchiano inferiore, sfociante in corrispondenza dell'antica linea di costa pliocenica Grignasco-Boca-Maggiora.

Depositati sicuramente del Villafranchiano inferiore (SACCO 1893; GABERT

1962) sono localizzati sul fondo della profonda incisione del F. Ticino in corrispondenza di Castelnovate. Essi sono particolarmente visibili, in regime fluviale di magra, a N di Castelnovate (sponda sinistra) ed in regione Acquafino sulla sponda destra. Alla base si constatano delle argille rossastre (sponda destra), cui seguono (sponda sinistra) depositi marnoso-argillosi e argilloso-sabbiosi grigi-giallastri leggermente bancati, conglobanti livelli lignitico-torbosi potenti, talora, anche 1 m. Localmente si riscontrano sottili alternanze di banchi ghiaioso-ciottolosi cementati, di colore grigiastro. La ricca flora a diatomee illustrata da CORTI (1893), con prevalenza di specie continentali di clima temperato-freddo accanto a meno frequenti forme di clima decisamente freddo nonchè la litofacies prevalente, parlano in favore di un deposito di tipo fluvio-lacustre. La relativa frequenza di specie di clima freddo sarebbe dovuta al trasporto fluviale di materiali provenienti dalle vicine regioni prealpine, già soggette, con ogni probabilità, alle prime avanzate glaciali quaternarie (Günz di NANGERONI, 1954, b).

Al Villafranchiano superiore sono state invece riferite le alluvioni ciottolose che costituiscono la base dei terrazzi lungo il F. Ticino, su ambedue le sponde. Sebbene sul foglio geologico siano state cartografate come unico livello continuo, esse affiorano sporadicamente, essendo in genere ricoperte da materiali colluvio-eluviali o di smottamento. Belle sezioni naturali sono tuttavia visibili nella zona del cimitero e della stazione di Pombia, sotto Marano Ticino, a ENE di C.na Galdina ed a W di Cavagliano. Si tratta di un'alluvione prevalentemente ciottolosa ma assai ben selezionata, caratterizzata da una notevole alterazione dei ciottoli componenti (diametro medio 5-8 cm) e da una colorazione d'insieme giallo-rossastra. Verso la sommità del deposito si nota un paleosuolo argilloso rosso-violaceo, potente qualche metro, con tracce profonde di un'azione erosiva successiva.

Fra i ciottoli è presente una frazione sabbiosa, fortemente biotitica, che talora sembra aver leggermente cementato la massa ciottolosa tanto da produrre pareti assai dirupate. Anche in questa parte della serie villafranchiana compaiono sottili lenti di sabbie minute giallo-rossastre e fortemente biotitiche.

Non è da escludere che la parte sommitale della serie, specie in corrispondenza del terrazzo Pombia-Marano Ticino-Oleggio-Codemonte, possa

considerarsi già fluvio-glaciale Mindel. Purtroppo la forte copertura colluvio-eluviale ed i frequenti smottamenti ci hanno impedito di compiere le opportune indagini. Tuttavia siamo più favorevoli a considerare questi depositi ciottolosi, in accordo con quanto espresso da SACCO (1892), NANGERONI (1954, b) e GABERT (1962), come equivalenti « ticinesi » del « Ceppo lombardo », di cui presentano identica posizione stratigrafica (sottoposizione al Mindel e sovrapposizione alle facies fluvio-glacio-lacustri del Villafranchiano). Il fatto che le alluvioni ciottolose del Ticino e del Sizzone non siano che scarsamente cementate va messo in relazione con la composizione petrografica dei ciottoli componenti (grandissima prevalenza di elementi del Verbano-Ossola come gneiss, graniti, micascisti, porfidi, anfiboliti, ecc. sugli elementi « prealpini » di natura calcarea o dolomitica). La loro colorazione rossastra, così contrastante rispetto al colore grigio-giallastro del « Ceppo », può essere riferita sia alla facile alterabilità dei ciottoli cristallini, sia alla forte permeabilità del deposito; ciò avrebbe favorito il formarsi di soluzioni ricche in ferro, la loro percolazione e la precipitazione degli ossidi ferroso-ferrici.

I depositi villafranchiani, a facies prevalentemente fluvio-torrenziale, costituiscono pertanto il basamento di tutti i terrazzi morfologici più importanti del territorio compreso nel F.^o NOVARA. La sottoposizione ai restanti terreni del Quaternario ed il fatto che essi compaiono dovunque l'erosione dei fiumi sia stata sufficiente a raggiungerli, dimostra come il Villafranchiano superiore (comprensivo anche del « Ceppo », come si dirà in seguito) costituisca nella regione novarese un unico livello di base, vale a dire la più antica « pianura » quaternaria.

Le alluvioni ciottolose in questione possono essere considerate il prodotto di una « fase fluvio-pluviale », contemporanea e in parte successiva alle prime glaciazioni quaternarie (Donau? Günz?).

8) **qcg** — « Ceppo » — *Conglomerati poligenici fluviali, a banchi massicci suborizzontali, passanti frequentemente a ghiaie sciolte per diminuzione del grado di cementazione. Lenti sottili di arenarie e sabbie.* « VILLAFRANCHIANO »

Tali livelli sono stati riscontrati unicamente lungo la profonda incisione del T. Olona, da Fagnano Olona fin quasi a Castellanza, dove sottostanno ai depositi ghiaiosi freschi del Würm II^o.

Si tratta di alluvioni ciottoloso-ghiaiose, per lo più fortemente cementate, poligeniche ad elementi « prealpini » (calcari, dolomie, porfidi, ecc) e, subordinatamente, « alpini » (gneiss, micasciti, graniti), talora con intercalazioni lenticolari di arenarie e sabbie. Localmente, zona sottostante Fagnano Olona, il grado di cementazione diminuisce e si verifica un progressivo passaggio a ghiaie sciolte di facies nettamente fluviale.

In accordo con NANGERONI (1954, b), abbiamo attribuito questi livelli conglomeratici alla formazione del « Ceppo »; ciò alla luce di osservazioni stratigrafiche compiute nell'alta valle del T. Olona, tra Bizzozzero, Gornate e Castelseprio (F^o VARESE). Fino a Castelseprio il « Ceppo » — chiara prosecuzione settentrionale dei nostri livelli conglomeratici è sottoposto al Mindel tipico, mentre sotto Bizzozzero esso sovrasta dei depositi morenici argillosi, attribuiti dal suddetto Autore alla glaciazione villafranchiana Günz. Nel suo sviluppo verso sud il « Ceppo » sottostà a terreni viepiù recenti, finché nel F^o NOVARA esso risulta ricoperto, come sopraricordato, addirittura dalle alluvioni tardo-würmiane.

Da un punto di vista cronostatigrafico, siamo propensi a considerare tale formazione del Villafranchiano superiore, sincrona cioè delle alluvioni ciottolose non cementate del Ticino, secondo quanto precedentemente affermato. Essa rappresenterebbe perciò un deposito fluvio-torrenziale, posteriore alla massima espansione glaciale villafranchiana del Günz (cata-glaciale gunziano?).

La forte cementazione del complesso sembra essere in connessione sia con la ricchezza in elementi carbonatici (abbondanti ciottoli calcarei), sia con l'impermeabilità del basamento argilloso glacio-lacustre villafranchiano che avrebbe permesso una lenta percolazione delle acque « dure » entro la massa ciottoloso-ghiaiosa. L'episodio cementante si è verificato sicuramente in epoca pre-mindeliana, in quanto il contatto « *Ceppo* »-Mindel è dato da una notevole superficie di erosione con cavità, anche di notevoli dimensioni (NANGERONI, 1954, b), colme di tipico « ferretto ».

Al di sotto dei depositi conglomeratici in questione compaiono, alla base della scarpata tra Gorla Minore e Gorla Maggiore, delle alluvioni gradate ghiaioso-sabbioso-fangose, molto alterate, con prevalenza di materiale « alpino » (gneiss e micascisti); in esse sono inglobati blocchi puddingoidi

a cemento arenaceo (« *Gonfolite* » oligocenica?) che spiccano, per erosione selettiva, sulle scarpate naturali o artificiali (cave abbandonate). Sono molto probabilmente le « alluvioni sotto il Ceppo » che NANGERONI (1954, b) considera « fluviale Günz » e che noi, sulla base di quanto precedentemente affermato, pensiamo riferire ad una fase anaglaciale-fluviale della stessa glaciazione.

9) m^M: *Depositi morenici intensamente ferrettizzati ad argille rosso-mattone, costituenti i lembi residui delle cerchie più esterne dell'anfiteatro morenico del Verbano.* MINDEL.

L'antico ghiacciaio mindeliano, di tipo « alaschiano » e quindi non suddiviso come si vedrà durante il Riss in varie fronti, si è largamente esteso sulla zona pedemontana del Ticino, coprendo con le sue morene molto arcuate e con il suo cono di transizione fluvio-glaciale e fluviale la primitiva pianura villafranchiana.

La delimitazione della massima espansione glaciale ha costituito per noi un problema assai arduo per le difficoltà riscontrate nel separare le facies moreniche da quelle fluvio-glaciali ad esse collegate; ciò a causa sia della profonda alterazione (« ferrettizzazione ») dei materiali in gioco, sia perchè alla morfologia primitiva si sono sovrapposti successivi fenomeni di erosione che l'hanno in parte obliterata. Sulla base degli studi precedenti (NANGERONI, 1954; GABERT, 1962) ed a seguito di dettagliate ricerche sul terreno si è potuto giungere alle seguenti conclusioni: la massima avanzata del ghiacciaio mindeliano è limitata da un'ampia curva che, partendo da S. Alessandro (q. 305), passa per S. Eurosia (q. 313), per C.na Bindillina (q. 312), per Motto Vignacce (q. 334) ed infine per il Motto (q. 326), ad WSW di Varallo Pombia.

