

Dal Volume

Menchini G. (a cura di), 2017 - SISMA - dal Friuli 1976 all'Italia di oggi.

Fondazione Centro Studi del Consiglio Nazionale dei Geologi. 192 pagg.

Reperibile in <http://www.geologifvg.it/2017/09/sisma-dal-friuli-1976-allitalia-di-oggi/>

Friuli Venezia Giulia: grandi deformazioni di una piccola regione [pagg. 73-90]

Corrado Venturini

La Storia siamo noi... e il territorio

Un territorio può essere tante, tantissime cose. Dipende dalla prospettiva dalla quale lo si osserva e considera. Prendiamo il Friuli. Socchiudendo appena gli occhi ne percepiamo le vicende storiche. A cominciare da quelle legate ai conflitti mondiali del secolo scorso, alle sofferte vicende dell'annessione all'Italia, alla prolungata – seppur parziale – dominazione austriaca, regalo di quella napoleonica. E, ancor più distante da noi, al dominio della Serenissima, sostituitasi, ora con la forza ora con la diplomazia, ai patriarcati locali, ai feudi, ai liberi comuni.

E ancora oltre, verso i Longobardi e gli Ostrogoti, subentrati a Roma e alle sue genti, che a loro volta avevano assimilato le sparute presenze dei Galli Carni nei territori montani e dei Veneti nei settori di pianura e del Carso. Carni e Veneti, e prima ancora Euganei, i quali furono preceduti da quegli abitatori neo- e mesolitici attraverso i quali l'Uomo cominciò ad intersecare la propria Storia con quella del territorio.

Riaprendo gli occhi su quei medesimi monti e su quelle stesse valli pianure e coste osservate dagli occhi dei nostri numerosi e vari predecessori, ci accorgiamo che così come l'Uomo vi ha stratificato la propria presenza, lasciando i suoi tangibili segni in prossimità della superficie – negli ultimi metri di suolo e di sedimenti – allo stesso modo il territorio, inteso come volume di rocce e di depositi non ancora cementati, rappresenta la concreta registrazione tridimensionale di tutti i mutamenti subiti durante il lento trascorrere del tempo geologico. Un *tempo profondo* che per il Friuli è scandito in milioni e centinaia di milioni di anni.

Montagne, pianure e poi di nuovo montagne

A guardarlo così, il nostro territorio può essere sommariamente diviso in *montagne e pianure*. Ai monti spettano le rocce – vecchie, antiche e antichissime – mentre alle pianure (e ai fondali marini adriatici) sono attribuibili, anche intuitivamente, i depositi di ghiaie, sabbie e fanghi – decisamente più recenti – che i grandi corsi d'acqua hanno sovrapposto in livelli con basse o nulle inclinazioni.

E' un rapporto diretto, di parentela stretta, quello che lega i monti alle pianure. Queste ultime, le pianure, sono figlie delle prime, le montagne, essendosi generate grazie al loro lento e incessante sgretolamento. Sembra impossibile, ma la gran parte delle particelle di fango e dei granuli di sabbia, assieme ad ogni ciottolo di ghiaia che calpestiamo nelle pianure, ma anche nei delta, sulle spiagge, nelle lagune e nei mari, in tempi nemmeno troppo lontani erano singole porzioni di strati rocciosi. Strati confusi tra migliaia di altri livelli simili a formare i rilievi, le cime e i versanti delle montagne stesse.

Al tempo stesso, anche i depositi delle odierne pianure e degli attuali fondali marini, da semplici strati incoerenti sapranno cementarsi trasformandosi in rocce e, cosa ancor più interessante, saranno destinati anch'essi... a diventar montagne! A piccoli passi, un poco alla volta. Tutto grazie a poderose spinte crostali. Prima cresceranno sotto forma di modeste colline, poi si trasformeranno in

discreti colli per farsi infine rilievi a tutti gli effetti. Mentre tutto questo accadrà – durante le centinaia di migliaia e i milioni di anni – a mostrare tutta la propria forza saranno il potere erosivo delle acque ruscellanti (ossia le piogge battenti) e quello delle acque incanalate (ossia i torrenti e i fiumi). Congiuntamente saranno in grado di incidere forre, gole e solchi, destinati a trasformarsi prima in vallecole, poi in piccole valli e infine in più ampie vallate. E se il clima ancora una volta lo consentirà, saranno i ghiacci, con il loro potere abrasivo, a rifinire l'opera erosiva delle acque di superficie.

È a questo punto, sulla base delle precedenti considerazioni, che appare imprescindibile la necessità di spiegare la formazione dei rilievi friulani, invocando una causa in grado di sollevare e contemporaneamente deformare volumi di rocce cristalline stimabili in oltre 50.000 chilometri cubi. Un'enormità! Una tale forza non può che provenire dalla Terra stessa. Più precisamente da quei movimenti incessanti cui sono assoggettate tutte le *placche litosferiche* del pianeta. *Placche* capaci di spartirsi l'intera superficie terrestre (fondali sottomarini compresi) con spessori fino a 150-200 km. Non è un caso che le grandi catene montuose, quelle cosiddette *collisionali*, si sviluppino ed accrescano dove – semplificando – due blocchi continentali si affrontano in un poderoso scontro reciproco.

Proprio questo è accaduto, e sta tuttora accadendo, nei territori alpini in generale e in quelli friulani in particolare. Il tutto è dovuto – sempre semplificando – al ciclopico, prolungato, lentissimo scontro tra i blocchi continentali di *Europa* e *Africa*. Con il primo che da qualche decina di milioni d'anni cerca a forza di infilarci, flettendosi, sotto il secondo. Nelle nostre zone nord-orientali a farne le spese sono stati gli antichi depositi dei fondali marini e delle pianure d'un tempo (oltre 10 km di strati sovrapposti uno sull'altro!), modificati e trasformati nelle odierne montagne alpine.

Un oceano casalingo

Per molti il semplice scontro tra i due protagonisti, *Europa* ed *Africa* del tempo, potrebbe apparire riduttivo. Proverò allora a raddoppiare i personaggi presenti sul palcoscenico geologico di oltre 200 milioni di anni fa, descrivendone le interazioni reciproche e gli effetti che ne sono nel tempo derivati. Tutto questo servirà per cogliere, come ricaduta finale, la ragione prima della *sismicità friulana*.

Se partiamo dal primo atto del nostro geo-dramma, dobbiamo fare riferimento a quel 'Tutto Terra', la mitica *Pangea* alla quale ci hanno abituato i libri della scuola superiore. È alla fine di questa fase di aggregazione dei grandi territori emersi che si apre il sipario sul primo atto (*Fig. 1a*). Da attenti spettatori assisteremo alla lenta frammentazione del 'Tutto Terra' che andrà crepandosi, spaccandosi e fendendosi. Dobbiamo solo attendere la fine del Giurassico inferiore, circa 180 milioni di anni fa, per riuscire a rendercene pienamente conto.

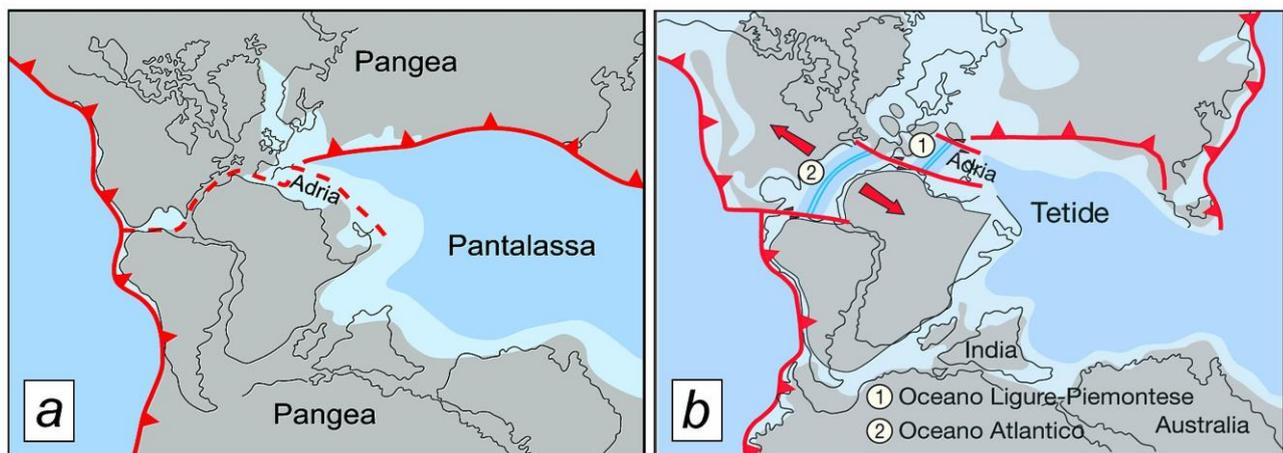


Fig. 1a,b – Colore scuro: aree emerse; Celeste: mari bassi; Azzurro: oceani. **a)** Lo scenario crostale di oltre 200 milioni di anni fa; in tratteggio la futura lacerazione crostale che darà origine all’Atlantico centrale. Lungo le linee continue a triangoli placche differenti sono a contatto; il margine privo di triangoli corrisponde alla placca che affonda e si infila sotto l’altra (margine con triangoli). **b)** Circa 180 milioni di anni fa nascono l’Oceano Atlantico centrale e l’Oceano Ligure-Piemontese. (Da Venturini, 2009a).

