

Instituta za geološka istraživanja

ZAGREB, M. Sachsa 2

## TEKTONIKA I KINEMATIKA DEFORMACIJA NA PRIMJERU ISTRE

Stanko MARINČIĆ i Dubravko MATIČEC

**Ključne riječi:** Strukturna geologija, tektonske faze, kinematski stadiji, Istra

**Key words:** Structural geology, tectonic phases, kinematic stages, Istria

Deformacija sloja, od kontrakcije do ekstenzije, odvija se etapno kroz kinematske stadije. Svaki stadij ugrađuje svoju deformaciju koja se raspoznaje po specifičnom disjunktivnom sustavu. Skup ovih sustava tvori kinematsku paradigmu tektonske faze koja je u osnovi određena orijentacijom i tipom globalnog stresa.

Ovim su postupkom definirane tri tektonske tangencijalne faze Istre: u gornjem dogeru - F I, završetkom gornje krede - F II (tzv. "laramijska" faza) i eocenska - F III (tzv. "pirenejska" faza), kao i njihove komplementarne ekstenzijske faze koje su prethodile obnavljanju sedimentacije.

Za prekid sedimentacije u donjem kimeridžu, ne mogu se utvrditi pouzdani tektonski uzroci u užem smislu, pa se postavlja pitanje o eventualnom sudjelovanju eustazije.

Utvrđeno je da su prekid sedimentacije u gornjem aptu prouzrokovali tektonski pokreti, čija se specifična narav ne može definirati iz okvira Istre.

Zbog velike razlike u strukturalnoj građi, procijenjuje se da je Istra različiti element od krških Dinarida.

The bed deformation, from its contraction to its extension, occurs stepwise - through kinematic stages. Each stage builds-in its own deformation, which is distinguished by a specific disjunctive system. A fabric of these systems creates a kinematic paradigm, which is in its essence determined by the orientation and the type of global stress.

By such mode of treatment three tectonic tangential phases of Istria have been defined: in the Upper Dogger - F I, by the end of the Upper Cretaceous - F II (the so called "Laramian Phase") and in the Eocene - F III (the so called "Pyrenean Phase"), as well as their complementary extension phases, preceding the re-establishment of sedimentation.

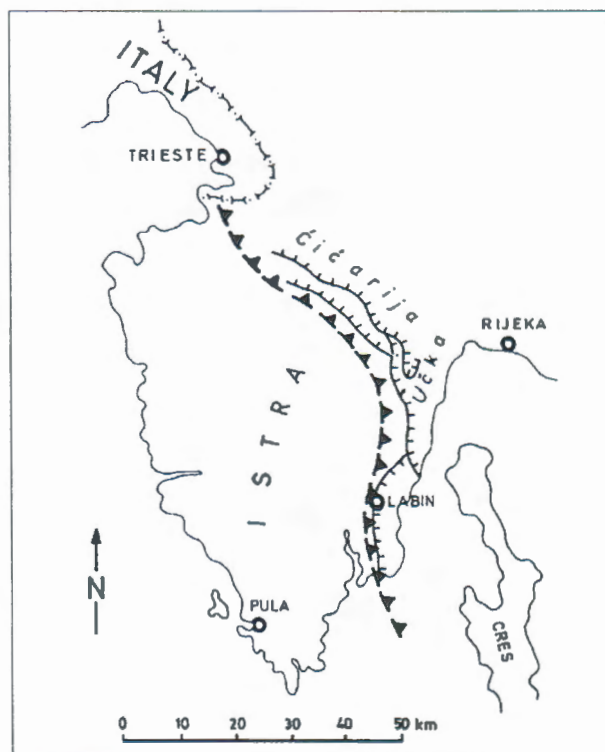
Reliable tectonic causes for the interruption in sedimentation during the Lower Kimmeridgian cannot, in their narrower sense, be ascertained, so here appears a question of possible presence of eustasy.

It has been established that the interruption of sedimentation in the Upper Aptian had been caused by tectonic movements, the specific nature of which cannot be defined within the framework of Istria.

Due to large differences in structural features, it is assessed that Istria presents an element different from the Karst Dinarid.

## 1. UVOD

Kao i sve druge geološke pojave, tako su i tektonski pokreti vremenski definirani prvom pojavom strukturne deformacije u slijedu naslaga. Budući da je strukturna deformacija posljedica konkretnog tektonskog pokreta, ona iskazuje sva svojstva prirode pokreta izraženih specifičnim mehaničkim učinkom koji se praktički ugrađuje u cijeli sedimentni stup. Makoliko da je to sam po sebi poznat prirodni proces, njegovo "retrogradno" funkcioniranje u prostoru, uzrok je svih osnovnih poteškoća strukturno-tektonskih istraživanja karbonatne platforme. Za razliku od prostorno-vremenskog jedinstva događanja progresijskih geoloških procesa, kao što su taloženje, stratifikacija i evolucija organizama, tektonska se aktivnost očituje u obrnutom redu. Što je događaj mlađi, njegova se prisutnost pojavljuje u sve starijim naslagama (dakako, izraz je relativan jer se misli na povećanje starosti porastom geološkog stupa). Najstarije naslage dostupne tektonskom djelovanju, sadržavat će sve deformacije, svih tektonskih pokreta koji su zahvatili dotično područje. Deformacijski se sustavi multipliciraju u složene spletove, pa je selekcija na ovoj razini opažanja (razlikovanje i grupiranje pukotinskih sustava po orijentaciji, fiziografiji, kinematskom tipu, presjecanju i sl.) u većini slučajeva neupotrebljiva. Osim toga, često se podudara jedan od dva sporedna diferencijalna stresa



Slika 1 Pregledna karta Istre sa zonom podvlačenja sjevernog segmenta Jadranske karbonatne platforme pod krške Dinaride.

Fig. 1 Reference map of Istria and zone of underthrusting of Adriatic Platform under Karstic Dinarides.

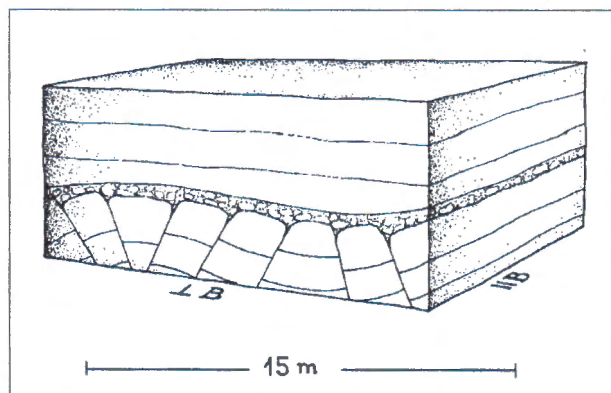
mlađe tektonske faze s jednim pravcem stresa koji je bio u funkciji ranije faze. U takvom slučaju, nova tektonska faza jednu svoju odgovarajuću deformaciju (pukotine) ostvaruje ekonomično, po staroj disjunktiji. Budući da se ovi stresovi podudaraju po pravcu ali obično ne i po kvaliteti stresa, stvaraju se homologni pukotinski sustavi koji dodatno opterućuju strukturnu analizu (sl.4). Na koncu, kako uopće prići nekoj relevantnoj analizi strukturno-tektonskih promjena karbonatne platforme? Nezaobilazni put je; utvrđivanje primordijalnog recentnog iskaza tektonske faze, od njezinog intaktnog izraza u prvom sloju, od autentičnih deformacijskih oblika koji je i definiraju kao specifični prostorno-vremenski događaj. Utvrđena kinematska paradigma, bit će sama po sebi selektivna nezavisno o dosegu deformacija u geološkom stupu.

Ovim je radom obuhvaćeno područje srednje i zapadne Istre s naslagama karbonatne platforme, od gornjeg dogera do početka sedimentacije paleogena (sl. 1). Rad je sufinanciran od Ministarstva znanosti Republike Hrvatske.

## 2. KINEMATSKA PARADIGMA

Da bi se izbjegli pojmovni nesporazumi, možda će biti korisno iznijeti osnovna, najšira tektonska polazišta, aktualna za postore karbonatne platforme.

