

Ivan FRANJO

GEOMORFOLOŠKE OSOBINE MOLVARSKIH PIJESAKA

UVOD

DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Veći broj autora tretiraju istraživani prostor uglavnom kao dio susjednih, odnosno širih prostora. Radovi su različitog karaktera, opsega i cilja istraživanja. Treba međutim reći da ne postoji ni jedan geomorfološki rad koji bi u cijelosti i detaljnije obuhvatio područje molvarskih pijesaka. Najstariji podaci o pleistocenski i polocenskim naslagama obrađenog područja nalaze se u radovima F. Šandora (1912. a i b). Obrađuje neke granometrijske i mineraloške osobine pijeska, posebno ako se govori o pedološkim radovima F. Šandora. Suvremena istraživanja odnose se na istraživanja eolskih pijesaka za potrebe O GK karte 1:100.000. Veći dio tih podataka nisu međutim objavljeni, pošto nije tiskana odgovarajuća karta molvarskih pijesaka. Upravo stoga, uz makroskopska terenska istraživanja litoloških osobina (struktura i tekstura), korišteni su i prvi rezultati ispitivanja mineralnog i mehaničkog prostora eolskih pijesaka s područja između Kloštra i Virovitice, a koji su objavljeni u zajedničkom radu I. Galovića i Z. Magdalenić. Osim toga, o eolskim karakteristikama kvartarnih sedimenata središnje i istočne hrvatske pisao je i A. Bognar (1978. i 1979.). Geomorfološka i fizička geografska ispitivanja molvarskih pijesaka vežu se isključivo za radove geomorfologa-geografa (A. Bognar 1980.) i fizičkih geografa (V. Blašković 1963.). A. Bognar u jednome svom sintetskom radu o osobinama reljefa kontinentalnog dijela hrvatske izvršio je geomorfološku tipizaciju šireg prostora đurđevačkih pijesaka, a V. Blašković daje niz vrijednih podataka o fizičko-geografskim osobinama istih. V. Blašković je istovremeno dao veoma dobar pregled rezultata istraživanja nekih starijih, teško pristupačnih geoloških radova.

METODE ISTRAŽIVANJA

Izrada ovoga rada zahtijevala je korištenje različitih metoda istraživanja.

Terenski rad, kao osnova i temeljna metoda, pružio je mogućnost stvarne spoznaje reljefa prostora. Ekshumiranjem, dobio se uvid u reljefnu strukturu, a edukativna je prema svom sadržaju. Uvidom u postojeće otvorene profile i odgovarajućim morfometrijskim analizama na terenu došlo se do osnovnih spoznaja o morfografskim i morfogenetskim osobinama reljefa. Na temelju toga izvršena je i tipizacija pojedinih eolskih oblika, a utvrđeni su i dominantni morfološki procesi koji sudjeluju danas, odnosno koji su sudjelovali u prošlosti, u oblikovanju reljefa molvarskih pijesaka.

Topografska podloga u mjerilu 1:5000 i 1:25000 vrlo dobro je poslužila pri geomorfološkim kartiranju, a i kao osnovna podloga za izradu geomorfološke karte, geološko-geomorfoloških profila i izdvajanju pojedinih akumulacijskih i deflacijskih reljefnih oblika.

Analiza i sinteza, metode su svojstvene svim znanstvenim istraživanjima. Tako se analizom pojedinih reljefnih oblika, otkopa i praćenjem dominantnih morfoloških procesa na terenu, te komparativnom



Sl. 1 - Orijentacijska karta molvarskih pijesaka

analizom tako dobivenih podataka i različitim hidrološkim, hidrogeološkim i vegetacijskim podacima, došlo do spoznaje o osnovnim osobinama reljefa i njegovoj evoluciji.

Veoma vrijedne rezultate dale su i pomoćne metode, kao što su to statistička obrada nekih litoloških osobina pijesaka, dimenzija pojedinih reljefnih oblika i primjena fotoanalize.

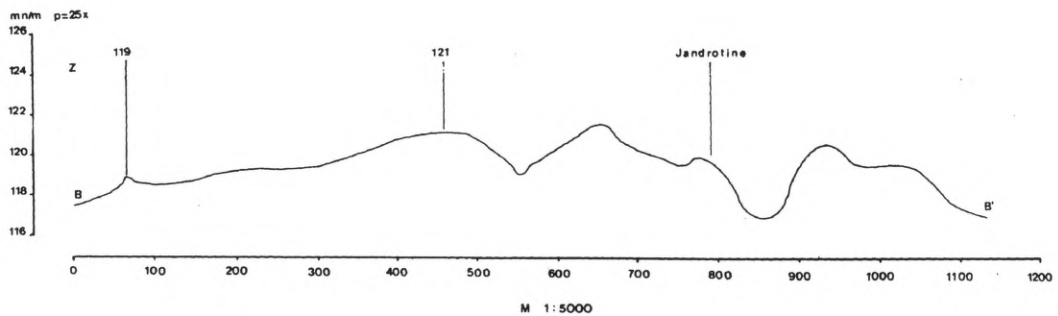
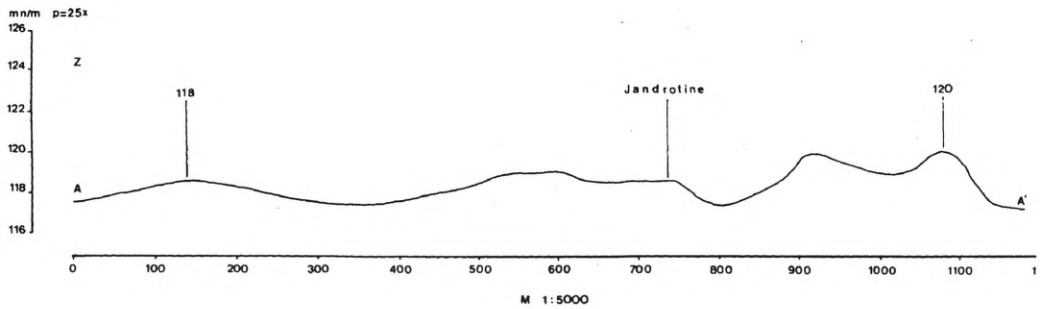
GEOMORFOLOŠKI POLOŽAJ

Područje molvarskih pijesaka krajnji je sjeverozapadni dio mikromorfološke regije đurđevačkih pijesaka, koji su istodobno dio submorfološke cjeline bilogorske Podravine, odnosno mezomorfološke regije nizine Drave. Predstavljaju morfofacijelnu jedinicu makromorfološke regije đurđevačkih pijesaka.