Nella fascia tropico-equatoriale di *Pangea* la frammentazione crostale ha finito per produrre un braccio di mare con caratteristiche oceaniche: è nato l’*Oceano Atlantico*. Per il momento è solo la sua porzione centrale ad aprirsi ed allargarsi; quella che oggi corrisponderebbe alla zona caraibica e alle coste orientali degli Stati Uniti e del Canada (*Fig. 1b*). Guardando meglio, ci accorgiamo che in un punto ben preciso la grande spaccatura crostale ha un’improvvisa interruzione, per poi riprendere verso E, nelle zone dove si collocava l’Italia settentrionale del tempo (*Fig. 1b*).

Dove oggi sveltano le Alpi occidentali un tempo esisteva una profonda depressione sottomarina in costante ampliamento. Era in grado di richiamare le acque del grande oceano *Pantalassa* (‘Tutto mare’) che a sua volta circondava la vasta *Pangea*. Un ridotto braccio oceanico si allungava verso i nostri territori occupando le zone oggi rappresentate da Liguria, Piemonte e Valle d’Aosta (*Fig. 1b*). Non a caso i geologi l’hanno denominato *Oceano Ligure-Piemontese*, a ricordo dei suoi passati splendori e in riferimento alla geografia odierna. La sua larghezza massima non riuscì a superare i 1.000 km perché, a differenza di quanto accadde per l’Atlantico, il suo processo di allargamento si bloccò precocemente.

Se fossimo andati a perlustrare le due opposte rive del nostro *oceano casalingo* ci saremmo imbattuti nelle coste rocciose dell’*Europa* meridionale del tempo (sponda NW), mentre sull’altro (sponda SE) avremmo attraversato i mari bassi e le isole sabbiose coralline che formavano il Friuli dell’Era mesozoica. Più in particolare, il margine SE dell’*Oceano Ligure-Piemontese* corrispondeva all’Italia del tempo (diversissima dall’attuale), Friuli compreso. Proprio perché era così diversa dall’Italia di oggi i geologi le hanno dato un nome specifico, chiamandola *Adria*. A quei tempi *Adria* poteva essere considerata una propaggine di *Africa*, una sorta di cuscinetto o di *paraurti geologico* interposto tra *Africa* ed *Europa*. Erano territori prevalentemente marini, da bassi a mediamente profondi. In essi continuavano a generarsi strati su strati (in gran parte calcarei) con spessori di parecchi chilometri (*Fig. 2b*).

Una bomba ad orologeria

Dunque, nel lontano Giurassico i territori friulani del tempo si affacciavano su un piccolo braccio oceanico in progressiva espansione, occupando una fascia climatica di tutto rispetto, governata da condizioni tropicali. L’ambiente e i paesaggi erano veramente da sogno! “*Ma cosa può avere*

letteralmente rovesciato condizioni così idilliache, modificandole in modo così drastico? Tanto drastico da trasformare i fondali marini e le spiagge tropicali nostrane nell'imponente e ripida catena alpina?" Possiamo dire che sono state quelle stesse forze che a suo tempo furono in grado di frammentare *Pangea*, interponendo fra i neonati continenti dei segmenti oceanici. Sarebbero state sempre loro, di lì a poco, ad interrompere l'allargamento dell'oceano 'nostrano', invertendo quell'incredibile processo di apertura crostale e trasformandolo, all'opposto, in morsa letale.

Di lì a poco in geologia spesso corrisponde a milioni o addirittura a qualche decina di milioni di anni. Nel nostro caso vale la seconda possibilità. L'apertura dell'*Oceano Atlantico centrale*, contemporanea a quella del nostro *oceano casalingo* dell'Italia nord-occidentale, aveva finito col separare il *N-America + Europa* dal *S-America + Africa* (Fig. 2a). Anche quest'ultimo enorme blocco continentale dopo altri 50 milioni di anni andò in crisi. Come succede per molte crisi anche questa culminò... con una separazione. Tutto accadde circa 130 milioni di anni fa, in pieno Periodo Cretaceo. *Africa* e *S-America* acquistarono una propria identità grazie alla nascita e allargamento dell'*Oceano Atlantico meridionale*, il quale cominciò prima a dividerle, per poi progressivamente allontanarle (Fig. 2a).

Differente (purtroppo!) è stata la sorte del nostro *Oceano Ligure-Piemontese*. Inizialmente nulla sembrava opporsi al suo continuo ampliamento, seguendo l'evoluzione del proprio fratello maggiore: quel primo *Oceano Atlantico centrale* al quale era collegato da strettissima parentela geologica e da prossimità fisica. Ben presto però i protagonisti sulla scena aumentarono e ognuno, come spesso accade, cercò visibilità e affermazione a scapito di qualcun altro. Fu proprio la comparsa a sorpresa dell'*Oceano Atlantico meridionale* a far precipitare le cose. L'*Africa*, separandosi dal *S-America*, trovò la propria identità, ma col tempo finì per cambiare rotta. Fu spinta verso NE dalla genesi del nuovo ramo oceanico (*Atlantico meridionale*) il quale, ampliandosi e saldandosi a quello centrale, si fece sempre più ingombrante (Fig. 2a).

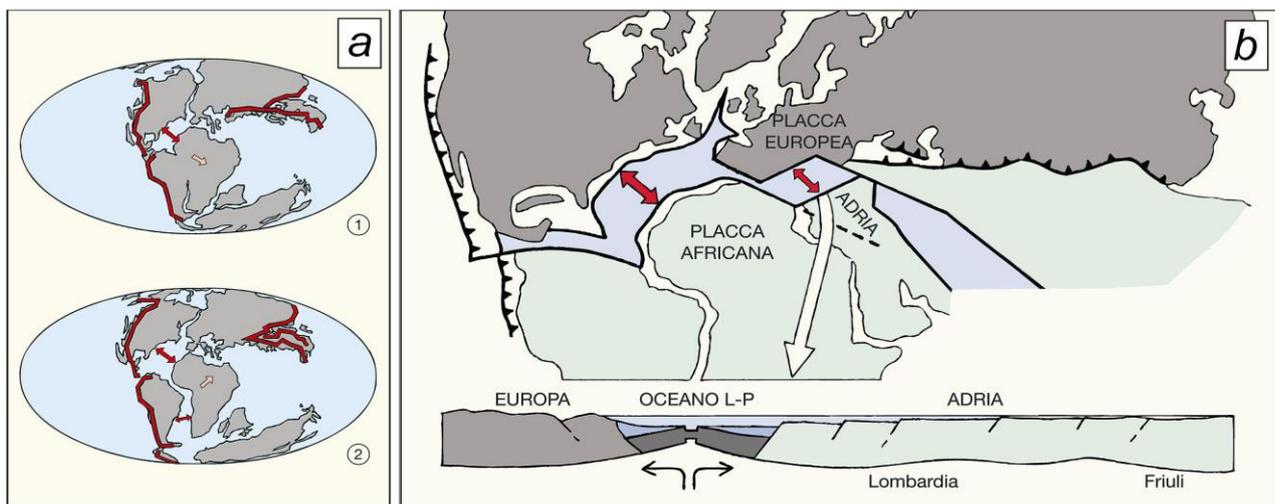


Fig. 2a,b – a) 180 milioni di anni fa nasce l'*Oceano Atlantico centrale* (1). 130 milioni di anni fa prende forma anche l'*Oceano Atlantico meridionale* (2). La deriva dell'*Africa* col tempo (90 milioni di anni fa) ruota decisamente verso NE. b) La sezione evidenzia la separazione di *Adria* dalla *Placca Europea* con lo sviluppo di nuova crosta di tipo oceanico, interposta fra i due territori.

Intanto sul palcoscenico crostale dell'emisfero settentrionale l'affollamento stava diventando critico. Anche le zone a N del Canada avevano iniziato a lacerarsi dando vita all'*Oceano Atlantico settentrionale*. Quest'ultimo, allargandosi, cominciò a separare anche il *N-America* dall'*Europa*. I tre rami oceanici congiunti – meridionale, centrale e settentrionale – già intorno ai 100 milioni di

anni fa erano diventati una forza, tant'è che la loro azione divaricatrice non ha ancora avuto soste né ripensamenti.

Il progressivo allargamento dell'*Oceano Atlantico settentrionale* costrinse il blocco *Europa* a migrare verso SE e S. *Africa* ed *Europa* si stavano trasformando in due enormi ganasce in progressiva chiusura. La rotta di collisione dell'*Africa* verso l'*Europa* del tempo durò parecchie decine di milioni d'anni. E' intorno a 90 milioni di anni fa che viene fissata l'età del netto cambiamento di rotta della *Placca Africa*. Da quel momento devierà decisamente verso NE. Il destino di *Adria*, paraorti della *Placca Africa*, era segnato. Sarebbe stata solo questione di tempo: l'impatto con *Europa* (Eurasia) era ormai segnato in agenda. *Adria*, inutile dirlo, si incaricava stoicamente di assorbire l'urto.

La grande morsa e la conseguente collisione crostale ebbero il merito – o il semplice effetto – di forgiare il Friuli montuoso che conosciamo, iniziando a conferirgli quelle caratteristiche orografiche e idrografiche che oggi ne costituiscono il 'marchio di fabbrica'. Nei territori di Nord-Est i primi effetti deformativi ebbero inizio di lì a poco, già nel Cretaceo superiore. Anche se le prime deformazioni evidenti, tramandate sino a noi attraverso le *pieghe* e le *faglie* delle successioni rocciose, risalgono all'Eocene medio, poco meno di 50 milioni di anni fa.