Kao što je poznato, deformacije geološkog tijela posljedica su tektonskih pokreta. Budući da slijede u vremenu, govorimo o "tektonskim fazama". S obzirom na pravac djelovanja, sa planetarnog stajališta pokreti su ili "tangencijalni" ili "radijalni". Radijalni pokreti su posljedica stanja koje proizlazi iz energije položaja u odnosu na utjecaj gravitacijske sile. Tangencijalni su pokreti posredno prouzrokovani kretanjem kontinentata i oceanske kore. Oni boraju, izdižu sedimentni kompleks i prekidaju ciklus sedimentacije, dok radijalni pokreti, moglo bi se reći "poravnavaju" tangencijalne destrukcije, snižavaju erozijsku bazu i tako obnavljaju ciklus sedimentacije (sl.2). Zbog toga se, još prema ukupnom učinku prvi nazivaju "kontrakcijski", a drugi "ekstenzijski" tektonski pokreti. Dok kontrakcijski pokreti



Slika 2 Obnovljena sedimentacija "Monsena jedinice" (gornji doger) nakon kontrakcijske i ekstenzijske tektonske faze. Punta Križa.  
Fig. 2 Re-established sedimentation of the "Monsena -Unit" (Upper Dogger) after the contraction and extension tectonic phase. Punta Križa.

izazivaju primarne deformacije, ekstenzijski slijede kao odgovor na njihove krajnje posljedice, u komplementarnom geotektonskom ciklusu, tektonika-sedimentacija.

Glavna je pozornost, dakle, upravljena na opažanja primarnih deformacija izazvanih tangencijalnim pokretima. Optimalni, ali i nezaobilazni okvir strukturne analize tektonske faze, obuhvaća sklop bore (bilo antiforme ili sinforme) u primordijalnom položaju u slijedu naslaga. Budući da je bora izraz uznapredovanog stadija kontrakcije izazvane konkretnim stresom, ona u prvom redu očituje svoju os ("B") kao elementarni odraz orijentacije i prirode glavnog stresa. Ali također sadrži ugrađene i sve specifične disjunktivne deformacijske elemente koji su prethodili formiranju bore. Sve promjene (deformacije), od početka djelovanja kompresije, do formiranja i razgradnje bore, ostavile su svoj trag sudjelovanja, pa se u geometriji bore pojavljuju kao strukturni elementi njezine konstitucije. Svaki ovaj element (pukotinski sustav), građevni je i kinematski funkcionalni dio višeg strukturnog sklopa (bore), te po samoj svojoj prirodi, ima i stalni položaj (orijentaciju) u odnosu na boru.

Bora, pa tako i svi njezini konstituenti, nisu nastali u jednom kinematskom činu. Trajanjem djelovanja specifičnog globalnog stresa, napreduje i deformiranje koje se stupnjevito iskazuje svojim materijalnim učinkom kao kinematski stadiji deformiranja proizvedeni određenom tektonskom fazom. Svaka kinematska etapa (stadij) ugrađuje svoj neizbrisiv deformacijski trag koji se od drugih razlikuje po orijentaciji, fiziografiji, kinematskom tipu i vremenskom slijedu.

Ova analiza polazi iz prepoznatljivog okvira jedne, bilo koje, tektonske faze kontrakcije. Budući da su sve slično kondicionirane one nezavisno o vremenu pojavljivanja, proizvode identične deformacije u identičnom slijedu, onim redom kako su kinematski uvjetovane.

Pukotinski sustavi jedne tektonske faze, predstavljaju diskontinuitete približno iste mehaničke kategorije. Sličan mehanički potencijal, izraz je važnih podataka o relativnom slijedu pojavljivanja pojedinih sustava deformacija. HANCOCK (1985) ističe, da sustavi pukotina, jedni drugima predstavljaju nepremostive kohezivne "jazove", pa mlađi sustavi ne presjecaju starije pukotine, nego se na njima "zaustavljaju", uslijed čega prividno izgleda, kao da je jedna drugu presjekla i razmakla.

Sva ova osnovna polazišta, dozvoljavaju postavljanje jednog upotrebljivog modela ili paradigme otvorene za kritičku primjenu. Uobličavanje pristupa, sadrži u nekoj mjeri stalnu teorijsku i iskustvenu rekapitulaciju, pa prema tome i mogućnost provjere svake metodološke etape. Dakle, na koji način nastaje i napreduje deformacija i kako je selektivno prepoznati:

Sloj se pod pritiskom orijentiranog tangencijalnog stresa opire deformiranju razlažući globalni stres na tri komponente ( $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ) pri čemu glavni stres ( $\sigma_1$ ) ostaje paralelan s pravcem djelovanja globalnog stresa.

Prekoračenjem otpornosti materijala pod stresom, sloj se lomi i komprimira po smičnim konjugiranim pukotinama ( $h_{01}$ ) koje formiraju pukotinski sustav prvog kinematskog stadija - A (Tb. I, A).

Budući da kompresija izaziva tenziju, otvaraju se i tenzijske (zjapeće) pukotine paralelne s ravninom  $\sigma_1$  -  $\sigma_2$ . Zbog bliskog suodnosa ova dva sustava pukotina koji su posljedica identičnog pravca djelovanja sva tri stresa (Tb. I, B), obično se ne raspravlja o njihovom međusobnom vremenskom slijedu pojavljivanja. Međutim, svi istraživani primjeri ukazuju, da se tenzijske pukotine kinematskog B-stadija "zaustavljaju" na smičnim pukotinama A-stadija. Dakle, iako su oba sustava posljedica jednog kinematskog čina, ove tenzijske pukotine slijede nakon prve afirmacije smičnih pukotina. Kinematski stadij - C, donosi najupečatljiviju kontrakcijsku promjenu. Opirući se materijalnoj dezintegraciji, sloj proširuje frontu prema upornom globalnom stresu novom distribucijom sporednih stresova ( $\sigma_2$  i  $\sigma_3$ ). Posljedica je povijanje sloja i boranje koje je još popraćeno i dodatnom kompenzacijom stresa, "popuštanjem" po klivažu osne ravnine (Tb. I, C). (Tercijarnost klivaža potvrđena je njegovim zaustavljanjem na smičnim pukotinama A-stadija i na tenzijskim pukotinama B-stadija).

Ovaj strukturni događaj naznačava i promjenu ukupnih geoloških odnosa. Dominantni geološki proces postaje tektonski transport (na pravcu najslabijeg stresa -  $\sigma_3$ ) koji smjenjuje geopetalno upravljanje sedimentaciju, pa sedimentacija ili prestaje ili se zatiče u bitno izmjenjenim uvjetima.

Bora je više od samog kinematskog stadija; novi strukturni sklop obogaćen s nizom kvalitetno novih elemenata (krila, os, tjeme, dno, vergencija, indeks, itd.). Sadrži već izražene deformacije, ali također daje i okvir procjene predvidljivih deformacijskih promjena. Zbog toga je bora pravo referentno polazište za sve smjerove strukturne analize i stalno uporište za svaki "izgubljeni trag".

Napredovanje deformiranja bore pod istim globalnim stresom i istom rasporedu diferencijalnih stresova, zavisit će o stanju duktilnosti slojeva. Budući da u konkretnom primjeru pretežu debele karbonatne kompetentne naslage, bore se već pri niskom indeksu stisnutosti kidaju po novom sustavu smičnih konjugiranih pukotina, kinematskog D-stadija, uslijed čega dolazi do konjugiranja bora (Tb. I, D). (Uz određene drukčije uvjete otpora istom stresu, što nije osobina ovog područja, napredovanje deformiranja bore C-stadija iskazuje se vergencijom, a zatim kidanjem u ljusku, po jednom preferiranom kliznom sustavu sukladnom s vergencijom - stadij D<sub>1</sub>).

Kinematski stadij D je maksimalni doseg kontrakcijske deformacije ovog područja Istre. Prestankom djelovanja tangencijalnog stresa, bore se oslobađaju bočnog pritiska, pa se u granicama sačuvanog elastičneta, vraćaju ekstenzijom prema prvotnom obliku. Međutim, ovi kompetentni slojevi, brzo prekoračuju elastičnost uslijed čega se, po već "načetoj" zoni klivaža osne ravnine,

paralelno s klivažom generira sustav ekstenzijskih (relaksacijskih) pukotina kinematskog E-stadija (Tb. I, E). Ovo je prva prepoznatljiva deformacija ekstenzijske tektonske faze koja počinje prevagom sila gravitacije nad tangencijalnim stresom.

