

GEOLOŠKI ODNOSI SJEVERNOG DIJELA LEŽIŠTA  
LIGNITA KREKA (TUZLANSKI BASEN)

S 2 priloga (2 profila i 1 karta)

Razjašnjenjem prostornog položaja ugljenih slojeva te pratećih naslaga, kao i detaljnih litoloških i tektonskih odnosa unutar sjevernog dijela ležišta, data je osnova za tačno određivanje rezervi ugljena i posebno za radove na sistematskom odvodnjavanju vodonosnih krekan-  
skih pijesaka. Utvrđen je transgresivni karakter srednjih dijelova panona na cijelome području i novi strukturni odnosi na zapadnom dijelu ležišta, kao i pronađena nova nalazišta rijetkih valencijenijida.

SADRŽAJ:

UVOD . . . . .	89
HIDROGRAFSKI I GEOMORFOLOŠKI OPIS . . . . .	90
PREGLED DOSADAŠNJIH GEOLOŠKIH RADOVA . . . . .	91
STRATIGRAFIJA . . . . .	92
Torton - M <sub>2</sub> <sup>2</sup> . . . . .	92
Sarmat (donji) - M <sub>3</sub> <sup>1</sup> . . . . .	93
Panon - M <sub>3</sub> <sup>pn</sup> . . . . .	95
Pont - Pl <sub>1</sub> . . . . .	97
Paludinski slojevi (?) - Pl <sub>2</sub> ? . . . . .	101
Pleistocen - Q <sub>1</sub> . . . . .	101
Holocen - Q <sub>2</sub> . . . . .	102
TEKTONIKA . . . . .	103
ZAKLJUČAK . . . . .	105
LITERATURA . . . . .	106

UVOD

Autori su tokom 1958-60 g. izradili detaljne geološke karte sjevernog dijela ležišta na topografskoj podlozi 1 : 10.000. Rezultati su prikazani i na kartama manjih mjerila - 1 : 25.000, 1 : 50.000. Obuhvaćeno je područje Sjeverne i Zapadne sinklinale s antiklinalom Ravna Trešnja, te dio Južne sinklinale, koji leži sjeverno od rijeke Jale. Površina iznosi 109 km<sup>2</sup>. Radovi su izvođeni da bi se dobio konačni pregled prostiranja ugljenih slojeva, te razvoja naslaga unutar kojih oni leže, potrebnog za projektiranje najpovoljnijeg načina odvodnjavanja rudnika Kreka.

Naročito je pažnja posvećena razvoju klastičnih sedimenata u direktnoj podini ugljenih slojeva. Oni zbog zasićenosti vodom ometaju eksploataciju ugljena, povećavajući teškoće s dubinom (prodori vode sa

pijeskom pod pritiskom). Zbog sigurnosti ostavljane su do 5 m debele »stijene« ugljena kako bi se spriječilo te nenadane i opasne provale. Uprkos toga prodori su se događali bez mogućnosti dobre sanacije i odvodnjavanja, koje je vršeno stihijski. Tako su velike količine ugljena ostale neotkopane (i do 50%), a eksploatacija poskupljivala. Zbog navedenih razloga nametala se potreba za planiranim i sistematskim odvodnjavanjem, pri čemu su uzimane u obzir sveukupne količine pijesaka ispod donja tri ugljena sloja (S. Ž i v k o v i ć, 1955). Kako se radi o ogromnim količinama (30–150 m debljine pod svakim slojem), to se prema dotadašnjim saznanjima nije moglo računati na veće zahvate, ili bi oni bili preskupi.

Na terenskim radovima kao i obradi dijela ležišta između Lukavca i Bukinja, te područja rudnika Lipnica učestvovao je uz drugog autora A. Š a r i n. Zahvaljujemo mu na nekim podacima i rezultatima koji su korišteni u ovome radu. Isto tako dr V. K r a n j e c u zahvaljujemo na poticaju i diskusijama, a dr V. K o c h a n s k y - D e v i d é i V. A m š e l na paleontološkim odredbama faune.

#### HIDROGRAFSKI I GEOMORFOLOŠKI OPIS

Hidrografska mreža je asimetrična – jednostrana, jer se teren blago spušta od sjevera prema jugu u širokoj zoni potočnih dolina i kosa, završavajući u dolini rijeke Jale. Južni pritoci Jale suprotno tome kratkih su i strmih dolina. Isto tako potoci s područja antiklinale Ravna Trešnja gravitiraju na jug prema jugozapadnom rubu Tuzlanskog basena u rijeku Spreču. Najviše kote nalaze se na sjeveru (480–500 m), a najniže na jugozapadu (170–200 m).

Na području ugljenog ležišta nalazi se mnoštvo slabih, često povremenih izvora vezanih za pješćane sedimente, pleistocenske terase i rijetko »gorjetine« (Brand). Silaznog su i prelivnog tipa i pripadaju većem broju vodonosnih horizonata. Na području rudarskih radova mnogi su presušili, ili im je osjetno smanjen kapacitet. Pored toga ima par arteških (RT–2, G–4), te subarteških bušotina (G–85 i dr.).

Geomorfološkim promatranjima došlo se do vrijednih rezultata za upoznavanje geološke građe ležišta ugljena, jer su oblici reljefa i hidrografija u najužoj vezi s litološkim sastavom terena i njegovom tektonikom.

Posljedice denudacije i erozije veoma se dobro mogu opažati u panonskim, a naročito u pontskim naslagama. Teren izgrađuju dvije vrste sedimentata s karakteristikama sasvim različitim prema kompleksnim faktorima, koji uvjetuju reljef. To su pijesci s nešto šljunaka, te čiste i laporovite gline. Oblici u pijescima su veoma izraziti – duboke vododerine i guduraste doline sa čestim ogolinama i strmim odronima. U glinama su blago zaobljene forme – široke doline sa prirodnim klizištima. Pored ovih postoje svi mogući prelazi i kombinacije reljefnih formi. Posebno, pleistocenske terase su zaravnjene s blagim nagibima površina,

ali strmim rubovima prema rijeci Jali i njenim pritocima. Na područjima rudarskih radova česta su ulegnuća (pinge) i klizišta, nastala kao posljedica narušavanja prirodnih uslova stabilnosti terena.

Obzirom na razvedenost reljefa mogu se uočiti tri različita područja:

1. jezgra Sjeverne sinklinale u sedimentima iznad I krovnog ugljenog sloja s blago zaobljenim humcima, te plitkim i širokim dolinama uglavnom bez stalnih vodotoka, ali s čestim klizištima,

2. područje između donja tri ugljena sloja gdje se izmjenjuju pijesci s glinama, pa se paralelno s pružanjem slojeva jasno vidi izmjena širokih, ali topografski jako razvedenih pojaseva, s užim pojasevima blago zaobljenih formi.

3. područje rubnih dijelova ležišta (jezgre antiklinala Bistarac-Lukavac i Ravna Trešnja). Reljef je jako razveden s dubokim i strmim potočnim dolinama, u kojima ima dosta vode.

Područje sjeveroistočnog ruba ležišta izgledom se nalazi na prelazu između prvog i trećeg područja.

#### PREGLED DOSADAŠNJIH GEOLOŠKIH RADOVA

Prvu preglednu geološku kartu objavio je F. K a t z e r (1910) u mjerilu 1 : 200.000. Još prije izradio je detaljnu manuskriptnu kartu 1 : 75.000 (1899, 1909), gdje u više profila prikazuje izdanke ugljenih slojeva i utvrđuje sinklinalnu formu kao osnovni oblik ležišta. H. E n g e l h a r d t (1901, 1903) detaljno je obradio biljne ostatke iz rudnika Kreka. U uvodu najvećeg Engelhardt-ovog opisa flore (1903) F. K a t z e r dijeli ugljenonosne naslage na donje i gornje kongerijske, dok u sredinu stavlja glavni ugljeni sloj. U najvažnijem radu o ležištima ugljena u Bosni F. K a t z e r (1921) dao je prilično detaljan opis ležišta i razvoja sedimenata u njemu, kojima određuje pliocensku starost (pont). Na sjeveroistočnom rubu od Orašja do Lipnice, tvrdi spomenuti autor, pliocen i sarmat su sličnih litoloških osobina i konkordantni, ali se paleontološki oštro luče. Razvoj je sličan s Bečkim basenom. Nema valencijsenijida. Floristički se naslage ne podudaraju. Tu je također dao i osnovnu tektonsku sliku ležišta koju su tek najnoviji radovi dijelom izmijenili i dopunili. Važno je napomenuti, da je u tim »pliocenskim« naslagama superpozicijski odijelilo slijedeće tri grupe slojeva, koje su se održale do danas:

- a) podinska grupa slojeva,
- b) srednja skupina sa slojevima ugljena,
- c) krovinska grupa slojeva.