Le deformazioni sviluppatasi tra 15 e 5 milioni di anni fa – le più intense tra tutte – continuano ancor oggi ad essere le più percepibili tra quelle generate durante quel processo collisionale a tutti noto come *Orogenesi alpina*. Il destino dei territori marini di *Adria* e di quelli del nostro oceano in miniatura – bassi, profondi e profondissimi – con le loro rispettive successioni rocciose, sarebbe stato quello di trasformarsi in un guscio di noce (gheriglio compreso!) stritolato e frantumato dallo *schiaccianoci crostale* euro-africano, ormai da tutti considerato inarrestabile.

Le deformazioni dei territori di Nord-Est

Perdonate la lunga premessa, ma perdere di vista il *movente*, le ragioni prime che stanno alla base delle ricorrenti crisi sismiche dei territori del Nord-Est, mi sarebbe sembrato – passatemi il paragone storico – come se stessimo parlando della *prima guerra mondiale* senza comprenderne le motivazioni dell'innesco. *Effetti-cause-movente*. Nel nostro caso il *movente* è dato dai presupposti che hanno favorito la grande collisione tra la *Placca Africa* e la *Placca Europa*. Collisione crostale che diventa la *causa* della *Catena orogenetica alpina*. Gli *effetti* sono sotto gli occhi di tutti, ma in particolare quelli dei geologi: *faglie* (le rotture con spostamento tra volumi di roccia) e *pieghe*, piccole, grandi, fino ad enormi, capaci di superare in grandezza le montagne stesse. Le *faglie* sarebbero state in massima parte di tipo *compressivo* (spostamento delle masse rocciose verso l'alto e in avanti, come carte da gioco) e in minor numero di tipo *trascorrente* (traslazione delle masse rocciose in senso orizzontale).

Il profano di 'cose geologiche' potrebbe presupporre che in una collisione crostale l'innesco e lo sviluppo delle *faglie* abbiano la stessa assenza di logica di un mazzo di *shanghai* lasciati cadere sopra un tavolo. Nulla di più sbagliato. La Natura, anche nelle deformazioni dei volumi rocciosi, è sempre ordinata e logica. E' proprio grazie a questa *logica-geologica* che noi geologi, valutando la distribuzione spaziale dei vari tipi di *faglie* (nonché delle *pieghe*), considerando le loro interferenze reciproche e riconoscendo le direzioni e i versi di movimento lasciati come tracce indelebili sulle loro superfici, riusciamo – o almeno ci proviamo – ad interpretare le *cause* che hanno generato le associazioni complesse di deformazioni. In ultima analisi il *come* è nata, è cresciuta, sta muovendosi e potrà evolversi nel tempo una catena montuosa.



Fig. 3 – Il settore friulano è il più raccorciato tra tutti quelli appartenenti alle Alpi Meridionali, ossia le Alpi ‘italiane’. E’ inoltre quello che, assieme alle sue propaggini bellunesi e slovene occidentali, risulta tuttora interessato da una attività sismica che per la sua intensità nell’arco alpino non ha confronti.

Il Friuli e i suoi territori limitrofi sono oggi un vero... *fagliaio!* *Faglie* ovunque, spesso associate a grandi *pieghe*. È arrivato il momento di osservare il Friuli Venezia Giulia dall’alto, descrivendo la distribuzione areale e temporale delle sue *famiglie di faglie*. Ricordiamo che proprio alcune tra esse sono tuttora sede di potenziali movimenti e rilascio di onde sismiche. Sappiate inoltre che, escludendo solo i territori più occidentali, di tutte le Alpi che si sviluppano in territorio italiano – dalla Lombardia al Friuli, passando per le Dolomiti – i territori friulani sono quelli più raccorciati (Fig. 3). L’estensione odierna dei depositi rocciosi deformati del Friuli è un terzo rispetto a quella che occupavano prima dell’*Orogenesi alpina*. Negli altri territori alpini ‘italiani’ è pari soltanto alla metà.

Diverse direzioni di spinta si sono susseguite e hanno agito negli ultimi 50 milioni di anni sui volumi rocciosi dei territori di Nord-Est. Per questa ragione sul medesimo enorme volume di rocce si sono sovrapposte più *famiglie di faglie*. Ed è per questo che la deformazione complessiva si presenta estremamente complessa. Tanto complessa che tra coloro i quali cercano di dipanare l’intricato gomitolo tettonico regionale (i geologi strutturali) – definendo il *dove*, il *come* e il *quando* di ogni insieme di strutture (pieghe e faglie), le loro interferenze reciproche, le loro riattivazioni multiple – non esiste ancora un’unica soluzione condivisa.

I territori friulani nel corso della loro storia geologica sono stati interessati da vari *eventi deformativi* ascrivibili all’*orogenesi alpina*. In ambito geologico tali *eventi* si suddividono e accorpano in *fasi tettoniche*. Qui, semplificando la trattazione al fine di favorirne la comprensione, saranno denominati semplicemente come successivi *impulsi deformativi*. Di seguito sono presentati e discussi seguendone, naturalmente, l’ordine cronologico d’attivazione.

Il Primo e il Secondo impulso deformativo

Torniamo indietro nel tempo e fermiamoci intorno a 50 milioni di anni dal presente (Eocene). I territori nord-orientali di *Adria* si stanno scontrando con l’Europa balcanica. Prende corpo la vicina *Catena dinarica*. Questo *Primo impulso* deformativo genera una serie di *tegole tettoniche*, rampanti verso SW e delimitate da altrettante *faglie*. Col termine *tegola tettonica* ‘rampante’ intendo un

volume roccioso, ampio da un centinaio ad alcune migliaia di chilometri cubi, delimitato alla base da una *faglia* a medio-bassa inclinazione (*accavallamento*) che l'ha traslato verso l'alto e verso l'avanti (Fig. 4). Sul territorio, in pianta, appaiono ancor oggi come linee orientate NW-SE (cfr. Fig. 7).

La collisione si estende fino al Triveneto, ma con intensità via via decrescente verso W, coinvolgendo parzialmente anche le Dolomiti. Nel Friuli Venezia Giulia gli effetti più intensi e inequivocabili si toccano con mano nel Cividalese, nel Goriziano, nel Carso isontino e triestino. Segni evidenti sono inoltre presenti al Monte Bernadia e al Colle di Medea. Questo impulso ha lasciato inequivocabili tracce anche nei settori del Monte Amariana, delle Prealpi Carniche e del Cansiglio Cavallo. Le direzioni delle rispettive *faglie* e *pieghe* sono orientate NW-SE, come le lancette di un orologio che segna le 10.20. Tali strutture, non a caso, sono definite 'dinariche' o ad 'orientamento dinarico' (Fig. 4), come le isole e la zona costiera della Dalmazia, che rappresentano la fascia deformata esterna della *Catena dinarica*.

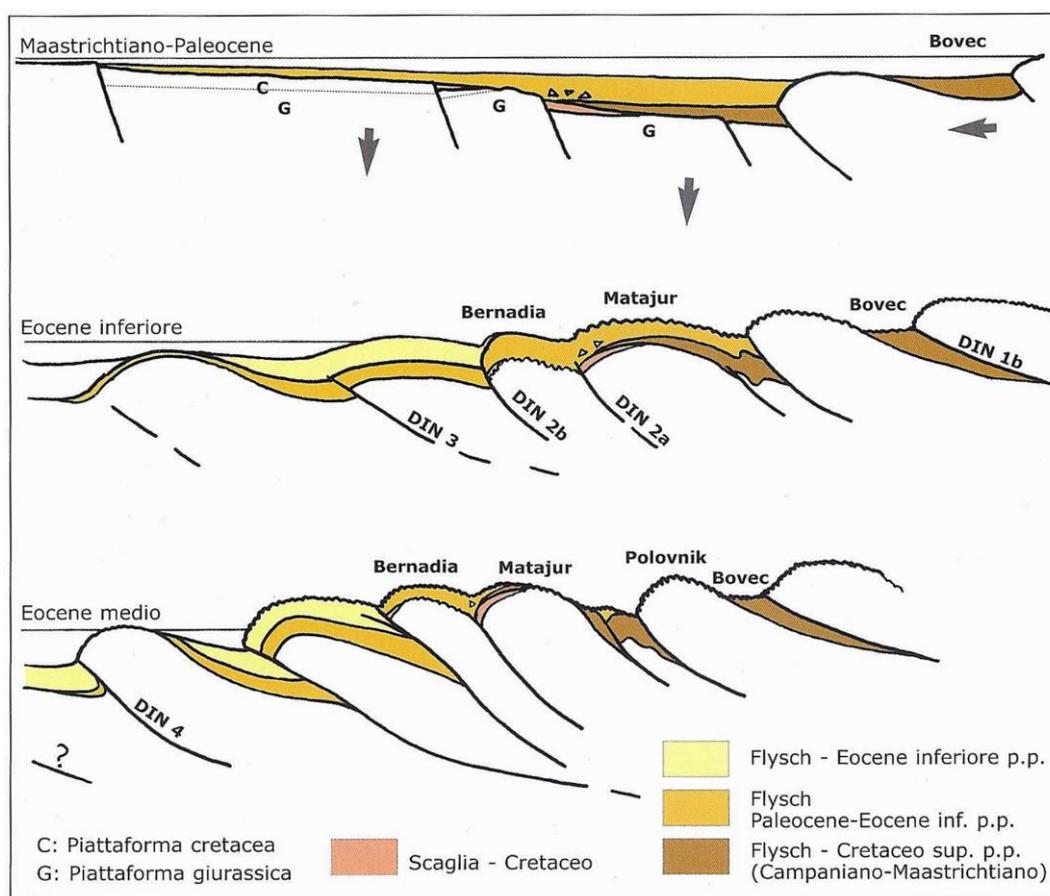


Fig. 4 – Le 'tegole tettoniche' rampanti (o 'scaglie tettoniche') generate durante il Primo impulso deformativo. Ognuna è delimitata da faglie compressive a medio-bassa inclinazione (gli 'accavallamenti'). Le sezioni, orientate SW-NE, si riferiscono a 70 (in alto), 50 (al centro) e circa 45 milioni di anni fa (sotto). (Da Ponton, 2010).