Puni smisao ekstenzijske faze deformiranja izražen je pojavom sustava gravitacijskih smičnih konjugiranih pukotina, kinematskog F-stadija u zoni paralelnoj s B-osi (Tb. I, F). Pod gravitacijskim globalnim stresom bore se "izostatski poravnavaju" - tjemena usjedaju, a dna se izdižu, pa erozija lako vrši i posljednju nivelaciju koja će omogućiti obnavljanje sedimentacije (Sl. 2).

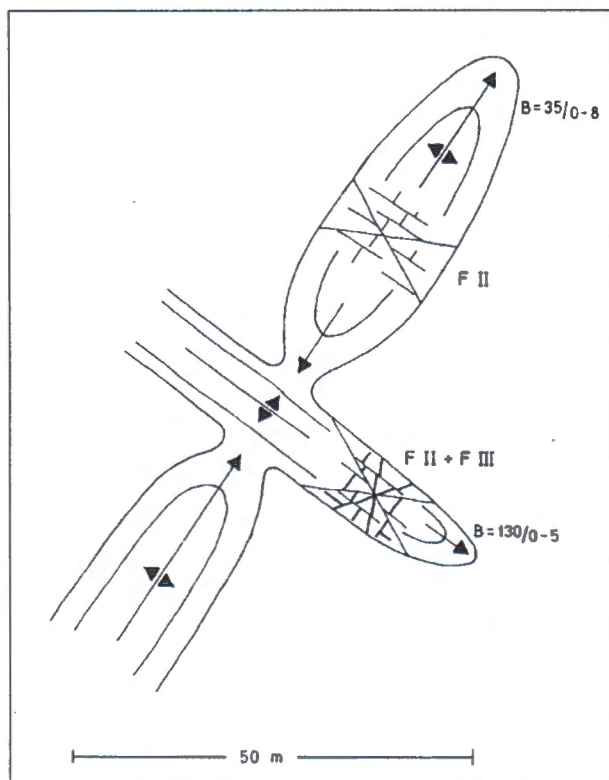
Ova kinematska paradigma, kontrakcijskih i ekstenzijskih stadija deformiranja, nije spekulativni model. U prirodi su svi ovi stadiji nezaobilazni zbog čega su stalni izvor upotrebljivih informacija, čak i onda kada neki deformacijski sustav donekle odstupa iz okvira paradigme. Atipičnosti se obično iskazuju u stupnju razvijenosti pojedinih sustava, učestalosti, dostupnosti makropodručju opažanja ili naglašene prevage pojedinih sustava, odnosno, odsustva komplementarnog sustava. Najčešći uzroci ovih odstupanja su specifični lokalni otpori globalnom stresu ili neko naglašeno stanje tropije materijala pod stresom (sastav, struktura i tekstura sedimenta).

Medusobni položaj deformacijskih sustava unutar jedne kinematske paradigme (tektonske faze) je konstantan i koherentan, pa i onda kada su savijeni preboravanjem, savijeni su homologno.

Iako je model paradigme definiran na području tjemena ili dna bora, sustavi koji ga sačinjavaju su elementi višeg strukturnog sklopa, pa su penetrativni za cijeli sklop (često decimetarske gustoće pojavljivanja). Pojave su dakle, jednako učestale i u širokom prostoru blagih krila sa subhorizontalnim naslagama, te se zbog visokog stupnja penetrativnosti, često na istom izdanku nalaze "utisnute" deformacijske paradigme različitih tektonskih faza (Sl. 4).

↳ Kao što je rečeno, u prirodi je na različite načine uvjetovan potpuni (idealni) slijed stadija deformacija kinematske paradigme jedne tektonske faze. Međutim, neovisno o stupnju materijalnog iskaza, stadiji su nezaobilazne kinematske etape u napredovanju deformacije. Stadiji su uvijek prisutni - u mjeri selektivnosti opažanja.

Nastavak je ovog izlaganja prvenstveno prilagođen prepoznavanju navedenih strukturno-tektonskih promjena na širem regionalnom planu. Zbog preglednosti su korišteni statistički podaci primjereni veličinskom području. Kao prvo; regionalna inklinacija svih osi bora ("B") kreće se od horizontalne do maksimalno 8° prema području sjeveroistoka, odnosno jugoistoka (ovisno o tektonskoj fazi boranja). Shodno tome i svi njihovi glavni kontrakcijski sustavi pukotina (stadiji A, B, C) imaju subvertikalne plohe ( $\pm 5^\circ$ ), zbog čega su i prikazani samo nepolarnim azimutom trasa. Drugo; definirane tektonske faze boranja (vidi slijedeće poglavlje), svoju su zamjetljivu deformacijsku aktivnost ostvarile isključivo



Slika 4 Shematski prikaz prebrojavanja "laramijske" strukture (F II) pod djelovanjem "pirenejske" tektonske faze (F III). Rovinj, zapadno od Zlatnog Rata.

Fig. 4 Scheme of refolding of "Laramian" structure (FII) affected by "Pyrenean" tectonic phase (FIII). Rovinj, west of Zlatni Rat.

preboravanjem, rotacijom oko "a" osi zatečenog strukturnog predcrteža ("b" osi novog boranja paralelna je s osi "a" prethodnog strukturnog sklopa). Činjenica je, da sve te promjene nisu značajnije izmijenile regionalne orijentacije starijih osi bora (Sl. 4). Dakako, na metarskom području "prijelaza" čela starije bore u krilo novonastale bore, čeka strukturnu analizu za neku drugu svrhu i temu.

### 3. TEKTONSKE FAZE

Strukturne su deformacije neposredni odraz tektonske aktivnosti. Međutim, prisutnost učinka tektonske faze na sedimentni sklop, obično je najzamjetljivija u sekundarnoj posljedici koja se očituje u nagloj promjeni sedimentacije. Ove su pojave zacrtane kao markantne geološke granice sa svojevrsnim specifičnim sedimentnim tvorevinama. Pa ipak, nezavisno o zastupljenosti i razvijenosti ovog regresivno-transgresivnog člana i njegove implikacije na geološki stup naslaga, ova pojava sama po sebi ne objašnjava svoju uvjetovanost. Dok se ne utvrde izravni uzroci, isti se događaji mogu podjednako pripisati tektonskim pokretima koliko i nekim drugim geološkim procesima.

Pouzdana procjena uzroka promjene u režimu sedimentacije, moguća je jedino u tektonskom profilu ( $\perp$  B). Za razliku od suženog dosega podataka u čelu stratigrafskog profila (II B), tektonski je profil strukturno vrlo indikativan (sl. 2). Sadrži sve eventualne posljedice tektonskih promjena: strukturne deformacije, kinematski tip tektonske faze, mogućnost odredbe faze, utjecaj na

promjenu režima sedimentacije, pa i relativno geološko vrijeme događaja.

Tektonski pokreti, po samoj svojoj prirodi, neizostavno proizvode ove specifične promjene u sedimentaciji. Međutim, nedostatak tektonskih uzroka za pojave identičnih sedimentnih tvorevina, očito traži neka druga tumačenja. Ako se, iz razumljivih razloga, isključe razmišljanja o subsidenciji, mehanizmu ritmičke sedimentacije na karbonatnoj platformi, te promjene sedimentacije uslijed seljenja organizama - grebenotvoraca, čini se, da preostaju samo nagađanja o mogućnosti utjecaja globalnih eustatičnih promjena morske razine (HAQ et al., 1987).

