

Lineamenti geologici della Val di Susa lungo il tracciato del progetto TAV Torino-Lione

MARCO GATTIGLIO (*) & ROSALINO SACCHI (**)

RIASSUNTO

Vengono tratteggiati i lineamenti geologici della Val di Susa in corrispondenza del progettato, nuovo collegamento ferroviario transalpino. Particolare attenzione è dedicata alle formazioni contenenti granitoidi (indiziati di contenere elementi radioattivi potenzialmente nocivi) e serpentine amiantifere. Valutazioni quantitative preliminari inducono a non ritenere che le operazioni di scavo possano indurre un rischio sanitario apportando variazioni significative alla situazione attuale.

TERMINI CHIAVE: *Val di Susa, TAV, uranio, amianto, rischio geologico.*

ABSTRACT

Geological outline of the Susa Valley in connection with the project of a new, Turin to Lyon, High-Speed-Railway.

The geology of the middle and lower Susa Valley (Western Alps, Italy) is briefly described in connection with the project of a new, high-speed railway connection across the Alps. Special attention is devoted to the rocks bearing uranium (as a source of radiation) or fibrous minerals (asbestos) and some figures are given in an attempt to go beyond vagueness.

KEY WORDS: *Susa Valley, uranium, asbestos, High-Speed-Railway, geological hazards.*

La presente nota si propone di delineare l'assetto geologico dell'area interessata al progetto TAV Torino-Lione, senza perdere di vista il tema, assai specifico, del convegno «Amianto e uranio in Val di Susa» svoltosi a Roma il 27 gennaio 2006. La bibliografia geologica della Val di Susa è ormai molto ricca e vi hanno contribuito gli autori stessi della presente nota. Qui non si vuole quindi presentare un ennesimo «Contributo alla Geologia della Val di Susa», ma solo promuovere il corretto inquadramento ed una migliore comprensione di una problematica specifica: per questo motivo, la nota non poteva che risultare di mole contenuta. Anche i riferimenti bibliografici sono stati tenuti al minimo. Per approfondimenti si rimanda alle Note Illustrative del Foglio Susa alla scala 1:50.000, coordinate da CARRARO (1999) ed alla recente monografia di SACCHI *et alii* (2004).

L'area in oggetto, il versante sinistro della medio-bassa Val di Susa, vede succedersi, a partire dall'interno della

catena, le rocce di origine mantellica del «Massiccio di Lanzo» affioranti al Monte Musiné, e, oltrepassata una importante discontinuità tettonica, varie unità pennidiche, in particolare due unità di margine continentale, l'Unità Dora-Maira e l'Unità Ambin, ed una sequenza ofiolitifera sovrascorsa (Zona Piemontese), foggiate in ampia antiforma immergente verso nord.

IL MASSICCIO DI LANZO

Costituito da un corpo di peridotite massiccia nella varietà lherzolite (il più esteso corpo di rocce mantelliche delle Alpi Occidentali), si stende su 250 kmq tra i torrenti Stura di Ala e Dora Riparia. Solidificato ad una temperatura sui 1200°C ed a una profondità dell'ordine di 100 km, contiene filoni di gabbro prodottisi per fusioni da decompressione in fase di esumazione, ben visibili nella Valle Stura di Viù. Piccoli *pods* dunitici sono presenti in Val di Susa presso il Castello di Camerletto. Alla sua terminazione meridionale forma il Monte Musiné, del quale il progetto TAV prevede l'attraversamento in galleria. Il corpo lherzolite è fasciato da un carapace di serpentinoscisti che si estende prevalentemente nel suo settore settentrionale, mentre una trasformazione serpentinitica si rileva anche lungo due faglie ad andamento NW, che segmentano il Massiccio, una a Valdellatorre ed una più a settentrione. Si tratta essenzialmente di serpentine ad antigorite (COMPAGNONI *et alii*, 2003), nelle quali minerali fibrosi (prevalentemente tremolite) si sviluppano in corrispondenza di giunti, sia di taglio che di tensione, di solito su spessore millimetrico. Si sviluppano anche lungo localizzate zone di taglio. È da notare che la trasformazione in antigorite non toglie alla peridotite il suo carattere massiccio, così che l'entità della trasformazione è difficile da riconoscere senza l'osservazione microscopica.

La localizzazione del Massiccio al margine della pianura rende difficile «leggere» la sua pertinenza, che in effetti è sempre stata controversa. Verso est e verso sud, il Massiccio sparisce sotto i depositi della pianura padana e sotto i depositi morenici dell'anfiteatro di Rivoli-Avigliana. Verso ovest è in contatto tettonico con l'adiacente Zona Pennidica. Non è chiara, infine, neppure la natura della terminazione settentrionale in Valle Stura d'Ala, col passaggio alle rocce della Zona Sesia-Lanzo.

La posizione, paragonabile a quella di minori corpi ultramafici esposti verso la base della Zona Ivrea-Verbano tra Canavese e Val d'Ossola (Baldissero, Monte Marca, Balmuccia, Campiello Monti...), ha alimentato l'ipotesi Ivrea-Verbano, e cioè quella di un mantello sottocontinentale. Secondo un'ipotesi che recentemente ha trovato

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Torino, Via Valperga Caluso 35, 10125 Torino, Italia, marco.gattiglio@unito.it

(**) Ex Docente visitatore, Dipartimento di Scienze Mineralogiche e Petrologiche, Università degli Studi di Torino.