Daljnje biostratigrafsko raščlanjivanje ugljenonosne serije izvršio je P. M. S t e v a n o v i ć (1951a, 1951b, 1953). On je uz dovoljno faune odredio njenu geološku starost. Ista je podjela uglavnom usvojena u ovome radu. Kasnije je (1957) detaljno obradio facijese, koji dolaze na području ležišta. U radu o stratigrafiji panta Bosanske Posavine P. M. S t e v a n o v i ć (1963) uspoređuje odnose naslaga s Tuzlanskim basenom i navodi da *Congeria croatica* »kao ni valencijsenizije nije uspjela da prodre u Tuzlanski basen«.

Proučavajući sarmatske i starije naslage (solne i naftonosne) I. S o k l i ć (1951/53, 1954, 1955a, 1955b, 1961) dijelom je prikazao i razvoj najmlađih naslaga Tuzlanskog basena. Izradio je i geološku kartu terena Tuzla (zahvativši dio Ilinčice), te kartu antiklinalne Ravna Trešnja 1 : 25.000 (1953, 1957), koja tone na sjeverozapad od rijeke Jale. Nastala je u mladem pliocenu.

M. J a n k o v i ć i M. P a n t i ć (1953) utvrdili su fosilne plodove vodene bilje *Trapa L.* (krovina glavnog ugljenog sloja), koja upućuje na toplu i vlažnu klimu u pontu tog područja.

Geološko kartiranje Sjeverne krekanske sinklinale izvršili su 1957 g. geolozi rudnika Kreka. U izvještaju B. Filipović i suradnici (1957) podržavaju mišljenje F. Katera o eolskom postanku pijesaka, jer do tada još nigdje nije bila pronađena unakrsna slojevitost.

U novije vrijeme poduzeće »Geoistraživanja« (1957–1960) izvelo je kompleksna i detaljna istraživanja, te bušenja na cijelom području Sjeverne, Zapadne a dijelom i Južne sinklinale. U okviru tih radova autori su izvršili detaljno geološko i sedimentno – petrografsko kartiranje spomenutog područja. Rudničke geološke karte nisu odgovarale specijalnoj namjeni niti kvalitativno niti kvantitativno. Rezultati su obrađeni u geološkim izvještajima Kreka II (P. Miletić, A. Šarin i V. Kranjec 1958) i Kreka III (A. Šarin, Z. Pollak i M. Posavec 1959/60). Dio izvještaja Kreka III od trećeg autora je poslužio za izradu ove radnje. P. Miletić i V. Kranjec (1959) obradili su šire Tuzlansko područje – sliv rijeke Jale (karta 1 : 25.000) i ispitivali hidrogeološke odnose solnog-ugljenog ležišta. Utvrđeno je, da su to dvije odijeljene hidrogeološke cjeline. Prilikom istraživanja geologa »Geoistraživanja« sakupljeno je mnoštvo fosila, pretežno iz panonskih slojeva, koje su odredili V. Kochansky-Devidé (1960), V. Amšel (1960), te V. Kranjec, V. Amšel, M. Pavlovsky i V. Kochansky-Devidé (1960). Tada je utvrđen nalaz valencijenijida u Tuzlanskom basenu – rod *Provalenciennesia* (M. Posavec 1965). V. Kranjec (1960) registrirao je nalaze valencijenijida i *Congerina croatica* u Tuzlanskom basenu.

Geolozi rudnika lignita Kreka S. Milivojević, M. Marin, S. Pavlović i drugi (1960) izradili su geološku kartu Južne sinklinale. Ustanovili su pet ugljenih slojeva s opetovanim taloženjem pijesaka u njihovoj podini i glina u krovini.

B. Šćavničar i P. Jović (1962) objavili su rad o sedimentno-petrografskim analizama pješćanih horizonata pod prva tri ugljena sloja, gdje su u svakom odredili tri horizonta. Utvrdili su i distributivne oblasti iz kojih su pijesci nataloženi.

Paralelno s izradom ovog rada V. Kranjec je završio doktorsku disertaciju (1965), u kojoj su također tretirani problemi ležišta lignita Kreka, te korišteni izvorni elaborati i sakupljeni materijal autora ovog rada.

## STRATIGRAFIJA

Najstarije naslage istraživanog područja nalaze se na krajnjem sjeverozapadu i zapadu. To su čvršće vezani konglomerati i pješčenjaci, te lapori i vapnenci tortonske starosti. Uz cijeli sjeveroistočni i istočni rub terena leže slabije vezani konglomerati, pješčenjaci, lapori, gline i i vapnenci donjesarmatske starosti. Na njima leže jače oslađeni glineno-pješćani sedimenti panona, te pijesci, gline, laporovite gline i šljunci sa četiri ugljena sloja pontske starosti. Najvjerojatnije paludinske starosti su prilično debele naslage glina i pijesaka iznad II krovnog ugljenog sloja s kojima je završila sedimentacija u Tuzlanskom basenu. Najmlađi su terasni sedimenti pleistocena, te riječni i potožni nanosi holocenske starosti.

### Torton – M<sub>2</sub>

Čvrsti sivi lapor s vrstom *Amussium denudatum*, značajnom za šlirski facijes, nađen je samo na dva lokaliteta uz Smolučku rijeku: 1. južno od sela Maletići u jezgri minijaturne antiklinale izgrađene iz tortonskih konglomerata, vapnenaca i glina i 2. jugoistočno od sela Đurići. To su sivi do smeđi vapneni lapori, mjestimično puni lamela vapnene supstance, tako da izgledaju trakasti.

Zapadno od Brézika određena je slijedeća mikrofossilna zajednica u žutosivom tanko uslojenom glinovitom laporu:

*Globigerina bulloides* d'Orb.  
*Globigerina concinna* Reuss  
*Globoquadrina cf. altispira* (Cushman & Jarv.)  
*Bolivina dilatata* Reuss  
*Bolivina antiqua* d'Orb.  
*Elphidium aculeatum* (d'Orb.)  
*Elphidium macellum* (Fichtel & Moll)  
*Elphidium fichtelianum* (d'Orb.)  
*Bulimina fusiformis* Will.  
*Urgulina miocenica* Cushman & Ponton  
*Reussella spinulosa* (Reuss)  
*Discorbis floridensis* Cushman  
*Discorbis orbicularia* (Terquem)  
*Asterigerina* sp.  
*Nonion depressulum* (Walk. & Jac.)  
*Nonion commune* (d'Orb.)  
*Lagena quadricostulata* Reuss  
*Rotalia beccarii* (Linné)  
*Cassidulina laevigata* d'Orb.  
*Cibicides* sp.  
*Anomalina* sp.  
 Riblji ostaci (ljuske, kralješci, zubići, otoliti).

Navedeni fosili pripadaju tipičnoj marinskoj zajednici. Brojčano prevladavaju planktonske foraminifere (globigerine), što dokazuje da se taloženje nije vršilo uz obalu, već u nešto dubljem dijelu mora. Prema navedenim fosilima radi se o gornjem tortonu. U istom uzorku nađeni su otisci listova i češera bilja, te sitni gastropodi *Nassa restituta* Font.

Zapadno od Smolučko-Šikuljačke rijeke bilo je općenito teško odvojiti mlađe naslage od starijih. Razlog tome je, što su tortonški, sarmatski, a dijelom i panonski slojevi litološki vrlo slični, a u graničnim zonama je nađeno malo fosilnih ostataka. Nad potokom Dobošnica, zapadno od Prline, ispod zelenkastih glina i pijesaka panona leže debeli slojevi čvrstih konglomerata u izmjeni s pješčenjacima i nešto lećastih uložaka vapnenaca za koje su P. Miletić i V. Kranjec (1959) utvrdili tortonšku starost. Isto tako čvrsti i krupni konglomerati nalaze se zapadno od sela Maletići.

### Donji sarmat – M<sub>3</sub><sup>1</sup>

Opisani će biti samo granični dijelovi naslaga što leže neposredno ispod panonskih sedimenata, jer im je cjelokupni razvoj do sada proučen od više autora.

Veoma upada u oči jako reducirani razvoj donjesarmatskih naslaga zapadno od Smolučko-Šikuljačke rijeke. Tamo ih se ne može kontinuirano slijediti uz granicu panona, kao što je to slučaj na sjeveroistočnom rubu ležišta.

Južno od Tuzle donjem sarmatu pripadaju fosiliferni pijesci i pješčenjaci u izmjeni s pjeskovitim laporima, rjeđe slojem konglomerata, te oolitični vapnenci.