Ci troviamo ora intorno a 20 milioni di anni fa (Miocene inf.). Dopo una stasi delle spinte durata alcuni milioni di anni, le compressioni riprendono. Si attiva il *Secondo impulso* deformativo. La direzione di spinta è ruotata in senso antiorario, seppure soltanto di una decina di gradi. Nuove deformazioni prendono corpo, sempre comunque limitate e mal riconoscibili rispetto alle precedenti, delle quali assecondano da vicino le direzioni di sviluppo. Per questo motivo risulta difficile riconoscere con certezza la loro distribuzione geografica sul territorio.

Morte dell'Oceano Ligure-Piemontese e nascita delle Alpi 'precoci'

Prima di individuare sul territorio friulano gli effetti della successiva compressione (*Terzo impulso* deformativo), data la sua importanza vale la pena soffermarsi sulle cause che l'hanno propiziata. Facciamo un passo indietro per comprendere meglio. Torniamo circa a 80 milioni di anni fa, nel Cretaceo superiore, e allarghiamo la visuale all'intera Italia settentrionale del tempo. Mentre gli strizzamenti di *Adria* sul lato NE cominciavano a formare la *Catena dinarica*, sugli altri restanti lati della collisione – verso N e verso W – il nostro '*oceano casalingo*' stava ormai sparendo, inghiottito in profondità attraverso un processo che i geologi chiamano *subduzione*.

L'*Oceano Ligure-Piemontese* era stato spinto sotto *Adria*, verso i quadranti meridionali. Tanto in profondità che le sue rocce avevano subito intensi cambiamenti (*metamorfismo*). Tutto questo grazie alla *Placca Europa* che, nell'avvicinamento forzato verso la *Placca Africa* e il suo paraurti *Adria*, aveva 'scelto' di infilarsi sotto a queste ultime. Una *subduzione* parziale che perdura tuttora. Quando tutte le rocce dell'intero *Oceano Ligure-Piemontese* finirono per essere subdotte in profondità, furono le rocce dei margini continentali di *Europa* ed *Africa* (più leggere) a trovarsi in contatto reciproco. Fu questo il vero *scontro crostale*! Ogni collisione diretta tra blocchi continentali crea affastellamenti e intensi raccorciamenti nella fascia di contatto. Nel nostro caso, il prolungarsi delle spinte – unitamente, per i più esperti in materia, ad un'interruzione della *subduzione* e a un generale sollevamento collegato a un riequilibrio isostatico – generò una sorta di enorme *panino geologico* (Fig. 5).

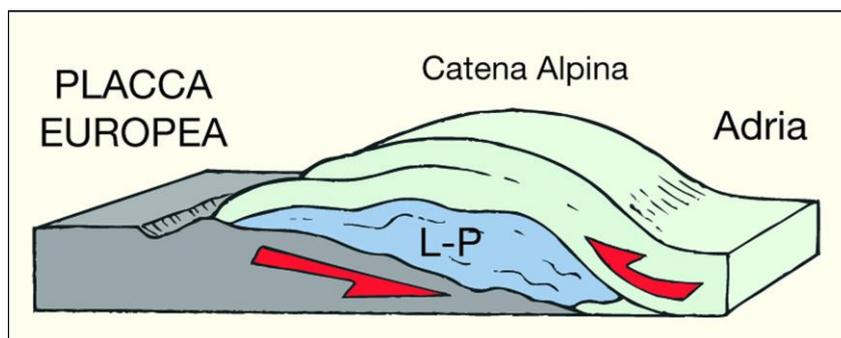


Fig. 5 – Struttura della *Catena Alpina* 'precoce', circa 50 milioni di anni fa. La collisione fra le Placche *Africa* (con il suo 'paraurti' *Adria*) ed *Europa* aveva creato una sorta di 'panino geologico'. Gigantesche 'fette' di rocce appartenenti all'ex-Oceano *Ligure-Piemontese* (L-P) si erano interposte a quelle di *Europa* e *Africa* (*Adria*).

Sto sintetizzando le trasformazioni di un antico oceano da tempo scomparso. Un antico *oceano nostrano* rappresentato da rocce che prima sono scese anche oltre 70 km di profondità e che poi sono state risospinte verso l'alto, fino a trasformarsi in catena montuosa. Questa in sintesi, in estrema sintesi, è la storia della *Catena alpina* 'precoce': la porzione più antica di tutta la *Catena alpina* che noi oggi conosciamo. Quella che oggi occupa l'Austria, l'Alto Adige, la Svizzera, la Lombardia settentrionale, e la Liguria occidentale, il Piemonte e la Val d'Aosta, dove fanno mostra di sé le *rocce metamorfiche* che un tempo erano state i depositi dell'*Oceano Ligure-Piemontese*.

Genesi delle Alpi 'tutte italiane'

"La Lombardia centrale, il Trentino e il Veneto (con tutte le Dolomiti) e soprattutto l'intero Friuli centrale e settentrionale, quando e come sono diventate anch'esse Alpi, saldandosi alle Alpi 'precoci'?" Il quando è nel Miocene, il come si ricava osservando la Fig. 5, la quale precede quanto sta per accadere in questa fase. Nel *panino geologico* tutte le deformazioni (*pieghe* e *faglie*) si erano generate rampando verso N, verso l'*Europa* del tempo.

Al proseguire del movimento *Africa vs Europa*, sul lato *Africa* le rocce di *Adria* per ragioni meccaniche cominciarono a formare una gigantesca *insaccatura*. Finì col generare una enorme piega, poderosa nel suo sviluppo crostale (Fig. 6). Se agli enormi spessori crostali sostituite dei livelli di gommapiuma colorati e alle spinte compressive sostituite quelle delle vostre mani (il noto 'metodo Coleman', ...con le mani!), l'effetto 'piega da insaccamento' vi diventerà subito logico e ben percepibile.

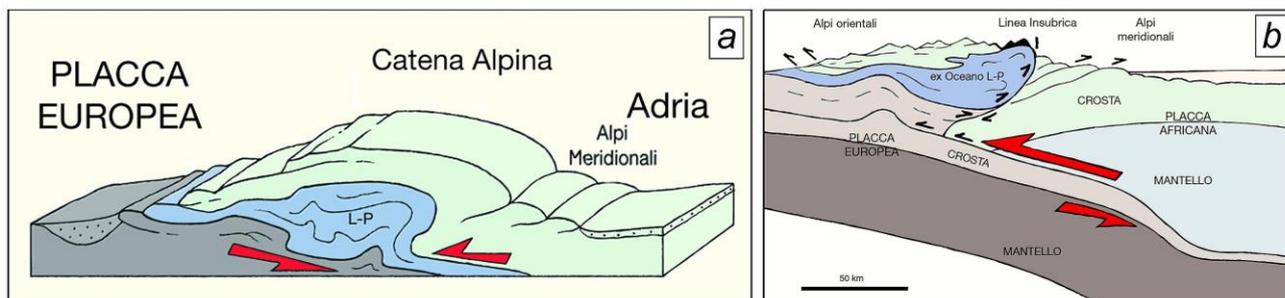


Fig. 6a,b – a) La Catena Alpina si complica. Il margine meridionale della grande struttura a 'panino geologico' si insacca e si affastella: si generano le Alpi Meridionali, le Alpi 'tutte italiane', le nostre Alpi centrali (Dolomiti in primis) e orientali (Friuli). b) Le recenti 'radiografie crostali profonde' hanno accertato questo meccanismo di incastri tra Europa e Africa (Adria) – definito col termine 'indenter' – in grado di giustificare la genesi delle Alpi tutte 'italiane'.

Più *Europa* ed *Africa* si avvicinavano e, collidendo, si sovrapponevano, più la *grande piega* si esasperava. Questa struttura si inarcò a tal punto (Fig. 6) che finì per attivare le successive deformazioni fragili (*faglie*) delle zone meridionali. Quelle che si sarebbero estese col tempo verso l'interno dei territori chiamati *Adria*. Da questo momento, le più intense deformazioni alpine si sarebbero localizzate sul lato meridionale del *mega-panino geologico*, migrando verso S e incorporando settori di *Adria* sempre più ampi.

Mentre le deformazioni delle Alpi 'precoci' (Fig. 5) rampano verso N, quelle delle Alpi più recenti, ossia le Alpi 'tutte italiane' – chiamate dai geologi *Alpi Meridionali* – rampano al contrario, verso S (con limitate eccezioni dovute a locali ragioni meccaniche). Questo perché sono state condizionate dalla forma della *mega-piega* crostale, evoluzione dell'iniziale grande *insaccatura* (Fig. 6).

Il Terzo impulso deformativo

Siamo giunti tra 15 e 5 milioni di anni fa (Miocene medio-sup.). Questa volta la compressione in Friuli sta agendo lungo la direzione N-S, assecondata da una probabile accelerazione del moto. La *Catena dinarica* ha ormai smesso di crescere. Sul palcoscenico crostale del Nord-Est diventano protagoniste altre situazioni geologiche profonde, in grado di generare nuovi importanti deformazioni. Altre *pieghe* e altre *faglie* formeranno nuove *tegole tettoniche* che questa volta ramperanno verso S. Queste strutture stravolgeranno l'assetto dei 10-15 chilometri di rocce più superficiali, imprimendo al territorio un'architettura deformativa che, ancor oggi, risulta la più evidente tra tutte.