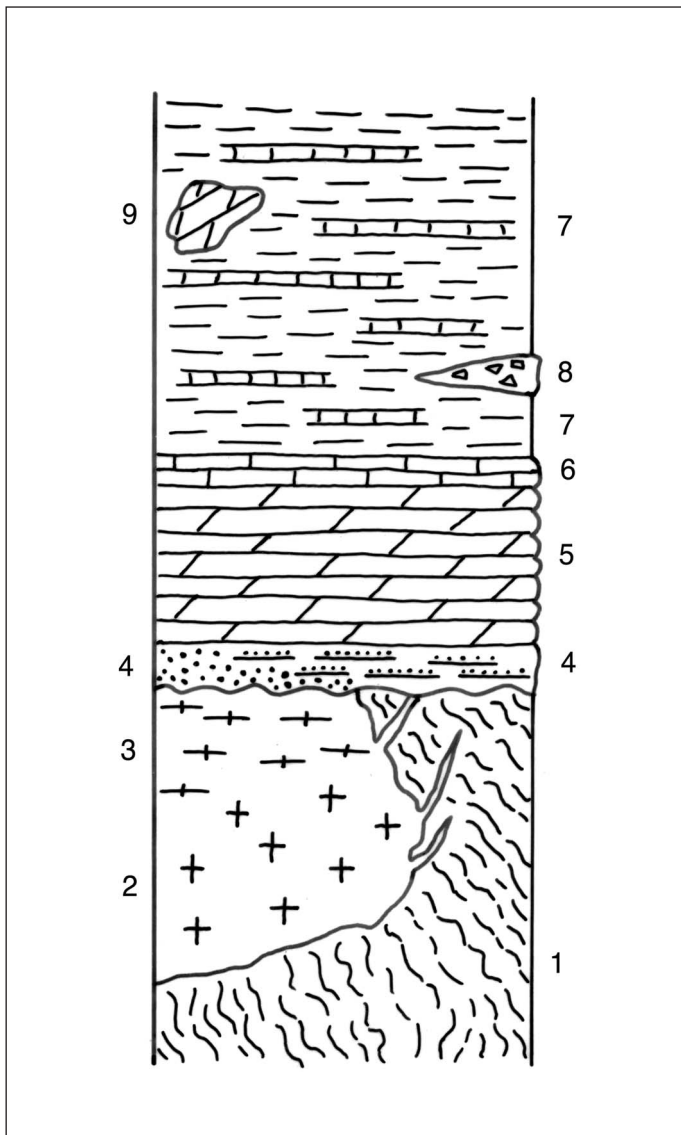


Fig. 1 - Schema della successione stratigrafica dell'Unità Dora Maira (non in scala). 1) Micascisti a granato e cloritoide; 2) «Granito di Borgone»; 3) gneiss «tipo Pietra di Luserna»; 4) micascisti, calcemicascisti e quarziti; 5) metadolomie e marmi dolomitici; 6) marmi grigio-azzurri; 7) calcescisti carbonatici; 8) breccie intraformazionali; 9) olistoliti?

- Stratigraphic sequence and field relationships of the Dora Maira Unit (diagrammatic, not to scale). 1) garnet-chloritoid micaschists; 2) «Borgone metagranite»; 3) «Pietra di Luserna» gneiss; 4) micaschists, calcemicaschists and quartzites; 5) dolomitic marbles and meta-dolomite; 6) grey-blue marbles; 7) Carbonate-rich schists; 8) intra-formation breccias; 9) olistolith?

forte supporto geochimico-petrologico (PICCARDO *et alii*, 2004), il corpo ultramafico potrebbe essersi originato per fusioni di un mantello litosferico nella fase (giurassica) di distensione dalla quale prese origine la Tetide Ligure, il che imparenterebbe queste rocce con quelle di suite ofiolitica della adiacente Zona Piemontese.

UNITÀ DORA-MAIRA

Comprende varie unità tettoniche delle quali, nel settore della Val di Susa interessato dal progetto TAV, è pre-

sente solo la più alta, generalmente considerata alloctona in letteratura. Nessuna delle sue rocce è esente alla trasformazione metamorfica di età alpina (un carattere proprio della Zona Pennidica nella sua interità). La sequenza ha alla sua base dei micascisti a granato e cloritoide di presunta età pre-ercinica, ai quali si associano rocce granitiche tardo-paleozoiche (BUSSY & CADOPPI, 1996) con vario grado di trasformazione. Nel versante sinistro della Valle, sono rappresentati due principali tipi di granitoidi. 1) Lo gneiss tipo «Pietra di Luserna» così chiamato per l'affinità con una roccia affiorante in Val Chisone, ampiamente utilizzata in edilizia per la sua fissilità e facile lavorabilità, è uno gneiss fengitico micro-occhiadino, leucocratico, con *fabric* fortemente orientato, fino a pseudo-stratificato. Il protolito è probabilmente granitico (anche se non manca chi pensa ad un'origine vulcano-detritica). 2) Il «Granito di Borgone», peralluminoso, a grana grossa, ricco di caratteri magmatici ben preservati, affiora estesamente in sinistra orografica, ed è presente anche in destra, dove forma un corpo minore presso Vaie (CADOPPI, 1990). Un'età tardo-varisica è presumibile in base ai rapporti di intrusione con i micascisti di presunta età pre-ercinica. Altri litotipi che si associano ai due appena citati (in particolare allo gneiss «tipo Luserna»), sono un leucogneiss a tormalina e i peculiari micascisti a fengite verde (ferrifera), anche essi di genesi controversa, noti come «Micascisti Argentei» (VIALON, 1966). Filoni aplitici metrico-decametrici sono variamente diffusi entro i micascisti incassanti (fig. 1). Su questo substrato è presente una copertura inizialmente silicoclastica di probabile età Permo-Trias, e successivamente carbonatica riferibile al Mesozoico. I depositi silicoclastici, di spessore modesto e con importanti variazioni laterali, sono costituiti da micascisti più o meno quarzosi in alternanza con calcemicascisti e livelli di quarzite che localmente possono essere predominanti. Discontinui corpi lenticolari di scisti verdi possono rappresentare *boudins* di originari filoni basici.

Nella copertura carbonatica mesozoica sono state distinte due diverse sequenze da TALLONE (1988, 1990) e CADOPPI & TALLONE (1992). In quella classica («tipo Mollaras»), al di sopra delle meta-areniti di età triassica sono presenti discontinui lembi di metadolomie color ocra all'alterazione e una potente successione di tipiche metadolomie grigie e marmi dolomitici bianchi triassico-giurassici. Seguono marmi grigio-azzurri con probabili resti fossili riferiti al Giurese Superiore (MARTHALER *et alii*, 1986) e una potente successione di calcescisti arenacei del Giurese-Cretaceo superiore, con intercalati livelli di breccie intraformazionali e probabili olistoliti ettometrici. L'altra sequenza, conosciuta come successione «tipo Pavaglione», più ridotta, scollata, comprende marmi a silicati, quarziti a cianite, marmi e calcescisti (TALLONE, *cit.*; CADOPPI & TALLONE, 1992).