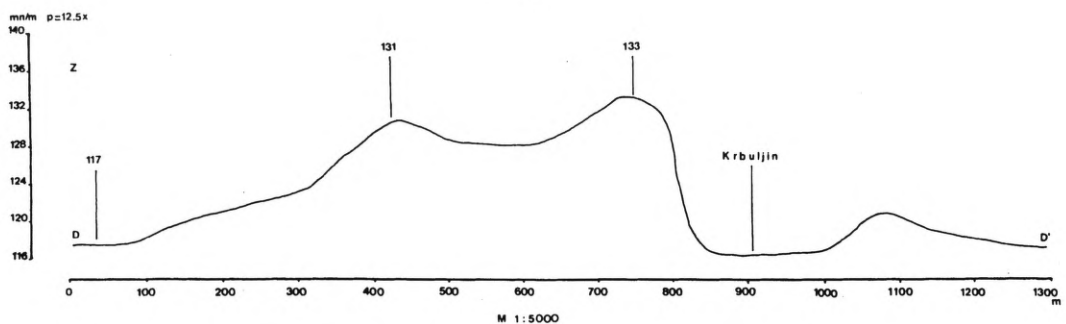
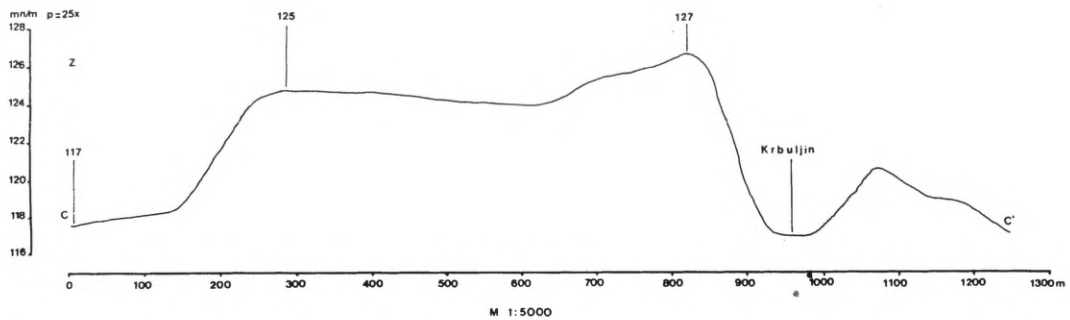
Istraživano područje izduženo je pravcem sjever-sjeverozapad-jug-jugoistok. Misli se tu isključivo na eolski reljef. Međutim treba reći, područje molvarskih pijesaka u morfološkom smislu uključuje i dijelove fluvijalne nizine Drave. Naime, izvorište materijala eolskih akumulacija nesumnjivo je vezano za nanos rijeke Drave, što su uostalom dokazale i sedimentološke analize. Slijedi iz toga da u tretiranu morfofacijelnu cjelinu treba uključiti područje od korita rijeke Drave na sjeveru pa na jugu do linije Volarski brijeg - Grkine (Molve 134). Granica na zapadu može se povući položem Drave u smjeru - jug nekako do visine Volarskog brijega. Slični odnosi vrijede i na istoku, s tim da meridionalno orijentirana granica ide položem Drave sve do visine naselja Grkine.

Tako omeđeno područje molvarskih pijesaka koje uključuje i dijelove poloja Drave ima površinu od 63 km, pravcem sjever-jug istraživan prostor izdužen je maksimalno 9 km a pravcem istok-zapad 7 km.

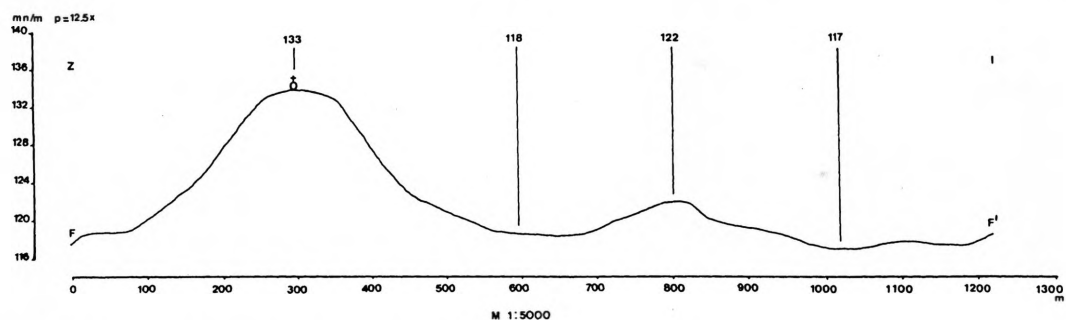
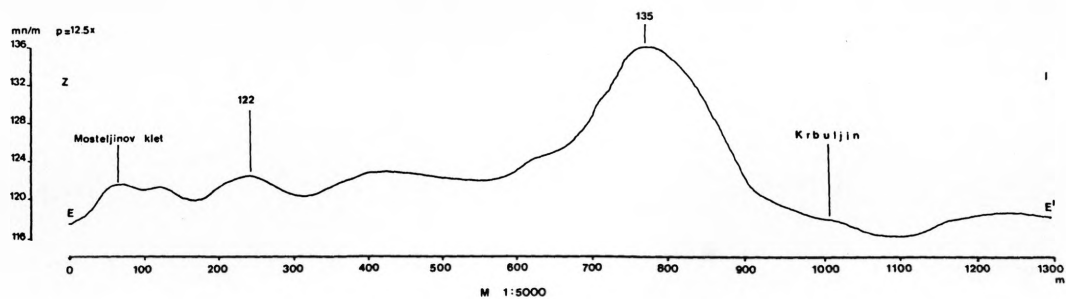
Reljefna energija kraja neznatna je; u području pijesaka nije veća od 20 m/km a u okviru poloja kreće se u vrijednostima od 0-3 m/km, znači energija reljefa nije veća od oko 22 m/km. Najviša točka je na toponimu Krbuljin 135,70, a najmanja je kod Grkina 114,66, što znači da je amplituda relativne visine 21,04 m. Istraživano područje prema tome pripada tipičnim akumulacijskim nizinama. Ako se govori o položju Drave, tada se može reći da je to gotova idealna nizina, na što ukazuje njen plavinski karakter. Taj dio područja nizine Drave pripada potolinskoj sukcesiji koju je rijeka ispunila svojim nanosima sve do Varaždina. U tom smislu molvarski pijesci kao i čitavo područje đurđevačkih pijesaka mogu se smatrati dijelom makromorfološke cjeline podravske nizine.