È in questo contesto che dobbiamo inserire le deformazioni del territorio friulano attive durante questo *Terzo impulso*. Si tratta ancora una volta di grandi *tegole tettoniche*, ma questa volta il loro orientamento in pianta è E-W, ovvero perpendicolare alla grande spinta crostale N-S. E' molto probabile che la *magnitudo* (energia liberata) dei terremoti del tempo fosse di almeno due o anche tre ordini di grandezza superiore a quella dei nostri sismi storici e recenti. Le strutture orientate E-

W prodotte durante questo *Terzo impulso* si spengono verso SE (Cividalese, Isontino, Carso triestino), lì dove le più antiche deformazioni ‘dinariche’ del *Primo impulso* deformativo sono ancora perfettamente decifrabili. Lo sono perché restano quasi le sole presenti in quei volumi di rocce che ormai sfumano nella *Catena dinarica* (Fig. 4).

Tra tutte le grandi *faglie* orientate E-W è sufficiente citarne due: la *Faglia di Sauris* (Carnia) e la *Faglia Barcis-Staro Selo* (Prealpi Carniche e Giulie), (Fig. 7). Ad esse sono ricollegabili non solo dei raccorciamenti intensi, ma anche dei marcati sollevamenti, stimabili sulla base dell’età e dello spessore delle rocce coinvolte. Per la *Faglia di Sauris*, ad esempio, si tratta di circa 2 chilometri di sollevamento verticale a fronte di un raccorciamento orizzontale stimato prossimo alla ventina di chilometri.

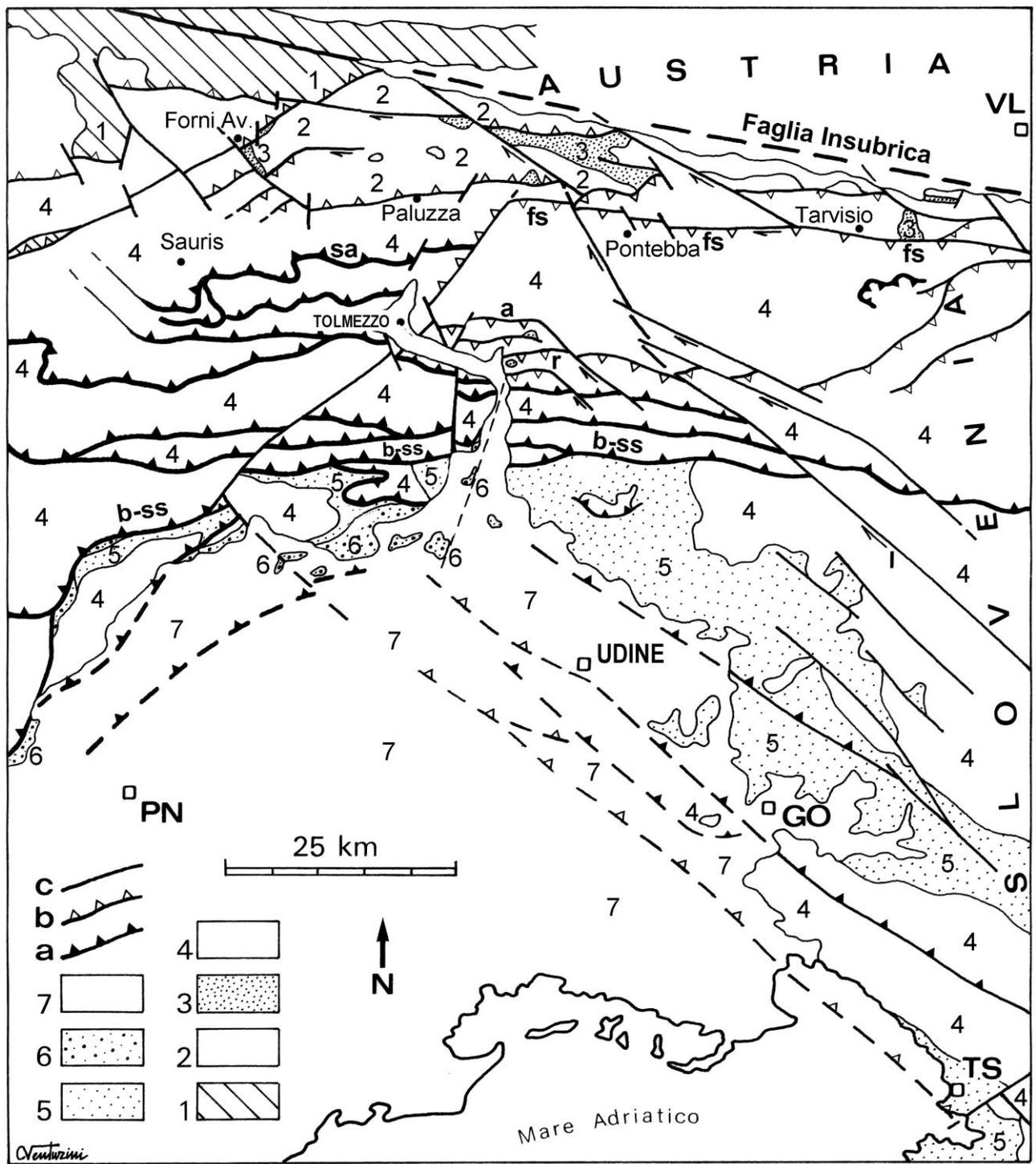


Fig. 7 – Carta geologica schematica del Friuli V.G. **1** – rocce del basamento metamorfico; **2** – rocce del Paleozoico; **3** – rocce del Permo-Carbonifero; **4** – rocce del Mesozoico; **5** – rocce del Cenozoico antico; **6** – rocce del Cenozoico recente; **7** – depositi fluviali e fluvio-glaciali del Quaternario. **a** – Faglie compressive a medio-bassa inclinazione (accavallamenti); **b** – faglie compressive a medio-alto angolo di inclinazione; **c** – faglie con piano verticale. Faglie principali: **a** – Faglia del M. Amariana; **b-ss** – Faglia Barcis - Staro Selo; **fs** – faglia Fella - Sava; **I** – Faglia di Idria; **sa** – Faglia di Sauris; **r** – Faglia della Val Resia. (Da Venturini, 1991; modif.).

Se guardate una qualsiasi carta geologica del Friuli, anche schematica (*Fig. 7*), saranno proprio queste *faglie* orientate E-W a colpirvi per il loro numero, estensione e continuità. Nel Friuli centrale e settentrionale anche l'occhio del geologo oggi riconosce a fatica le precedenti *faglie* del *Primo* e del *Secondo impulso* deformativo e le relative *tegole tettoniche*, ormai strappate, spostate, trasposte e confuse dai movimenti del tardo-Miocene.

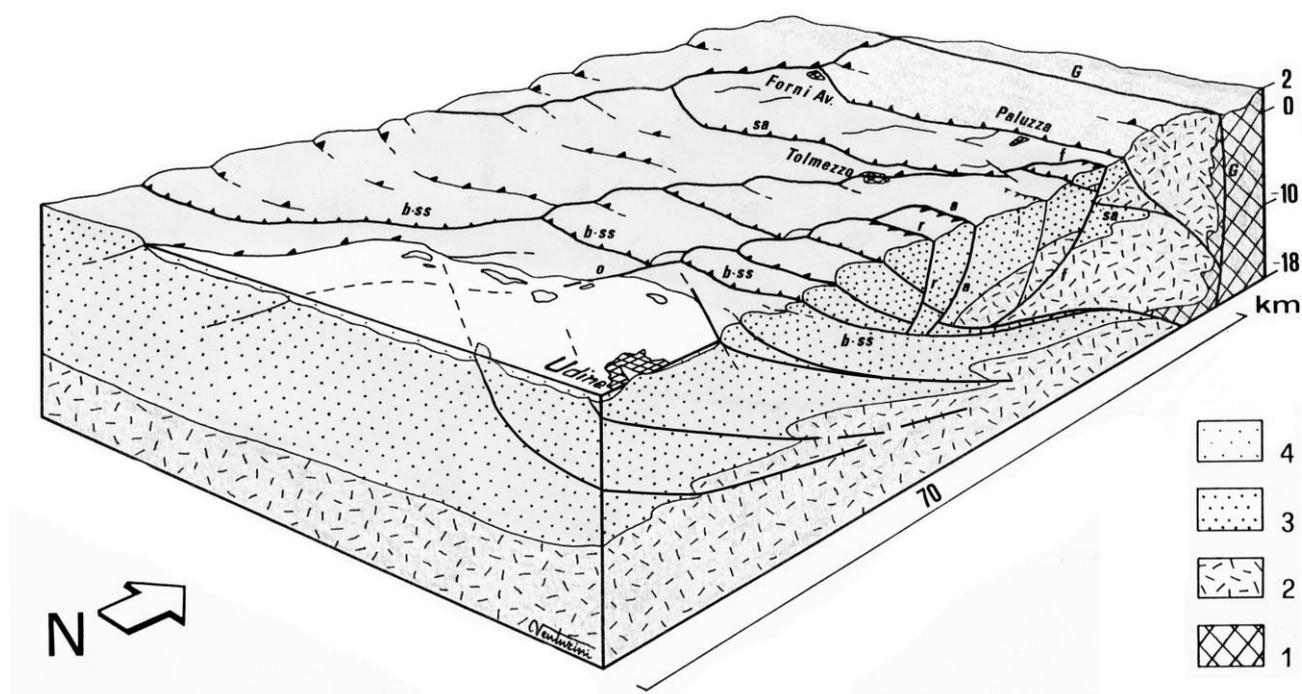


Fig. 8 – Assetto deformativo semplificato ereditato dalle compressioni alpine del Terzo impulso deformativo. **1** – rocce del basamento antico; **2** – rocce del Paleozoico; **3** – rocce del Mesozoico; **4** – rocce del Cenozoico; in bianco i depositi del Quaternario. Legenda tettonica. Faglie principali: **sa** – Faglia di Sauris; **fs** – Faglia Fella-Sava; **a** – Faglia del M. Amariana; **r** – Faglia della Val Resia; **b-ss** – Faglia Barcis - Staro Selo.