UNITÀ AMBIN

Rispetto all'Unità Dora-Maira, è considerata strutturalmente più bassa, anche se di fatto le è accostata, all'attuale livello di erosione, ed anzi, raggiunge quote altimetriche più elevate nella cresta di confine italo-francese. Come l'Unità Dora Maira (e come tutte le unità della Zona Pennidica), è costituita da un substrato Paleozoico e da una copertura post-permiana. L'insieme ha un assetto duomiforme, grazie al quale anche la copertura, sporadi-

camente affiorante al margine del duomo, è intercettata dal tunnel in progetto.

L'Unità Ambin è costituita da uno zoccolo paleozoico composto di due sub-unità, delle quali quella tettonicamente più bassa, costituita da paraderivati (Serie di Clarea), è dominante e forma l'ossatura delle catene in questo settore, mentre l'altra (Serie di Ambin), prevalentemente costituita da ortoderivati (meta-granofiri, meta-vulcaniti) e subordinati paraderivati (rari meta-conglomerati e micascisti), forma un «guscio» di uno spessore dell'ordine del chilometro. Sono inoltre presenti ridotte e discontinue coperture carbonatiche mesozoiche (fig. 2).

La Serie di Clarea è costituita da micascisti a glaucofane e cloritoide, micascisti a granato e albite, metabasiti anfibolitiche in corpi lenticolari, retrocesse a prasinita. Questa serie viene generalmente considerata polimeta-morfica: vi sono stati riconosciuti più eventi metamorfici prealpini di cui il più pervasivo, si sviluppa in facies anfibolitica, incompatibile quindi con le tipiche facies alpine di HP-LT (BORCHI *et alii*, 1999). Conferma viene dalle datazioni radiometriche che su biotite hanno ottenuto 340-360 Ma (MONIÉ, 1990). L'*overprinting* alpino è disomogeneo: da ubiquitario nelle porzioni corticali, diventa progressivamente meno intenso nelle parti strutturalmente più profonde dove la scistosità prealpina è ancora discretamente preservata.

La Serie di Ambin comprende, nella sua parte inferiore, vari litotipi di *suite* granitica, dei quali quelli intercettati dal tunnel sono gneiss albitico-cloritici e gneiss «aplitici» (metagranofiri, meta-rioliti): rocce di facies scisti verdi, con associazioni alpine precoci HP-LT localmente preservate (presenza di rara giadeite; CALLEGARI *et alii*, 1980). La parte superiore della Serie di Ambin è costituita da paraderivati in contatto stratigrafico con le sottostanti rocce magmatiche tramite un livello discontinuo di quarziti. I paraderivati sono principalmente costituiti da micascisti quarzosi a glaucofane e cloritoide che verso l'alto si arricchiscono in fillosilicati con sporadiche intercalazioni di scisti carbonatici e marmi fillitici. Al contatto con la sottostante Serie di Clarea, bene esposto in Val Clarea, un orizzonte detritico grossolano è stato generalmente interpretato come un conglomerato basale, anche se un'origine tettonica non è da escludere, data la locale coincidenza della discontinuità stratigrafica con un piano di taglio. Questo problema è legato a quello dell'età dei due complessi. Tradizionalmente, la Serie di Ambin era riferita al Paleozoico superiore, e quella di Clarea a un Paleozoico più antico. Recenti datazioni radiometriche (BERTRAND *et alii*, 2000) hanno invecchiato di molto la Serie di Ambin (500 Ma per il protolite magmatico degli gneiss «aplitici»), obbligando a riconsiderare natura ed origine dell'assetto di insieme del Massiccio. Il problema è aperto, e non si presta ad essere trattato qui, data la dimensione che ci siamo proposti per la presente nota.

Le rocce della Serie di Ambin sono state prospettate per uranio negli anni '50 (Società Somirem), '60 (CNRN), e '70 Agip Mineraria. Alle prime prospezioni risale un cunicolo di assaggio presso Venaus, spesso erroneamente citato come miniera. Non sono state trovate concentrazioni di interesse economico, per cui la prospezione è stata abbandonata. Sull'argomento torneremo in chiusura della nota.

Esiste infine una copertura mesozoica, della quale si prevede l'attraversamento su uno spessore (circa 500 m) esagerato dalla tettonica. Descritta da SACCHI *et alii*