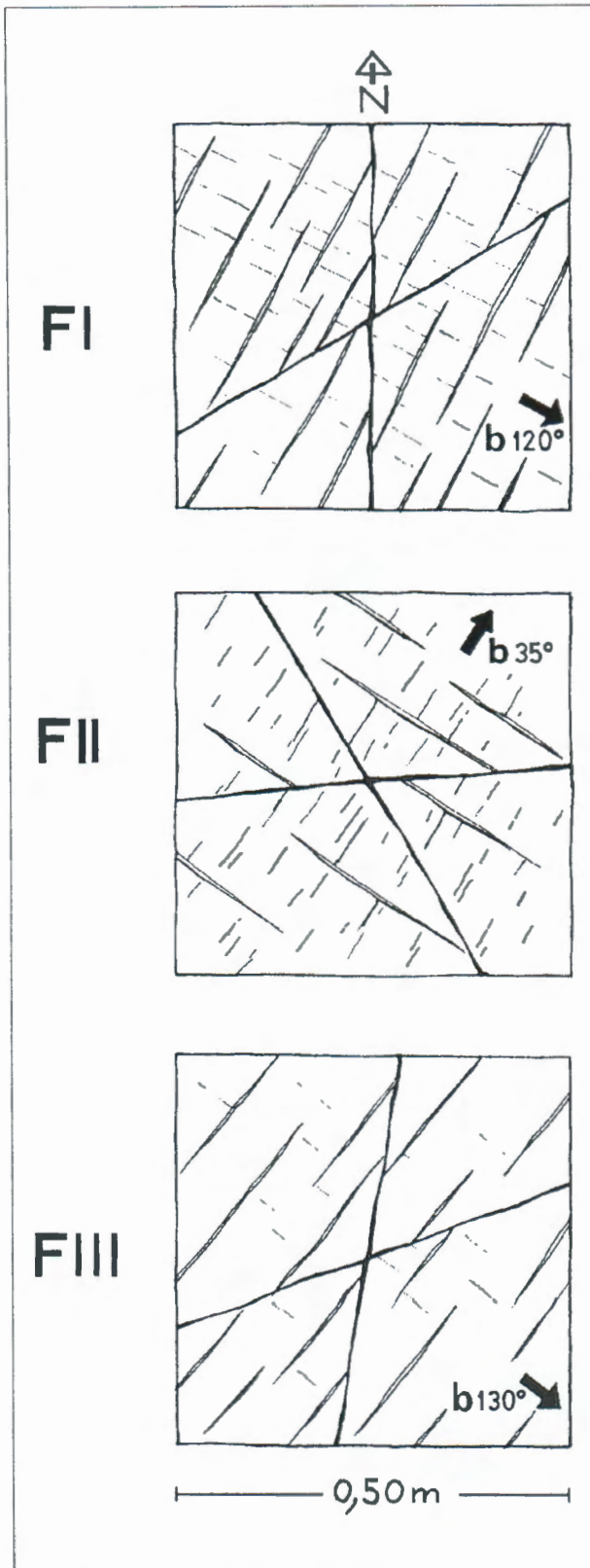
Definiranje i prepoznavanje određene tektonske faze, ustvari je povratni postupak prepoznavanje specifične kinematske paradigme. Budući da je orijentacija "B" - osi, ili u posrednom smislu "b" - osi, posljedica konkretnog, orijentiranog stresa, ona je bitna odrednica svih svojstava cijelog sustava deformacija (paradigme) i ukupne naravi upravo te tektonske faze.

Najstariji, pa i do sada neregistrirani tektonski pokreti na području Istre, izazvani su tangencijalnim stresom za vrijeme gornjeg dogera (Punta Križa, Monsena, Linski kanal). Ova je kontrakcijska tektonska faza proizvela uspravne dekameterske bore male amplitude i niskog indeksa, s osima azimuta pružanja cca  $120^\circ$ . Određuju je disjunktivni sustavi dobro razvijenih konjugiranih smičnih pukotina A-stadija, s azimutom pružanja trasa cca  $60^\circ$ , odnosno cca  $360^\circ$ , te nešto slabije zastupljeni (pojavljuju se prosječno svakih 30 cm) sustav tenzijskih pukotina B-stadija, normalan na osnu ravninu (azimuta cca  $30^\circ$ ). Klivaž osne ravnine (C-stadij) je slabo primjetljiv.

U prirodi se navedeni sustavi pojavljuju u decimetarskom području kao jedinstveni, prepoznatljivi deformacijski sklop (paradigma) i karakteristična tvorevina kontrakcijske tektonske faze (Sl. 3, F I) koja je prouzrokovala emerziju gornjodogerskih naslaga.

Prestankom djelovanja tangencijalnog stresa, u ekstenzijskoj tektonskoj fazi, paralelno s osnom ravninom nastaju relaksacijske (ekstenzijske) pukotine E-stadija. Budući da su otvorene (zjapeće), one se prve zapunjavaju finijim erodiranim materijalom ("neptunski dajkovi"). Završetak ekstenzijske faze i emerzije, naznačava pojava gravitacijskih h01 pukotina F-stadija kao posljednje uređenje sklopa i priprema obnavljanja sedimentacije (sl. 2).

Odras gornjodogerskih tektonskih pokreta na sedimentni sklop, po mnogo čemu je diskretan. Nisu proizvedeni značajniji prostorno-vremenski učinci. Možda je osnovni razlog, što se njihova aktivnost može svesti na geološki kratku vremensku epizodu unutar gornjeg dogera, tako da faza kontrakcije (boranja) i nije prouzrokovala potpunu emerziju svih gornjodogerskih naslaga. Mnogi dijelovi gornjeg dogera nisu okopnili nego su tek promijenili batimetrijski položaj u prostoru sedimentacije. Zbog toga se i regresivno-transgresivni član (vapnenačke breče) u metarskom prostoru isklinjuje



Slika 3 Sustavi pukotina i klivaža tangencijalnih (kontrakcijskih) tektonskih faza, na površinu sloja.

F I Gornjodogerska faza, F II "Laramijska" faza, F III "Pirenejska" faza.

Fig. 3 Joints and cleavage systems of tangential (contraction) phases along the bed surface.

F I Upper Dogger phase, F II "Laramian" phase, F III "Pyrenean" phase.

od 0,70 m - 0 m debljine. Tragovi slabe erozije i "neptunski dajkovi", primijetljivi su samo na tjemenu bora, a breče su nesortirane i praktički bez transporta; kao da su samo "spuznule" s tjemena u dno bora koje su često i ostale u imerziji.

Osim ovog kratkotrajnog prekida, ili bolje rečeno, kratke promjene u sedimentaciji izazvane tektonskim pokretima, kao da se nije ništa ni promijenilo u režimu sedimentacije. Boranje je zahvatilo gornjodogersku tzv. "Monsena-jedinicu" (naziv prema VELIĆ & TIŠLJAR, 1988), a ekstenzijska je faza "poravnala" bore i obnovila sedimentaciju, opet "Monsena - jedinice". Reklo bi se, po količini proizvoda jedva primjetljiv događaj, a ipak potpun i cjelovit u sadržaju svih iskaza djelovanja tektonskih pokreta na sedimentni sklop.

Zasigurno najpoznatiji i najmarkantniji prekid sedimentacije u ovom području Istre, obilježava emerzija vapnenaca tzv. "Lim - jedinice" donjeg kimeridža, s 0,20 m - 8 m debelim članom regresivno-transgresivnih breča ("rovinjske breče") s ležištima boksita, na kojima u gornjem titonu slijede vapnenci "Kirmenj - jedinice" (VELIĆ & TIŠLJAR, 1988).

Već se POLŠAK & ŠIKIĆ (1973), na neki način ograđuju od definiranja pravih uzroka ove pojave: ".....pokreti u titonu koji su uzrokovali kraću emerziju, nisu imali udjela u formiranju tektonske strukture Istre", (1963, str. 32). Jedva da se i danas može išta više reći, nego da potpuno nedostaju "t e k t o n s k e s t r u k t u r e", odnosno strukturne deformacije kao jedini relevantni odraz sudjelovanja tektonskih pokreta u užem smislu. Ako se odbace suviše spekulativna nagađanja o "konzerviranom i nepotrošenom naponu" neke starije kontrakcijske tektonske faze, koji su mogli u donjem kimeridžu "ostatkom napona" ponoviti ekstenziju i emerziju, čini se da vrijedi ponovno aktualizirati ranije spomenuti upit o mogućim globalnim eustatičnim promjenama morske razine. (Identična je pojava registrirana u cijelom prostoru krških Dinarida, na pr. Biokovo, Mosor, Dinara itd.).