La morfologia della zona morenica è contrassegnata da dossi parzialmente spianati ed allineati parallelamente tra loro — monconi relitti degli originari cordoni —, e da un'organizzazione anarchica dell'idrografia superficiale.

Il morenico Mindel è caratteristico per il suo colore d'insieme rosso-scuro e per la profonda alterazione (« ferrettizzazione ») dei materiali che lo compongono. La porzione superficiale alterata può raggiungere, localmente, uno spessore di circa 8 m. Molto rare sono le sezioni naturali nel terreno morenico mindeliano. Classica è la scarpata lungo la strada Cressa-

Bogogno in cui si notano ammassi caotici di ciottoli e massi anche di grosse dimensioni (diametro massimo 1,5 m) frammisti a livelli più ghiaiosi, inglobati entro un impasto argilloso di colore rosso-brunastro. Tra gli elementi componenti, prevalgono decisamente quelli di tipo « alpino »: rocce granitoidi e micascistose (completamente sfatte e sbriciolantesi tra le dita) o anfiboliche e quarzitiche (le uniche in buon stato di conservazione). Gli elementi calcarei sono invece assai rari; ciò spiega la differenza di colorazione tra il nostro Mindel rosso-bruno e quello tipico « lombardo » rosso-mattone.

Localmente, come ad esempio nella zona di S. Alessandro, il morenico risulta ricoperto da una coltre, potente in media 3 m, di un loess bruno-rossiccio, intensamente argillificato, indurito e decalcificato, la cui età mindeliana è stata di recente accertata (UGOLINI & OROMIBELLI, 1968).

10) fg^M : *Alluvioni fluvioglaciali ciottolose, grossolane, alterate in « ferretto tipico » per uno spessore fino a 3 m, a ciottoli profondamente alterati di colore rosso-bruno.*
MINDEL

Il fluvioglaciale dell'anaglaciaie Mindel costituisce nel F^o. NOVARA due pianalti ben distinti, ultimi relitti della primitiva pianura del Quaternario antico. A questi pianalti si ricollegano con netta evidenza i piccoli testimoni di Monterosso, del Moncone e di Montevecchio, situati ad W e SW di Gallarate.

La facies fluvioglaciale dei depositi appare, nelle zone succitate, assai ben caratterizzata: irregolari alternanze di strati ghiaiosi o ghiaioso-ciottolosi, di strati sabbiosi o argilloso-sabbiosi e di livelli argillosi; la colorazione dell'insieme è tipicamente rossastra. Il grado di alterazione (« ferrettizzazione ») dei materiali è molto spinto e la zona alterata raggiunge localmente i 6 metri di profondità. Si nota una quasi completa argillificazione e decalcificazione degli elementi componenti, crescente man mano che ci si avvicina alla superficie.

Il paleosuolo, potente circa 3 metri, è costituito da argille rosse inglobanti ciottoli quarzatici pressochè integri, nonchè resti di ciottoli granitico-gneissici e micascistosi alteratissimi e disgregabili al tatto. Esso è ricoperto a tratti da una coltre, potente qualche metro, di loëss mindeliano di colore

rosso-bruno, completamente argillificato ed indurito, in cui non si riscontra più traccia di materiali a grossa granulometria. È questo l'orizzonte definito di « ferretto tipico » sfruttato, per la sua uniformità granulometrica, dalla industria dei laterizi, come per esempio presso la Fornace di Solarolo (a N di Proh), a W di Cavaglio d'Agogna, a Forno, ecc.

Il contatto tra il paleosuolo ed il soprastante loëss è dato da una ben definita superficie d'erosione, a testimonianza della posteriorità, dell'accumulo eolico. In accordo con S. VENZO (1965), attribuiamo questo loess al cataglaciale Mindel, con spinta pedogenesi riferibile all'interglaciale Mindel-Riss.

11) fl^M : *Testimoni del più alto ed antico terrazzo, a sabbie e limi argillosi con alternanze ghiaiose, profondamente alterato per 3 m e più in argille rosso-bruno con ossidi di manganese (« ferretto tipico »).* Fluviale MINDEL.

Lembi residui del più alto ed antico terrazzo quaternario sussistono sulle parti maggiormente elevate delle collinette sovrastanti la valle del torrente Rotaldo (porzione sud-occidentale del F^o. MORTARA), come a S. Maurizio, e W di C.na Nuova e a S di S. Germano, nonchè nei pressi di Valenza. Sono costituiti da depositi sabbiosi e limoso-argillosi, ad interstrati ghiaiosi, profondamente alterati, per uno spessore superiore ai 3 metri, in argille rosso-brune; essi si collegano, in perfetta continuità, verso occidente agli analoghi lembi di « fluviale-pluviale Mindel » di Case Cacciolo, di Roncaglia e di C.na Borelli (F^o 57-VERCELLI).

12) m^R : *Depositi morenici con strato di alterazione giallo-rossastro, a ciottoli notevolmente alterati, costituenti le cerchie mediane dell'anfiteatro del Verbano.* Cordon morenici. RISS.

A nord di Divignano, nei dintorni di Varallo Pombia ed a ovest di Gallarate (F^o. NOVARA) affiorano dei depositi morenici che, correlati con l'imponente anfiteatro del Verbano, sono stati attribuiti al massimo rissiano (Riss I^o). Ad essi si ricollegano gli esigui lembi di Pombia (Castello Monticelli e Il Castello) che emergono dalla piana del fluvioglaciale Riss.

Non è stato possibile nella zona di Divignano tracciare una delimita-

zione esatta della massima espansione rissiana rispetto a quella mindeliana poichè la distinzione delle due facies moreniche è problematica in queste aree di sovrapposizione, data la mancanza pressochè assoluta di sezioni naturali; inoltre, in tale cerchia esterna la morfologia non è così ben differenziata come più a nord, in considerazione del minore potere di accumulo del ghiacciaio e del fatto che l'azione degli scaricatori dei successivi stadi ha smembrato, livellando, la cerchia in vari testimoni isolati.

Da un punto di vista morfologico i terreni in questione costituiscono piccole colline allungate, talora a forma di cordoni come ad esempio il cordone di Oneggio (a W del Ticino), diretto NW-SE, che si raccorda con quello di La Gazza (a E del Ticino) orientato da SE a NW. Il cordone più esterno, tra l'altro meno evidente del precedente, passa dal Castello di Pombia e verosimilmente si congiunge con quello di C.na Ronchetti (a E del Ticino), sovrastante la Brughiera di Casorate.

Discrete sezioni nel morenico rissiano sono state riscontrate nei pressi di C.na Ribbiola (Varallo Pombia) e di C.na Ronchetti (a W di Gallarate) e mostrano un complesso di massi di discrete dimensioni, di origine alpina, parzialmente alterati e con caratteristici fenomeni di degradazione sferoidale e di fessurazione specie in quelli granitici o gneissici, distribuiti in una massa caotica ciottoloso-ghiaioso-sabbiosa di colore giallastro e con segni evidenti di alterazione.

In superficie è quasi ovunque presente uno strato, potente anche 2,5 m, di sabbie siltose finissime, giallognole, di sicura origine eolica, che si ispessisce verso sud e che ricopre in continuità anche i terreni fluvioglaciali rissiani. Si tratta di loëss würmiano e precisamente, per quanto si dirà in seguito, del cataglaciale Würm.

13) fg^R: *Alluvioni fluvioglaciali ghiaiose, alterate in terreni argillosi giallo-ocraei per uno spessore massimo di 3 m.* RISS p. p.

A partire dal Villafranchiano fino alla fine del Mindel si è avuto, da quanto precedentemente descritto, un continuo accumulo di materiale senza che si siano verificati dei veri periodi di riescavazione. Questi iniziano con l'*interglaciale Mindel-Riss*, sia in seguito alla decisa variazione climatica,

sia, ovviamente, per il mutamento dei profili di equilibrio dei corsi d'acqua in rapporto al massimo abbassamento del livello di base che si è avuto alla fine della fase glaciale mindeliana. Il fenomeno di terrazzamento del Mindel-Riss ha raggiunto nelle nostre zone i 30-40 m e l'effetto morfologico è stato quello di isolare le grosse lingue moreniche e fluvioglaciali mindeliane. L'azione erosiva è stata localmente così intensa da avere asportato l'intero deposito mindeliano, come dimostrano le sezioni naturali presenti lungo la scarpata del terrazzo Varallo Pombia-Codemonte, dove le alluvioni fluvioglaciali rissiane poggiano direttamente sui livelli ciottolosi del Villafranchiano superiore.

Il fluvioglaciale Riss (« *Diluvium medio* » Auct.), o meglio del Riss I^o, si presenta nel F^o. NOVARA in grosse lingue triangolari con vertici verso sud oppure in pianalti a morfologia per lo più piatta, che si radicano alle ondulazioni moreniche rissiane. Queste hanno fornito parte dei materiali, in special modo quelli più grossolani, al complesso fluvioglaciale di valle. Questo fatto, ben visibile nella zona di Varallo Pombia (terrazzo di Oleggio) ed a W di Gallarate, è meno evidente ad occidente, dove il « diluvium medio » rimonta lungo i torrenti Lirone e Meia, incastrandosi nell'altopiano superiore mindeliano; a monte (F^o. VARESE e F^o. VARALLO), anche questi terrazzi si innestano entro gli apparati morenici rissiani (GABERT, 1962).