Le ‘tegole tettoniche’... anomale

All'interno del complessivo assetto rampante verso S prodotto da questo *Terzo impulso* deformativo, ci si imbatte in significative *tegole tettoniche* che, per motivi meccanici – resistenze interne al volume roccioso, disposizioni di particolari litologie più plastiche, ecc. – rampano in senso opposto, verso N (*Fig. 9*). La più estesa tra esse è quella che si appoggia ed è guidata dalla *Faglia Fella-Sava*, struttura che inizia nei pressi di Paularo e prosegue oltre Tarvisio, fino in Slovenia; ad essa si affianca quella della *Faglia M. Pricot - M. Cerchio* (*Figg. 7 e 9*). Più a S, tra Tolmezzo e Venzone, si stagliano quelle multiple delimitate dalla *Faglie del M. Amariana, di Posselie, della Val Resia e del M. Plauris* (*Fig. 9*).

Per i più attenti va sottolineato che le varie *tegole tettoniche* rampanti in modo anomalo, ossia verso N, sono sempre limitate e guidate nel loro sviluppo da *faglie verticali* ‘di svincolo’, i cui lembi si muovono in senso orizzontale (sono le faglie cosiddette *trascorrenti*). Queste *faglie*, a coppia, hanno direzioni convergenti verso N e in pianta formano degli ampi trapezi (Fig. 9). Dato il loro particolare orientamento, simmetrico rispetto alla direzione di spinta N-S, durante questo *Terzo impulso* tali faglie verticali hanno funzionato come ‘svincoli laterali’. Ossia, con i loro movimenti orizzontale permettevano a due settori adiacenti di sviluppare deformazioni indipendenti. Una parte di tali *faglie* corrispondono ad antiche lacerazioni verticali (*paleo-faglie distensive*) presenti nel volume roccioso fin dal tardo-Paleozoico e dal Mesozoico. *Paleo-faglie* che, qualora sollecitate dalle compressioni crostali, sono in grado di riattivarsi anche a centinaia di milioni di anni dalla loro genesi.

E’ come se in una torta appoggiata sopra un tavolo producessi alcuni tagli con un coltello, attraversando il dolce da parte a parte. Il giorno dopo, spingendo lentamente la torta di lato, vi accorgeteste che i primi movimenti si sono attivati proprio lungo i precedenti tagli. Questo perché i tagli si configurano come vere e proprie zone di debolezza. Lungo le loro superfici le resistenze alla deformazione si abbassano. Le antiche lacerazioni, muovendosi, guidano lo sviluppo di nuove deformazioni (*tegole tettoniche*) le quali, all’interno del volume deformato – sia esso un dolce o una catena montuosa – si distribuiscono in modo disomogeneo ma... perfettamente logico e congruente.

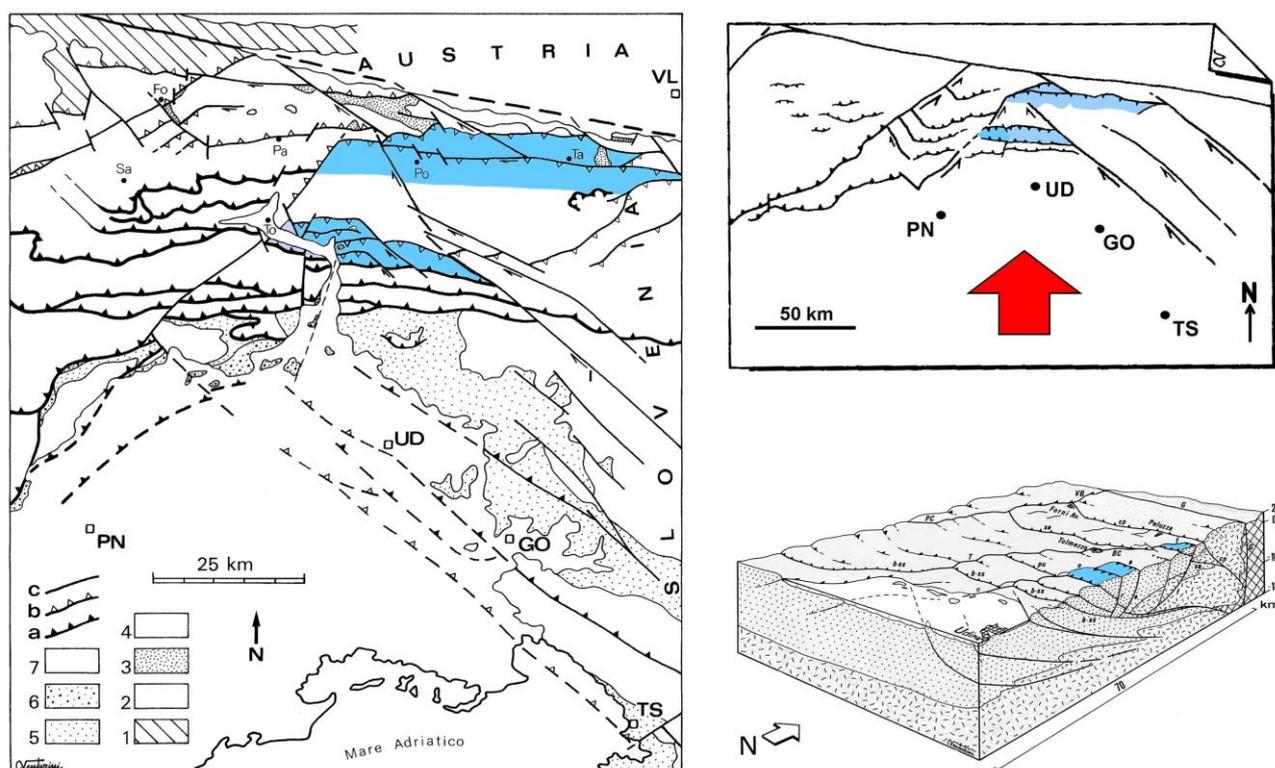


Fig. 9 – Le zone in colore individuano le ‘tegole tettoniche’ rampanti verso N, generate durante i parossismi del Terzo impulso deformativo, il più intenso tra tutti. Sono strutture collocate nei ‘cul de sac’ formati da coppie di faglie trascorrenti (a movimento orizzontale) convergenti a N.

Il Quarto impulso deformativo

Ci stiamo avvicinando rapidamente al tempo presente. Siamo ora nel Pliocene, tra 5 e 2 milioni di anni fa. Ancora una volta la spinta *Africa-Europa*, responsabile anche delle deformazioni che hanno generato le *Alpi ‘italiane’*, cambia direzione. In questo intervallo temporale si orienta circa NW-SE. Se dovessi sintetizzarvi quello che accade al volume di rocce che forma il Friuli Venezia

Giulia, potrei dirti semplicemente che... si riarrangia senza subire vistose modifiche. Gli effetti della nuova compressione si concentrano in particolari nuclei e settori, anche se appaiono nitidi ed evidenti, distribuendosi a 'pelle di leopardo'.

Come esempio potrei citare il M. San Simeone, il quale ha reagito alla nuova spinta inclinando verso NW (fino a 15°) il proprio volume roccioso, precedentemente deformato durante il poderoso *Terzo impulso*. Oppure le numerose nuove *tegole tettoniche*, sempre localizzate e di ridotte dimensioni, prodotte da questo sforzo. Questa volta risultano orientate NE-SW (ovvero perpendicolarmente all'applicazione della nuova spinta) e si distribuiscono, sempre a 'pelle di leopardo', in tutto il territorio friulano settentrionale (*Fig. 10*). Potrei continuare, ma si tratterebbe sempre di effetti minori rispetto alle grandi strutture ascrivibili al *Terzo impulso*: quelle che hanno dato l'*impronta tettonica e orografica* al Friuli di oggi.