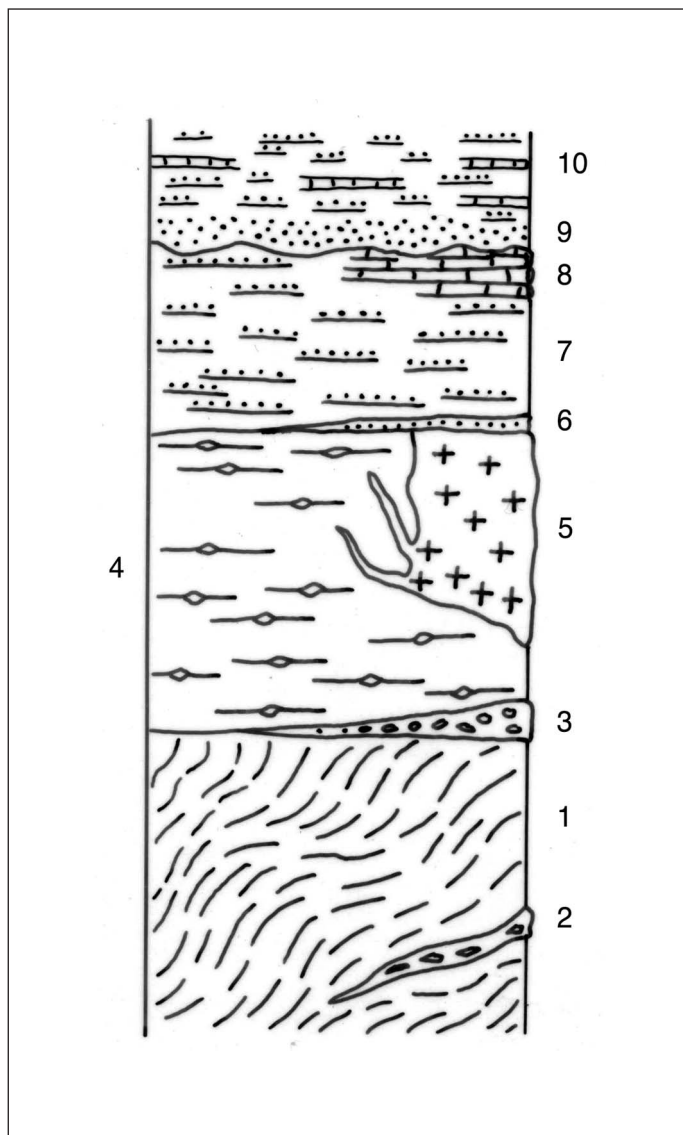


Fig. 2 - Schema della successione stratigrafica dell'Unità Ambin (non in scala). Serie di Clarea: 1) micascisti a glaucofane e cloritoide; 2) metabasiti anfibolitiche; Serie di Ambin: 3) metaconglomerato?; 4) gneiss albitico-cloritici; 5) gneiss «aplitici»; 6) quarziti; 7) micascisti quarzosi; 8) scisti carbonatici e marmi fillitici; 9) quarziti triassiche; 10) micascisti e scisti carbonatici.

- Stratigraphic sequence and field relationships of the Ambin Unit (diagrammatic, not to scale). 1 to 2: Clarea Series; 3 to 10: Ambin Series. 1) glaucophane-chloritoid micascists; 2) metabasic amphibolites; 3) metaconglomerates?; 4) albitic-chlorite gneiss; 5) «aplitic» gneiss; 6) quartzites; 7) quartzitic micascists; 8) carbonate-rich schists and phyllitic marbles; 9) triassic quartzites; 10) micascists and carbonate-rich schists.

(2004) come «Micascisti e scisti carbonatici con intercalazioni di marmi a silicati e con clasti di *hard ground*», questa copertura affiora in piccoli lembi in Val Clarea, nel fianco orientale della già citata, maggiore struttura duomiforme.

ZONA PIEMONTESE

Si tratta dell'unità ofiolitifera sovrapposta tettonicamente alle unità di margine continentale, nota da poco meno di un secolo come «Calcescisti con Pietre Verdi» e

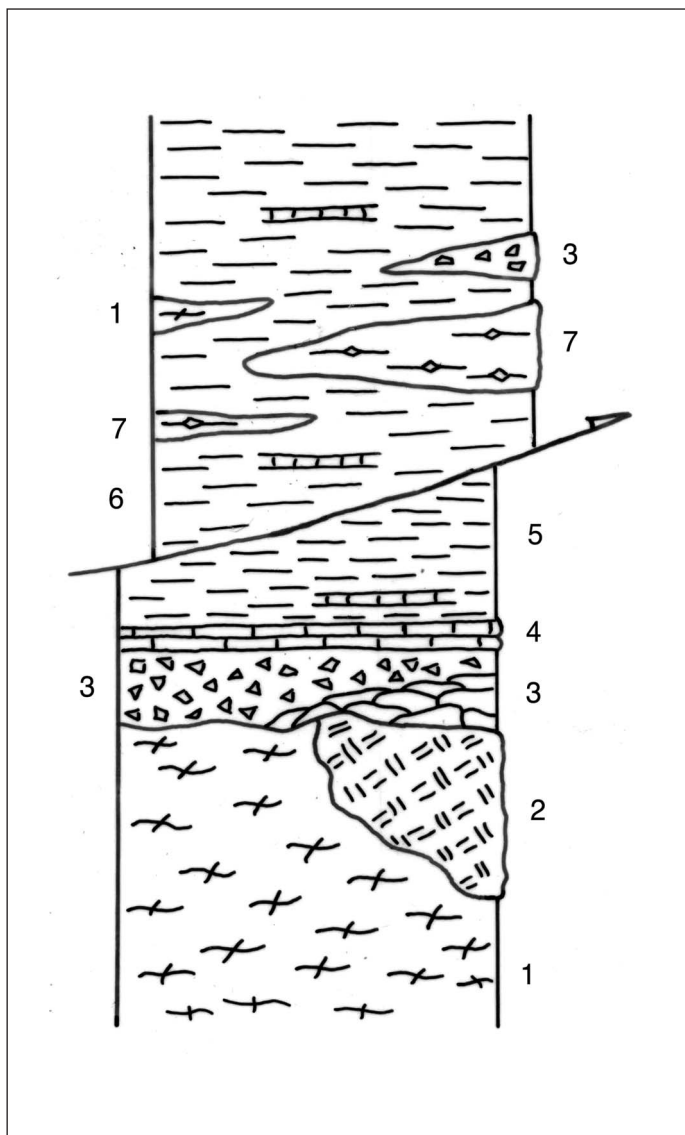


Fig. 3 - Schema della successione stratigrafica delle Unità della Zona Piemontese (non in scala). Unità oceanica; 1) peridotiti serpentinite e serpentinite; 2) metagabbri; 3) metabasalti e metabrecce vulcaniche («prasiniti»); 4) marmi fillitici; 5) calcescisti fillitici e carbonatici; Unità di Fossa; 6) Calcescisti e calcemicascisti; 7) micascisti e «Gneiss di Charbonnel»; 3) «prasiniti»; 1) serpentinite.

– Stratigraphic sequence and field relationships of the «Zona Piemontese» Units (diagrammatic, not to scale). 1 to 5: oceanic unit; 6 to 7 and left-hand-side 1 + 3: trench unit. 1) serpentinitised peridotite and serpentinites; 2) metagabbros; 3) meta-basalts and volcanic meta-breccias («prasinites»); 4) phyllitic marbles; 5) phyllitic and carbonate-rich schists; 6) calc-schists and calc-micaschists; 7) «Charbonnel gneisses» and micaschists; 3) «prasinites»; 1) serpentinites.

modernamente interpretata (CARRARO *et alii*, 2003) come costituita da una sequenza oceanica (ofioliti e sedimenti ad esse strettamente legati) tettonicamente inferiore e a contatto con l'unità continentale del Dora Maira, e da una sequenza di fossa (ofioliti subordinate fino ad assenti) tettonicamente superiore: «unità telealloctona», a sua volta suddivisa in sub-unità (fig. 3). In SACCHI *et alii* (2004) la distinzione è stata accettata, ma non è stata conservata nella carta geologica, utilizzata per la geologia di base del progetto TAV. I metasedimenti della Zona Piemontese sono rappresentati da una sequenza piuttosto monotona

di Calcescisti, nei quali, a scala regionale, si è potuto introdurre delle suddivisioni in base al grado metamorfico. Nei Calcescisti affioranti nella zona di Susa-Mompalano si intercalano livelli di micascisti albitici passanti a gneiss albitici e quarzo-micascisti («Gneiss di Charbonnel», così denominati da MICHEL, 1953) probabilmente prodotti da apporti detritici di origine continentale. La patria della Unità di Fossa, non è identificabile.