Nel F^o. NOVARA le lingue fluvioglaciali del Riss I.s. sono essenzialmente due, situate rispettivamente l'una (lingua di Cressa-Pombia-Codemonte) tra la sponda orientale del torrente Agogna e quella occidentale del Ticino, l'altra (lingua di Cardano al Campo-Lonate Pozzolo) tra la sponda orientale del Ticino e quella occidentale del torrente Arno. Originariamente costituivano un'unica ed ampia pianura rissiana, definitasi dalla completa giunzione delle conoidi depresse dell'Agogna, Ticino, Arno ed Olona, successivamente intagliata dagli episodi di escavazione del cataglaciale Riss e, soprattutto, dall'interglaciale Riss-Würm. A testimonianza di questa profonda erosione permangono l'irregolare altipiano di Novara-Vespolate ed i numerosi lembi relitti di fluviiale-Riss, disseminati nella pianura del F^o. MORTARA, ma chiaramente ricollegabili alla lingua Cressa-Pombia-Codemonte.

I profili longitudinali delle conoidi fluvioglaciali-fluviali rissiane sono molto semplici, mantenendosi con pendenze pressochè costanti per lungo

tratto per poi progressivamente aumentare verso la zona di innesto agli apparati morenici. Per i tratti a valle, sono riscontrabili pendenze del 2-3°/100, nel tratto mediano del 5-6 °/100, nel tratto a monte anche del 10°/100.

Pure la composizione granulometrica varia da nord a sud, passando così in modo continuo da un deposito fluvio-glaciale ad uno fluviale meglio selezionato e più fine. Si tratta quasi sempre di depositi prevalentemente ghiaiosi, di colore giallastro, i cui elementi si presentano con grado di alterazione meno spinto rispetto al « ferretto » mindeliano; solo i porfidi e gli scisti sono completamente sfatti, mentre i graniti e gli gneiss, in genere abbastanza freschi, localmente mostrano tracce di alterazione.

Quasi ovunque i depositi ghiaiosi sono ricoperti da un paleosuolo argilloso giallo-ocra, di potenza variabile e talora considerevole (fino a 3 m), intensamente sfruttato dalle cave di materiali per laterizi, presso Oleggio, Bellinzago e Pombia. A luoghi, esso è sovrastato da un manto di loëss giallognolo del Würm, potente anche 1,5 m.

La vasta « lingua » di Cressa-Pombia-Codemonte risulta sempre interessata da un marcato terrazzo « interno » (Fig. 1) alto da 5 a 0,5 m, che testimonia un episodio di escavazione e successivo riempimento avvenuto sicuramente nel Riss; ne è prova la composizione litologica, il grado di alterazione e l'habitus del livello rissiano più basso e quindi più recente. Su quest'ultimo, a litologia prettamente ghiaiosa e con paleosuolo giallo meno argillificato e meno potente (max. 1,5 m) rispetto al livello soprastante, sono impostati i paesi di Cressa (un « isolotto » rissiano nelle alluvioni würmiane), Vaprio d'Agogna e Castelletto. In uno scasso di fondazione nel paese di Vaprio d'Agogna, è stato notato, al di sotto della coltre loëssica, uno strato cittoloso-ghiaioso sovrastante le solite ghiaie alterate rissiane, a facies prettamente fluvio-glaciale, molto significativo per l'interpretazione genetica di questo basso livello. Esso rappresenterebbe un fluvio-glaciale Riss II°, probabilmente connesso ad una cerchia rissiana più interna dell'anfiteatro Cusio-Verbano presente a Nord (F^o. VARESE). Si avrebbe di conseguenza, per quanto riguarda l'alto novarese, una duplice distinzione nell'ambito del fluvio-glaciale Riss; un livello superiore del Riss I° ed uno inferiore del Riss II°, ciascuno connesso a cerchie moreniche rissiane stadiali.

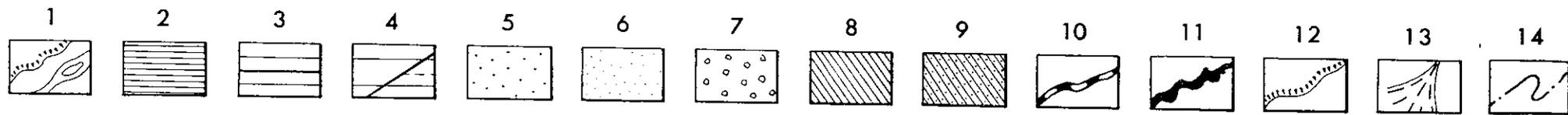
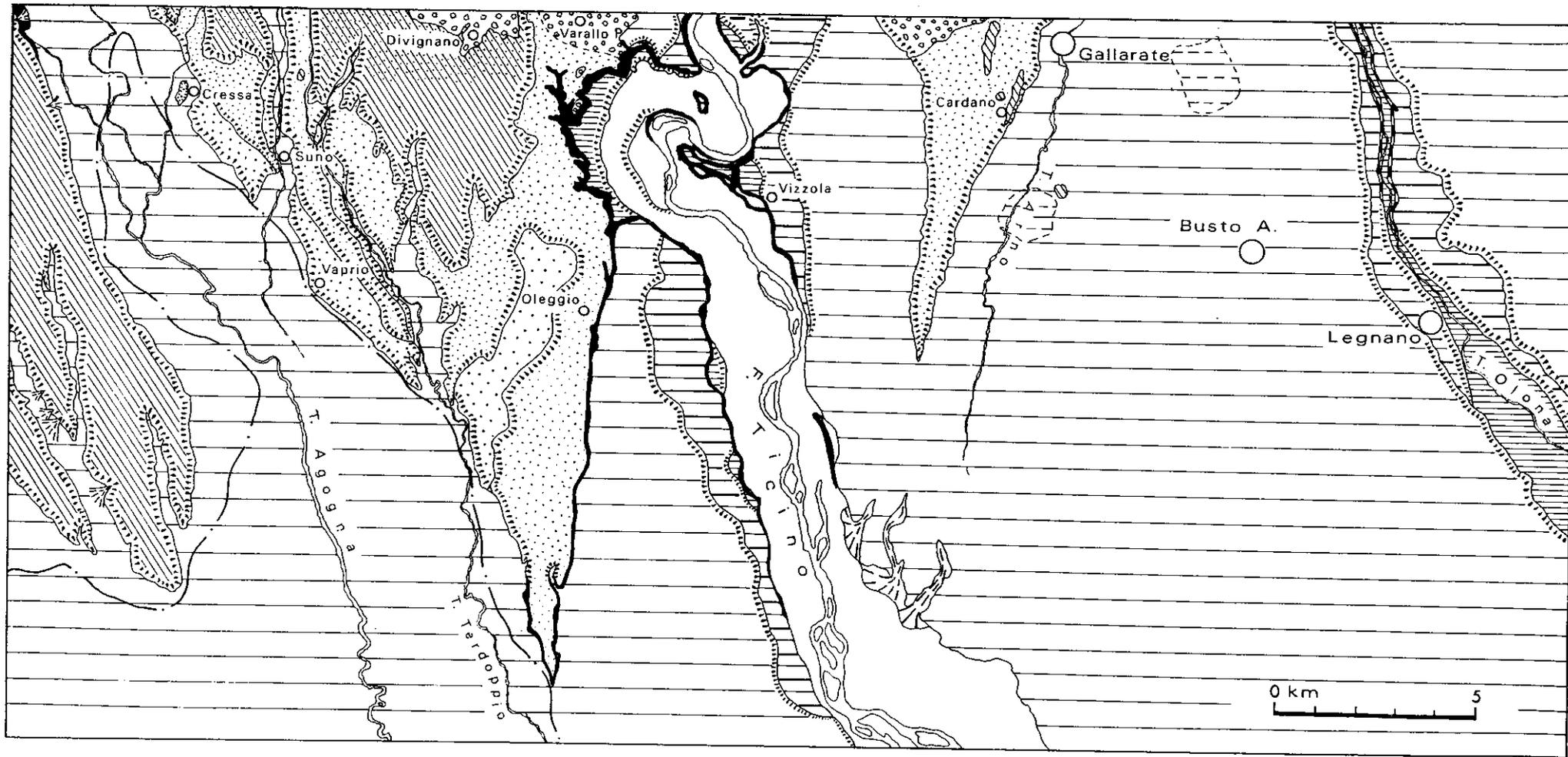


FIG. 1

SCHIZZO GEOLOGICO-MORFOLOGICO DELLA REGIONE COMPRESA ENTRO LA METÀ SETTENTRIONALE DEL F^o NOVARA

1 = Alluvioni oloceniche 2 = Fluvioglaciale Würm III 3 = Fluvioglaciale Würm II 4 = Fluvioglaciale-fluviale Würm I (a linee intercalate = loess würmiano). 5 = Fluvioglaciale Riss II. 6 = Fluvioglaciale-fluviale Riss I. 7 = Morenico Riss. 8 = Fluvioglaciale-fluviale Mindel 9 = Morenico Mindel. 10 = « Ceppo » (sulle scarpate di terrazzi morfologici). 11 = Alluvioni villafranchiane (sulle scarpate di terrazzi morfologici). 12 = Terrazzi morfologici. 13 = Conoidi di deiezione del Pluviale-Würm. 14 = Linea dei fontanili.