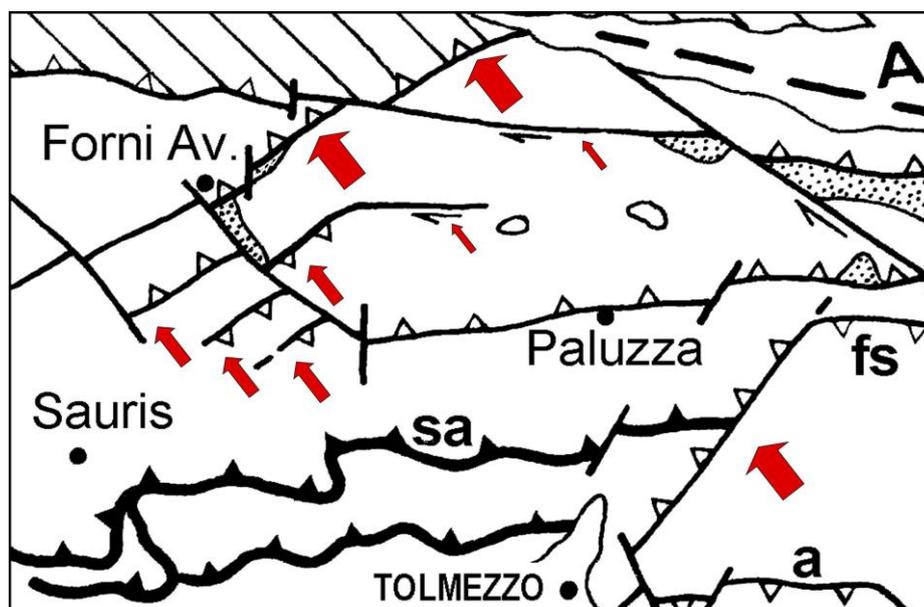


Fig. 10 - Settore friulano nord-occidentale. Effetti della compressione orientata NW-SE (assimilabile alla direzione delle frecce), attiva durante il *Quarto impulso* deformativo (Pliocene). **Frecce piccole**: indicano movimenti orizzontali (trascorrenti) lungo faglie verticali 'di svincolo'; **frecce medie**: indicano faglie compressive di nuova formazione; **frecce grandi**: indicano vecchie faglie verticali 'di svincolo' trasformate in faglie compressive. Faglie: *sa* – Faglia di Sauris; *fs* – Faglia Fella-Sava. *A* – Austria (con Faglia Insubrica in tratteggio, sepolta sotto i depositi del Quaternario).

Il Quinto impulso deformativo

Arriviamo infine al Quaternario, l'intervallo temporale che si estende circa da 2 milioni di anni fa ad oggi. Questo *Quinto impulso* appare per il momento ancor più debole del precedente. Nulla a che vedere con l'intensità e gli effetti del potentissimo *Terzo impulso* di età miocenica. Anche il *Quinto impulso* sviluppa riattivazioni di precedenti *faglie*. Come nel Friuli centrale si riattivano le *faglie* orientate E-W, così verso la pianura si riattivano vecchie conoscenze del *Primo impulso* deformativo: le più esterne tra le *faglie* ad 'orientamento dinarico' (ossia con piani diretti NW-SE).

Scopriamo allora che intorno a un milione di anni fa, attraverso la genesi di un'ampia *piega* appoggiata ad una *faglia*, si perfezionava il sollevamento tettonico del settore sul quale è sorta Udine. A causa delle incessanti erosioni fluviali attive durante il Quaternario, di quell'ampia *piega* oggi resta visibile solo il nucleo roccioso dell'omonimo Colle (conglomerati del Quaternario antico) e delle aree contermini. Un ridotto moncone silenzioso (nemmeno 30 m di altezza), ma di grande significato geologico (*Fig. 11*).

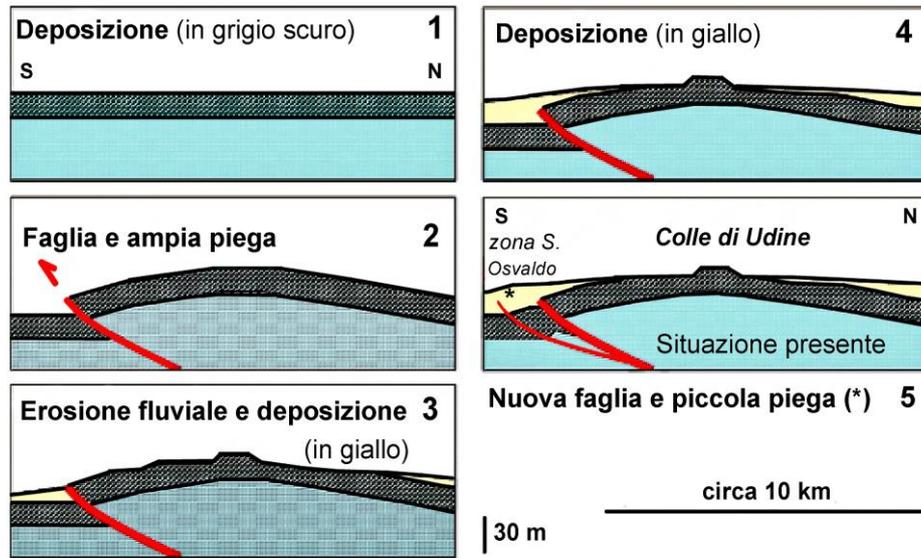


Fig. 11 – La sequenza illustra la possibile evoluzione del Colle di Udine durante l'ultimo milione di anni. La scala delle altezze è amplificata circa 50 volte. Le sezioni sono orientate SW-NE. L'ampio incurvamento è attestato dalle misure effettuate nei recenti depositi fluviali e fluvio-glaciali in vari punti del sottosuolo, a S e a N di Udine. (Da Venturini, 2009b; modif.).

“E cosa dire di quelle pieghe tettoniche ad ampio raggio che, a S di Udine (Fig. 12), sono così estese da poter essere riconosciute nelle immagini dal satellite?” In tempi ancor più recenti, marcarono la pianura deformandola in corrispondenza di S. Osvaldo e Bonavilla (periferia S e SW di Udine), (3 in Fig. 12) e di Pozzuolo del Friuli (con Orgnano e Variano), (2 in Fig. 12). Sono pieghe appoggiate a faglie le quali, generatesi in tempi precedenti, hanno subito una riattivazione durante il *Quinto impulso* deformativo. Sono riattivazioni imputabili alle compressioni recenti, iniziate oltre un milione di anni fa e delle cui conseguenze oggi siamo diretti e spesso inermi spettatori.

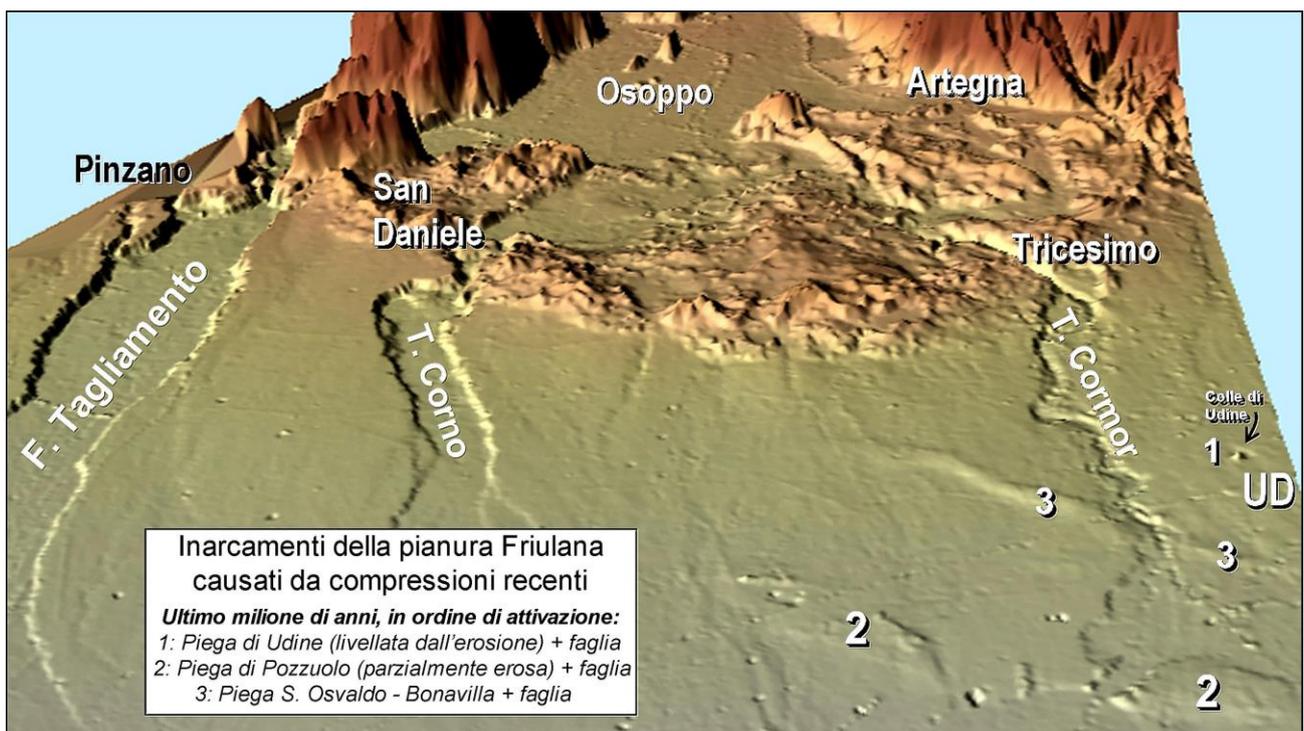


Fig. 12 – Le ampie pieghe (1-3), che coinvolgono in parte anche le coperture ghiaioso-sabbiose dell’alta pianura friulana, sono percepibili in questo modello digitale (dati vettoriali della Regione Aut. Friuli V.G.). La scala delle altezze è aumentata di 12 volte. Il Torrente Cormor, che oggi esce dall’anfiteatro morenico tilaventino, ha in buona parte eroso la parte centrale e più superficiale della piega di Pozzuolo e sta incidendo anche quella di S. Osvaldo - Bonavilla, ultima ad essersi generata. La più antica fra tutte (piega di Udine) da tempo è stata livellata dall’erosione e seppellita dai successivi depositi fluviali (cfr. Fig. 11). (Da Venturini, Astori & Cisotto, 2004; modif.).