Tettonicamente sovrastante all'unità di fossa, nella parte sommitale della piramide del M. Rocciamelone, a monte di Ca' d'Asti, affiora una sub-unità (calcescisti massicci con marmi alla base), dubitativamente riferita ad un ambiente di margine continentale.

Le rocce di suite ofiolitica comprendono, come litotipi predominanti, peridotiti serpentinite e metabasiti (gneiss albitico-cloritici a actinolite ed epidoto – «prasiniti», nella letteratura regionale). Con minore frequenza si incontrano metagabbri («eufotidi» dei vecchi autori). La distinzione cartografica di queste diverse litologie è resa problematica dalla scala delle alternanze e dalla difficoltà di riconoscere la logica della distribuzione. Le prasiniti derivano da rocce basaltiche, nei quali paragenesi e *fabric* originari sono obliterati, salvo la rara sopravvivenza di strutture mesoscopiche (brecce vulcaniche e *pillows*; cf. ad esempio MASSAZZA, 1977). I metagabbri conservano invece riconoscibile la loro struttura magmatica anche in presenza di una completa trasformazione paragenetica di età alpina, che può essere sia scisti verdi, sia di alta pressione e bassa temperatura. Così come le prasiniti, non sono considerate rocce a rischio amianto. Le peridotiti serpentinite normalmente conservano il loro carattere massiccio, sviluppando minerali fibrosi (tremolite, crisotilo) su spessore millimetrico lungo giunti e su spessore maggiore lungo zone di taglio.

TETTONICA

Come già anticipato, una importante dislocazione tettonica ad andamento meridiano limita verso est il Dominio Pennidico, separandolo dal Massiccio di Lanzo costituito da rocce nelle quali, indipendentemente da qualsiasi valutazione di pertinenza, non è riconoscibile quella complessa storia di deformazione e metamorfismo, che caratterizza la Zona Pennidica. La dislocazione è nota in letteratura come Linea Viù-Locana (in realtà, si segue verso sud fino a Torre del Colle in Val di Susa).

Per quanto riguarda i rapporti tra le grandi unità pennidiche, il motivo dominante è la sovrapposizione tettonica delle Unità della Zona Piemontese su entrambe le unità di crosta continentale. In sinistra orografica della Valle di Susa, metaofioliti con subordinati metasedimenti, appartenenti alla unità oceanica, affiorano in tutto l'alto versante dominato dalla dorsale Monte Civrari-Monte Palon. Insieme alla sottostante unità Dora-Maira, sono inarcate in una struttura duomiforme immergente verso nord. Più a ovest, nel basso strutturale corrispondente alla valle del Torrente Cenischia, prevalgono i paraderivati dell'unità di fossa che ricoprono tettonicamente l'Unità Ambin. In questo assetto, il rapporto tra le due unità di crosta continentale, Ambin e Dora-Maira, peraltro privo di importanza ai fini progettuali, risulta completamente oscurato dalle unità alloctone della Zona Piemontese.

La tratta internazionale del progetto TAV, considerando la complessità geologico-strutturale, è stata oggetto di

studi particolarmente dettagliati che hanno prodotto una carta geologica alla scala 1:25.000 (basata su rilievi originali alla scala 1:10.000 con spezzoni 1:5.000) e il profilo di previsione del tracciato, allegati ad una memoria illustrativa (SACCHI *et alii*, 2004). La struttura del versante sinistro è dominata da due motivi principali. Anzitutto, una blanda antifoma con asse meridiano immerso verso settentrione, che crea una simmetria *prima facie*, per la quale l'unità ofiolitica a tetto dell'unità Dora Maira affiora sia a Condove che a Susa. Poi, una più vecchia struttura di pieghe ad asse W-E responsabile della lunga apofisi di basamento affiorante in nucleo antiformale a est del Torrente Rocciamelone. Al fine di fornire supporto all'interpolazione in profondità dei dati di superficie, studi dettagliati sono stati dedicati alle strutture mesoscopiche. L'assetto litologico del versante risulta determinato essenzialmente da un piegamento di fase relativamente tardiva, ovvero successivo a quello che ha prodotta la scistosità principale, oltreché ovviamente alle strutture prealpine e alpine-precoci, conservate sporadicamente. Parallele o sub-parallele agli assi di tali pieghe (diretti vicino a E-W), sono disposti sia *stretching*, sia lineazioni di intersezione: coassialità nota e discussa fin dai primi anni '80 del secolo scorso (SACCHI *et alii*, 1983, *cum bibl.*).

LE ROCCE AMIANTIFERE E URANIFERE

In apertura delle presente nota ci siamo impegnati di non perdere di vista il tema specifico del Convegno (amianto e uranio), così da non fornire un banale «Contributo alla geologia della Val di Susa». Veniamo dunque a considerare questo importante aspetto.

Cominciando dall'Uranio. Il comportamento geochimico di questo elemento lo porta a concentrarsi nella parte superiore della crosta terrestre, che presenta una composizione media granitica-granodioritica. La spontanea associazione tra uranio e granito è in realtà una grossa semplificazione. Il tenore *medio* di uranio nel granito, infatti, è molto basso, e occorrono circostanze geologiche particolari (idrotermalismo) per generare nella roccia stessa arricchimenti significativi, che qualche volta possono raggiungere la dignità di giacimenti. Arricchimenti importanti possono anche essere prodotti da agenti esogeni in ambiente subaereo (*placers*). Ma in Val di Susa, né *placers*, né arricchimenti primari sono noti lungo i tracciati dei tunnel progettati.