- 14) fl^R: *Testimoni erosi e dilavati di un antico terrazzo ondulato, sabbioso, alterato per 1,5 m in sabbie giallo-ocracee più o meno arancioni; inferiormente sabbie appena cementate, talora con lenti argillose fluvio-lacustri (Palestro). Fluviale RISS.*

Nella pianura del F^o. MORTARA sono stati cartografati numerosi piccoli testimoni di erosione dell'originario livello rissiano, così evidente a nord. Essi emergono dalla piana alluvionale würmiana ed olocenica in forma di piccoli dossi estremamente appiattiti e dilavati (Palestro), per lungo tempo interpretati come dune sabbiose continentali oloceniche (« depositi sabbiosi eolici » di F. SACCO, 1892). Tuttavia, la presenza di un paleosuolo sabbioso ed a tratti argilloso di colore giallo-ocraceo parla in favore di un'età rissiana di questi depositi, geologicamente ricollegabili al fluviale-Riss del pianalto di Novara-Vespolate.

- 15) fg^{WR}: *Alluvioni fluvio-glaciali ghiaiose, localmente molto grossolane (a monte del limite settentrionale dei fontanili), con paleosuolo argilloso giallo-rossiccio di ridotto spessore, talora ricoperte da limi più recenti. WÜRM e RISS p.p.*
fg^W e fl^W: *Alluvioni fluvio-glaciali ghiaioso-ciottolose (terrazzi superiori del Ticino) e fluviali prevalentemente sabbioso-limose (a valle del limite settentrionale dei fontanili) con debole strato di alterazione brunastro. WÜRM.*
Alluvioni ghiaiose, sabbiose e limose limitate al fondo dei solchi vallivi e non ricollegabili agli apparati morenici. Pluviale-WÜRM.

I terreni in questione, indicati dai vecchi autori con la generica accezione di « diluvium recente », sono stati distinti nel F^o. NOVARA, con colore e sigle differenti, in alluvioni fluvio-glaciali del Riss-Würm e fluvio-glaciali-fluviali Würm a seconda della loro disposizione a monte o a valle della linea dei fontanili. Ciò in base ad una direttiva di compromesso emanata nel 1965 dalla Commissione per il Quaternario Padano.

Si deve tuttavia far rilevare come la distinzione di cui sopra non trovi tutti consenzienti e, in particolare, i due rilevatori del F^o. NOVARA, le cui idee circa il Würm della regione sono rispecchiate nelle tavolette ufficiali 1:25.000 e nello schizzo geologico-morfologico allegato alla presente nota (Fig. 1).

Benchè la porzione settentrionale del F^o. NOVARA non comprenda appa-

rati morenici würmiani (presenti a nord, nel F^o. VARESE), sono stati distinti nell'ambito del « diluvium recente » diversi livelli, sicuramente successivi al grande episodio di escavazione (circa 90-100 m) dell'interglaciale Riss-Würm. Si è avuto, cioè, un enorme colmamento del solco in più periodi, corrispondenti ad altrettante fasi glaciali, e la cui potenza totale è superiore ai 60 metri.

A partire dalla zona morenica settentrionale si sviluppano, a valle, tre livelli principali, sottostanti al terrazzo rissiano e separati tra loro da evidente terrazzamento: il livello I^o o di S. Gaudenzio, cui corrisponde, sulla sponda lombarda, quello dell'areoportò della Malpensa; il livello II^o o della C.na Malfatta e, sulla sponda lombarda, quello di Vizzola Ticino; il livello III^o o delle Cave del Ticino, con il corrispondente « lombardo » di Maddalena e Castelnovate.

Tale distinzione in livelli fluvioglaciali, ricollegabili ad altrettante fasi glaciali, è lecita perchè suffragata, oltre che dalle nostre osservazioni di campagna, anche dalla ricostruzione del tutto attendibile di P. GABERT (1962), che ha seguito e connesso questi accumuli e questi terrazzamenti all'evoluzione dell'apparato morenico würmiano. Riassumendo le conclusioni del suddetto autore, egli attribuisce al Würm I^o, legato all'espansione massima würmiana di Somma Lombardo, il colmamento principale ovvero il livello S. Gaudenzio-Malpensa, mentre il Würm II^o (livello della Malfatta-Vizzola Ticino) ed il Würm III^o (livello Cave del Ticino-Castelnovate), rappresentati da coperture fluvioglaciali più sottili, sono collegati a stadi successivi, vale a dire agli archi morenici più interni di Golasecca (Würm II^o) e di Dorbiè-Arquello (Würm III^o). A fasi interstadiali sono, ovviamente, riferibili i fenomeni di terrazzamento.

Anche la composizione litologica dei vari terrazzi porta una serie di argomenti favorevoli alle tesi già annunciate. Esiste una notevole differenza di composizione tra il terrazzo o livello superiore e quelli sottostanti. Va detto a questo proposito come le osservazioni di campagna siano state facilitate dal gran numero di sezioni sia naturali (sponde di erosione del Ticino), sia artificiali (cave di sabbia e ghiaia). Il grande colmamento del Würm I^o è rappresentato da un complesso particolarmente omogeneo di ghiaie e sabbie molto fresche, la cui granulometria va decrescendo da nord a sud; la dispo-

sizione è caotica, tanto quanto più si va verso la sommità del deposito. La composizione petrografica dei materiali è, al contrario, molto costante e sono rappresentate, praticamente, tutte le rocce dell'ambito « ticinese ». A luoghi si presentano banchi ghiaiosi cementati non continui.

I terrazzi del Würm II^o e del Würm III^o, scavati nel grande accumulo del Würm I^o, si differenziano da quello soprastante non solo per la minore estensione trasversale e per le ripide scarpate separatrici, ma, soprattutto, per la presenza di un manto di materiali grossolani, disposti in modo caotico, che si stacca nettamente dalla restante parte dell'accumulo, peraltro identica come composizione e disposizione in tutti e tre i livelli in questione. La natura di tale manto è chiaramente esplicativa: i ciottoli molto grossi che lo costituiscono, il loro disporsi caotico ed il colore più scuro rispetto al complesso sottostante parlano in favore di una deposizione rapida e corta di natura fluvioglaciale, provocata da impetuose fumare dipartentesi dalle fronti glaciali in ritiro. Questa copertura è caratteristica di ogni terrazzo e va diminuendo di potenza dal I^o al III^o, probabilmente a causa del veloce e continuo retrocedere, in direzione nord, delle fronti glaciali durante l'intero arco del periodo würmiano.

Il profilo longitudinale del livello Würm I^o (« livello fondamentale della pianura » del F^o. NOVARA e del F^o. MORTARA) è quello classico di un'ampia e depressa conoide di deiezione, la cui pendenza è in genere meno accentuata di quella della conoide rissiana; da tale fatto ne è derivato il sovralluvionamento della prima sulla seconda in corrispondenza di Codemonte, dove la « lingua » rissiana Cressa-Pombia scompare al di sotto delle alluvioni del massimo würmiano. Al contrario, i livelli Würm II^o e III^o, a pendenza più costante, mostrano un profilo caratteristico di piccoli coni di transizione unicamente fluvioglaciali, incastrati nella grande conoide del Würm I^o.

A nord di Oleggio i tre livelli si presentano attualmente sia in continuità tra loro, sia isolati o monchi a causa dell'azione erosiva dei grossi meandri incassati del fiume Ticino.

A sud, invece, il numero dei terrazzi si riduce, finchè nei pressi di Cameri (sponda piemontese) e di Tornavento (sponda lombarda) permane un solo livello würmiano (il I^o) in cui, oltre a tutto, si manifesta un passaggio graduale dalla facies fluvioglaciale a quella fluviale; tale fluviale-Würm, più sabbioso

ed a tratti limoso, viene così a costituire la bassa pianura novarese e quella del F^o. MORTARA. La linea settentrionale dei fontanili contrassegna « grosso modo » tale cambiamento di facies litologica, cui corrisponde, da un punto di vista idrologico, una risalita della falda freatica verso la superficie.

Ad occidente del Ticino, lungo la valle del torrente Agogna, esiste un unico livello fluvioglaciale-fluviale würmiano (Würm I^o) che si radica alle morene più interne (morene di Gozzano) dell'apparato del Cusio. Tale episodio morenico ha preceduto il ritiro definitivo del ghiacciaio würmiano verso le zone montuose circostanti ed il riempimento del « truogolo » d'Orta da parte delle acque lacustri. Ne è conseguito, a partire dal Würm I^o, un'inversione totale dell'idrografia della zona, non più verso sud ma verso NE, cioè dal Cusio al Verbanò. La valle del torrente Agogna, pertanto, non si è praticamente più evoluta dal periodo della massima espansione glaciale würmiana (P. GABERT, 1962).

Pure ad oriente del Ticino sussiste un unico livello würmiano (Würm I^o), facilmente ricollegabile all'apparato morenico di Vergiate. Solo lungo la valle del torrente Olona sono definiti due ordini pressochè simmetrici di terrazzi sul cui significato permangono idee contrastanti tra noi e P. GABERT (1962), che propende per un terrazzamento per abbassamento progressivo del livello di base. Ricollegandoci alle osservazioni eseguite da G. NANGERONI (1950) lungo l'intera valle Olona, riteniamo che i terrazzi würmiani in questione siano il risultato di fenomeni erosivi interstadiali e che ciascuno di questi solchi sia stato successivamente colmato, almeno in parte, da materiali fluvioglaciali provenienti da morene stadiali via via più recenti. Si avrebbe così, anche per la valle dell'Olona, una distinzione dei terreni fluvioglaciali würmiani in Würm I^o, II^o e III^o.