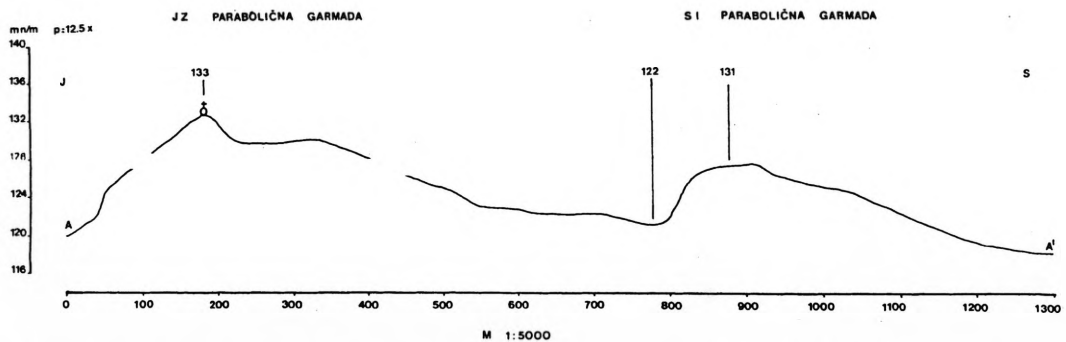
Sl. 2 – Poprečni morfoloških profil kroz eolsko akumulacijsko polje Molve



Sl. 3 – Poprečni morfoloških profil kroz eolsko akumulacijsko polje Molve



Sl. 4 - Poprečni morfoloških profil kroz eolsko akumulacijsko polje Molve



Sl. 5 - Uzdužni morfološki profil S-J kroz eolsko akumulacijsko polje Molve, od početka luv strane do podnožja lee strane. Vidi se da je akumulacijsko polje sastavljeno od dvije parabolične garmade

Područje đurđevačkih pijesaka, a u okviru njih i onih molvarskih, nalazi se gotovo na podjednako udaljenosti od Atlantika i Sjevernog ledenog mora. Prema tome, molvarski pijesci spadaju u klimamorfološku oblast umjerenih širina. Kao što je za iste karakterističan razvoj dolinskog reljefa, molvarski pijesci predstavljaju odgovarajući specifikum u morfološkom oblikovanju tog dijela Panonske nizine. To je i razumljivo s obzirom da je kraj tijekom pleistocena sve do würma bio planinskim područjem, da bi u završnom dijelu würma došao pod dominantan utjecaj eolske aktivnosti koja je u kombinaciji s fluvijalnim modeliranjem tijekom holocena i antropogenim utjecajima bitno odredila morfološko oblikovanje prostora. Znači to istodobno da je i prirodno-geografski razvoj bio definiran navedenim odnosima, naročito što se tiče pedoloških i vegetacijskih odnosa. U tom smislu molvarski pijesci po svojim prirodnim geografskim osobinama mogu se smatrati dijelom peripanonske prirodno-geografske makroregije.

GEOLOŠKE OSOBINE

Istraživano područje dio je dravske potolinske zone i to njezinog sjeverozapadnog dijela. U površinskom litološkom sustavu karakteristična je apsolutna dominacija kvartarnih sedimenata. To su najčešće klastiti terestričkog porijekla; eolski pijesci debljine do 10 m, pretaloženi lesu slični sedimenti fluvijalnog porijekla te pijesci i šljunci istovrsne geneze.

Sedimenti mrtvaja i rukavaca predstavljeni su organogeno močvarnim i mineralnogenim taložinama; siliti, gline, itd.. Dvojnost u genetskom pogledu izraz je kombinacije eolskog i fluvijalnog djelovanja tijekom mlađeg kvartara i holocena.

KVARTAR

PLEISTOCEN

Eolske i fluvijalne taložine pleistocenske starosti do sada nisu egzaktnim istraživanjima potvrđene. Tvrditi se može, međutim, da se dio **eolskih pijesaka** na dinskim uzvišenjima svakako može uvrstiti u pleistocen. Naime, u ostalim dijelovima područja đurđevačkih pijesaka nesumnjivo se izdvaja više faza u njihovom taloženju. Posebno se to odnosi na gromade većih dimenzija koje se sa svojim morfometrijskim osobinama izdvajaju kao reljefno najistaknutija uzvišenja. U slučaju molvarskih relativna visina dinskih uzvišenja iznosi 10-18 m, a na širem području đurđevačkih pijesaka i do 45 m. U prilog pleistocenske starosti dijela pijesaka govori i profil otkopa dine u pješčari istočno od Đurđevca. Utvrđena su čak dva reliktna pedološka horizonta koja profil dijele na tri akumulacijske faze. Reliktne pedološki horizonti s obzirom na svoju smeđkasto-crvenkastu boju najvjerojatnije pripadaju toplim i vlažnim periodima unutar mlađeg kvartara, u okviru kojih su klimatske i reljefne prilike pogodovale pedogenetskim procesima.

Načelno, prema istraživanjima eolskih pijesaka u panonskom prostoru (Borsy Z. 1961.) mogu se izdvojiti slijedeći periodi akumulacije: jedno je u maksimumu würmskog glacijala, negdje dvadesetak tisuća godina prije Krista, a drugo u borealnom stadiju starijeg holocena. Iz toga slijedi zaključak kako bi dvije akumulacijske faze eolskih pijesaka navedenog profila odgovarale završnom dijelu würma i starijem holocenu, a ona najmlađa razdoblju od 17. do 19. stoljeća, kada je zahvaljujući antropogenim utjecajima, devastacijom, pastirskim načinom gospodarenja u okviru Vojne krajine (sječa i paljenje šuma) ponovno aktiviran eolski rad na istraživanom području.

U sedimentne pleistocenske starosti mogli bi se eventualno uvrstiti pokrivači lesolikog sedimenta koji su utvrđeni u površinskim dijelovima pojedinih dinskih uzvišenja. Ukoliko je to tako, tada bi njihova geneza bila vezanom za aluvijalno raspadanje eolskog pijeska pod utjecajem pedogenetskih procesa krajem würma.

Kako se molvarski pijesci po svom prostornom obuhvatu isključivo vežu za današnji poloj Drave, lesa pleistocenske starosti nema. Lesu slični sedimenti po svojim strukturnim osobinama sliče lesu, ali oni to s obzirom na svoju genezu nisu. Naime holocenske klimatske prilike nisu pogodovale odgovarajućem dijagenetskom procesu kojim bi iz primarnog prašinstog materijala nastao les. (Bognar A. 1978., 1977.).

HOLOCEN

Većina površinskog dijela molvarskih pijesaka vezana je za akumulacijsku eolsku aktivnost tijekom holocena. Ti sedimenti leže ili na starijim pleistocenskim pijescima ili pak izravno na fluvijalnim naslagama u čijem sastavu prevladavaju šljunci i pijesci rijeke Drave. Eolski pijesci mjestimice horizontalno prelaze u pjeskovite ilovače, posebno ako se govori o kontaktu dina s naplavnom ravni. Slično kao i u slučaju onih pleistocenske starosti, radi se o vjetrom pretaloženim pijescima fluvijalnih naslaga "paleodrave". Na "grebenima" dina dominira krupnozrčan detritični materijal, dok se u međudinskim udolinama akumulirane pjeskovite ilovače, naravno ako se ne radi o izrazitim linearnim deflacijskim udubljenjima.