Sjeveroistočno od Tuzle, u graničnom pojasu, donjesarmatski slojevi položeni su vertikalno kao i ugljeni slojevi. To su fosiliferni pijesci i lapori, često s konglomeratom. Sjeveroistočno od Lipnice nešto pretežu tankopločasti pješčenjaci s kršjem ceritija. Zapadno od Dobrnjske rijeke leže uz granicu fosiliferni i nešto grublji klastični sedimenti na debelim laporima, kao i pločasti laporoviti vapnenci s dobro očuvanom florom. Tamo su slojevi donjeg sarmata i panona petrografski veoma slični, pa bi ih bilo gotovo nemoguće odijeliti, da ne postoji oštri paleontološki prelaz. To je već zapazio F. K a t z e r (1921).

Prema krajnjem sjevernom dijelu nalaze se tankopločasti do listićavi laporoviti vapnenci nad krupnim konglomeratima što se izmjenjuju s laporima (do same razvodnice sliva rijeke Jale zapadno od Suvog Kremena). Od tamo na jugoistok prema selu Maletići ne pojavljuju se donjesarmatski slojevi na površini, već panonske naslage leže neposredno na rožnjačko-serpentinskim konglomeratima tortona. Zapadno od Smolučko-Šikuljačke rijeke nalaze se nekontinuirani izdanci ceritijskih pješčenjaka i vapnenih lapora, te većinom lapora s konglomeratom.

Zanimljiv je nalaz na putu južno od Maletića, gdje pod sivim vapnenim glinama s ceritijima leže 10–20 cm velike valutice i zaobljeni komadi vapnenaca, pješčenjaka, serpentina i sitnog rožnjačkog materijala, koji su povezani laporovitim vezivom. U šupljikavom nešto oolitičnom pješčenjaku nađena je fauna najnižeg sarmata – Rissoa slojeva: *Calliostoma sopronensis* P a p p, *Turritella (Haustator) sarmatica* P a p p, briozoa i koralji zajedno sa pretaloženim tortonskim fosilima: *Corbula gibba* O l i v i, *Orbicella reussiana* (M. E d v & H a i m e), *Flabellipecten* sp., *Neoalveolina* sp., *Ostrea* sp. i dr. Fauna upućuje na regresiju nakon taloženja tortona, kada se more povuklo iz sjeveroistočne Bosne i transgresiju donjeg sarmata, koja je dostigla maksimum rasprostranjenja za vrijeme taloženja gornjih Ervilia slojeva (S o k l i ć, 1955a). U glinama uz mnoštvo ostataka *Pirenella picta picta* (D e f r a n c e) nalaze se i *P. disjuncta quadricincta* S i e b e r, *Cerithium rubiginosum* E i c h w, *Replidacna* sp. iz gornjih Ervilia slojeva, zajedno sa izvaljanim tortonskim fosilima: *Venus basteroti* D e s h., *Ostrea*, *Vermetus* sp. Zbog pretaloženja ovih fosila K o c h a n s k y - D e v i d é (1960) zaključuje, da se radi o četvrtoj »optimalnoj« fazi transgresije u donjem sarmatu, koju spominje S o k l i ć. U šestoj fazi bio bi optimalni razvoj faune, što pokazuju slojevi prepuni fosila, kao i prave lumakele. U posljednjoj fazi transgresije dolazi do jakog osiromašenja faune, a deveta faza bila bi završetak sedimentacije sarmatskih naslaga, vjerojatno u cijelom Tuzlanskom basenu. U potoku južno od Orašja vidi se to osiromašenje faune gornjih Ervilia slojeva.

U erodiranoj jezgri antiklinale Ravna Trešnja, na malom izdanku, ispod panonskih pijesaka proviruju pločasti vapneni pješčenjaci s prilič-

no slabo očuvanim otiscima ceritija. Slojevi su blago nagnuti prema zapad-jugozapadu. To je novi nalaz sarmatskih slojeva na površini, važan za građu spomenute antiklinale.

Zapadno od Šikulja nalaze se vapneni pješčenjaci. Pod njima leže u izmjeni konglomerati, pijesci i gline. Južno od sela Čauševići donjesarmatske naslage potpuno isklinjuju.

Do sada su mnogi geolozi opazili jednoličnost faune donjeg sarmata i na ovom terenu, te prilične sličnosti s razvojem sarmata u Bečkoj kotlini. Upadljiv je brzi nestanak roda *Cerithium* krajem donjeg sarmata, koji zbog prevelike specijalizacije nije mogao podnijeti nove promjene.

### Panon – M<sub>3</sub><sup>pn</sup>

Naslage panona izgrađuju krila Sjeverne i Zapadne sinklinale, a leže i u jezgrama antiklinala Bistarac – Lukavac i Ravna Trešnja. Sastoje se iz pješčanih slojeva, koji se višestruko izmjenjuju s relativno tanjim glinama i laporima, te mjestimično slojevima krupnijih klastičnih sedimenta.

Laporovito-glineni slojevi pretežu nad pješčanim na sjevernom i sjeveroistočnom krilu Sjeverne sinklinale, dok je u Zapadnoj, te na zapadu, jugoistoku i jugu Sjeverne sinklinale, obratan slučaj. Pojave šljunaka mnogo su češće na zapadnom rubu u višim dijelovima panona, koji leži transgresivno preko starijih naslaga. Uz Šikuljačku rijeku panonske su naslage mnogo tanje nego u ostalom dijelu ležišta.

K a t z e r (1921) je utvrdio da »pliocenske« naslage Tuzlanskog basena leže na sjeveru i zapadu preko sarmata i morskog mediterana, a na jugu preko serpentina i tufitskog pješčenjaka. Na sjeveroistočnom rubu petrografske su veoma slične, prelazeći postepeno jedne u druge, ali se paleontološki dobro luče bez prelazne zone. S t e v a n o v i ć (1953) navodi, da panonski slojevi leže na Ravnoj Trešnji konkordantno preko sarmatskih. Na Drugom kongresu geologa FNRJ u Sarajevu (1957) S o k l i ć je iznio da »gotovo slatkovodni slojevi panona leže u Tuzlanskom basenu konkordantno na marinskom sarmatu, ali bez prelaznih oblika«. Na Trećem geološkom kongresu (1961) u Budvi, S o k l i ć 1961 tvrdi da je panon prividno konkordantan, a na jugu transgresivan. M i l e t i ć i K r a n j e c (1959) utvrdili su eroziona-transgresivni karakter panona zapadno od Prlina. Autori ovog rada utvrdili su transgresivni karakter panona na cijelom obodu Sjeverne i Zapadne sinklinale. Postoje lokaliteti s očitom diskordancijom.

Teže je bilo razjasniti odnos donjeg sarmata i mlađih naslaga u predjelu od Dobrnjskog potoka do Tuzle. Na tom potezu postoji prividna konkordancija zbog male razlike u nagibima, no panon jednom leži na pješčenjacima, vapnencima ili konglomeratima, drugi put na laporima. Paleontološki je dokazano da u kontaktu s donjesarmatskim vapnenim pješčenjacima, koji su puni ostataka ceritija, ne leže najstariji panonski slojevi.

Južno od Orašja preko paleontološki dokazanog donjeg panona leže krupnoklastični sedimenti i aglomerat s biljem koje spominje S t e v a -

nović (1953), a na Ilinčici oni leže prividno konkordantno neposredno preko sarmatskih pješčenjaka. Prema tome do opličavanja nije došlo početkom panona, već u njegovom višem dijelu. To se podudara s transgresivnim karakterom panona u većem dijelu ležišta.

Putem prema šumarskoj kući na Ilinčici leži direktno preko donjeg sarmata višestruka izmjena pijesaka i prašinih glina s krupnim kongerijama i uloškom preko 30 m debelih pijesaka. Najgornji dio panona sačinjava zaglinjeni prah sivosmeđe boje s vrstama: *Congerina subglobosa* (Partsch), *C. partschi partschi* (Čžjž.), *Limnocardium* sp. i *Melanopsis* sp., te nježnijim oblicima iz banatica slojeva gornjeg panona. U Mosniku je u tim slojevima pronađena: *Provalenciennesia intermedia* (Gorjanović-Kramberger), koja do tada nije bila utvrđena u Tuzlanskom basenu. Odgovara zoni E iz Bečkog basena.