Il paleosuolo dei terreni würmiani, potente al massimo 1 m, si presenta di colore diverso nei tratti settentrionali ed in quelli meridionali, anche se il grado di pedogenesi sembra ovunque lo stesso. A nord ed in vicinanza dei terrazzi rissiani esso mostra una colorazione bruno-giallastra e talora bruno-rossastra, probabilmente in conseguenza di apporti eolici o di dilavamento dai circostanti terreni del Quaternario medio e, più raramente, antico; a sud, esso è nettamente di colore brunastro.

Di particolare interesse geologico è stato il riconoscimento, nelle aree

comprese entro il F^o. NOVARA, di una fase pluviale tardo-würmiana, posteriore alle fasi fluvioglaciali e fluviali, ma anteriore alle deposizioni degli « alluvium » olocenici. Tale fase ha dato luogo a notevoli incisioni lungo le scarpate dei terrazzi ed a conoidi di deiezione, talora di notevoli dimensioni, laddove gli scaricatori si innestavano nel fondovalle soprattutto del Ticino (Buffalora, Pontevecchio). A tratti, essi risultano debolmente terrazzati all'unghia oppure parzialmente sovralluvionati dagli accumuli dell'Olocene antico.

Nella zona nord-orientale del foglio sono state osservate estese placche di loëss giallognolo, potenti circa 2 m, depostesi, con ogni probabilità, durante l'interstadio Würm I^o-Würm II^o in considerazione del fatto che si riscontrano unicamente sopra le alluvioni fluvioglaciali del massimo würmiano.

16) a¹ - fl^W: *Alluvioni di terrazzo sabbioso-limoso-argillose, di età diversa, difficilmente separabili sia litologicamente che morfologicamente (a sud del Po)*. OLOCENE — PLEISTOCENE.

Nella zona di Il Secco-Casei Gerola-Silvano Pietra (F^o. MORTARA) il limite Pleistocene-Olocene risulta quanto mai incerto dato lo scarso significato che ivi assumono i terrazzi morfologici e, soprattutto, per i numerosi episodi di sovralluvionamento dei materiali olocenici al di sopra di quelli più antichi. Si è allora stabilito, anche sulla base di quanto appare su altri fogli geologici (F^o. VERCELLI e F^o. PIACENZA), di riunire sotto un simbolo comprensivo il complesso di alluvioni fluviali che costituiscono le zone di confluenza dei torrenti Tanaro e Scrivia nel fiume Po. Il fluviale in questione è dato da depositi sabbioso-limosi con lenti argillose più o meno estese, caratterizzati in superficie da suoli grigiastri di potenza decimetrica.

17) a¹: *Alluvioni terrazzate ciottolose o ghiaioso-sabbiose, sensibilmente sospese sui corsi d'acqua (« Alluvium antico » s. l.)*. OLOCENE ANTICO.

I depositi alluvionali olocenici si riscontrano unicamente lungo i principali corsi d'acqua della regione, Ticino (F^o. NOVARA), Sesia, Po, Tanaro e Scrivia (F^o. MORTARA), di cui contrassegnano gli antichi alvei abbandonati. Il limite con il fluviale-Würm è quasi sempre evidenziato da terrazzo morfologico specie per quanto riguarda la zona del Ticino; al contrario, nell'ambito padano si constata molto spesso un sovralluvionamento dei terreni pleisto-

cenici da parte delle alluvioni antiche. Queste sono in genere costituite da livelli ghiaioso-ciottolosi (alto corso del Ticino) o ghiaioso-sabbiosi (a sud), intercalati ad altri a granulometria ancora più fine, ovvero sabbioso-limosi (fanghiglia di esondazione). La stratificazione è nettamente incrociata e l'andamento delle alternanze molto disordinato e discontinuo.

18) a^2 e a^3 : *Alluvioni terrazzate ghiaioso-sabbiose o limose, fissate e non, dei maggiori corsi d'acqua (« Alluvium medio » e « Alluvium recente ed attuale »).* OLOCENE MEDIO e RECENTE.

Esse si presentano lungo i principali corsi d'acqua, di cui costituiscono gli alvei sia di piena sia di magra.

V — TETTONICA

Gp. BRAGA

In questo capitolo saranno tenute distinte le considerazioni sulla tettonica di superficie, riferentesi alla fascia collinare a Sud del Po e desumibili da osservazioni dirette sul terreno, da quelle sulle strutture profonde, ricavate dai risultati delle ricerche condotte in questi ultimi anni dall'AGIP MINERARIA mediante la prospezione geofisica e le perforazioni profonde.

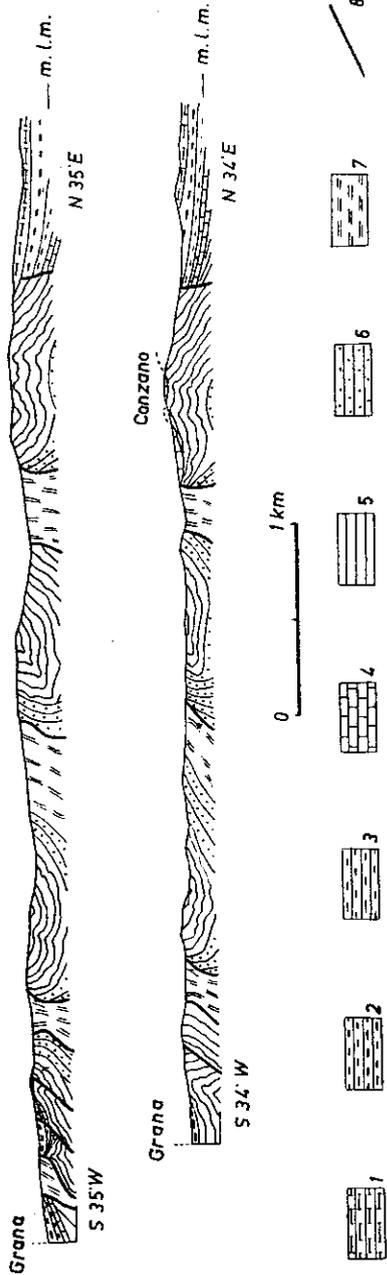
Dal punto di vista tettonico, l'area rilevata, si inquadra nel più ampio problema connesso con la definizione della struttura geologica delle colline del Monferrato.

Di tutta questa complessa dorsale, soltanto le ultime propaggini orientali poste sulla destra del Tanaro, fra Valenza e Conzano, rientrano nel foglio MORTARA.

Si rimanda perciò, chi desideri approfondire le conoscenze sulla tettonica del Monferrato, al relativo capitolo delle note illustrative del foglio VERCELLI, in cui è situata appunto la maggior parte del gruppo montuoso estendentesi fra Torino e Casale, o al pregevole lavoro di ELTER (1956), tuttora valido e fondamentale per la miglior comprensione della struttura geologica della regione.

In queste brevi note si esporranno i concetti generali, avvalorandoli con ciò che si è potuto osservare nella zona rilevata.

Al contrario di quanto pensavano gli Autori di pochi anni addietro, il motivo tettonico delle colline del Monferrato non è costituito da un insieme di pieghe semplici e regolari. La regione è caratterizzata invece da una tettonica molto complicata, interessata da intensi ripiegamenti e da fenomeni di strizzamento, a cui si aggiungono numerose faglie di compressione e di



da G. ELIER 1956

Fig. 2

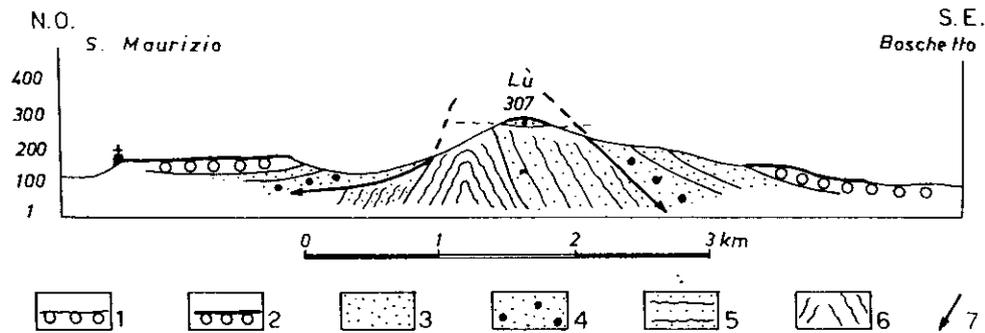
PROFILI DA G. ELIER (1956)

Legenda originale

- 1 Pliocene
- 2 « Messiniano »
- 3 « Tortoniano »
- 4 « Elveziano »
- 5 « Tongriano » (serie argilloso-sabbiosa)
- 6 « Tongriano » (conglomerati)
- 7 « Pretongriano »
- 8 contatti anormali e faglie =

corrispondenza della nuova carta

- P (« Sabbie di Andona » e « Argille di Lugagnano »)
- P1 M5 argille, marne, arenarie e gessi
- M4 Marne di S. Agata Fossili
- M3-2 Formazione di Mombisaggio
- O2-1 Marne arenacee
- E-C complesso indifferenziato



da P. GABERT 1962

Fig. 3

PROFILO DA P. GABERT (1962)

- | | |
|---|-------------------------------|
| 1 Quaternaire moyen | Quaternario |
| 2 Villafranchien | F1M |
| 3 Sables asteiens | P |
| 4 gyps, galets et marnes du Messinien | P1 M5 |
| 5 marnes gréseuses et galets du Tongrien | O2-1 |
| 6 Eocène inferieur et argiles « scagliose » | Complesso indifferenziato E-C |
| 7 Zone de décollement | contatti anormali e faglie |

distensione e sventramenti della serie sedimentaria con la messa in posto di nuclei diapirici.