Kosa slojevitost naslaga u okviru dina nesumnjivo ukazuje na eolsku aktivnost sa zapada i sjeverozapada. Može se reći da debljina pijeska, bez obzira radi li se o holocenskim ili pleistocenskim naslagama, raste od sjevera prema jugu, odnosno sjeverozapada prema jugoistoku. Najbolji primjer tome

je i dina na kojoj se razvilo naselje Molve, gdje barem prema morfološkim pokazateljima najveća visina dine u odnosu na okolni poloj Drave u njezinu južnom dijelu.

Najvjerojatnija debljina eolskih pijesaka, u slučaju onih molvarskih, kreće se u vrijednostima preko 10 m.

Malakološka fauna (I. Galović i Z. Magdalenić 1975.) s okolnog područja ukazuje na akumulaciju na oceditim položajima, što je razumljivo.

Palinološke analize ukazuju da su prilikom taloženja eolskih pjesaka u vegetacijskom smislu najčešće zastupljene zeljaste biljke, a polen igličastog drveća daleko zaostaje. To znači da je prevladala stepska do močvarna vegetacija.

Tab. 1

GEOMETRIJSKI SASTAV PIJESKA						
GRANOMETRIJSKI SASTAV U %						
Uzorak	0,01	0,01-0,02	0,02-0,05	0,05-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5
I	9	4	9	15	44	9
II	5	1	7	17	58	12
III	1	4	14	23	40	18

Izvor: I. Galović, Z. Magdalenić (1975.)

Tab. 2

VRSTA MINERALA	MINERALOŠKI SASTAV PIJESKA U %					
	U	Z	O	R	A	K
	I. (Prugovac)	II. (Podravske Sesvete)			III. (Kloštar)	
Teških minerala	21,52	15,05			19,97	
Teški minerali						
opaka zrna	27	24			32	
prozirni minerali	73	76			68	
granati	68	67			73	
epidot	-	2			4	
amfibol	6	3			4	
titanit	-	5			-	
apatit	5	-			-	
rutil	5	-			4	
dolomit	-	8			-	
klorit	-	-			-	
Laki minerali						
kvarc	-	52			54	
feldspati	-	10			9	
čestice stijena	-	14			20	
karbonatna zrna	-	14			-	
muskovit	-	10			14	

Izvor: Z. Magdalenić, I. Galović (1975.)

Pijesci su žućkaste, svjetlosmeđe ili sivkaste boje. Srednja veličina zrna im je 0,107 - 0,27 mm, a koeficijent sortiranja im je 1,35 - 1,68 (I. Galović, Z. Magdalenić 1975.). Relativno dobra sortiranost zrna rezultat je pretaložavanja pijeska iz fluvijalne u eolsku sredinu taloženja.

Zrna koja sudjeluju u sastavu eolskih pijesaka imaju mat (mutnu) površinu, što je posljedica njihova kretanja djelovanjem vjetrova. U lakoj mineralnoj frakciji u sastavu pijeska prevladavaju zrna kvarca i feldspata, karbonatnih zrna, čestica stijena, listića muskovita, opakih zrna i prozirnih teških minerala (I. Galović - Z. Magdalenić 1975.).

Kvarc je zastupljen najčešće u poluzaobljenim zrnima, a feldspati u poluzaobljenim izbockanim zrnima. To su pretežno plagioklasi, a veća zrna kalijski feldspati. Muskovit se pojavljuje u zaobljenim ili rjeđe poluzaobljenim listićima.

Kao sporedni sastojci pijeska javljaju se zaobljene čestice pelita i čerta, te zaobljeni fragmenti metamorfnih stijena (sericitni, kloritsericitni, kvarckloritni, kvarcmuskovitni i biotitmuskovitni škriljci) i zaobljeni ulomci karbonatnih stijena, koje se sastoje od mikroznastog ili zrnatog kalcita.

U teškoj frakciji minerala, i to u asocijaciji prozirnih, izrazito dominira granat, a sporedni su sastavci epidot, amfibol, titanit, apatit, rutil, turmalin itd. (I. Galović - Z. Magdalenić 1975.). Takav sastav teških minerala nesumnjivo ukazuje na dravsko porijeklo sedimenata u okviru pijesaka dinskih uzvišenja. Naime, mineralni sastav analiziranih uzoraka na širem području đurđevačkih pijesaka ukazuje da je izvorno područje istih bilo izgrađeno od stijena visokog i niskog stupnja metamorfizma, od kiselih i neutralnih svojstava i klastičnih i karbonatnih stijena; u skladu s tim radi se o izvorišnom području Drave, dakle, Alpama (I. Galović - Z. Magdalenić).

ANALIZA RELJEFA

Prostor molvarskih pijesaka u morfostrukturnom smislu predstavlja dio tipične akumulacijsko-tektonske cjeline predgorske potoline nizine Drave, koja se sastoji od sukcesije manjih supsidencija ispunjenih marinskim, limničkim, fluvijalnim i eolskim akumulacijama neogensko-kvartarne starosti. Najmlađe geološko razdoblje određeno je, od mlađeg würma na ovamo, prvenstveno riječnom i eolskom aktivnošću, što u morfogenetskom pogledu područje uključuje u tip fluvijalno-eolskih nizina (Bognar A. 1980.).

U skladu sa specifičnim razvojem prostora u reljefnoj strukturi prevladavaju dvije osnovne morfogenetske vrste reljefa. To su različiti oblici eolskog reljefa i naplavna ravan rijeke Drave. Najveće značenje imaju reljefni oblici nastali destrukcijom i akumulacijskom aktivnošću vjetrova tijekom mlađeg pleistocena i holocena.

Karakterističan je razvoj deflacijskih brazda - garmada, deflacijskih udubljenja i pješčanih pokrova.

1. EOLSKI RELJEF

1. 1. Deflacijski oblici

1. 1. 1. Deflacijske brazde

Uočeni su različiti tipovi deflacijskih brazda. Izdužene su u pravcu kretanja dominantnog vjetrova. Različitih su dimenzija, kod Molva dosežu duljinu u vrijednosti od 800 metara, dok drugdje njihova duljina nije veća od 500 metara. Dubine su im najčešće 1 - 3 metra. Unutar njih uočavaju se i dijelovi koji dopiru do nivoa vode temeljnice.