Slijedeću erozijsku diskordanciju obilježavaju 0,70 m - 6 m debeli zaglinjeni brečokonglomerati s tragovima boksita. Ovaj regresivno-transgresivni član leži na plitkomorskim vapnencima gornjeg barema, donjeg apta i gornjeg apta, dok mu krovinu na cijelom prostoru izgrađuju plitkomorski vapnenci gornjeg alba (VELIĆ & TIŠLJAR, 1987). Dakle, prekid je karbonatne sedimentacije trajao od gornjeg apta do gornjeg alba. Gornji alb transgredira preko različitih starijih kronostratigrafskih jedinica (ne radi se o različitoj dubini erozije podloge) jer se taloži u izraženoj kutnoj diskordanciji, do koje je moglo doći jedino kretanjem sedimentnog sklopa koje je izazvalo promjenu položaja regionalne strukture i emerziju. Nažalost, prisutnost kutne diskordancije, od slabog je značaja za ocjenu kinematike deformiranja i naravi tektonske faze. Ostaje samo konstatacija, da su gornjoaptski prekid sedimentacije prouzrokovali "neki tektonski pokreti". Možda su čak i odraz značajnijeg događaja koji se u ovom regionalnom

okviru zamjećuje tek u sporednom strukturnom fenomenu. Na ovakva razmišljanja podstiče i široka prisutnost ove pojave na cijelom prostoru krških Dinarida (Ćićarija, Kapela, Dinara, Hvar, Biokovo, Pelješac, Mljet, zaleđe Dubrovnika, Prenj itd.).

Koncem gornje krede dolazi do poznate emerzije karbonatne platforme na cijelom prostoru krških Dinarida. Izdizanje je izazvala tzv. "laramijska tektonska faza" (STILLE, 1944) koju u Istri opisuju POLŠAK & ŠIKIĆ (1973) kao "laramijsku orogenetsku fazu".

Nezavisno u kojoj mjeri termin odgovara našim prostorima, on se udomaćio, a ovi su pokreti prepoznatljivi po vremenu aktivnosti, po deformacijama i naravi pokreta, kao i po promjenama koje su izazvali u prostoru sedimentacije. S njima počinje završetak režima sedimentacije karbonatne platforme. Po širini i intenzitetu su prisutni toliko, da u Istri određuju ukupnu orijentaciju cijele jursko-kredne strukture sa statističkim položajem B-osi SI-JZ (POLŠAK & ŠIKIĆ, 1973).

Preciznije rečeno, radi se o tektonskoj fazi koju je izazvao tangencijalni globalni stres na približnom pravcu djelovanja JI-SZ. O pravcu se globalnog stresa može zaključiti na temelju orijentacije proizvedenih "laramijskih bora". Subhorizontalne do blago nagnute osi (B), dekametarskih uspravnih bora niskog indeksa stisnutosti, imaju generalni položaj 35/0-8. Paradigmu deformacija laramijske tangencijalne tektonske faze, sačinjava sklop sustava pukotina i klivaža koji se pojavljuju u okviru decimetarske učestalosti (sl. 3, F II). Dobro je izražen konjugirani sustav subvertikalnih smičnih (h01) pukotina A-stadija s azimutom pružanja trasa cca 86°, odnosno cca 150°, te tenzijske pukotine B-stadija (normalne na osnu ravninu), učestalosti svakih cca 8 cm.

Završetkom tangencijalne kontrakcijske faze, u ekstenzijskoj fazi počinje dezintegracija laramijskih bora. Paralelno s kompresijskim klivažom osne ravnine C-stadija i paralelno s tenzijskim pukotinama B-stadija, otvaraju se duboke, dekametarske ekstenzijske pukotine metarskog zijeva (MARINČIĆ & MATIČEC, 1989). Zajedno tvore mrežu kanjona dubokog okršavanja i intenzivne erozije. Nakupljaju se boksitna ležišta, a s paleogenskom transgresijom pijesci, pa Kozina-vapnenci i miliolidni vapnenci donjeg paleogena.

Najizrazitije, pa i najpoznatije strukturno-morfološko obilježje Vanjskih Dinarida ("dinarsko" pružanje, SZ-JI), proizvedeno je u srednjem eocenu pod djelovanjem tangencijalnih tektonskih pokreta tzv. "pirenejske" tektonske faze. STILLE (1944) im daje naziv "pirenejski pokreti" i smještava ih na početak oligocena.

"Pirenejska" kontrakcija uzrokuje bitne geotektonske promjene na prostoru jedinstvene karbonatne platforme. Potpuno prestaje režim sedimentacije karbonatne platforme. Platforma prema sjeveroistoku okopnjava, a prema jugozapadu se produbljuje u kontinentski slaz (batijalna stepenica) gdje počinje u srednjem eocenu sedimentacija fliša (MARINČIĆ, 1981). Današnji se relikti ove prve dezintegracije platforme, razlikuju kao dvije različite geotektonske cjeline - krški

Dinaridi i Jadranska platforma.

Deformacijska paradigma "pirenejske" tektonske faze, tvorevina je kontrakcije koju je izazvao globalni tangencijalni stres na pravcu djelovanja jugozapad - sjeveroistok. Sačinjavaju je bore s blago nagnutim osima generalnog položaja 130/0-5, odnosno "b" - os sklopa azimuta trase cca 130° (sl. 3, F III). Dobro je izražen (metarske gustoće pojavljivanja) konjugirani sustav smičnih pukotina (h01) A - stadija s azimutom trasa cca 10°, odnosno cca 70°. Tenzijske pukotine B - stadija (normalne na os "B") sa azimutom trasa cca 40°, decimetarske su učestalosti, dok je klivaž osne ravnine (C - stadij) slabo razvijen.

U Istri (izuzev sjeveroistočnog prostora od poteza Labin - Učka - Ćićarija) "pirenejsko" boranje ima neočekivano podređeni učinak na ukupan strukturni sklop. Bore su slabo izražene, dekametarske, malih amplituda i, za razliku od cijelog prostora krških Dinarida, nisu reversno kretane (nemaju razvijen  $D_1$  - stadij), pa ne izgrađuju ni ljske. Također iskazuju jedno neuobičajeno svojstvo za "pirenejske" bore krških Dinarida - blagu vergenciju (10°) prema sjeveroistoku, kao i konjugiranje već formiranih bora po sustavu smičnih (h01) pukotina D - stadija.

#### 4. DISKUSIJA

Geotektonski položaj Istre danas interpretiraju dvije, najčešće korištene geotektonske koncepcije Dinarida: DIMITRIJEVIĆ (1982), svrstava jugozapadnu Istru u tzv. "Jadransko-jonski pojas", zajedno sa srednje i južnodalmatinskim otocima i "splitskim fliškim sinklinorijem". Na sličan način HERAK (1986), jugozapadnu i centralnu Istru uvrštava u tzv. "Adrijatik", zajedno sa otocima i cijelom istočnom obalom Jadrana. Pokazat će se, da su obje sheme ipak samo konstrukcije, najbliže geografskim pojasevima.

Za razliku od ostalog dijela krških Dinarida, zapadna i srednja Istra ne iskazuje tako visoki stupanj strukturne poremećenosti. Kao da su sve tektonske faze koje su sudjelovale u njezinom strukturnom oblikovanju, djelovale podjednako i s manjim intenzitetom nego što je to slučaj s njihovim najbližim sjeveroistočnim prostorom krških Dinarida. Sve strukturne deformacije, svake kontrakcijske faze, koegzistiraju doslovno jedna do druge; mlađe se ugrađuju u starije, djelomičnim preboravanjem starijih struktura, ne brišući do kraja njihove autentične forme. Tek je stanovita mala prevaga u intenzitetu sudjelovanja kontrakcijske tektonske faze koncem gornje krede ("laramijska" faza), odredila sumarnu geometriju regionalne strukture kao brahiantiklinalu sa statističkim položajem "B" osi cca 35/5.

Posebno zanimljivo strukturno obilježje ovog prostora su ranije spomenute vergencije "pirenejskih" bora prema sjeveroistoku, što je za cijele krške Dinaride potpuno atipično svojstvo. Naime, u srednjem eocenu (početkom taloženja fliša) cijela je integralna karbonatna platforma zahvaćena istim "pirenejskim" globalnim

stresom koji je proizveo i identičnu kinematsku paradigmu deformacija na cijelom prostoru platforme. Geometrijske, odnosno kinematske razlike, pojavljuju se tek u naprednijem stadiju deformiranja ( $D - D_1$ ) izražene u zrcalnoj simetriji vergencija između područja krških Dinarida (Labin - Učka - Čičarija) i centralne i zapadne Istre. budući da su obje vergencije, kao što je rečeno, tvorevine istih "pirenejskih" pokreta i istovremene, ova se kinematska razlika nije mogla ostvariti niti u približnom prostornom položaju kojeg Istra zauzima danas. Istra se očito, za vrijeme djelovanja "pirenejskih" tektonskih pokreta nalazila negdje drugdje, dovoljno daleko, gdje su vladali drugačiji kinematski uvjeti koji su se odrazili u suprotnoj i neuporedivo blažoj vergenciji bez stadija ljuskanja ( $D_1$ ).