Derivati metamorfici di rocce granitiche (granitoidi) esistono in entrambe le unità crostali (Ambin e Dora-Maira). Un lavoro di COMPAGNONI *et alii* (2003) fornisce un'importante mole di dati chimici sulle rocce della Val di Susa (27 analisi prodotte con le metodologie più moderne). Ne abbiamo estratto i dati sulle rocce granitiche, raccogliendoli nella tab. n. 1. I tenori in U dei sei campioni esaminati (tre di provenienza Ambin e tre di provenienza Dora-Maira) sono quelli normali delle rocce granitiche. Ciò vale anche per i tenori riscontrati nelle altre rocce della Val di Susa. Il dato comporta un valore normale anche per il calore radiogenico, che gli stessi autori hanno in effetti calcolato (2,35 HGU per i sei campioni in tab. n. 1, contro una media sui 2,6 delle rocce granitiche). Incidentalmente, questo valore, insieme all'assenza di magmatismo terziario, lasciano prevedere un normale gradiente termico lungo il tracciato del tunnel transalpino.

TABELLA 1

Abbondanza di Th e U in granitoidi della Valle di Susa (ppm) (da: COMPAGNONI *et alii*, 2003).
– *Th and U in Susa Valley granitoids (ppm)*. Source: COMPAGNONI *et alii*, 2003.

Unità	Litotipo Coordinate	Campione	Th	U
Dora-Maira	metagranito 32TLQ611983	40-1	14	07
Dora-Maira	ortogneiss 32TLQ534983	40-3	07	02
Dora-Maira	ortogneiss 32TLQ552981	40-8	15	02
Ambin	leucogneiss 32TLR415006	GB04	12	03,5
Ambin	leucogneiss 32TLQ401986	GB06	11	03
Ambin	leucogneiss 32TLR421030	GB16	11	06,5
Valore medio della crosta (sec. DITAG)			24,6	04,1

Misure di radioattività sono state effettuate dal Dipartimento Territorio, Ambiente e Geotecnologie del Politecnico di Torino (DITAG), e ne riportiamo qui di seguito, dal rapporto 03/09/05, le conclusioni, per concessione di LTF. Sono anche state effettuate misure di radon in acqua, sulle quali riferisce un'altra relazione.

1) Misure di radioattività naturale nei magazzini delle carote (Bussoleno e Borgone): «Non sono state riscontrate anomalie sui materiali stoccati, e i materiali presenti non hanno in alcun modo alterato il fondo dell'ambiente circostante», l'aumento puntuale del quale «è dovuto ai materiali da costruzione degli edifici».

2) Misure di radioattività naturale su campioni di rocce presenti nei carotaggi (attività di ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K determinata presso il Laboratorio U-SERIES, Bologna): «Tutti i valori risultano inferiori, o al massimo di poco superiori ai valori medi riscontrati sulla crosta terrestre (che sono comunque di quasi un ordine di grandezza inferiori rispetto alla soglia di rischio)». Su questi campioni è stato anche calcolato l'indice di attività (adottato dalla C.E.) $I = C_{\text{Ra}}/300 + C_{\text{Th}}/200 + C_{\text{K}}/3000$, dove C è la concentrazione dei tre elementi espressa in Bq/kg. Il valore di $I = 1$ corrisponde a dose di 1 mSv/anno. Tutti i campioni danno $I < 1$, il che significa che tutti i materiali possono essere utilizzati come materiali da costruzione.

3) Raggi gamma in foro: due anomalie (API 400 e API 500) sono state riscontrate nel sondaggio 5 ad una quota superiore di 500 m e di 100 m rispettivamente alla quota del tunnel.

Considerando anche che la radiazione alfa ha una capacità di penetrazione molto bassa (fig. 4), i dati sopra riportati sembrano suffragare la posizione espressa dall'ente di controllo, e cioè ARPA-Piemonte (relazione conferenza stampa datata 28/11/2005): «Il rischio radiologico per la popolazione della Val di Susa legato alla presenza di mineralizzazioni radioattive è del tutto trascura-

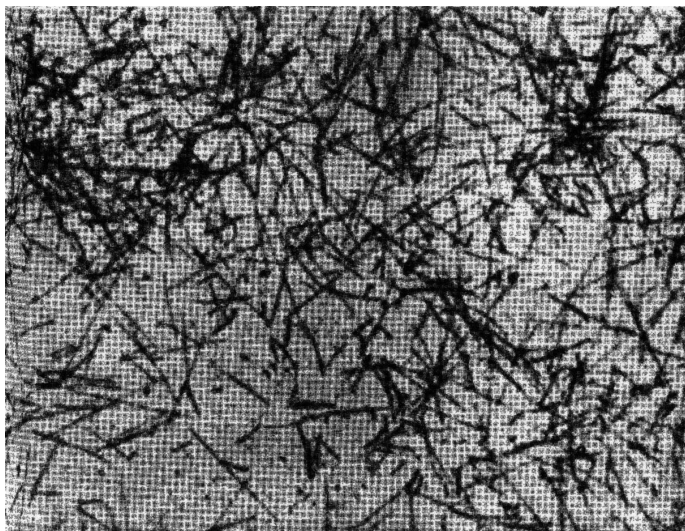


Fig. 4 - Micrografia dell'emissione alfa in corrispondenza di un minerale uranifero (ortite), realizzata con la tecnica dell'emulsione nucleare. Da FENOGLIO & RIGAULT, 1957. Come è noto, e come indica la lunghezza delle tracce, le particelle alfa hanno, nel solido, una penetrazione dell'ordine dei micron, che sale a qualche cm nell'aria. Ingrandimento circa 600 x.

– Nuclear-emulsion photomicrograph of alpha radiation yielded by a U-bearing mineral (orthite). From FENOGLIO & RIGAULT, 1957. The shortness of the tracks bear witness for low penetration of the radiation. Magnification c. 600.

bile. [...] In conclusione è difficile immaginare uno scenario nel quale le attività di scavo possano dar luogo a un significativo rischio radiologico».

Secondo BRONDI *et alii*, 2006, p. 51, gli adunamenti uraniferi nel Massiccio di Ambin «sono rappresentati da sottili livelli, variamente concordanti o discordanti rispetto alla scistosità, costituiti da letti paralleli di ossidi di uranio e di ferro, con dimensioni massime di 5 mm, con pirite, orpimento e blenda subordinati, alternati a letti costituiti da pirite ed orpimento». Pertanto secondo gli stessi autori, le lenticelle uranifere disperse nella massa dello smarino «non possono far cambiare ordine di grandezza rispetto al fondo geochimico medio di uranio della roccia scavata».