U okviru tih dijelova udio finije silovite frakcije je veći pa sprečava poniranje atmosferskih voda. Stoga na takvim mjestima dolazi do zamočvarivanja (Krbuljin) i ujezerivanja (mjesto današnje OŠ Molve). Vrijedi to naročito za razdoblje prije nego što su izvedeni melioracijski zahvati. Jezera su uglavnom bila plitka i zakrivala ih je hidrofilna vegetacija lopoča i šaševa. Tamo gdje je vegetacijski pokrov bio rjeđim, lateralnom distrukcijom aktivnošću vjetrova oblikovale su se deflacijske brazde ovalnog ocrta. Duljina im se kreće od 100 do 200 metara, a širina od 80 do 120 metara. Veoma često za njihov južni kraj vežu se manje akumulacijske forme. Dubina deflacijskih brazda ovalnog ocrta mala je i ne prelazi vrijednost od 3 metra.

Slično kao i kod drugih područja eolskih pijesaka mogu se uočiti deflacijske brazde otvorene s obje strane. U pravcu ispuhivanja na njihovom završetku javljaju se pješčani pokrovi. Duljina takvih deflacijski udubljenja uglavnom je kraća od 200 metara, a dubina im rijetko prelazi vrijednost od 3 metra. Čest je slučaj da se deflacijske brazde oblikuju u okviru poloja. Primjer takvog razvoja može se naći u okviru molvarskih pijesaka, posebno zapadno od garmade na kojoj je razvijeno naselje Molve, ali ima ih i istočno. Dubina im nije veća od 0,5 do 1 m. Zavisno o dubini podzemne vode, unutar njih može se javiti i hidrofilna vegetacija. Naravno, vrijedi to za ona deflacijska udubljenja te vrste, gdje je deflacijom ogoljen i dravski nanos. Da je to tako, nesumnjivo ukazuje njihova vezanost za rubne dijelove izraženijih akumulacijskih oblika, gdje je turbulentni utjecaj bio izraženijim. Naime, udaljujući se od garmade kao osnovnih akumulacijskih i deflacijskih formi, deflacijskih udubljenja takve vrste nedostaje. Treba dodati da se najčešće javljaju tamo gdje je finiji mehanički sastav fluvijalnog nanosa. To znači da su ta deflacijska udubljenja istovremeno oblikovana u pjeskovitijim slojevima dravskih naslaga.

1. 1. 2. Deflacijske grede

U okviru područja koja su prvenstveno oblikovana deflacijom, gotovo svugdje se mogu uočiti specifični reljefni oblici tzv. deflacijskih greda. Ima ih dvije osnovne vrste.

Prva od njih oblikovana je na području gdje su se deflacijske brazde udubile u fluvijalni nanos. U osnovi su izrađene od fluvijalnog nanosa a samo najviši njihov dio pokrivaju eolski pijesci. Drugi tip deflacijskih greda oblikovan je u okviru područja koja su karakteristična dominantna eolska akumulacija. Kako je debljina eolskih akumulacija na takvim područjima nekoliko metara, deflacijske brazde se udubljuju isključivo u eolski materijal. Dalje iz toga slijedi da su na takvim područjima deflacijske brazde i deflacijske grede, pa i garmade, sekundarni oblici. Prema tome, prvo se razvilo primarno akumulacijsko polje, a nakon toga su se oblikovali navedeni sekundarni oblici.

1. 1. 3. Veća deflacijska udubljenja

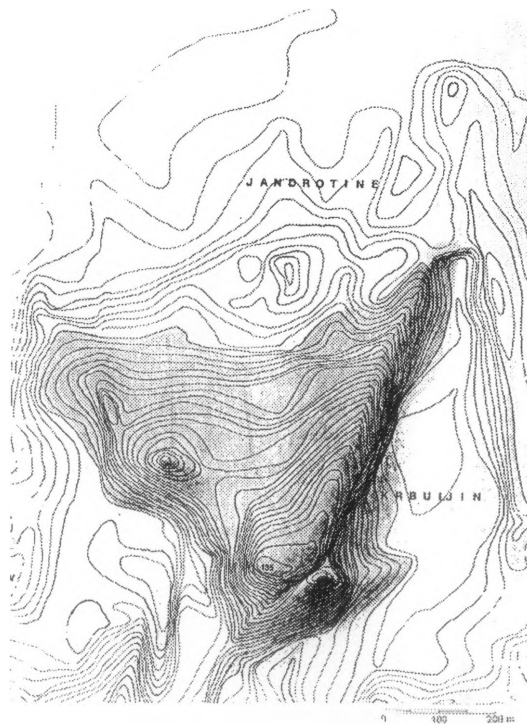
Veća deflacijska udubljenja mogu se zapravo poistovjetiti s dijelovima naplavne ravni Drave, koji se nalaze sjeverno i sjeverozapadno od primarnih eolskih akumulacijskih formi. Naime, očito je vjetar svojom aktivnošću zahvatio cjelokupnu površinu naplavne ravni Drave. Tim je on arealno ispuhivao finiji nanos u površinskom dijelu naplavne ravni nanoseći ga u skladu s mehanizmom njegovoga kretanja na odgovarajuće mjesto. Zavisno od promjene intenziteta njegovoga kretanja mjestimično je, zahvaljujući pojačanju odnosno smanjenju transportne moći, oblikovao već prije navedene destruktivne odnosno akumulacijske oblike. Prema tome veći dio naplavne ravni Drave sjeverno od akumulacijskih polja eolskog pijeska mogu se uključiti u područja deflacijom oblikovanog prostora. To je bilo ovisno o dubini vode temeljnice. U pravilu, tamo gdje se južnije od rijeke Drave pojavljuju eolske akumulacijske forme deflacijski utjecaj vjetra bio je jačim pa se takva područja mogu uvrstiti u kategoriju deflacijskih udubljenja.