L'interpretazione di queste strutture tettoniche si è rivelata, già nel passato, estremamente difficile, per la scarsità delle sezioni naturali, e soprattutto per la presenza di un abbondante copertura colluvio-eluviale.

Le strutture della regione si possono genericamente ricondurre a motivi sinclinali ed anticlinali, ad assi grosso modo paralleli. Al nucleo delle anticlinali, si trova sempre il « *Complesso indifferenziato* » che rivela, nelle zone dove affiora, un carattere diapirico più o meno accentuato che, secondo ELTER (1956), sarebbe dovuto alla plasticità di questi terreni.

È ancora evidente in queste strutture la disarmonia tra i terreni argilloso-sabbiosi del « *Complesso indifferenziato* » e quelli conglomeratici della stessa formazione e dei depositi oligocenici.

Caratteristica è inoltre la presenza di faglie longitudinali, ubicate per lo più in corrispondenza del limite settentrionale del complesso strutturale del Monferrato, e di fratture e faglie trasversali, alle direttrici tettoniche principali mascherate in parte dalle alluvioni delle valli minori aventi il medesimo andamento (T. Grana).

Riferendosi in particolare all'area rilevata, nei dintorni di Conzano e Lu è localizzato il nucleo di una delle suddette anticlinali, a direzione NE-SW, il cui carattere diapirico, è reso particolarmente manifesto per la disposizione anormale delle formazioni affioranti lungo i fianchi di questa struttura; in essa il complesso argilloso-marnoso cretaceo-eocenico si trova a volte in contatto stratigrafico o tettonico, con i terreni oligocenici o con la formazione « *Messiniana* » a seconda delle zone. (vedi profili delle Fig. 2 e 3).

Secondo G. ELTER (1956) le forme strutturali suaccennate si sarebbero originate in un'unica fase tettonica avvenuta alla fine del Miocene superiore. Le deformazioni subite dal complesso risultano assai variabili e sarebbero dovute ai diversi coefficienti di rigidità dei vari terreni della serie pre-pliocenica.

Non si devono però escludere movimenti tettonici anteriori a questa fase tardo-miocenica. Probabilmente i fenomeni che hanno causato la caoticità del « *Complesso indifferenziato* » potrebbero aver obliterato le tracce di ripiegamento, anteriori al periodo oligocenico.

La lacuna stratigrafica in corrispondenza del Serravalliano, osservabile per esempio nella zona di Lu, testimonierebbe a favore di un'emersione prodottasi prima di tale età e protrattasi fino al « *Messiniano* ».

Non è da escludere inoltre che si siano avute delle fasi tettoniche precorritrici, con semplici sollevamenti verticali non accompagnati da deformazioni vere e proprie e con formazioni di normali strutture; l'assenza nella serie dei terreni di testimonianze di questi movimenti può essere spiegata ammettendo che la fase parossistica tardo-miocenica abbia sostanzialmente ricalcato i movimenti precedenti.

La tettonica delle più recenti formazioni plioceniche si presenta molto blanda, con pieghe a vasto raggio di curvatura, che sembrano talvolta distribuite in aree distinte fra di loro e chiaramente rispondenti ad antichi bacini di sedimentazione interdipendenti, ma facenti però parte dell'unico grande bacino mio-pliocenico Astigiano-Alessandrino, di cui questa zona rappresentava una stretta ansa settentrionale.

I sedimenti pliocenici, generalmente orizzontali, ma talvolta anche variamente inclinati, sembrano essere stati interessati da movimenti tettonici che, seppur coevi, rivelano una genesi distinta, probabilmente legata in parte alla ripresa delle dislocazioni proprie del Monferrato e in parte a movimenti molto estesi agenti su tutto il bacino terziario piemontese.

Tettonica sepolta

Per quanto riguarda la tettonica della pianura le ricerche dell'AGIP hanno messo in luce che le varie formazioni, comprese quelle plioceniche, presentano una pendenza per lo più lieve, ma costante verso sud, interrotta da alcune ondulazioni con assi orientati parallelamente alle direttrici appenniniche (B. MARTINIS, 1954). Si veda la figura ricavata dallo « *Schema strutturale della pianura padana* », pubblicato dall'AGIP in occasione del Convegno sui Giacimenti Gassiferi dell'Europa Occidentale (Milano-1957).

Al limite tra le colline del Monferrato e la pianura a settentrione è stata individuata (E. PERCONIG, 1953), con l'aiuto dei rilievi sismici e confermata da successivi sondaggi, una grande frattura (« *faglia del Monferrato* ») con direzione SSE-NNW, che ha provocato l'abbassamento della serie dei terreni padani, situati a nord. (Fig. 4)

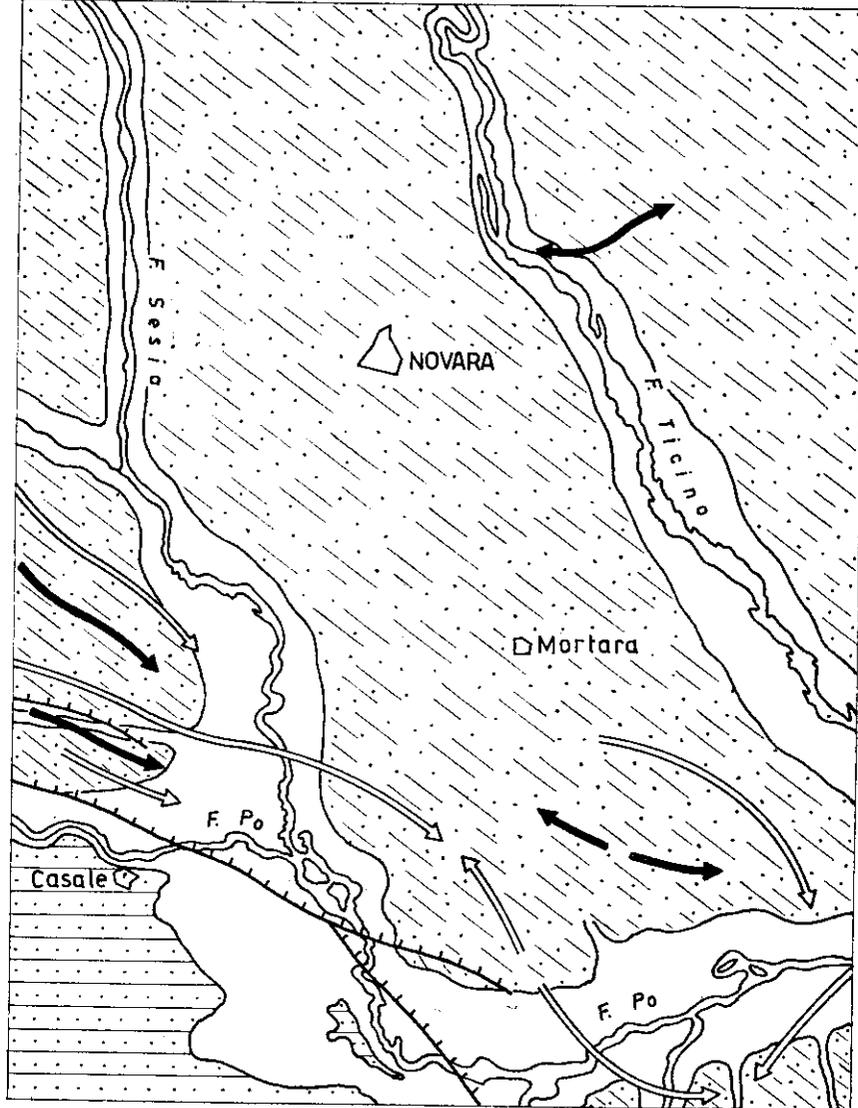


FIG. 4

Schema strutturale della pianura padana. (da "I giacimenti gassiferi dell'Europa occidentale", Acc. Naz. Lincei, Roma, 1959).

VI — MORFOLOGIA

(U. RAGNI)

Nella parte centro-settentrionale del F^o. NOVARA la morfologia è caratterizzata da lembi ristretti dell'anfiteatro morenico Cusio-Verbano (morene del Mindel e del Riss) in forma di colline appiattite o di dossi isolati. A queste zone moreniche si innestano vasti sistemi terrazzati del fluvioglaciale Mindel e, soprattutto, del fluvioglaciale-fluviale Riss in lingue allungate, relitti di una conoide che originalmente si estendeva su tutta la pianura novarese e del F^o. MORTARA. A testimonianza dell'ampiezza della conoide rissiana ne permangono numerosi brandelli, emergenti dalla piana würmiana, sia di grandi dimensioni (l'altopiano di Novara-Vespolate), sia, più frequentemente, di modeste proporzioni (F^o. MORTARA).

Di particolare interesse morfologico è il grande pianalto mindeliano che bordeggia ad oriente il F^o. NOVARA da Marzalesco a Proh. Esso, come d'altronde tutti i pianalti succitati, risulta interessato da profondi incisioni entro cui si sono successivamente incunee le alluvioni fluviali e pluviali würmiane.

Gli « altipiani » del Pleistocene antico e medio terminano per lo più con scarpate notevoli (anche 50 m) che immettono sulla pianura würmiana.

I diffusi terrazzamenti della regione si sono prodotti in 4 periodi distinti, se si prescinde da quelli, pure frequenti, dell'Olocene:

- terrazzamento dell'Interglaciale Mindel-Riss con escavazione di circa 30-40 m e successivo parziale colmamento da parte del fluvioglaciale-fluviale rissiano.
- terrazzamento dell'Interglaciale Riss-Würm con escavazione di quasi 100 m e successivo colmamento, localmente totale, da parte del fluvioglaciale-fluviale Würm.