Drugačiji je razvoj na sjeveroistočnom obodu Sjeverne sinklinale. Tamo se nalaze mnogo deblji laporovito-glineni sedimenti sa sitnopješčanim slojevima (žutosmeđe boje i debljine od 0,5 do više metara). Pijesci skoro uvijek sadrže u gornjem dijelu krupnije klastične sedimente i mnoštvo fosila. Često su zastupljeni ostaci melanopsida i kongerija. Naročito je važna i osebujna fauna onih slojeva, koji direktno leže na donjesarmatskim slojevima. Zbog transgresivnog karaktera panona došlo je do pretaloženja starijih sedimenata i faune u panonske slojeve. Tako uz mnogobrojne ostatke podvrsta melanopsida dolaze skoro uvijek ostaci kongerija, rjeđe limnokardija, a od sarmatskih više pretaloženih vrsta ceritija. Određene faune upućuju na više dijelove panona (zone C-D). Na području sjeveroistočno od Lipnice razvijeni su uglavnom glinoviti sedimenti.

Na sjeverozapadnom kraju ležišta viši dijelovi panona, bogati fosilima, transgrediraju ili preko pločastih laporovitih vapnenaca sarmata (sjeverno od Suvog Kremena), ili preko konglomerata (nešto južnije). Prije spomenuta izmjena je rjeđa, naslage mnogo tanje, a miješane faune bogatije i ljepše razvijene. U potoku sjeveroistočno od Maletića nije erozijom otkriven sarmat, već su to lapori sa sitnim limnokardijama i kongerijama iz banatica slojeva. Isto tako panonski slojevi pružaju se mnogo dalje na sjeverozapad pa isklinjuju tek na razvodnici sliva rijeke Jale iznad Suvog Kremena.

Najljepše miješane faune nađene su na zapadnoj granici uz sela Maletići, Lazići, te iznad Prlina. Tamo su prilično tanki panonski slojevi na zapad od Smolučko-Šikuljačke rijeke erozijom odvojeni od glavnog dijela panona na istoku, te u nekoliko »kapa« leže po hrbtovima i vrhovima bregova. Na tortonskim i donjesarmatskim laporima, te konglomeratima transgresivno leže 1-6 m debeli gruboklastični slojevi višeg dijela panona. U njima je nađeno desetak vrsta i podvrsta rodova melanopsida, kongerija, limnokardija i *Theodoxus* pomiješano s pretaloženim ostacima certija i oštriga. Pored toga primijećena je i nova vrsta melanopsida. Kućice melanopsida su velike i jako debelih stijenki, naročito *Melanopsis fossilis fossilis* (Martini-Gmelin) i *Melanopsis constricta* Handmann, pa je lako zaključiti, da je struja riječne vode uz obalu bila prilično jaka. Na više mjesta su i sami panonski

fosili oštećeni, te prilično zaobljeni. Sjeveroistočno od Maletića slojevi šljunaka debeli su oko 10 m, a u Lazićima 5 m. Na njima leže prašina-sto-glineni banatica slojevi s kongerijama tankih ljuštura iz dublje i mirne vode. Nema izmjene kao na sjevernom krilu ležišta, a cjelokupni panon od pijesaka ispod podinskog ugljenog sloja debeo je 50–60 m. Oko Prlina je još tanji. Tamo, na granici panona uz izvaljane donje-sarmatske kućice certija i tortonske *Pycnodonta cochlear* (Poli) ima mnogo vrsta melanopsida, kongerija, limnokardija i *Theodoxus turislavicus* Jelkelius, značajan za tekuću vodu. Sedimenata glinenog facijesa ima malo.

Sjeverno od Prlina pijesci sadrže mnogo fosila većinom sitnih i slabo očuvanih, jer je sediment dosta grub. Pretaloženih primjeraka ima nešto više, ali su primarni zastupljeni mnogo većim brojem vrsta:

#### Gornji panon (zona G):

*Congerina subglobosa* Partsch  
*Dreissena* sp.  
*Limnocardium* (*Paradacna*) *cekuši* Gorj.-Kramb.  
*Theodoxus* sp.  
*Melanopsis fossilis* (Martini-Gmelin)  
*M. rugosa* Handmann  
*M. senatoria* Handmann  
*M. bouei rarispina* Lörenthey  
*M. bouei multicostata* Handmann  
*M. pygmaea* M. Hoernes  
*M. pygmaea turrata* Handmann  
*M. inermis* Handmann  
*Melanopsis* n. sp.

#### Donji sarmat:

*Pirenella picta picta* (Defrance)  
*P. nodosoplicata* (M. Hoernes)  
*Cerithium* (*Thericium*) *rubiginosum* Eichwald

#### Torton:

*Nucula nucleus* Linné  
*Pycnodonta cochlear* (Poli)  
*Ostrea* sp.

Stevanović (1957) nastoji podijeliti panon Tuzlanskog basena na donji i gornji horizont, eventualno i srednji. Tim horizontima pribraja deset različitih facijesa. Razvoj je sličan razvoju u Bečkom basenu. Međutim, vrste koje se u Bečkoj kotlini nalaze u različitim zonama, kod nas često dolaze zajedno, pa se ne mogu uvijek odvojiti zone.

#### Pont – Pl<sub>1</sub>

Izdvajanje pojedinih članova pontskih produktivnih naslaga izvršeno je na osnovi litoloških razlika u ponavljanim sedimentacionim ciklusima pijesak–ugljen–glina. Pješčane naslage su pored ugljena najznačajniji litološki član u Krekanskom ležištu lignita. Za daljnju nesmetanu eks-

ploataciju ugljena oni će odigrati najvažniju ulogu, jer će se tek njihovim odvodnjavanjem stvoriti povoljniji uslovi za rad.

Detaljnim ispitivanjima je utvrđeno, da su obzirom na horizontalne promjene neki dijelovi oboda Sjeverne sinklinale bogatiji na krupnim frakcijama pijesaka, ali da je daleko karakterističnija pravilnost promjene krupnoće njihovog zrna u vertikalnom smislu. Dapače, ove promjene su ritmički raspoređene. Tako, osim poznatog osnovnog sedimentacionog ciklusa pijesci-ugljen-gline, postoji i unutar samih pješćanih naslaga karakterističan raspored krupnijih i sitnijih frakcija. Neposredno pod ugljenom – u bliskoj podini, pijesci su znatno krupnijeg zrna od pijesaka udaljenijih od ugljenog sloja – u dubljoj podini. Uvijek se pod ugljenim slojevima, prelaskom iz bliže u dublju podinu, vidi očito smanjenje veličine zrna pijeska. Dok bliska podina sadrži sitne do krupne pijeske i često puta uloške sitnih šljunaka, dublja podina sadrži uglavnom sitne pijeske, koji na niže postepeno prelaze u čisti prah, pa glinoviti prah i na kraju preko prašinastih u čiste gline. Gline čine krovinu svakog ugljenog sloja.

Razlike granulometrijskog sastava bliske i dublje pješćane podine utvrđene su pod svim ugljenim slojevima na čitavom ispitivanom području. Podaci iz mnoštva bušotina također pokazuju da te razlike postoje u dubljim, pa i u najdubljim dijelovima basena (bušotine G-1 i G-85).

Pored spomenutih karakteristika u pijescima je ustanovljena raznolikost sortiranost zrna. Vrlo je dobra sortiranost pijesaka ustanovljena pod glavnim, djelomično i pod I krovnim ugljenim slojem. Suprotno tome, slabija je sortiranost u bliskoj podini podinskog i dijelom I krovnog ugljenog sloja. U pijescima je redovita pojava ukrštene slojevitosti, koja se inače jasnije ili slabije zapaža u svim dijelovima ugljenog ležišta.

Sada su potpuno dokazane već ranije uočene veće promjene smanjenja krupnoće zrna pijesaka prema sjeverozapadu, naročito pijesaka pod glavnim ugljenim slojem. Najviše krupnih frakcija ima u jugoistočnom i centralnom dijelu Sjeverne sinklinale, a najmanje na sjeverozapadnom. U Zapadnoj sinklinali pijesci pod podinskim ugljenim slojem sadrže opet više krupnijih frakcija kao i nešto šljunaka. Pijesci ispod glavnog ugljenog sloja na području rudnika Lukavac imaju najviše krupnih i jednoliko sortiranih frakcija u bliskoj podini.

*Podinski ugljeni sloj* –  $Pl_1^1$  s pješćanom podinom –  $M_3^{pn}$  i glinovitom krovinom –  $Pl_1^1$

Pont počinje najstarijim, ali slabo eksploabilnim ugljenim slojem. Za razliku od ostalih ugljenih slojeva podinski ima najmanju debljinu a najviše jalovine (ulošci sivih i ugljevitih glina), koja je često veća od debljine ugljena. Ali, čisti je ugljen najbolje kvalitete. Tamnosmeđe je do crne boje, mestimično smolaste sjajnosti, što govori u prilog veće kalorične vrijednosti (3000–4800 cal.) Samo veliki postotak jalovine i mala debljina onemogućava njegovu potpuniju eksploataciju. Pojava silificiranih komada stabala i panjeva sivobijele boje nije na kontaktu s podinskim pijescima tako rijetka, kako se prije mislilo.