1. 2. Akumulacijski oblici

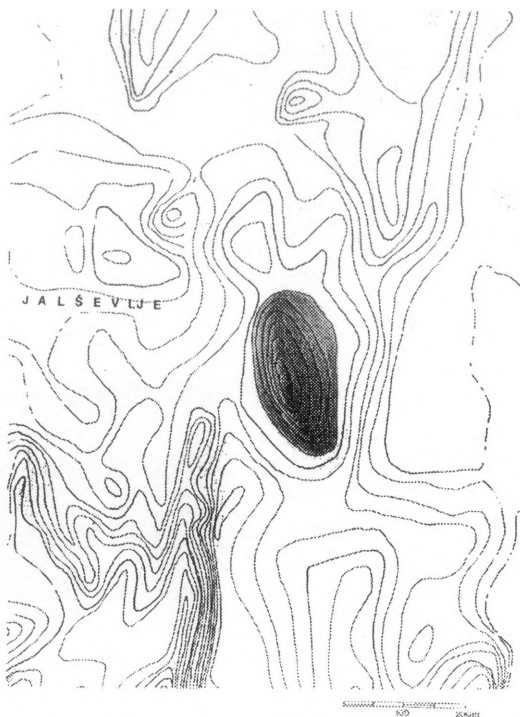
Na temelju pravca pružanja garmada može se zaključiti da je akumulacijska aktivnost vjetra na području molvarskih pijesaka bila vezana za vjetrove iz pravca sjevera i sjeveroistoka te sjeverozapada. U pravilu, starije garmade koje su nastale eolskom akumulativnom djelatnošću tijekom pleistocena, nastale su djelovanjem vjetrova iz pravca sjevera do sjeveroistoka, dok su one mlađe uglavnom sjeverozapadnije. To je razumljivo, budući da su tijekom pleistocena vjetrovi strujali sa sjevera i sjeveroistoka europskog kontinenta, odnosno s područja inlandajsa, gdje je formirano stalno anticiklonalno područje. Utjecajem ciklonalne aktivnosti, u holocenu, s Atlantika je dominantnim pravcem strujanja vjetrova onaj sjeverozapadni. Izraza za to ima u pravcu pružanja mlađih garmada – dina i djelomičnom preoblikovanju onih starijih. Primjer toga je i dina jugozapadno od Molvi u blizini Jalševlja.

Materijal ispuhan iz područja deflacijskih brazdi najčešće je akumuliran u obliku garmada i pješčanih pokrova. Transportna moć vjetra funkcija je snage vjetra, a ova je upravo proporcionalna s ubrzanjem

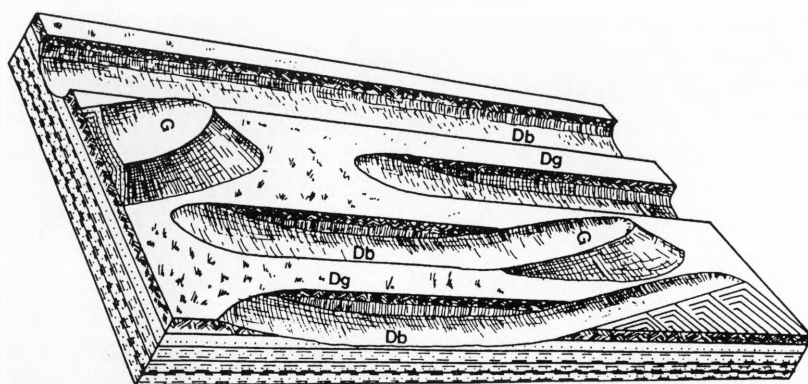
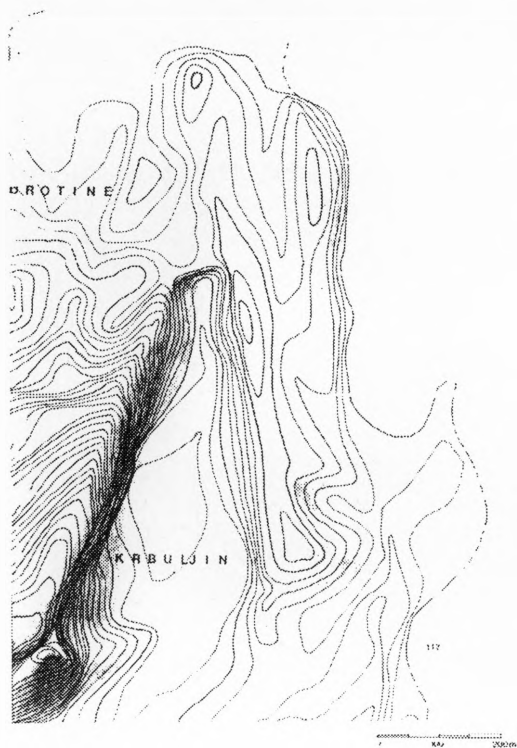
Sl. 6 - Primjer parabolične garmade



Sl. 7 - Primjer garmade eliptičnog oblika



Sl. 8 - Primjer uzdužne garmade



Sl. 9 - Shema reljefne strukture molvarskih pijesaka. Kao predložak korištena je slika B. Bulla (1954. g.)

LEGENDA:

- Db — deflacijska brazda
- Dg — deflacijska greda
- G — garmada

vjetra. Prema tome, brzina vjetra ne daje izravno njegovu snagu, već njegovo ubrzanje. To je uzrokom da vjetrovi različitih intenziteta kretanja imaju veću destruktivnu snagu od onih veće brzine, ali manjeg ubrzanja. To rezultira, prostorno gledajući, smjenom deflacijskih udubljenja i akumulacijskih eolskih oblika. Ukoliko, međutim, na takve mehaničke osobine kretanja vjetra imaju utjecaj i lokalni hidrogeološki (pliča temeljnica) i vegetacijski faktori (gušći ili rjeđi travni pokrov) tada će se oblikovati specifički akumulacijski oblici. U slučaju molvarskih pijesaka, a načelno se to može tvrditi za čitav prostor đurđevačkih pijesaka, nešto veća vlažnost područja je tijekom pleistocena a i u holocenu, zbog relativno visoke vode temeljnica i gušće stepске vegetacije (Loki J. 1981. Chohnoky J.), deflacijom pokrenuti materijal akumuliran je neposredno iza deflacijskih brazda odnosno deflacijskih udubljenja. U skladu s tim, u morfogenetskom smislu na istraživanom području razvili su se specifični akumulacijski oblici eolskog reljefa, dine - garmade. To je osnovna njihova morfogenetska osobina područja po kojoj se bitno razlikuju od ostalih akumulacijskih oblika eolskog reljefa karakterističnog za humidne i perhumidne dijelova panonskog prostora (Deliblatska pješčara i Nyrseg) kao što su primjerice parabolične dine. Naime, parabolične dine po svom nastanku vežu se za prostore gdje im je s obzirom na veću dubinu vode temeljnica i rjeđi vegetacijski pokrov omogućen nesmetan razvoj. One migriraju, pa se stoga i veoma brzo destruiraju za promjena paleoklimatskih prilika.

Kod garmade - dine luv strana u pravilu je prirodni nastavak deflacijske brazde, što znači da se blagim konkavnim nagibom izravno nastavlja na nju. Kako se deflacijska brazda udubljuje do razine vode temeljnica, to je luv strana garmade najčešće konkavnom. Kod Barhana je upravo suprotni slučaj. Lee strana svake garmade, s obzirom da je u zavjetrini dominantnog pravca kretanja vjetra, strmom je i konveksnom. To ne znači da se, u zavisnosti od vrijednosti debljine deflacijom moguće pokrenutog materijala, ta ista garmada neće uzdužno dalje razvijati. Upravo stoga, prema zakonitosti kretanja pijeska, blizini vode temeljnica te gustoći vegetacije (prvenstveno se misli na stepsku) na području molvarskih pijesaka, a i šire đurđevačkih, oblikovale se se dvije **osnovne akumulacijske vrste dina – garmada**, i to **uzdužne i parabolične**.