- terrazzamento dell'interstadio Würm I^o - Würm II^o, localizzato alle valli del Ticino e dell'Olonza;
- terrazzamento dell'Interstadio Würm II^o — Würm III^o, limitato anche esso alle succitate depressioni vallive.

Nel settore centro-settentrionale del F.^o NOVARA va segnalata la presenza di un ampio meandro incassato del fiume Ticino, la cui azione erosiva, ancora attuale, ha permesso la completa erosione ed asportazione delle alluvioni würmiane ed il raggiungimento delle argille e torbe villafranchiane.

La grande pianura würmiana, formata dalla complessa giunzione delle conoidi che si dipartono dagli anfiteatri morenici di Ivrea, del Cusio, del Verbano e del Ceresio, costituisce buona parte dei fogli NOVARA e MORTARA. Essa è attraversata da grossi corsi d'acqua quali il Ticino, la Sesia, il Po, il Tanaro e lo Scrivia che l'hanno incisa, talora assai profondamente, nel corso dell'Olocene. Dallo sviluppo dei vari terreni olocenici si intravede la progressiva importanza del fenomeno erosivo su quello di accumulo dalla fine del Pleistocene ad oggi.

A sud di Casale Monferrato e di Occimiano, e da qui in sponda destra del Po fino alla confluenza del Tanaro, iniziano le colline terziarie del basso Monferrato con un aspetto morfologico di tipo « appenninico ».

VII — GEOLOGIA APPLICATA

Questa regione, dal punto di vista delle risorse del suolo, trae di gran lunga i maggiori vantaggi dallo sfruttamento delle argille, sia terziarie che quaternarie, utilizzate nelle fornaci di laterizi; numerose sono inoltre le cave di ghiaia e sabbia per usi edilizi. Le cave di gesso, minerale un tempo molto sfruttato per la produzione del cemento, sono ora quasi del tutto abbandonate. La materia prima dell'industria cementiera viene ora ricavata dai livelli calcareo-marnosi della serie terziaria.

1) *Cave e miniere*

(Gp. BRAGA e U. RAGNI)

Sparsa un pò dovunque si rinvengono piccole cave di sabbia e ghiaia, per lo più di importanza locale.

Nel foglio MORTARA è aperta la più grande cava di sabbia della regione padana. Essa si trova presso il ponte di Vigevano, a ridosso della scarpata del F. Ticino e sfrutta ottime sabbie essenzialmente fluviali (fl^R).

Degne di nota sono ancora le cave di Cambio Nuova, di Ticineto e quella situata nei pressi di Candia Lomellina, dove vengono estratti apprezzabili quantitativi di sabbie e ghiaie.

In linea di massima si può dire che la maggior parte dei materiali sabbiosi e ghiaiosi viene estratta dalle alluvioni attuali e recenti dei fiumi Po e Sesia; le sabbie di quest'ultimo fiume sono considerate di gran lunga le migliori. Si citano a tal proposito gli impianti di escavazione in località S. Lazzaro (ENE di Casale Monferrato), in località Grana, all'Isolone (NNE di Valenza) ecc.

Grandi quantitativi di materiale argilloso per l'industria dei laterizi vengono asportati dalle cave aperte nei pressi della « Fabbrica », ad ovest di Occimiano, ed a SE di S. Germano (Casale Monferrato).

In queste cave vengono normalmente sfruttate le argille « piacentiane » e la coltre superficiale argillosa e limosa del fluviale-Mindel.

Un notevole accentramento di cave d'argilla si nota nella zona di Casè Gerola, dove vengono coltivate le componenti argillose delle alluvioni antiche.

Un'attività che si va spegnendo, assieme alla industria estrattiva dei gessi da cemento, è quella dello sfruttamento della « Pietra da cantoni ». Con questa roccia molto porosa e morbida i cavaatori locali squadrano dei parallelepipedi lunghi circa mezzo metro che vengono utilizzati in edilizia, come solidi ed eleganti materiali da costruzione.

In molti casi però, a seconda dei luoghi dove è messa in opera, questo tipo di roccia è soggetta a profonde alterazioni dovute agli agenti atmosferici ed al facile sfaldamento con grave danno per gli edifici costruiti.

Nell'area compresa entro il F^o. NOVARA l'attività estrattiva è per lo più legata allo sfruttamento dei livelli ghiaiosi e sabbiosi, che costituiscono, quasi per intero, i potenti e vastissimi depositi alluvionali würmiani. Le cave sono sparse un pò ovunque entro la formazione del Würm, anche se le maggiori concentrazioni estrattive sono distribuite lungo le più dirupate scarpate dei terrazzi morfologici in considerazione, ovviamente, della maggior facilità di escavazione e di avanzamento e, quindi, del minor costo di estrazione dei materiali. Tra le maggiori cave della regione ricordiamo le « Cave del Ticino » (a E di Oleggio), quella di Tornavento, di Turbigio, le numerosissime cave lungo il Naviglio Grande (Malvaglio, C.na Fiori, C.na Biglia, Rubone, Bernate Ticino, ecc.) favorite dal basso costo del trasporto fluviale a mezzo di chiatte verso il ricco mercato del Milanese, e quelle lungo il Naviglio Langosco e Sforzesco. Le sabbie e le ghiaie estratte in questa « fascia ticinese » risultano fra le più richieste dall'industria edilizia in virtù dell'alta percentuale di quarzo contenuta. Ciò si spiega considerando che i materiali derivano dalla disgregazione di rocce provenienti unicamente dalla regione Verbano-Ossola, costituita prettamente da rocce cristalline in genere fortemente quarzifere.

Nella zona degli altipiani rissiani e, soprattutto, mindeliani esistono varie fornaci che sfruttano il paleosuolo argillificato rosso (« ferretto ») per la fabbricazione di laterizi (mattoni, tegole, ecc.). Tra le principali si segnalano quelle di Oleggio, di Mezzomerico, di Forno, di Codemonte, di Novara (Fornace Arborio), di Baraggiola e la Fornace di Solarolo a nord di Proh.

2 — *Sorgenti e Risorgive* (U. RAGNI)

La pianura novarese ed in parte quella del F^o. MORTARA sono interessate da una vasta zona dei fontanili i cui contorni sono stati evidenziati con opportuna simboleggiatura sui fogli geologici. Il limite settentrionale decorre, come si è detto, all'incirca lungo la fascia di transizione tra il fluvio-glaciale ed il fluviale Würm, caratterizzata da una brusca variazione granulometrica nei materiali alluvionali componenti. Il continuo abbassarsi del livello freatico, per lo più in conseguenza del forte emungimento a scopi agricoli, ha determinato in questi ultimi anni sensibili decrementi nella portata di ogni singolo fontanile, al punto che, localmente, alcuni fra essi sussistono soltanto nei loro aspetti morfologici mentre da un punto di vista idrologico debbono essere considerati estinti.

Numerosissime sono, inoltre, le risorgive legate alle pianure alluvionali dell'Olocene antico, lungo i principali corsi d'acqua compresi nei due fogli in questione. Naturalmente, essendo il loro regime idrologico immediatamente connesso ai regimi fluviali, esse presentano sensibili variazioni stagionali di portata, con massimi e minimi legati alle fasi di piena e di magra.

3 — *Idrologia di superficie e del sottosuolo.* (U. RAGNI)

Le precipitazioni medie annuali variano dai 700 ai 950 mm e sono caratteristiche della cosiddetta « zona di pianura », da cui, tuttavia, sembra escluso l'estremo lembo meridionale del F^o. MORTARA dove le condizioni pluviometriche e, di conseguenza, idrografiche assumono un carattere più « appenninico ». Le precipitazioni presentano punte massime nei mesi autunnali (Novembre) e primaverili, condizionando così i regimi fluviali, specie quelli del Tanaro e della Scrivia che rappresentano i fiumi appenninici della regione. Al contrario, i corsi d'acqua alpini, ovvero il Ticino, la Sesia

ed il Po, mantengono un regime più regolare, portate sempre cospicue e presentano fasi di piena, coincidenti con il periodo di massimo scioglimento delle nevi (Maggio-Giugno) nei loro estesi ed alti bacini di alimentazione.

Tutta l'area studiata, ed in particolare quella del F^o. NOVARA, è solcata da imponenti opere di canalizzazione, utilizzate precipuamente a scopo irriguo, ma, talora, anche come vie di comunicazione di primaria importanza, come ad esempio il Naviglio Grande che dall'alto Ticino si spinge fino a Milano.

La presenza di grossi corsi d'acqua, tutti caratterizzati da notevoli portate, oltre alle ottime condizioni di permeabilità della maggior parte dei depositi alluvionali quaternari, spiegano la straordinaria ricchezza in falde profonde della pianura würmiana ed olocenica compresa nei due fogli rilevati. Le diverse centinaia di pozzi perforati assicurano ai centri abitati, nonché ai numerosi complessi industriali, copioso approvvigionamento idrico. Purtroppo da molto tempo è stato abbandonato lo studio e l'aggiornamento della geoidrologia dei pozzi profondi, iniziato dal SACCO (1911, 1912) e dallo STELLA (1896) e proseguito, limitatamente alla zona lombarda, da DESIO e VILLA (1960). Da ciò l'impossibilità di controllare i notevoli mutamenti nella situazione delle falde acquifere profonde, causati dal sempre più forte emungimento e dal numero sempre crescente delle opere di captazione.

A partire dalla falda freatica, oggi fortemente inquinata dai liquami domestici ed industriali e quindi non più utilizzata, vengono generalmente sfruttate le falde comprese tra i 60 ed i 100 m e, localmente (Gallarate, Busto Arsizio, Legnano), quelle, assai pingui, comprese tra i 150 ed i 200 m, sostenute dal basamento argilloso del Pliocene inferiore.