Za sada se na prostoru centralne i zapadne Istre ne mogu identificirati neposredni strukturni elementi mlađih tektonskih pokreta koji su mogli Istru sa sjeveroistočnim "pirenejskim" vergencijama toliko približiti prostorima izrazite jugozapadne "pirenejske" vergencije bora i ljusaka. U svakom slučaju, ova se kretanja jedino mogu pripisati postpaleogenskim pokretima, odnosno tzv. "neotektonskim" tangencijalnim pokretima (neogen - kvartar) s globalnim stresom na pravcu jug - sjever. Pod ovim se pokretima "Jadranska platforma" kreće prema sjeveru i podvlači se istočnim i sjeveroistočnim bokom pod krške Dinaride (PRELOGOVIĆ & KRANJEC, 1983), a također se dezintegrira na tri dijela: južnojadranski, srednojadranski i sjeverojadranski segment (ALJINOVIĆ, 1984).

Geofizičkim je istraživanjima utvrđeno (ALJINOVIĆ, 1984) da se na području zapadne Istre vidno smanjuje dubina Moho - diskontinuiteta, pa i debljina kompleksa karbonatnih naslaga (tzv. "trijaska granica") koja iznosi tek 2000 m. Istovremeno, najbliža područja krških Dinarida imaju uslijed podvlačenja Jadranske platforme, tektonski multipliciran (ljuske i navlake) preko 10.000 m debeli karbonatni kompleks.

Može se dakle reći, da i ovi podaci u potpunosti podupiru zaključak da je Istra dio okopnenog sjevernog segmenta "Jadranske platforme" koji je potiskivan prema sjeveru podvlačeći se pod krške Dinaride na liniji Labin - Učka - Čičarija - Trst (sl. 1).

Pitanje postojanja eventualne "neotektonske" horizontalne rotacije Istre u odnosu na krške Dinaride

(rotacija oko osi "c") kao i njezinog smjera i veličine, lako će se utvrditi kada se definiraju deformacijske paradigme "laramijske" i "pirenejske" tektonske faze Učke i Čičarije i usporede s orijentacijama odgovarajućih paradigma Istre.

## 5. LITERATURA

- ALJINOVIĆ, B. (1984): Najdublji seizmički horizonti sjeveroistočnog Jadrana. - Disertacija. Prir.-mat.fak., 1-265, Zagreb.
- DIMITRIJEVIĆ, M. (1982): Dinaridi - jedan pogled na tektoniku. - Vesnik geol. geofiz. istraž., 40, A, 113-147, Beograd.
- HANCOCK, P.L. (1985): Brittle microtectonics: Principles and practice. - Journal of structural geology, 7, 3/4, 437-457, Oxford.
- HAQ, B.U., HARDENBOL, J. & VAIL, P.R. (1987): Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. - Science, 235, 1156-1167.
- HERAK, M. (1986): A new concept of geotectonics of the Dinarides.- Acta geol. 53, 16/1,1-42, JAZU, Zagreb.
- MARINČIĆ, S. (1981): Eocenski fliš Jadranskog pojasa. - Geol. vjesnik, 34, 27-38, Zagreb.
- MARINČIĆ, S. & MATIČEC, D. (1989): Kolapsne strukture u boksitnim jamama Istre. - Geol. vjesnik 42, 121-131, Zagreb.
- POLŠAK, A. & ŠIKIĆ, D. (1973): Tumač Osnovne geološke karte SRFJ, 1:100.000, list Rovinj, (L 33-100).- Institut za geol istraž., Zagreb, Savez.geol. zavod, Beograd.
- PRELOGOVIĆ, E. & KRANJEC, V. (1983): Geološki razvitak područja Jadranskog mora. - Pomorski zbornik, 21, 387-405, Rijeka.
- STILLE, H. (1944): The geotectonic subdivisions of earth history. Akademie der Wissenschaften, Berlin.
- VELIĆ, I. & TIŠLJAR, J. (1987): Biostratigrafske i sedimentološke značajke donje krede otoka Veli Brijun i usporedbe s odgovarajućim naslagama jugozapadne Istre. - Geol. vjesnik, 40, 149-168, Zagreb.
- VELIĆ, I. & TIŠLJAR, J. (1988): Litostratigrafske jedinice u dogeru i malmu zapadne Istre.- Geol. vjesnik, 41, 25-49, Zagreb.

## TECTONICS AND KINEMATIC OF DEFORMATIONS - AN ISTRIAN MODEL

S. Marinčić and D. Matičec

This paper covers the area of the central and the south-western Istria containing carbonate platform beds, from the Upper Dogger to the beginning of the paleogene sedimentation (Fig. 1).

The contraction movements cause primary deformations and the extension movements follow as an answer to their ultimate effects, within a complementary geotectonic cycle: tectonics sedimentation.

The major attention is therefore paid to the observation of primary deformations caused by tangential movements. The optimal, but not unavoidable framework for the tectonic phase's structural analysis is therefore presented by the fold fabric (be it antiform or synform) in its primordial position within the succession of beds. As the fold is an expression of the well progressed state of contraction, indicated by the concrete stress, in the first instance it manifests its axis ("B") as an elementary reflection of the orientation and nature of the main stress. But it also contains all built-in disjunction and deformation elements preceding the fold formation. All the changes, since the beginning of the compression up to the forming and disjunction of the fold, have left their traces of presence and in the fold geometry they occur as structural elements of its constitution. Each of these elements (joint system) is a constructional and kinematic functional part of the higher structural fabric (the fold) and, by its very nature, it holds a permanent position (orientation) in relation to the fold.

The fold and thus all its constituents have not come into being within a single kinematic act. During the action of the specific global stress, the deformation also progresses, which is gradually displayed by its material effects as kinematic stages of deformation, produced by relevant kinematic phase. Each kinematic step contributes to its indelible deformation trace, distinguishable from the others by its orientation, physiography, kinematic type and temporal succession.

This analysis originates from the recognizable framework of one, whichever one, tectonic contraction phase. Since all of them are similarly conditioned, they, regardless of the time of occurrence, produce identical deformations, in identical succession, in the sequence kinematically conditioned. The joint systems of a tectonic phase make a discontinuity of approximately the same mechanical category. The similar mechanical potential presents an expression of important data on relative succession of appearance of particular deformation systems. HANCOCK (1985) points out that joint systems represent insurmountable "gap" to each other, so that younger systems do not intersect older joints, but rather "stop" at them, giving therefore illusion of the one cutting the other and pushing it asunder. What is the origin of a deformation and its progression and how it can be

recognized in a selective way?

The bed under the pressure of an oriented and tangential stress resists the deformation, resolving the global stress into three components ( $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ), whereby the main stress ( $\sigma_1$ ) remains parallel with the impact direction of the global stress.

With overstepping the resilience of the material under stress, the bed breaks and compresses along the conjugated shear joints (h 01), thus forming a joint system of the first kinematic stage - A (Tab. I, A). As the compression at the same time initiates the tension, the tension (gaping) joints also open parallelly with the plane  $\sigma_1 - \sigma_2$ . Due to the close correlation between the two joint systems which are an effect of the identical impact direction of all three stresses (Tab. I, B), their mutual succession of appearance in time is usually not discussed. All the research, however, points to the fact that tension joints of the kinematic B-stage "stop" at shear joints of the A-stage. Although both systems are the result of a single kinematic act, these tension joints follow the first affirmation of shear joints.

The kinematic stage C introduces the most impressive contraction change. Resisting the material disintegration, the bed widens its front towards the persistent global stress by a new distribution of secondary stresses ( $\sigma_2, \sigma_3$ ). The effect is an inflexion of the bed and its folding, which is also accompanied by the additional stress compensation, "yielding" along the compression cleavage of the axial plane (Tab. I, C). (The cleavage tertiaryity is confirmed by its stopping at the A-stage shear joints, as well as at the B-stage tension joints).

This structural event also denotes the change of total geological relations. The predominant geological process now becomes the tectonic transport (along the direction of the lowest stress -  $\sigma_3$ ), which replaces the geopetally directed sedimentation, so the sedimentation either stops or finds itself in essentially changed conditions.