1. 2. 1. Garmade

1. 2. 1. 1. **Uzdužne garmade** vrsta su akumulacijskih eolskih oblika izduženih u pravcu kretanja dominantnog vjetra. Bez izuzetka oblikuju se neposredno iza deflacijskih brazda. Dužina im je različita i kreće se u vrijednostima 400–900 metara. Takav tip garmada uglavnom je uskim, njegova najveća širina ne prelazi vrijednost od 300 metara (140–300 metara). Luv strana uzdužnih garmada je blaža i kreće se u vrijednostima od 5–12°. Nagibi lee strane u pravilu su veći od 32°, s tim da u slučajevima gdje su pod gušćom travnom ili šumskom vegetacijom mogu doseći i vrijednost od 55°. To je i razumljivo pošto vegetacija bitno usporava kretanje pijeska s jedne strane, a s druge ga veže. Valja reći da bi se te vrijednosti vrlo vjerojatno izmijenile da je tijekom holocena spiranje dobilo slobodan prostor za svoje djelovanje. Tu se misli na planacijsko djelovanje deluvijalnih procesa. Fokus djelovanja vjetra u pravilu je na južnoj, jugozapadnoj ili jugoistočnoj strani uzdužne garmade. Dakle, u skladu s kretanjem pijeska tu je došlo do najveće koncentracije akumulacije pijeska. U skladu s tim ti dijelovi uzdužnih garmada su najviši. Kao izraz toga takve garmade su asimetričnog uzdužnog profila; najniža je neposredno uz deflacijsku brazdu a najviša na kontaktu luv i lee strane. Visina uzdužnih garmada, gledajući ih pojedinačno, kreće se u prosjeku 5 - 6,5 metara.

Uočene su i garmade eliptičnog ocrta, uzdužnog profila. Uvrštene su u garmade uzdužnog tipa. Kod njih luv nagib je relativno malen, i najčešće se kreće ispod 5°. Vrijedi to i za lee stranu, s tim da se nagibi kreću od 12-32°. Uzdužne garmade uzdužuju se u nizove. Svaki od tih nizova (Matočina, Ruška) sastoji se od 2 - 3 garmade. Često se spajaju u veće oblike, kao što su to polja uzdužnih garmada (Matočina, Brezovica).

Derazijski procesi, spiranje, često uzdužnu garmadu diseciraju na niz glavica i sedala što se lažno doimlje kao niz spojenih uzdužnih garmada (Matočina). Sedla na garmadama javljaju se uvijek na mjestima gdje se na dinskom uzvišenju javljaju dvije nasuprotne manje derazijske doline, a koje su redovito nastale spiranjem atmosfere vode ili snježnice.

Udubljenja između dva niza uzdužnih garmada redovito predstavljaju međudinska udubljenja a ne deflacijske brazde.

Tab. 3

**MORFOMETRIJSKE OSOBINE NEKIH AKUMULACIJSKIH
EOLSKIH OBLIKA PODRUČJA MOLVARSKIH PIJESAKA**

	Širina	Duljina	Vrsta garmade	Visina	Nagib u °	
I.	300 m	900 m	Uzdužna	5,5 m	5,12	12-32
II.	215 m	670 m	Parabolična	4,5 m		
III.	140 m	400 m	Uzdužna	5,5 m	5-12	12-32
IV.	150 m	470 m	Uzdužna	6,0 m	12-32	32-55
V.	290 m	610 m	Deflacijska greda			
VI.	250 m	825 m	Uzdužna	6,5 m	5-12	32-55
VII.	160 m	472 m	Uzdužna	5,0 m	5-12	12-32
VIII.	300 m	550 m	Parabolična	6,0 m		
IX.	630 m	990 m	Uzdužna i parabolična	15,0 m		
X.	1000 m	1325 m	Parabolična	18,0 m		

1. 2. 1. 2. **Parabolične garmade** drugi su i najčešći tip akumulacijskih eolskih oblika u okviru molvarskih pijesaka. Srpasto se vežu za deflacijske brazde i deflacijska udubljenja. Kao i kod uzdužnih luv strana parabolične garmade neposredno se vežu blagim nagibom (1-2°) za deflacijska udubljenja i brazde. Zanimljivo je da se za razliku od paraboličnih garmada oblikovanih sjeverno od Drave na području Somogyja naše bitno razlikuju po svojim dimenzijama. Naime, na istraživanom području predstavljaju najveće akumulacijske oblike, dok su u Somogyju one znatno manje (Loki J. 1981.). U prilog tome govore i dimenzije paraboličnih garmada utvrđenih u području molvarskih pijesaka. Duljina im se kreće 670 - 990 m, a širina 215 - 750 m. Visina im dostiže i vrijednosti 18 m (sjeveroistočna molvarska parabolična dina). Najmanje zabilježene visine kreću se 4,5 - 6 m. Daljnja osobina paraboličnih garmada jest da se vežu u nizu i oblikuju veliko akumulacijsko polje. Po svom vremenu oblikovanja to su najčešće stariji akumulacijski oblici. U prilog tome govori i njihova izduženost pravcem sjever-jug i sjever-sjeveroistok. Slijedi stoga da su pleistocenske starosti i da su ih oblikovali vjetrovi koji su strujali iz stalne anticiklone nad inladajom na sjeveru našeg kontinenta. Primjer toga je i molvarsko akumulacijsko polje, koje se sastoji od dvije veoma lijepo oblikovane parabolične garmade, koje su ovom radu prema svom morfološkom položaju označene kao sjeveroistočna i jugozapadna parabolična garmada. Za jugozapadnu paraboličnu garmadu vezan je središnji dio naselja Molve s crkvom, koji je izrađen na njezinom najvišem dijelu. To se ističe u pejzažu, a i značajnim je markerom za razumijevanje morfoloških odnosa na području molvarskih pijesaka.