Bijeli sitni pijesci bliske podine sadrže mnogo krupnih, ali slabo sortiranih pijesaka i nešto šljunaka. Sitni pijesci u dubljoj podini prelaze postepeno u čisti, pa zaglinjeni prah, dok se ne pojave prve prašinate gline panona. Pijesci dublje podine limonitizirani su i dijagenetski prilično očvrstnuli. Mjestimično se u njima nalaze gnijezda pješčenjaka i sferoidne tamnosive zonarno građene konkreције.

Fosiliferne krovinske gline su neposredno nad ugljenom prepune kljunova i ljuštura roda *Congeria*. To su prave lumakele. Uz njih dolaze *Limnocardium*, veoma sitne forme roda *Melanopsis* i veliki ukrašen gastropodi *Melania*, te po koji *Unio*. Njihov nalaz dokazuje veliko oslađivanje vode u basenu.

Debljina podinskog ugljenog sloja se prema sjeverozapadu jako smanjuje, tako da iznad Dobrnjske rijeke iznosi svega 1,5–3 m, mjestimično i manje. Kod Šikulja je nešto deblji. Tamo je posve reducirana glinovita krovina, pa direktno na ugljenu leže prah i sitni pijesci dublje podine glavnog ugljenog sloja.

Vrijedan je nalaz krupnokristaliničnih svježih do 1 m debelih pješčenjaka na kontaktu ugljenog sloja s podinom. U njima se vide okomite i dijagonalno položene šupljine od korijenja bilja, što je ovdje raslo. Najvjerojatnije je dio ugljene supstance ovog sloja na području Prlina primaran.

*Glavni ugljeni sloj* –  $Pl_1^2$  s pješčanom podinom –  $Pl_1^1$  i laporovito-glinenom krovinom –  $Pl_1^2$

Ovaj ugljeni sloj sadrži najmanje jalovine, a lignit je vrlo dobre kvalitete. Na jugoistoku Sjeverne sinklinale bliska pješčana podina je bogata na krupnim frakcijama, a sadrži i 1–3 sloja gline (0,15–1 m). Leže par metara pod ugljenim slojem. Ukupna debljina pješčane podine iznosi 25–30 m. Ugljen je na površini u oba krila sinklinale skoro sav izgorio.

U Moluhama je pješčana podina debela preko 50 m, dok na području Lipnice iznosi oko 90 m. Veoma je važno da bliska podina sadrži vrlo krupne frakcije pijesaka i sitne šljunke, kao i uložak ugljevitih glina, koji se konstantno pruža dalje na sjeverozapad. Nad Dobrnjom krovinske gline i lapori su prilično tanki. U podinskim pijescima koji sadrže preko 20 m krupnije bliske podine veoma se lijepo vidi unakrsna slojevitost.

Mnogo su manje rasprostranjene krovinske gline ovog sloja sjeverozapadno od Bukinja i Šićkog Broda, sjeverno od Bistarca, te istočno i zapadno od Lipnice, nego što je to prikazano na geološkoj karti Miletića, Šarina i Kranjeca (1958). Razlog tome je bio što su pijesci sa 20% glinovite supstance praktički vodonepropusni, pa su ih svrstavali u gline. Naknadno je granica između pješčanog i glinovitog facijesa pomaknuta superpozicijski niže na prelaz u prašinate gline (M. P o s a v e c).

Nad Šikuljačkom rijekom i u Prlinama pješčana podina je mnogo tanja (20–25 m). Isto tako je ugljeni sloj sa cijelom krovinom debeo svega 5–6 m. Na njima direktno leže sitni pijesci iz dublje podine I krovnog ugljenog sloja.

Južno od Prline nanosi rijeke Spreče prekrivaju cijeli jugozapadni dio Zapadne sinklinale. Prema podacima iz bušotina znade se da glavni ugljeni sloj pada veoma blago, a iz podataka geofizičkih mjerenja (S. Kováčevič, 1959) vidi se, da sa podinskim ugljenim slojem u velikom luku zatvara krajnji sjeverozapadni dio ležišta sve do iznad Puračića.

*I krovni ugljeni sloj* –  $Pl_1^{2'}$  s pješčanom podinom –  $Pl_1^2$  i glineno-laporovitom krovinom –  $Pl_1^{2'}$

Ovi sedimenti najbolje se mogu primijetiti na terenu zbog mnogo veće debljine pješčane podine i mnoštva gorjetina koje prate izdanke ugljena. Velike količine gorjetina uvjetovane su sklonošću ugljena samozapaljenu, koje je karakteristično za Krekanske lignite. Od njih su često veći kompleksi terena i tla crvene boje. Jezgru jugoistočnog kraja Sjeverne sinklinale sačinjavaju gorjetine ovog ugljenog sloja. Selo Dobrnja također leži na gorjetinama I i II krovnog ugljenog sloja, čija površina iznosi gotovo 1 km<sup>2</sup>. Pijesci su debeli 80–150 m, od toga sa 20–25 m krupnozrne bliske podine. Poseban razvoj pokazuje dublja podina na jugoistočnom kraju Sjeverne sinklinale, zapadno od Dobrnjske rijeke i nad Lukavačkom rijekom. Tamo nad laporovitim glinama iz krovine glavnog ugljenog sloja leže 5–12 m debeli krupniji pijesci i sitni šljunci. Na njima leži zaglinjeni prah.

*II krovni ugljeni sloj* –  $Pl_1^{2'}$ , s glineno-laporovitom podinom –  $Pl_1^2$  i glinenom krovinom – ?

To je najmlađi sloj ugljena u sjevernom dijelu Krekanskog ležišta lignita. Nema u podini pijeske, već laporovite gline u najvećem dijelu. Tek na krajnjem jugoistoku Sjeverne sinklinale i na južnom krilu antiklinale Ravna Trešnja javljaju se pijesci direktno pod ugljenom. Iznad Solane u Kreki leže neposredno pod gorjetinama 5 m debeli krupniji pijesci, pa tek onda laporovite gline. Uložak pijesaka (5–10 m debljine) isklinjava na jugozapadnom krilu Sjeverne sinklinale 1 km zapadno od Joševice potoka, a na sjeveroistočnom kraj Deliće potoka. U bušotini G–1 također je nabušen sličan razvoj sa 6 m debelim uloškom sitnog pijeska.

Na mnogo mjesta u krovini ili podini ugljenog sloja nailazimo na klišta ili uleknine (pinge), kao i pukotine zbog intenzivnih rudarskih radova.

Na jugozapadnom krilu antiklinale Ravna Trešnja, koja pripada Južnoj sinklinali, II krovni ugljeni sloj ima po cijeloj svojoj dužini u podini pijeske (debljine 5–15 m). Mjestimično su proslojeni sitnim šljuncima u bliskoj podini. Geološkim kartiranjem i bušenjem u Južnoj sinklinali rudnički su geolozi utvrdili pješčanu podinu svagdje pod II krovnim ugljenim slojem.

Autori ovog rada 1958 g. pronašli su na krajnjem južnom dijelu antiklinale Ravna Trešnja (područje južno od Divkovića) gorjetine u još mladim horizontima iznad II krovnog ugljenog sloja. Pripadaju najvje-

rojatnije novom ugljenom sloju. Kasnije su geolozi Rudnika Kreka zaista pronašli najmlađi ugljeni sloj u cijelom Krekanskom ležištu lignita i nazvali ga III krovni.

Paludinski slojevi (?) –  $Pl_2$  ?

Postojanje ovih slojeva u jezgri Sjeverne sinklinale nije paleontološki potvrđeno, iako ima razloga da se o njima govori. Do sada u jezgri Sjeverne sinklinale nisu pronađeni ostaci paludina. Usprkos detaljnom profiliranju autori nisu pronašli njihove ostatke, već su uvijek nailazili na jalove, pretežno sitne limonitizirane pijeske i gline. Jedino su u glinama nad II krovnom ugljenim slojem nađeni rijetki ostaci bilja a češće ostrakodi. Naslage su razvijene u dva facijesa:

1. Razvoj zelenkasto-sivih glina debljine cca 250 m, iznad II krovnog ugljenog sloja,
2. Razvoj svijetlosivih do zelenkastih glina u izmjeni sa svijetlosivim i žutosmeđim sitnim pijescima. Pijesci su povremeno krupniji i sa drže uloške raznobojnih sitnih kremenih šljunaka. Maksimalna debljina iznosi cca 300 m. Oni su najmlađi član sedimentacionog ciklusa u Tuzlanskom basenu.