Passando all'amianto, nei tre tunnel del progetto TAV si prospetta la situazione seguente.

Tunnel transalpino (13 km entro rocce cristalline). La presenza di amianto non è prevista.

Tunnel di Bussoleno (12 km entro rocce cristalline). Studi sono stati effettuati in collaborazione da ricercatori dell'Università degli Studi di Torino (DST, Dipartimento di Scienze della Terra) e del Politecnico di Torino (DITAG) con due obiettivi principali: valutare la pericolosità del materiale per i lavoratori impegnati nello scavo e raccogliere elementi per valutare l'indice di rilascio ai fini della determinazione della modalità di smaltimento del marino. Il profilo di previsione (Cadoppi, Gattiglio e Martinotti in SACCHI *et alii*, 2004, con ricognizioni successive) individua rocce amiantifere lungo un segmento di tunnel della lunghezza di 250 m, la cosiddetta «Tratta di Mompantero». L'amianto è contenuto nei serpentinoscisti (raramente nella roccia compatta). Carotaggi e rocce in affioramento fanno prevedere una associazione litologica col 40-50% di metabasiti ed il 50-60% di serpentine amiantifere (rapporto DST, 2005). Contenuto in amianto dell'ordine del 2,5% nelle serpentine, e insignificante nelle

metabasiti (DITAG, 2005). Il volume di roccia da abbattere è valutato sui 50.000 metri cubi.

Tunnel Gravio-Musinè (23 km entro rocce cristalline). Per quest'opera gli studi non sono allo stesso stadio di avanzamento rispetto al tunnel di Bussoleno. Il tracciato, comunque, è coperto dalla nuova cartografia geologica alla scala 1:50.000 (F° Susa, 2003 e F° Torino Ovest in fase di stampa). Inoltre, ricerche finalizzate alla valutazione del rischio-amianto sono state effettuate sia dalla Società SEA Consulting nell'ambito di un studio realizzato dall'Università di Trento (qui di seguito, UT), sia dal Centro di Geotecnologie dell'Università di Siena (qui di seguito CGUS). L'insieme dei dati mette in evidenza come rocce potenzialmente amiantifere siano presenti in due diversi contesti litologici, una ultramafite mantellica a Est (Monte Musinè) e un'ofiolite metamorfica più a occidente, nella Zona Piemontese.

Al Monte Musinè, la roccia ospite è la peridotite serpentinizzata che costituisce il «Massiccio di Lanzo». Tale roccia è generalmente massiccia e contiene serpentino nella varietà antigorite (che non è un amianto). Le osservazioni di COMPAGNONI *et alii* (2003), di UT (2004) e di CGUS (2003), in accordo con quelle di chi scrive, concordano nel descrivere uno sviluppo di fibre (principalmente amianto) in due situazioni: (a) sulle superfici dei giunti (sia g. di taglio che di tensione), e (b) in serpentinoscisti sviluppati lungo dislocazioni tettoniche (di solito, zone di taglio). Il minerale fibroso, ove presente, è tremolite, con subordinato crisotilo. Nella localizzazione di tipo (a), alla tratta di Mompantero il tenore in fibra è stato valutato a meno dello 0,1%. Nelle zone di taglio, il tenore è più alto e lascia prevedere un indice di rilascio >0,1, quindi superiore alla soglia che comporta lo smaltimento come materiale pericoloso. Secondo i dati di UT (dichiaratamente preliminari, in assenza di test di rilascio e di una campionatura statisticamente rappresentativa) il volume di marino con tali caratteristiche dovrebbe essere compreso tra 60.000 e 110.000 metri cubi.

Nella Zona Piemontese, lungo i 14 km tra Chianocco (imbocco) e Almese, serpentine amiantifere per le quali si può prevedere un I.R. > 0,1 si sviluppano lungo i maggiori piani di taglio, formando segmenti discontinui che totalizzano alcune centinaia di metri. La massa ofiolitica maggiore, affiorante al tetto dell'Unità Dora-Maira nel settore Condove-Caprie in sostanziale continuità con quella della «Tratta di Mompantero», si estende lungo il tracciato della galleria su una distanza di oltre 1 km (qui di seguito «tratta di Condove») ma appare mineralizzata ad amianto solo in corrispondenza di piani di taglio (dati UT). Cubatura di marino prevista da UT tra i 60.000 ed i 120.000 metri cubi.

A scopo di confronto, abbiamo riportato nella fig. 5 alcuni dati su attività estrattive che hanno comportato e tuttora comportano abbattimento di rocce amiantifere in Val di Susa e nella attigua Val di Lanzo. Un ovvio confronto è col volume (80.000 metri cubi) abbattuto annualmente nella cava (attiva) di Caprie, impostata sul prolungamento delle serpentine affioranti nella «Tratta di Condove». Presumendo una decina di anni per la realizzazione dei tre tunnel, a opera completata il volume di serpentina estratta sarà minore di quello abbattuto nello stesso periodo nella cava di Caprie. Se passiamo all'altro riferimento, e cioè la miniera (abbandonata) di Balangero, troviamo che abbatteva annualmente circa un milione di metri cubi di serpentina ad alto tenore di amianto (*cut off* del 3% di fibre) con processo di macinazione a secco, a cielo aperto (il *modus operandi* fu ammodernato solo poco tempo prima della chiusura). Te-

Serpentina amiantifera della «tratta di Mompantero» con percentuale di amianto (stimata) dell'ordine di 1-1,5% (dati DST Università di Torino e Politecnico di Torino). Smarino previsto (I.R. > 0,1):

50.000 m³

Pietre Verdi di Condove-Caprie-Almese: analoghe a quelle di Mompantero. Smarino previsto (I.R. > 0,1):

60-120.000 m³

Monte Musiné: la serpentina presente è essenzialmente antigorite (fonte: COMPAGNONI et alii, 2003; studi dell'Università di Siena). Smarino previsto (I.R. > 0,1) (studi dell'Università di Trento):

60-110.000 m³

DATI DI CONFRONTO:

Serpentina amiantifera della cava (attiva) di Caprie (dati provincia di Torino):

in media 80.000 m³/anno (di roccia)

Per riferimento: cava di Balangero (abbandonata): serpentina amiantifera con *cut off* del 3% di fibre. Fonte: riviste minerarie

circa un milione di m³/anno (di roccia)

Fig. 5 - Volumi di marino previsti dai tunnel del progetto TAV in Val di Susa.
- Predictions of rock-waste yield from the TAV tunnels.

nendo conto del tonnellaggio e delle modalità operative la quantità di fibre liberata a Balangero nei decenni di attività è stata vari ordini di grandezza superiore a quella preventivata per l'opera in progetto: un confronto improponibile.