The fold is more than the kinematic stage itself, i.e. a new structural fabric, enriched with a series of significantly new elements (limbs, axis, crest, trough, vergence, index, etc.). It embodies the already manifested deformations but at the same time it also provides a framework for assessment of predictable deformation changes. For this reason the fold is a proper datum point for all courses of structural analysis and a steady footing for every "lost trace".

The fold deformation progress under the same global stress and the same disposition of differential stresses will depend on the state of ductility of beds. As in this particular case thick carbonate competent beds prevail, already at a low index of compression folds



break along the new system of shear conjugated joints of the kinematic D-stage, making thus deformations of the conjugated folds (Tab. I,D). (Under certain different conditions of resistance to the same stress, which is not characteristic in this area, the C-stage fold deformation progress manifests itself in vergence, followed by breaking up into a shell, along a preferred shear system, congruent with the vergence - stage D1).

The kinematic stage D is the maximum extent of contraction deformation in this area of Istria. With the discontinuance of tangential stress impact, folds become free of the side pressure, and, within limits of the preserved elasticity, they return into the initial shape by extension. However, these competent beds soon overstep the elasticity and this is the cause which, along with the already "cut into" axial plane compression cleavage zone, parallelly with the cleavage, generates system of extension (relaxation) joints of the kinematic E-stage (Tab. I,E). This is the first recognizable deformation of the extension tectonic phase, which begins by the prevalence of gravitation over the tangential stress.

The full meaning of the extension deformation phase is expressed by the appearance of a system of gravitational shear conjugated joints of the kinematic F-stage within the zone parallel with the B-axis (Tab. I,F). Under the gravitational global stress the folds "isostatically straighten out" - their crests sinking and troughs lifting, so that the erosion easily performs the last levelin, enabling thus the re-establishment of sedimentation (Fig. 2).

All these stages are unavoidable in Nature, making them therefore a permanent source of usable information, even in cases when some deformation system departs, to some extent, from the paradigm framework. Atypicalities usually manifested themselves in the degree of development of singular systems, frequency, accesibility of the observed macro-area, as well as the marked prevalence of certain systems, or the absence of a complementary system. Most common causes of these exeptions are specific local resistances against the global stress or the same accentuated state of material's tropfism under the stress (composition, structure and sediment texture).

The inter-position of deformation systems within a single kinematic paradigm (tectonic phase) is constant and coherent, and even when inflected by overfolding, they are done so homologously.

As all fold axes, in all phases of this area, are generally slightly inclined, consequently all major contraction joint systems (stages A, B, C) have subvertical surfaces. They are therefore shown only by the route projection along the bed surface or by their azimuth (Fig. 3).

Structural deformations are a direct reflection of tectonic activity. The presence of the tectonic phase's impact upon the sediment fabric is however usually most distinguished in the secondary effect which manifests itself in a sudden change of sedimentation. These phenomena are drawn in as distinctive geological

boundaries with specific sediment formations of their own.

The definition and recognition of a certain tectonic phase is in fact a "feed-back" process of recognition of the specific kinematic paradigm. As the orientation of the "B"-axis is a consequence of the concrete stress, it represents an essential reference to all characteristics of the whole deformation system (paradigm), and to the entire nature of the very tectonic phase.

The oldest tectonic movements have been incited by the tangential stress during the Upper Dogger (Punta Križa, Monsena, Limski kanal). This contraction tectonic phase created upright dekametric folds of small amplitude and low index with subhorizontal axes of regional azimuth of strike appr. 120°. It is determined by disjunctive systems of well developed conjugated shear A-stage joints, with route striking azimuths of 60° and 360°, as well as by the somewhat scarcer represented (appearing appr. every 30 cm) system of tension B-stage system, normal to the axial plane (azimuth appr. 30°). The compression cleavage of the axial plane (C-stage) is hardly noticeable.

In Nature, these systems appear within a decimetre range as a recognizable deformation fabric (paradigm), being a characteristic product of the contraction tectonic phase (Fig. 3, I) which caused the emersion of the Upper Dogger beds.

When the tangential stress ceased to take effect during the extension tectonic phase, relaxation (extension) E-stage ruptures, parallel to the axial plane, are formed. Since they are open (gaping), they are the first to be filled up with the finer eroded material ("Neptunic dykes"). The end of the extension phase and the emersion signifies the appearance of gravitational h01 joints of F-stage, as the last arrangement of the fabric and a preparatory stage to re-establishment of the sedimentation (Fig.2).

The reflection of Upper Dogger tectonic movements upon the sediment fabric is, in its many aspects, discreet. No space-time effects of greater significance were created. Perhaps the basic reason is that their activity may be deduced from a geologically short time episode within the Upper Dogger, so that the contraction (folding) phase in fact did not cause a total emersion of all Upper Dogger beds. Many parts of the Upper Dogger did not thaw but merely changed their bathymetric position within the sedimentation space. This is also the reason why the regressive-transgressive member (lime breccias) wedge out in the metric range 0.70 m-0 m thick. Traces of weak erosion and "Neptunic dykes" can be noticed only on the fold crests and breccias are ungraded and practically without transport, as if they simply "slipped down" from crests and into the fold troughs which had also often been left in the immersion.

Apart from this short interruption, or rather, a short change in the sedimentation, it appears as if nothing whatever had changed in the sedimentation regime. Folding affected the Upper Dogger, the so called

"Monsena-Unit" (named after VELIĆ & TIŠLJAR, 1988), while the extension phase had "straightened out" folds and re-established the sedimentation, once again of the Monsena Unit. One could say that, according to the quantity of material, it might seem a hardly detectable event, but still complete and wholesome by containing all manifestations of the tectonic movement impact upon the sediment fabric.

Certainly, the most distinguished interruption of the sedimentation, within the area of Istria, is marked by the emersion of limestones from the so called "Lim-Unit" from Lower Kimmeridge, with a 0.20 m - 8 m thick member of regressive-transgressive breccias (the Rovinj Breccias), comprising bauxite beds, which, in the Upper Tithonian, arc followed by limestones of the "Kirmenj-Unit" (VELIĆ & TIŠLJAR, 1988). POLŠAK & ŠIKIĆ have in a certain way distanced themselves from defining the real cause of this phenomenon: "...movements in Tithonian, causing a shorter emersion, did not take part in forming the tectonic structure of Istria", (1973, p. 32). There is hardly anything else to say today but that these structural deformations are entirely missing, i.e. the structural deformations are the only evidence of tectonic movements involvement in creation of the interruption of sedimentation. Therefore, it seems worthwhile actualizing the already mentioned query on possible global eustatic changes of the sea level (an identical phenomenon has been noted throughout area of the Karst Dinarides, e.g., Biokovo, Mosor, Dinara, etc.).

The following discordancy in erosion is distinguished by the 0.70 m - 6 m thick clayey breccia conglomerates with traces of bauxite. This regressive-transgressive member lies upon the shallow sea Upper Barremian, Lower Aptian and Upper Aptian limestones, while its hanging wall is within entire space built of the shallow sea Upper Albian limestones (VELIĆ & TIŠLJAR, 1987). Consequently, the interruption of carbonate sedimentation lasted from the Upper Aptian to the Upper Albian. The Upper Albian transgresses over various older chronostratigraphical units (not being the matter of different erosion depths of the base), because it settles in a marked angular discordancy which could be brought about only by the movement of sediment fabric, causing thereby the change in the position of regional structure and the emersion. The presence of angular discordancy is unfortunately of minor significance in assessing the deformation kinematics and the nature of tectonic phase. One is left with nothing else but a conclusion that the Upper Aptian interruption in sedimentation had been caused by "certain tectonic movements". They may well be even the reflection of a more significant event, which, within this regional framework, can be noticed only in a secondary structural phenomenon. Such deliberations are further instigated by the wide occurrence of this phenomenon over the entire area of the Karst Dinarides (Ćićarija, Kapela, Dinara, Hvar, Biokovo, Pelješac, Mljet, the Dubrovnik hinterland, Prenj, etc.).

At the end of Upper Cretaceous the well known emersion of carbonate platform occurs throughout the whole area of karstic Dinarics. The lifting has been incited by the so called "Laramian Tectonic Phase" (STILLE, 1944), which has been in Istria described by POLŠAK & ŠIKIĆ (1973) as the "Laramian Orogenetic Phase".