Data di presentazione del manoscritto: febbraio 1969.

Ultime bozze restituite il: 14 ottobre 1969.

VIII — BIBLIOGRAFIA

- ASCOLI P. (1958), *Studio micropaleontologico preliminare sulla posizione stratigrafica della cosiddetta « Pietra da Cantoni » nel Tortonese.* « Boll. Soc. Geol. It. », 37, n. 1.
- BEATRIZZIOTTI G., BONI A. & VANOSSI M. (1964), *Sulla posizione stratigrafica delle septarie nell'estremo nord-occidentale dell'Appennino e nelle colline di Casale.* « Atti Ist. Geol. Univ. Pavia », 15.
- BONI A. & CAPEZZA B. (1950), *Osservazioni litologiche e stratigrafiche sulla formazione miocenica di Mombisaggio (Tortona).* « Atti Ist. Geol. Univ. Pavia », 4.
- BONI A., BRAGA G. & VANOSSI M. (1961), *Guida alle escursioni della « 61^a Adunanza estiva della Società Geologica Italiana ».* Pavia.
- BONI A. & SACCHI VIALLI G. (1962), *Studi biostratigrafici sui Pettinidi di località Neogeniche e Quaternarie dell'Italia nord-occidentale.* « Atti Ist. Geol. Univ. Pavia », 13.
- CORTI B. (1893), *Sul deposito villafranchiano di Castelnuovo presso Somma Lombarda.* « Rend. R. Ist. Lomb. Sc. Lett. », 26, n. 17.
- CORTI B. (1895), *Di alcuni depositi quaternari di Lombardia.* « Atti Soc. It. Sc. Nat. », 35.
- CORTI B. (1896), *Sul deposito villafranchiano di Fossano in Piemonte.* « Rend. R. Ist. Lomb. Sc. Lett. », 29, n. 3.
- DE ALESSANDRI G. (1897), *La pietra da Cantoni di Rosignano e Vignale (Basso Monferrato).* « Mem. Mus. Civ. Sc. Nat. Milano », 6.
- D'ERASMO G. (1924), *Ittioliti miocenici di Rosignano Piemonte e Vignale.* « Mem. per Descr. Carta Geol. Ital. », 9.
- DESIO A. & VILLA F. (1960), *Stratigrafie dei pozzi per acqua della Pianura Padana. 1 — Lombardia.* « Istituto di Geologia Univ. Milano ».
- DROOGER C. W. & SOCIN C. (1959), *Miocene foraminifera from Rosignano, northern Italy.* « Micropaleont. », 5, n. 4.
- ELTER G. (1956), *Osservazioni sulla tettonica del Monferrato orientale.* « Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova », 20.
- ELTER G. (1960), *Osservazioni preliminari sull'età dei terreni preoligocenici del Monferrato.* « Rend. Acc. Naz. Lincei », 29, s. 8, n. 6.
- GABERT P. (1962), *Les plaines occidentales du Pô et leurs piedmonts.* Impr. Louis Jean, Gap.

- GIRELLI M. (1960), *Microfauna langhiana nella « Pietra da Cantoni » di Moletto (Monferrato orientale)*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », 79, n. 1.
- GIRELLI M. & PIZZOCHERO M. L. (1960), *La serie medio-miocenica di Pomaro Monferrato*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », 79, n. 3.
- HEIDE (van der) S. (1943), *Contribution à l'étude géologique des collines de Monferrato (Italie)*. « Leid. Geol. Med. », 13, Leiden.
- LOVARI D. (1912), *Descrizione dei giacimenti calcareo marnosi delle colline di Casale M. ed alcuni cenni sulla loro utilizzazione per la produzione della calce idraulica e del cemento*. « Min. Agr. Ind. Comm., Isp. Min. », Roma.
- MARTINIS B. (1949), *Introduzione allo studio del Villafranchiano della valle padana*. « Riv. It. Paleont. Strat. », n. 2.
- MARTINIS B. (1954), *Ricerche stratigrafiche e micropaleontologiche sul Pliocene piemontese*. « Riv. It. Paleont. », n. 2-3.
- MONTRASIO A., PREMOLI SILVA I. & RAGNI U. (1968), *Osservazioni geologico-stratigrafiche sulla regione compresa tra Casale Monferrato, Vignale, Alfiano Natta e Gabiano*. « Boll. Soc. Geol. It. », 87, n. 4.
- MORTILLET (De) G. (1861), *Carte des anciens glaciers du versant italien des Alpes*. « Atti Soc. It. Sc. Nat. », 3.
- NANGERONI G. (1929-30), *Rilevamento geologico del territorio della Prov. di Varese*. « R. Ist. Tecn. Varese ».
- NANGERONI G. (1932), *Carta geologico-geognostica della Prov. di Varese*. « R. Ist. Tecn. Varese ».
- NANGERONI G. (1950), *Il significato geologico delle sabbie-ghiaie terrazzate nella media valle dell'Oloni*. « Boll. Soc. Geol. It. », 69.
- NANGERONI G. (1953), *I criteri seguiti nella distinzione delle diverse glaciazioni nell'anfiteatro morenico del Verbano-Ceresio*. « IV Congr. Assoc. Intern. Etud. Quatern. » Roma-Pisa.
- NANGERONI G. (1953b), *La Formazione Günz nel territorio Varesino-Verbano*. « Geologica Bavaria », 19, Monaco.
- NANGERONI G. (1954a), *Probabili tracce di morene würmiane stadiali negli anfiteatri del Verbano e del Ceresio*. Tip. A. Noseda, Como.
- NANGERONI G. (1954b), *I terreni pleistocenici dell'anfiteatro morenico del Verbano e del territorio varesino*. « Atti Soc. It. Sc. Nat. », 93, n. 1.
- NANGERONI G. (1958), *Osservazioni su alcuni pozzi trivellati ad oriente di Varese*. « Atti Soc. It. Sc. Nat. », 97, n. 1.
- NOVARESE V. (1927), *Gli apparati morenici würmiani del Lago Maggiore e del Lago d'Orta*. « Boll. R. Uff. Geol. It. », 52, n. 8.
- OMBONI G. (1859-60), *Sul terreno erratico della Lombardia*. « Atti Soc. It. Sc. Nat. », 2.
- OMBONI G. (1861), *I ghiacciai e il terreno erratico di Lombardia*. « Atti Soc. It. Sc. Nat. », 3.
- PARONA C. F. (1928), *Il Pliocene marino nel sottosuolo della pianura presso Novara*. « Atti R. Acc. Sc. Torino », 63.
- PENCK A. & BRÜCKNER E. (1909), *Die Alpen im Eiszeitalter*. Leipzig.
- PERCONIG E. (1953), *Il Quaternario nella pianura padana*. « Atti IV Congr. Internaz. », INQUA. Roma-Pisa.
- PREVER P. L. (1909), *Le formazioni ad Orbitoidi di Rosignano Piemonte e dintorni*. « Boll. Soc. Geol. It. », 28.
- REPOSSI E. (1928), *Osservazioni mineralogiche sopra alcune sabbie del sottosuolo della pianura presso Novara*. « Atti R. Acc. Sc. Torino », 63.
- SACCO F. (1889), *Il bacino terziario e quaternario del Piemonte*. Tip. Bernardoni, Milano.
- SACCO F. (1892), *L'Anfiteatro morenico del Lago Maggiore*. « Ann. R. Acc. Agric. », Torino, 35.
- SACCO F. (1898), *I materiali da costruzione delle Colline di Torino-Casale-Valenza*. Tip. P. Gerbone, Torino.
- SACCO F. (1911), *Geidrologia dei pozzi profondi della Valle Padana, I*. « Ann. R. Acc. Agric. », Torino, 54.
- SACCO F. (1912), *Geidrologia dei pozzi profondi della Valle Padana II*. « Ann. R. Acc. Agric. », Torino, 55.
- SACCO F. (1935), *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Fogli Torino-Vercelli-Mortara-Carmagnola-Asti- ecc.* Roma.
- SALMOIRAGHI F. (1908), *Su alcuni terrazzi alluvionali di Vizzola Ticino e Castelnovate in provincia di Milano*. « Atti Soc. It. Sc. Nat. », 47.
- STELLA A. (1895), *Sui terreni quaternari della valle del Po in rapporto alla Carta Geologica d'Italia*. « Boll. R. Com. Geol. It. », 26.
- STELLA A. (1896), *Sulla idrografia sotterranea della Pianura del Po*. « Boll. Soc. Geol. It. », 11, n. 4.
- TARAMELLI T. (1877), *Alcune considerazioni sul Ferretto della Brianza*. « Atti Soc. It. Sc. Nat. », 19, n. 2.
- TARAMELLI T. (1903), *I tre laghi. Studio geologico-orografico*. Tip. Artaria, Milano.
- UGOLINI F. & OROMBELLI G. (1968), *Notizie preliminari sulle caratteristiche pedologiche dei depositi glaciali e fluvio-glaciali fra l'Adda e l'Oloni in Lombardia*. « Rend. Ist. Lomb. Sc. Lett. » (in corso di stampa).
- VENZO S. (1945), *Rilevamento geomorfologico della Val Cavallina, a sud del Lago di Endine, con particolare riguardo al Glaciale*. « Atti Soc. It. Sc. Nat. », 84.
- VENZO S. (1948), *Rilevamento geomorfologico dell'apparato morenico dell'Adda di Lecco*. « Atti Soc. It. Sc. Nat. », 87.