Iz činjenice da ove naslage leže u krovini potpunog razvoja pontskih naslaga, nameće se logičan zaključak da su mlade od ponta. Razlog zbog kojeg su razvijene bez karakteristične faune najvjerojatnije je bio taj, što je veza sa Panonskim basenom prekinuta prije njihovog taloženja, tako da paludine nisu uspjele prodrijeti u Tuzlanski basen.

Nerazmjernost debljina naslaga također upućuje da se u jezgri Sjeverne sinklinale radi o sedimentima mlađim od gornjeg ponta. Debljina naslaga samo iznad II krovnog ugljenog sloja iznosi preko 540 m (prema bušotini G-1). *Stevanović* (1951a) ih je uvrstio sve u najgornje horizonte gornjeg ponta. Gornji pont prema tome bio bi ukupne debljine 620 m, prema 300 m debljine donjeg pontu. No, uvjeti spuštanja dna basena u gornjem pontu nisu se bitno izmijenili u odnosu na donji, pa je još manje vjerojatno da u jezgri nema mlađih naslaga.

Postavljanje granice prema pontu nije još moguće, no ipak se može pretpostaviti da se nalazi iznad II krovnog ugljenog sloja ili vjerojatno na početku izmjene glina sa pijescima kao završnim članovima sedimentacionog ciklusa u Tuzlanskom basenu. Rezultati istraživanja u Južnoj sinklinali uz III krovni ugljeni sloj i nad njim vjerojatno će riješiti taj problem.

Pleistocen –  $Q_1$

U 1958 godini uočene su dvije pleistocenske terase nad dolinama rijeke Jale i Spreče, donja na 220–230 m visine i gornja na oko 260 m. Kasnije su utvrđeni ostaci i nekoliko viših terasa ili samo njihovi tragovi. Donja terasa pruža se sa sjeverne strane doline Jale od Turskog Lukavca, jugoistočno od Bistarca, preko Šičkog Broda i Bukinja do Kreke,

te dalje prema Tušnju i Tuzli, gdje je najprostranija. U gornjim dijelovima terase pretežu nečiste i pjeskovite gline. Prema podacima iz bušotina G-70 i RT-2 južno od Jale konstatirani su pjeskovito-glineni slojevi pleistocena debeli do 11 m, što zajedno upućuje na veće prostiranje donje terase i s južne strane rijeke Jale.

Od više terase na oko 260 m vide se manji ostaci u Mosniku (1-3 m debljine), kao i nad rudnikom Moluhe. Na posljednjem lokalitetu slojevi su debeli 3-7 m, a i lijepo su otkriveni. Tu je čak izmjeren siguran pad pjeskovitih gline od 11° prema jugozapadu. Ovo je važan podatak, jer pored nekih drugih upućuje na postpleistocenske tektonske pokrete. U bazi su šljunci i pijesci s pojedinim valuticama promjera 10-50 cm. Materijal valutica je veoma raznorodan. Uglavnom su to raznobojni rožnjaci, fosiliferi sarmatski pješčenjaci, laporoviti vapnenci, rijetki krupnokristalasti eruptivi zelene boje, valutice gorjetina i silificiranih ostataka drva, pa čak i zaobljeni komadići lapora. Na njima leži 1 m pješčanih gline, te gusta izmjena dobro uslojenih pijesaka i glina debela više metara. Uz ove prostranije terasne sedimente ima ostataka pleistocenskih tvorbi na istoj visini još na više mjesta nad potocima uz podinski i glavni ugljeni sloj oko sela Potočari, kao i drugdje.

Nad Mosničkim potokom vidi se oveća terasa na visini od 300 m. U bazi su šljunci i fragmenti nezaobljenih sarmatskih pješčenjaka. Terasa je blago nagnuta prema sjeverozapadu. Vezivo je nečista pjeskovita glina.

Uz rub velikog platoa sjeverno od Dobrnje na nadmorskoj visini od 370 m vidljiva je mnogostruka izmjena tankih slojeva zaglinjenih i čistih pijesaka s veoma malo valutica gorjetina i kremena. Oni leže skoro horizontalno na podinskim pijescima glavnog ugljenog sloja. U sinklini Šićki Brod ima pleistocenskih šljunaka i pijesaka na više mjesta.

Može se govoriti o tragovima pleistocenskih tvorbi na nekoliko mjesta sjevernog krila Sjeverne sinklinale čak do visine od 420 m.

#### Holocen - Q<sub>2</sub>

Holocenu pripadaju samo riječni i potočni nanosi. Nanos rijeke Jale u glinovito-pješčanom materijalu sadrži veće ili manje leće pijesaka ili šljunaka. Valutice su rožnjačke, vapnene i nešto eruptivi, donesene sa sjeveroistoka od stijena koje izgrađuju južne padine Majevice. Nanos Delić potoka debeo je oko 6 m. To su pjeskovite gline s veoma malo šljunaka u bazi. Riječni nanos Joševice debeo je u Lipnici oko 7 m, a južnije 9 m. Dobrnjska rijeka i Mramorski potok imaju više pješčanog nanosa, kao i njihov nastavak Šićka rijeka (9 m debeli pijesci i gline sa šljunčanom osnovom). Smolučko-Šikuljačka rijeka, koja dijelom čini prirodnu zapadnu granicu Sjeverne sinklinale, nanosi mnogo šljunaka i pijesaka. Budući da prelazi preko sva četiri ugljena sloja Zapadne sinklinale, potrebno joj je posvetiti mnogo veću pažnju, da se utvrdi u kolikoj mjeri utječe na režim podzemnih voda sinklinale jer je prilično bogata vodom.

## TEKTONIKA

Krekansko ležište lignita predstavlja jugozapadni dio Tuzlanskog basena, koji se nalazi između mobilnog mezozojsko-tercijarnog masiva Majevice (na SI) i krute serpentinske zone (na JZ). Basen je ispunjen neogenim sedimentima i boran pod utjecajem tangencijalnih sila sa sjeveroistoka. Izgrađuju ga uspravne bore dinarskog smjera pružanja. Ležište ima formu sinklinorija izgrađenog iz tri sinklinale: Sjeverne (Krekanske), Južne (Čaklovičke) i Zapadne (Lukavačke). Antiklinale Bistarac-Lukavac i Ravna Trešnja odvajaju Zapadnu i Sjevernu sinklinalu od Južne. Regionalno gledano ne radi se o tri sinklinorija, jer svaka od spomenutih jedinica ima u jezgri jedno jedinstveno »korito«. Naslage su tek na obodima sinklinala ili u graničnim zonama sekundarno borane.

Najvažniji faktori koji su uvjetovali stvaranje ležišta bili su dugotrajno i postepeno tonjenje jugozapadnog dijela Tuzlanskog basena uz nejednolike oscilacije i djelomičnu diskordanciju između tortonskih, d. sarmatskih i panonskih sedimenata. Ispunjavanje je vršeno pretežno sa sjeveroistočnih i istočnih područja, gdje je istovremeno vršeno izdizanje Majevice. U to vrijeme postojala je veza s Panonskim morem preko Tinjskog rova (Soklić, 1955a), na što ukazuju i novi nalazi valencijenijida. Današnju strukturu ležišta uvjetovali su tektonski pokreti krajem pliocena u rodanskoj fazi (Stevanović, 1957). Ima dokaza koji potvrđuju da je blago spuštanje jugozapadnog dijela basena nastavljeno i poslije povlačenja vode iz njega, te da traje možda još i danas: to je položaj pleistocenskih terasa i pad  $11^{\circ}$  na jugozapad u jednoj od njih (Moluhe), te jednostrana hidrografska mreža koja gravitira prema jugozapadnom dijelu basena. Spuštanje je najvjerojatnije vršeno duž velikog rasjeda koji je geofizički utvrđen na kontaktu sa serpentinom (Nowinski, 1958).

Spuštanje dna basena vršeno je nejednoliko uz povremenu ritmičku sedimentaciju, koja se samo za vrijeme taloženja pontskih naslaga ponovila 4–5 puta. Centralni i sjeveroistočni dio Sjeverne sinklinale kao i jezgra Južne sinklinale najviše su spuštani dijelovi. Prema bušotinama G-1 i G-85 debljina panona, ponta i paludinskih naslaga iznosi 1250 m. Najmanje je spušten zapadni rub Sjeverne i Zapadne sinklinale, gdje su naslage mnogo tanje (bušotina RK-109: 250–300 m).