BIBLIOGRAFIA

- BERTRAND J.M., PIDGEON R.T., LETERRIER J., GUILLOT F., GASQUET D. & GATTIGLIO M. (2000) - «SHRIMP and IDTIMS U-Pb zircon ages of the pre-Alpine basement in the Internal Western Alps (Savoie and Piedmont)». Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., **80**, 225-248.
- BORGHI A. & GATTIGLIO M. (1997) - Osservazioni geologico-petrografiche nel settore meridionale del massiccio d'Ambin. Atti Ticinensi Sci. Terra, **5**, 65-84.
- BORGHI A., GATTIGLIO M., MONDINO F. & ZACCONE G. (1999) - Structural and metamorphic evidence of pre-alpine basement in the Ambin nappes (Cottian Alps, Italy). Mem. Scienze Geologiche, Padova, **51** (1), 205-220.
- BRONDI A., CARDONE G., MINGRONE G. & VENTURA G. (2006) - Geologia e geochimica dell'Uranio in relazione allo scavo di gallerie nelle Alpi: aspetti operativi e criteri di monitoraggio radiologico per la salvaguardia ambientale e sanitaria. Gallerie e Grandi Opere Sotterranee, **78**, 48-55.
- BUSSY F. & CADOPPI P. (1996) - U-Pb zircon dating of granitoids from the Dora-Maira massif (western Italian Alps). Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., **76**, 217-233.
- CADOPPI P. (1990) - Geologia del basamento cristallino nel settore settentrionale del Massiccio Dora-Maira (Alpi Occidentali). Tesi di dottorato Univ. Torino, 208 pp.
- CADOPPI P. & TALLONE S. (1992) - Structural and lithostratigraphic heterogeneity of the northern part of Dora-Maira Massif (Western Alps). Atti Ticinensi Sci. Terra, **35**, 9-18.
- CALLEGARI E., SACCHI R., BOVO ST. & TORASSA G. (1980) - Osservazioni strutturali sul versante italiano del Massiccio d'Ambin (Alpi Graie). Boll. Soc. Geol. It., **99**, 395-404.
- CARRARO F. (coordinatore), CADOPPI P., CASTELLETTO M., SACCHI R., BAGGIO P. & GIRAUD V. (2003) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 154 Susa, 123 pp.
- COMPAGNONI R., BORGHI A., CADOPPI P., FERRANDO S., GATTIGLIO M. & RUFFINI R. (2003) - The abundance of 47 elements and petrological models of the crust in the Susa Valley, Western Alps (Site 1). Accad. Naz. Sci. detta dei XL, Scritti e Documenti, **32**, 69-96.
- FENOGLIO M. & RIGAULT G. (1957) - Ricerche sulla distribuzione di uranio e torio nella formazione dioritica di Cogne (Valle d'Aosta). Acc. Naz. Lincei Rend. Cl. Sci. Fis. Mat. Nat., ser. 8, **23**, 107-116.
- MARTHALER M., FUDRAL S., DEVILLE E. & RAMPNOUX J.-P. (1986) - Mise en évidence du Crétacé supérieur dans la couverture septentrionale de Dora-Maira, région de Suse, Italie (Alpes Occidentales). Conséquences paléogéographiques et structurales. C.R. Acad. Sci. Paris, **302**, 91-96.
- MASSAZZA G. (1977) - Geologia del versante susano del Monte Roccamelone. Tesi di laurea ined., Univ. Torino, 125 pp.
- MICHEL R. (1953) - Les schistes cristallins du Massif du Grand Paradis et de Sezia-Lanzo (Alpes franco-italiennes). Sciences de la Terre, Nancy, **1**, 287 pp.
- MONIÉ P. (1990) - Preservation of Hercynian ⁴⁰Ar/³⁹Ar ages through high-pressure low-temperature Alpine metamorphism in the Western Alps. Eur. J. Mineral., **2**, 343-361.
- PICCARDO G.B., MÜNTNER O., ZANETTI A., ROMAIRONE A., BUZZONE ST., POGGI E. & SPAGNOLO G. (2004) - The Lanzo South Peridotite: Melt/Peridotite Interaction in the Mantle Lithosphere of the Jurassic Ligurian Tethys. Ofioliti, **29**, 37-62.
- SACCHI R., BORGHI A., BOTTO G., CADOPPI P., PORRO A., SANDRONE R. & COMPAGNONI R. (1983) - Osservazioni strutturali nel settore settentrionale del Massiccio Dora-Maira (Alpi Cozie). Mem. Soc. Geol. Ital., **26**, 485-487.
- SACCHI R., BALESTRO G., CADOPPI P., CARRARO F., DELLE PIANE L., DI MARTINO L., ENRIETTI M., GALLARÀ F., GATTIGLIO M., MARTINOTTI G. & PERELLO P. (2004) - Studi geologici in Val di Susa finalizzati ad un nuovo collegamento ferroviario Torino-Lione. Museo Regionale Sci. Nat. Torino, Monografie, **41**, 117 pp.
- TALLONE S. (1988) - Osservazioni litostratigrafiche e strutturali nella copertura del Massiccio Dora-Maira lungo il fianco sinistro della Valle di Susa. Rend. Soc. Geol. It., **2** (n.s.), 171-174.
- TALLONE S. (1990) - Il Dora-Maira settentrionale e le sue coperture mesozoiche: relazioni tra litostratigrafia, struttura ed evoluzione metamorfica. Tesi di dottorato Univ. Torino, 147 pp.
- VIALON P. (1966) - Etude géologique du Massif Cristallin Dora-Maira (Alpes Cottiniennes internes-Italie). Trav. Lab. Géologie Grenoble, **4**, 293 pp.