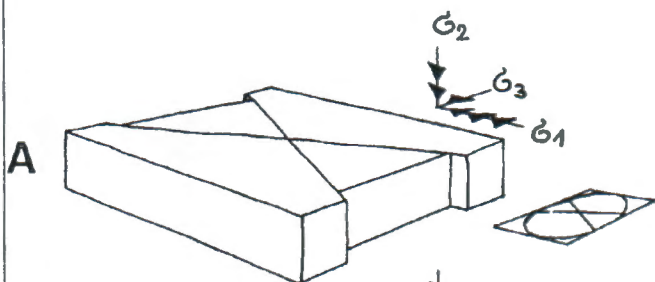
Notwithstanding the suitability of the term for our parts, these movements are recognizable by the time of activity, deformations and the nature of movements, as well as by changes they brought about in the sedimentation area. The end of the carbonate platform sedimentation regime starts with them. By their width and intensity, they are present to such extent that the entire orientation of jurassic-cretaceous structure with the NE-SW statistical position of B-axis in Istria has been determined by them (POLŠAK & ŠIKIĆ, 1973). It is a question of the tectonic phase provoked by the tangential global stress along the approximate impact direction of NW-SE. The global stress direction can be deduced on the basis of the orientation of created "Laramian Folds". Slightly inclined axes (B), with dekametric upright folds have the general position of 35/0-8. The deformation paradigma of the Laramian tangential tectonic phase is made by fabric of joint systems and cleavages which appear within the range of dekametric incidence (Fig. 3, FII). The conjugated system of subvertical shear (h 01) A-stage joints, with the route striking azimuths of appr. 86° and appr. 150° is well distinguished, as well as the B-stage tension joints (normal to the axial plane) with the incidence of appr. every 8 cm.

By the end of the tangential contraction phase, disintegration of Laramian folds begins in the extension phase. Parallely with the C-stage axial plane cleavage and parallely with the B-stage tension joints, deep, dekametric extension joint of the metric-sized gape open (MARINČIĆ & MATIČEC, 1989). Together they form a network of deeply karstified and intensely eroded canyons. Here bauxite layers have amassed then, by the paleogene transgression, sands and after them Kosinian and Milliolid limestone of the Lower Paleogene.

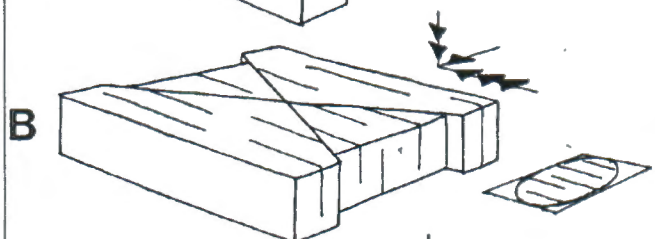
The most significant and also the widest known structural-morphological characteristic of the Karst Dinarides ("Dinaric Strike") came into being in the Middle Eocene accompanied by the flysch sedimentation and under action of the so called Pyreneean tangential tectonic phase. In Istria, however (excluding the north-eastern Istria - Labin, Učka, Ćićarija) the Pyreneean folding has an unexpectedly inferior effect upon the entire structural fabric. Folds are poorly distinguished, dekametric and of small amplitudes. They were not reversely moved (they did not develop D1-stage) and they did not build shells. They also regularly show an uncommon characteristic for Pyreneean folds of the Karst Dinarides a mild vergence (10°) northeastwards, as well as the conjugation of folds along the D-stage slip (h01) ruptures.

The deformation paradigma of the Pyreneean tangential-

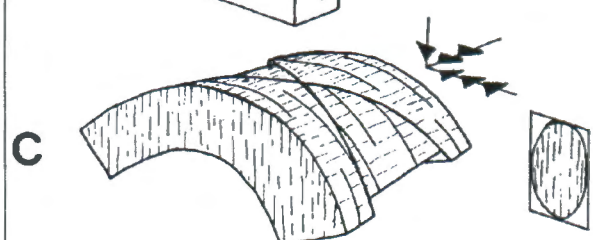
KINEMATSKI STADIJI KONTRAKCIJSKE TEKTONSKE FAZE  
 KINEMATIC STAGES OF THE CONTRACTION TECTONIC PHASE



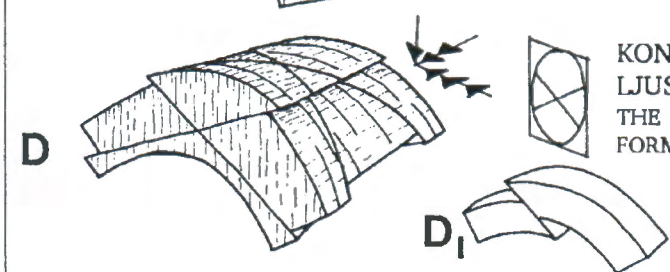
SMIČNE (h01) PUKOTINE  
 SHEAR (h01) JOINTS



TENZIJSKE PUKOTINE  
 TENSION JOINTS

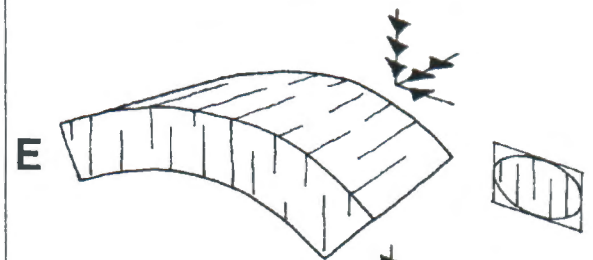


KLIVAŽ OSNE RAVNINE  
 THE AXIAL PLANE CLEAVAGE

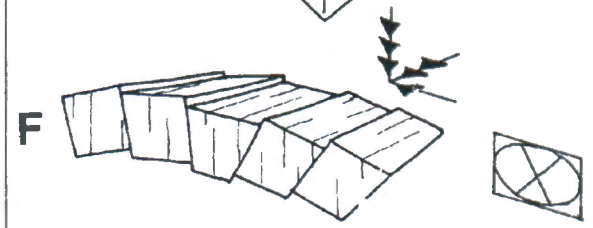


KONJUGIRANJE BORE (D) ILI FORMIRANE  
 LJUSKE PO DOMINATNOM h01 SUSTAVU (D<sub>1</sub>)  
 THE FOLD CONJUGATION (D), THE SHELL  
 FORMATION UPON THE PREDOMINANT h01 SYSTEM (D<sub>1</sub>)

KINEMATSKI STADIJI EKSTENZIJSKE TEKTONSKE FAZE  
 KINEMATIC STAGES OF THE EXTENSION TECTONIC PHASE



EKSTENZIJSKE PUKOTINE  
 EXTENSION JOINTS



GRAVITECIJSKE SMIČNE (h01) PUKOTINE  
 GRAVITATIONAL SHEAR (h01) JOINTS

al phase is regionally illustrated by the slightly inclined "B" axis, appr. 130/0-5 (Fig. 3, F III). The conjugated A-stage shear joints system is well distinguished (metric density of incidence), having the route striking azimuths appr. 10° and appr. 70°. Decimetrically occurring B-stage tension joints (normal onto the "b"-axis) have the strike azimuth of appr. 40°, while the axial plane cleavage (C-stage) is poorly developed.

Special structural characteristics of this area are vergences of Pyreneean folds towards NE, which is an absolutely atypical feature for the rest of the Karst Dinarides area.

The Karst Dinarides, together with Istria, are affected by the same oriented Pyreneean global stress, thus having a coinciding deformation paradigm. Mutual differences are manifested only in a more advanced

kinematic stage (D-D1), expressed in the mirror symmetry of vergences. This geometrical, namely, kinematic difference could not come into being in the present areal position. During the period of Pyreneean tectonic movements Istria was obviously situated somewhere else, far enough, where different kinematic conditions were taking place and which were manifested in the northeastern vergences of the "Pyreneean" folds.

Their today's close touch with the southwestern "Pyreneean" vergences of the karstic Dinarides (Labin - Učka - Čičarija) comes as the consequence of the "Neotectonic" movements (Neogene-Quaternary). The global "Neotectonic" stress acting southnorthwards pushing the "Adriatic platform" which slides, under the Karst Dinarides. The zone Labin - Učka - Čičarija - Trieste (Fig. 1) marks the line of this confrontation.