Tragovi najstarijih pokreta opaženi su na sjeverozapadnom rubu ležišta (Maletići). To je transgresija d. sarmata preko tortonskih konglomerata i pješčenjaka sa pretaloženom faunom tortona. Tragovi boranja nakon taloženja d. sarmata, kao i intenzivna erozija sarmatskih sedimenata također su tamo vidljivi. Zbog toga je transgresija panonskih pijesaka, šljunaka i glina vidljiva ne samo preko sarmatskih, već dijelom i preko tortonskih sedimenata. Na cijelom zapadnom i većem dijelu sjeveroistocnog ruba ležišta nađene su bogate miješane faune panona, d. sarmata i dijelom tortona. Na rubovima ležišta u kontaktu sa starijim sedimentima leže slojevi panona (zone C-E iz Bečkog basena), dok je u sredini možda sličan slučaj kao u jezgri antiklinale Ravna Trešnja. Tamo na certijskom pješčenjaku leže glinoviti pijesci (debljine 200 m), koji ne

predstavljaju najstarije horizonte panona. Kutna diskordancija je često malena, ili je češća prividna konkordantnost slojeva (sjeveroistočni rub ležišta). U kontaktu sa d. sarmatom leže panonski sedimenti različitog petrografskog sastava.

Za vrijeme taloženja panonskih sedimenata došlo je do opetovanih oscilacija spuštanja dna basena, jer se nakon prvotnog oplićavanja i transgresije talože u višestrukoj izmjeni laporovito-glineni sedimenti s kongerijama i šljunčano-pješčani sa melanopsidima. Na zapadnom rubu nema toga opetovanja, već na transgresivnim melanopsidnim pijescima sa šljunkom leže prašinate gline s kongerijama i limnokardijima, te kremenijama i šljunci iz podine podinskog ugljenog sloja. Konkordantno na panonskim opetovano su taloženi pontski kremenijama i šljunci sa šljuncima i gline između kojih leže 4 ugljena sloja. Ukupna debljina ponta iznosi oko 350 m. U podini II krovnog ugljenog sloja taložene su gline na sjeverozapadnoj polovini ugljenog ležišta. Tek na krajnjem jugoistoku i jugu u podini mu leže prilično tanki pijesci i šljunci (Južna sinklinala).

Pijesci su alohtoni, prenošeni vodom, kao i veći dio biljnog materijala koji je dao ugljene slojeve. Jedino na području Prlina ugljen podinskog ugljenog sloja mogao bi biti autohton, jer su u pješčanoj podini uočene šupljine od korijenja kao i često okremenjeni panjevi stabala koje je tamo raslo.

Iznad II krovnog ugljenog sloja taložene su gline, debljine do 250 m, a onda mnogostruka izmjena glina-pijesak sa šljunkom najvjerojatnije paludinske starosti (najveća debljina 300 m u bušotini G-1).

Tonjenje i izravnavanje tjemena antiklinale Ravna Trešnja sjeverozapadno od Bukinja jasno se vidi na karti, kao i njegovo postepeno gubljenje, te spajanje s tjemnom Bistaračke antiklinale (južno od Lukavca). Iz toga proizlazi da je Zapadna sinklinala zasebna strukturna forma i da ne ulazi u sastav Južne sinklinale. Očiti je djelomična veza sa Sjevernom sinklinalom u dolini Lukavačke rijeke.

Paralelno sa nastajanjem glavnih strukturnih oblika ležišta došlo je na njegovim rubovima do stvaranja manjih i sekundarnih nabora, lokalnih povijanja, te sasvim neznatnih pucanja od par metara (vidljivih u ugljenim slojevima). Najznačajnije je ustrmljenje i djelomično prebacivanje ugljenih slojeva sa sekundarnom antiklinalom u Moluhama (profil B-B'), koje su uglavnom uzrokovali pritisci iz solnog ležišta (sjeveroistočno od njih). Na krajnjem sjeverozapadnom dijelu Sjeverne sinklinale vidi se pored sinklinalnog položaja panona i sekundarna antiklinale sa donjim sarmatom u jezgri. Između Sjeverne i Zapadne sinklinale postoji blagi antiklinalni svod, a na sjeverozapadnom dijelu Zapadne sinklinale (Prline) plitka sinklinalna i asimetrična antiklinalna forma sa podinskim i glavnim ugljenim slojem (profil A-A'). U sjevernom dijelu Južne sinklinale najvažnija je sekundarna Šićka sinklinala (novo otkrivena) sa podinskim, glavnim i djelomično I krovnom ugljenim slojem. Pod nanosom rijeke Jale između Bistarca i Lukavca leži plitka sinklinala sa dva ugljena sloja (otkrivena geoelektričnim mjerenjima i bušenjem).

## ZAKLJUČAK

Geološkim istraživanjem u sjevernom dijelu ležišta lignita Kreka došlo se do rezultata velike praktične vrijednosti, a dijelom i naučne.

Veće izmjene postojećih geoloških karata izvršene su na području između Lukavca i Bukinja (jugozapadno krilo Sjeverne sinklinale), te u Prlinama (sjeverozapadni rub Zapadne sinklinale), gdje su utvrđene sasvim nove strukture. Izgrađuju ih uglavnom podinski i glavni ugljeni sloj s popratnim sedimentima. Najvažnija je novoustanovljena plitka Šička sinklinala u kojoj se rezerve glavnog ugljenog sloja već eksploatiraju dnevnim kopom.

U jezgri antiklinale Ravna Trešnja pronađeni su donjosarmatski sedimenti i na površini.

Sjeveroistočno od Maletića u potoku nije ispod panona otkriven donji sarmat, već su to banatica slojevi. Panonski sedimenti pružaju se mnogo dalje na sjeverozapad sve do Suvog Kremena (razvođe porječja rijeke Jale).

Zapadno od Smolučko-Šikuljačke rijeke sarmatskih i panonskih sedimentata ima manje i ne pružaju se u suvislom pojasu, kako je to na starijim kartama prikazano.

Nalazišta bogatih »miješanih« fauna transgresivnog dijela panona prostiru se uz cijeli zapadni i veći dio sjeveroistočnog ruba krekanskog ležišta lignita. Transgresivni karakter panona (uglavnom viših dijelova) utvrđen je u najvećem dijelu ležišta. Faunistički je dokazano, da najveći dio panonskih sedimentata pripada njegovim mlađim horizontima, dok se siguran donji panon nalazi samo u Orašju. Kutna diskordancija je mala. Mnogo je češća prividna konkordantnost slojeva (Ilinčica i sjeveroistočno krilo Sjeverne sinklinale).

Paleontološke prinove odnose se na panonske sedimente u kojima su pronađeni ostaci često negiranih valencijskih jezgri Sjeverne sinklinale (bušotine G-1, G-85 i G-78), te na njenom krajnjem jugoistočnom dijelu (Mosnik). Sakupljene su bogate faune melanopsida, među kojima ima nova vrsta, a možda i koja podvrsta.

Snimanjem detaljnih profila i uzimanjem velikog broja uzoraka za analize u kremenim pijescima ispod ugljenih slojeva utvrđena je, pored bočne izmjene, opetovana i ritmička izmjena pijesaka razne krupnoće zrna – ispod ugljena krupnijih, a niže sve sitnijih frakcija. Pravilnost promjene granulometrijskog sastava pijeska u vertikalnom smislu mnogo je karakterističnija od bočnih promjena. Utvrđena je na površini i u dubini cijelog istraživog područja.

Utvrđenje činjenice kojom se granulometrijski razlikuju bliska i dublja podina u svim pijescima pod ugljenim slojevima predstavlja jedan od najznačajnijih priloga u rješavanju problematike odvodnjavanja vodonosnih krekanskih pijesaka. Sada se više ne mora računati s odvodnjavanjem cjelokupnih pijesaka (debelih pod svakim ugljenim slojem 30–150 m), već samo manjeg dijela – bliske podine (debljine 5–25 m).

Krupnozrna bliska podina predstavlja dobar prirodni filter, koji će se lakše i brže moći odvodniti i koji će postepeno drenirati praktički neodvodnjivu dublju podinu.

Na mnogo mjesta u panonskim, naročito pontskim i dijelom u paludinskim pijescima opažena je unakrsna slojevitost, karakteristična za sedimente transportirane vodom. Stoga se mora korigirati tvrdnja F. K a t z e r a o eolskom postanku krekanskih pijesaka.

U postojanje paludinskih naslaga (jezgre sinklinala) ne treba više sumnjati, jer ima dovoljno razloga, koji ga potvrđuju. Nalazi u Južnoj sinklinali pokazat će gdje leži granica prema pontskim naslagama i koji su horizonti razvijeni.

Položaj pleistocenskih terasnih tvorbi, jednostrana hidrografska mreža, kao i izmjereni pad (11° na JZ), ukazuju da blago spuštanje jugozapadnog dijela Tuzlanskog basena nije prestalo niti poslije boranja ugljenonosnih naslaga, tj. da traje možda još i danas.