“Come si distribuiscono le spinte crostali attuali (gli sforzi compressivi) sui territori del Nord-Est?” I dati geofisici, basati sui meccanismi focali dei sismi del periodo 1984-2001 (magnitudo tra 2.1 e 5.6), attestano una distribuzione a ventaglio delle spinte crostali. Per comprendere meglio immaginate il vostro braccio, ingigantito a dismisura e appoggiato sul golfo di Trieste e l’alto Adriatico. Stendete ora la rispettiva mano sulla pianura friulana, con le dita ancora serrate e parallele. Cominciate poi a muovere il braccio verso NNW. Mentre la mano avanza lentamente, le sue dita si aprono e si allargano a ventaglio. Avete simulato la distribuzione nello spazio degli sforzi attuali, diffusi a raggiera sul volume di rocce geograficamente denominato Friuli Venezia Giulia (Fig. 13). Gli effetti che ne derivano, sono in parte noti a tutti. Le ricorrenti crisi sismiche friulane ne sono l’evidenza più immediata. La più recente tra esse mostra la riattivazione di *faglie compressive* generatesi durante il *Terzo impulso* deformativo.

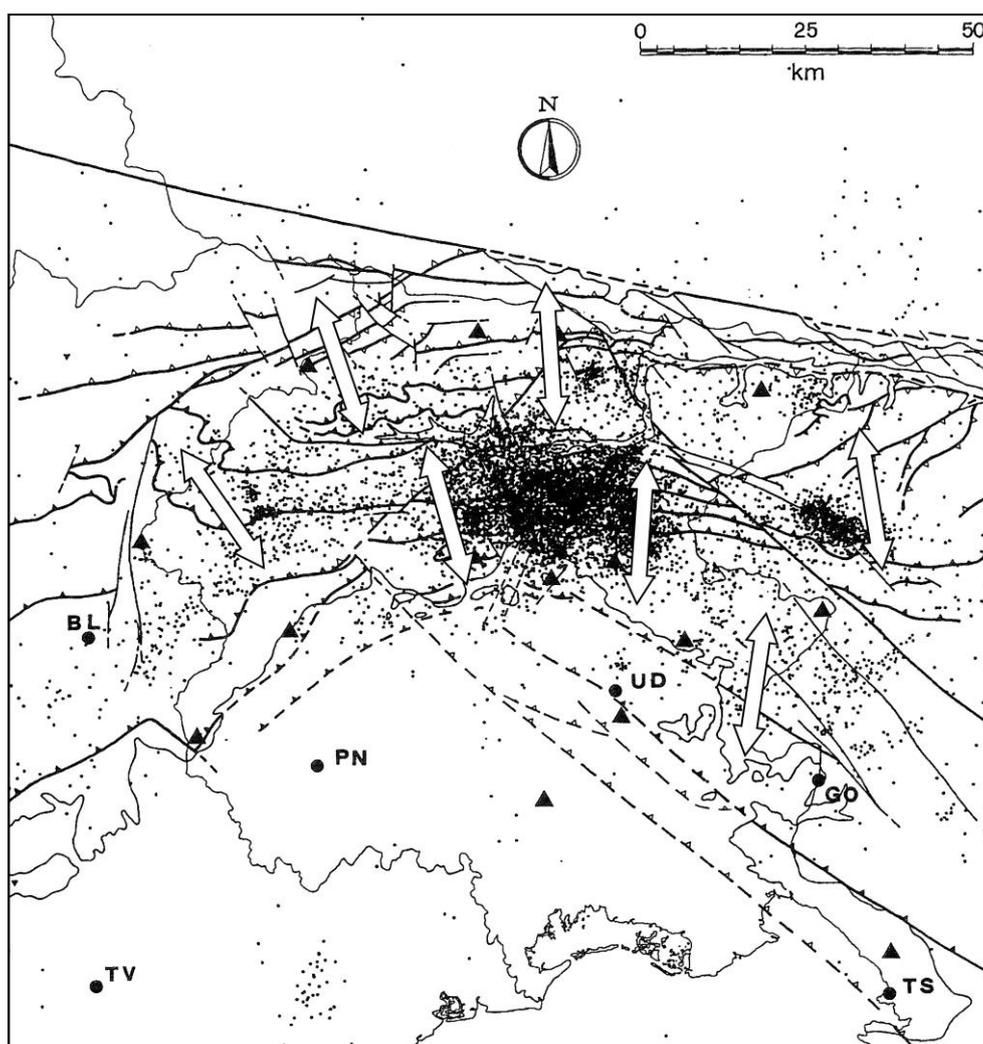


Fig. 13 – Mappa degli epicentri registrati dal 1977 al 2001. La profondità degli ipocentri varia dai 3 ai 20 km. Le doppie frecce indicano la direzione delle massime compressioni attuali desunte dai meccanismi focali. I triangoli individuano l’ubicazione dei sismometri. (Da Bressan et al., 2003; modif.).

Conclusioni

Abbiamo visto che per il Friuli Venezia Giulia geologico la *famiglia di faglie* più importante è quella generatasi in un intervallo di tempo compreso circa tra 15 e 5 milioni di anni fa (Miocene medio-sup.). Durante quello che qui – semplificando – è stato informalmente denominato come *Terzo impulso* deformativo. A questa particolare famiglia di *faglie compressive* appartengono alcune strutture che periodicamente si riattivano sotto il perdurare delle spinte crostali. Sembrano, almeno in parte, essere state proprio le loro riattivazioni a generare le ricorrenti crisi sismiche storiche del Friuli. Non ultima quella del 1976, solo per citare la più recente tra esse.

In altri casi (crisi sismica del 1928, epicentro Verzegnis, Alpi tomezzine) la struttura riattivata corrisponderebbe ad una *faglia verticale*, compresa tra quelle ritenute ‘di svincolo’, ossia dotate di movimento orizzontale (ovvero trascorrente). Stessa situazione per la crisi sismica del 1998 – era il giorno di Pasqua – che colpì la zona di Bled, in territorio sloveno, appena oltre confine. Anche in questo caso si riattivò una *faglia verticale*. Faglie simili in Friuli costituiscono spesso l’eredità di un passato geologico ancor più lontano. *Paleo-faglie* dunque che in certi casi erano nate nel Mesozoico come *faglie disensive* per poi rivestire un ruolo importante nella genesi dell’edificio deformativo miocenico (*Terzo impulso*) attraverso perodiche riattivazioni.

Per l’Uomo i sismi sono sinonimo di distruzione e paura. Per la Terra sono semplicemente il segnale della propria vitalità ed evoluzione. Sotto questo aspetto, tra tutti territori alpini il Friuli sta dimostrando di avere la più vivace delle attività con la quale dovremo, sempre maggiormente, imparare a convivere.

Bibliografia

- BOSELLINI A., 2005 – *Storia geologica d’Italia, gli ultimi 200 milioni di anni*. Zanichelli, 240 pp.
- BRESSAN G., BRAGATO P.L. & VENTURINI C., 2003 – *Stress and strain tensors based on focal mechanisms in the seismotectonic framework of the Friuli-Venezia Giulia Region (NE Italy)*. Bull. Seism. Soc. of Am., 3, 1280-1297.
- BRESSAN G., PONTON M., ROSSI, G. & URBAN S., 2016 – *Spatial organization of seismicity and fracture pattern in NE Italy and W Slovenia*. Journal of Seismology, 20/2, 511-534.
- CAPUTO R., 1996 – *The polyphase tectonics of eastern Dolomites, Italy*. Mem. Sci. Geol., 48, 93-106, Padova.
- CARULLI GB. (a cura di), 2006 – *Carta geologica del Friuli Venezia Giulia, Scala 1: 150.000*. S.EL.CA. Firenze.
- CASTELLARIN A., 1981 – *Carta tettonica delle Alpi Meridionali alla scala 1:200.000*. Prog. Fin. Geodinamica, CNR pubbl. 441, 220 pagg.
- PONTON M., 2010 – *Architettura delle Alpi Friulane*. Mus. Fr. St. Nat., pubbl. 52, 80 pagg.
- VENTURINI C., 1991 – *Cinematica neogenico-quadernaria del Sudalpino orientale (settore friulano)*. Vol. Tematico 'Neogene Thrust Tectonics', Studi Geol. Camerti, Vol. Spec. (1990), 109-116, Camerino (MC).
- VENTURINI C., 2009a – *Italia: forme e contenuti*. Quaderni Habitat. Museo Friulano di Storia Naturale e Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del mare. Vol. 24, 11-46.
- VENTURINI C., 2009b – *Colle di Udine*. In F. Cucchi, F. Finocchiaro & G. Muscio (a cura di): Geositi del Friuli Venezia Giulia, Reg. Aut. Friuli Venezia Giulia, Tip. Arti Grafiche Friulane/Imoco Spa, 280-281, Udine.
- VENTURINI C., ASTORI A. & CISOTTO A., 2004 – *The late Quaternary evolution of central Friuli (NE Italy) as detected through field survey and DEM-derived map analyses*. In: G. Pasquarè, C. Venturini & G. Groppelli (Eds), Mapping Geology in Italy, Apat-Servizio Geologico d’Italia, IGC Firenze 2004, 95-106, S.EL.CA. Firenze.
- ZANFERRARI A., POLI M.A. & ROGLEDI S., 2003 – *The external thrust-belt of the eastern Southern Alps in Friuli (NE Italy)*. Mem. Sci. Geol., 54, 159-162, Padova.