Ostaci i tragovi pleistocenskih djelatnosti pronađeni su na mnogo mjesta. Ima najmanje četiri terase na visinama od 220 do 420 m, što je više, nego je do sada bilo utvrđeno.

Primljeno dne 26. 10. 1965.

Institut za geološka istraživanja,  
Zagreb, Kupska 2/I.  
»Geoistraživanja-Elektrosond«  
Zagreb, Kupska 2

#### LITERATURA

- A m š e l, V. (1960): Mikropaleontološka analiza uzoraka s područja Tuzlanskog basena. Izvj. Arhiv Geoistraživanja. Zagreb.
- Engelhardt, H. (1901): Prilog poznavanju tercijarne flore najšire okoline D. Tuzle u Bosni. Glasnik Zem. muz. u B i H., 13. Sarajevo.
- Engelhardt, H. (1903): Novi prinos poznavanju tercijarne flore, Glasnik Zem. muz. B i H., 25. Sarajevo.
- Filipović, B., Marin, M., Glumac, M. & Milivojević, S. (1957): Izvještaj uz geološku kartu produktivnog dijela sjeverne ugljene sinklinala. Arhiv Rudnika lignita Kreka. Tuzla.
- Janković, M. & Pantić, N. (1953): Fosilne vrste roda Trapa L. u Sjeveroistočnoj Bosni, Geol. anali Balk. pol., 21. Beograd.
- Katzer, F. (1899): Die geologischen Grundlagen der Wasserversorgungs-Frage von Donja Tuzla in Bosnien. Izdanje općine D. Tuzla. Arhiv GNO Tuzla.
- Katzer, F. (1909): Geologische Formationsumriss - Spezialkarten von Bosnien und der Hercegovina. Blatt 1. Umgebung von D. Tuzla 1 : 75.000. Sarajevo.
- Katzer, F. (1910): Geologische Übersichtskarte von Bosnien-Hercegovina, II Sechstelblatt: Tuzla 1 : 200.000. Sarajevo.
- Katzer, F. (1921): Die fossilen Kohlen Bosniens und der Herzegovina, II. Sarajevo.
- Kochansky-Devidé, V. (1960): Makropaleontološka analiza neogenskih uzoraka iz okolice Kreke. Izvj. Arhiv Geoistraživanja. Zagreb.
- Kovačević, S. (1959): Geoelektrična ispitivanja u dolini rijeke Jale i Spreče. Izvj. Arhiv Geoistraživanja. Zagreb.
- Kranjec, V. (1960): Geologie des weiteren Tuzlaer Gebietes. Bull. scient. Cons. Acad. RSF Yugosl., 5. No. 4. Zagreb.
- Kranjec, V. (1965): Geološka građa šireg Tuzlanskog područja. Doktorska disertacija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet. Zagreb.

- Kranjec, V., Amšel, V., Pavlovsky, M. & Kochansky-Devidé, V. (1960): Prilog geologiji i paleontologiji neogena Dobošnice. Geol. vjesnik, 13. Zagreb.
- Miletić, P. & Kranjec, V. (1959): O geološkim odnosima u slivu rijeke Jale. Geol. vjesnik, 12. Zagreb.
- Miletić, P., Šarin, A. & Kranjec, V. (1958): Geološki izvještaj Kreka II. Arhiv Geoistraživanja. Zagreb.
- Milivojević, S., Marin, M., Pavlović, S. i drugi (1960): Geološki izvještaj Kiseljak-Tojšići (krekanski ugljeni basen). Fond dok. Rudnika lignita Kreka. Tuzla.
- Nowinski, A. (1958): Seizmička ispitivanja ugljenog basena Kreka. Izvj. Arhiv Geoistraživanja. Zagreb.
- Posavec, M. (1965): Statements about Valenciennesides in the Kreka (Tuzla) Basin. Bull. scient. Cons. Acad. RSF Yugosl. 10/1. Zagreb.
- Soklić, I. (1951/53): Stratigrafija naftonosnog tercijara sjeverne Bosne. Geol. vjesnik, 5-7. Zagreb.
- Soklić, I. (1953): Izvještaj o geološkom istraživanju terena Ilinčica kod Tuzle. Arhiv Fabr. sode Lukavac. Lukavac.
- Soklić, I. (1954): Istraživanje nafte na geološkoj strukturi Ravna Trešnja kod Tuzle. Nafta, 9. Zagreb.
- Soklić, I. (1955 a): Fauna moluska morskog sarmata sjeveroistočne Bosne i njen stratigrafski značaj. Geol. glasnik. Sarajevo.
- Soklić, I. (1955 b): Geologija sjeverne Bosne. Referati sa savjetovanja za naftu u Brčkom. Fond struč. dok. Geol. zav. Sarajevo.
- Soklić, I. (1957): Kenozoik Bosne i Hercegovine, Zbornik. II Kongres geologa Jugosl. Sarajevo.
- Soklić, I. (1961): Paleografija tuzlanskog miocena i postanak solnog ležišta. Zbornik III kongr. geol. Jugosl. Titograd.
- Stevanović, P. M. (1951 a): Donji pliocen Srbije i susjednih oblasti. Poseb. izd. SAN, 187. Beograd.
- Stevanović, P. M. (1951 b): Zbirka »Karagačkih endemita« iz panonskih (donjekongeriskih) slojeva antiklinale Ravna Trešnja (basen Kreka). Zapis srp. Geol. društva. Beograd.
- Stevanović, P. M. (1953): Faunističke prinove iz kongeriskih slojeva okoline Donje Tuzle. Geol. anali Balk. pol. 21. Beograd.
- Stevanović, P. M. (1957): Značaj proučavanja panona i ponta Severne Bosne za objašnjenje pojma facije i utvrđivanje broja horizonata u kongeriskim naslagama Panonskog basena. Zbornik. II Kongres geologa Jugosl. Sarajevo.
- Stevanović, P. M. (1963): Stratigrafija pontijskog kata Bosanske Posavine južno od Brčkog. Geol. anali Balk. pol. 30. Beograd.
- Šarin, A., Pollak, Z. & Posavec, M. (1959/60): Geološki izvještaj Kreka III. Arhiv Geoistraživanja. Zagreb.
- Šćavničar, B. & Jović, P. (1962): Raščlanjivanje pliocenskih pijesaka ugljenog basena Kreka na bazi teških minerala. Geol. vjesnik, 15/1. Zagreb.
- Živković, S. (1955): Tekući pijesak lignitskog basena Kreka i mogućnost njegovog odvodnjavanja i skrućivanja. Rud. i metal. 6, 7, 8 i 9. Beograd.

M. POSAVEC, Č. PLAZEK

GEOLOGIC RELATIONS OF THE NORTHERN AREA OF KREKA LIGNITE DEPOSIT (TUZLA BASIN)

The geologic surveying carried out in the Tuzla basin (1958.-1960.) have yielded results of great practical and partly scientific importance. On the older geological maps, corrections and annexes have been elaborated relating to the southwest and west localities of Kreka lignite deposit. The authors discovered and reported new structural forms, the most important of which was the Sicka syncline with significant resources of recoverable coal substance.

The Pannonian formation (corresponding to the Vienna-basin C-D zone), rich in mixed faunas originating from redeposited lower members of the Sarmatian, and partially the Tortonian sediments, had been proved as transgressive character at the west and north-east margin of lignite deposit. Moreover, fragments of Valencinnesides were found and determined.

In the sands of the Pontian, rhythmical alternations of grain size in a vertical distribution were proved. Rock particles closely underlying the three lower coal seams appear to be coarser, ranging from fine grained gravels up to fine grained sands, whereas deeper seem to be finer, varying from fine grained sands to silts. Such a composition of the underlying sands has been evidenced as a very important one in solving the problems of basin drainage.

Mostly within the Pannonian, Pontian and overlying formations, the authors have found a cross bedding typical to sediments deposited from a body of water, thereby the standpoint of F. Katzer assuming wind action as responsible for a deposition of the underlying sands, should definitively be abandoned.

The probability of the existence of Paludina layers overlain by Pontian deposits, even faunistical not verified as yet, is to be seriously taken into consideration.

Sloped surfaces of Pleistocen terraces and the oncsided streamflow network show that a slow sinking of the south-west region of the Tuzla basin did not stop even after the folding of the coal bearing strata and maybe is still acting at the present time.

Received 26th October, 1965.

Institute for Geological Research,  
Zagreb, Kupaska 2/I  
»Geoistraživanja-Elektrosond«  
Zagreb, Kupaska 2.