Paraboličnu garmadu možemo smatrati osnovnim eolskim akumulacijskim oblikom na području molvarskih, kao i đurđevačkih pijesaka. Može se reći da zamjenjuje barhane u pustinjama, odnosno parabolične dine na području Deliblatske pješčare i Nyirsega. Prema tome, reljefna struktura molvarskih pijesaka kao i đurđevačkih u širem smislu, predstavlja odgovarajući facijalni reljefni varijetet eolskih pijesaka u svijetu, kao izraz tj. klima - morfološke varijance (usmeno priopćenje dr. A. Bognara). Rezultat je to, odnosno izrazom odgovarajućih fizičko geografskih osobina prostora u vremenu od mlađeg würma na ovamo. Veća vlažnost područja u klimatskom smislu i velika blizina dravskih plavnih i podzemnih voda determinirali su, odnosno usmjerili, eolsko djelovanje na tome prostoru u tom razdoblju. Specifična morfološka situacija definirana oblikovanjem velikih paleoplavina Dunava i Drave južno od Blatnog jezera i jugoistočno od Varaždinske potolinske zone tijekom plio-kvartara, donjeg i srednjeg pleistocena, bitno je utjecala na morfološko oblikovanje prostora (A. Bognar 1985., Marosi S. 1970.). Dodati treba i činjenicu da su nneotektonski

pokreti tijekom kvartara također odigrali značajnu ulogu u formiranju morfoloških oblika, koji su omogućili oblikovanje velikog prostora od oko 5000 km² eolskog pijeska (računajući naš i mađarski dio).

Oblikovanje parabolinih garmada zavisno je od deflacijske mogućnosti dominantnog vjetera. Inflacija će, prema tome, biti najjačom tamo gdje će površina biti najprikladnijom za njezin utjecaj. To su uglavnom površine sa smanjenom gustoćom vegetacije ili površine bez vegetacijskog pokrova te, naravno, gdje je voda temeljnica na većim dubinama. Vjetar se u svom deflacijskom djelovanju koncentrira u jednom fokusu koji je uvjetno rečeno žarištem jedne parabole. To žarište poklapa se s točkom na deflacijskoj površini koja je najizloženijom destruktivskom udaru vjetera. Zato u kretanju pokrenutog pijeska ta točka uvjetuje najveću koncentraciju akumulacije, pa je stoga tu garmada i najviša. Krila garmade se od te točke postupno snizuju. Žarište akumulacije pijeska kod garmade, s obzirom na činjenicu da se pijesak zbog odgovarajućih vegetacijskih i hidrogeoloških uvjeta neposredno veže iza deflacijske brazde ili deflacijska udubljenja, čini da se fokus djelovanja vjetera nalazi uvijek iza završenog dijela deflacijske brazde. Stoga najistaknutija ili najjisturenija točka parabolinih garmada jest najvišom i usporedo se veže za deflacijsko udubljenje. U slučaju da se nivo podzemne vode snizi, garmada u pravilu prelazi u parabolinih dinu, što znači da se udaljava od deflacijskog udubljenja. Takvi primjeri na području molvarskih pijesaka nisu zapaženi.

1. 2. 2. Pješčani pokrovi

Na području molvarskih i đurđevačkih pijesaka tijekom razdoblja dominantnog eolskog utjecaja na oblikovanje reljefa formirala su se relativno velika područja pod pješčanim pokrivačem. Naslage eolskog pijeska imaju tu uglavnom horizontalni razvoj. Nemaju veću dubinu od 2 metra. U prostoru molvarskih pijesaka najčešće se vežu za južne strane tj. na kraju deflacijskih brazda, odnosno deflacijskih udubljenja. Uočeni su južno od eolskog akumulacijskog polja Molve (Brzdaljeva itd.).

2. FLUVIJALNI RELJEF

2. 1. Poloj

Velik dio istraživanog prostora obuhvaćen kartografskim podlogama 1:5000 dio je poloja rijeke Drave. Može se slobodno reći da je prostor molvarskih pijesaka na neki način interpoliran u naplavnu ravan Drave. Naime, najveći dio pijesaka akumuliranih u obliku garmada i pješčanih pokrova predstavlja eolskom aktivnošću pretaloženi nanos rijeke Drave i njezinog poloja. Da je tome tako, nesumnjivo su potvrdile već navedene mineraloške analize pijesaka koji sudjeluju u sastavu eolskih akumulacija.

Poloj rijeke Drave predstavlja tipičnu akumulacijsku nizinu ispunjenu šljuncima, šljunkovitim pijescima, pjeskovitim šljuncima, pijescima, siltovitim pijeskom, pjeskovitim siltom, siltom i glinovitim siltom fluvijalnog porijekla. Debljina rječnog nanosa prema bušotinama (Karastar bušotina sjeverne Hrvatske...) deblji je u istraživanom području od 50 i više metara. To očito ukazuje na činjenicu da se ovdje radi o supsidencijskom - potolinskom prostoru (Prelogović E. 1972.). Poloj rijeke predstavlja gotovo idealnu nizinu, reljefne energije manjeg od 5 m/km². Razvijana je zapadno, sjeverno i istočno od molvarskih pijesaka. Pješčani pokrovi i garmade pokrivaju istovremeno i dravski nanos, koji se nalazi ispod njih. Dijelove poloja koji nisu pod eolskim nanosom pijeska čine uglavnom viši dio naplavne ravni Drave (Bognar A. 1980.), koji je plavljen samo za vrlo visokih vodostaja rijeke. Dijelovi nižeg nivoa naplavne ravni Drave predstavljaju stara korite (Berek) rijeke Drave koji su najčešće pod močvarnom vegetacijom šaša, trske, lopoča, plivajućih paprati itd. Vegetacijska potomateja najčešće zastire gotovo čitavu površinu bereka odnosno starih korita Drave. Ta se udubljenja stoga nalaze u različitoj fazi zatrpavanja. Ukoliko su potpuno zatrpavanja, stara korita Drave su preorana i pretvorena u oranice i livade.

ZAKLJUČAK

Istraživano područje prvenstveno je karakterizirano prevladavanjem eolskog reljefa, to su tzv. molvarski pijesci koji predstavljaju specifičnu morfogenetsku cjelinu uključenu u cijelosti u fluvijalno eolsku nizinu đurđevačkih pijesaka. Predstavlja njezin sjeverozapadni dio. Odlučujuću ulogu u oblikovanju reljefa imala

je kombinirana djelatnost eolske i fluvijalne aktivnosti. Područje eolske aktivnosti obilježeno je oblikovanjem deflacijskih i akumulacijskih reljefnih oblika. Od deflacijskih eolskih oblika najveće značenje imaju deflacijske brazde, deflacijske grede, deflacijska udubljenja. Garmade, uzdužne i parabolične, te pješčani pokrovi, osnovni su akumulacijski oblici eolskog reljefa. Na temelju pružanja i litoloških osobina navedenih reljefnih oblika utvrđeno je da su nastali kao rezultat destruktivnog i akumulacijskog djelovanja sjeveroistočnih i sjeverozapadnih vjetrova tijekom mlađeg pleistocena i holocena. Od fluvijalnih reljefnih oblika dominantno značenje ima plavinska akumulacija rijeke Drave, koja je formirala široki poloj, koji je istovremeno bio i glavnim izvorišnim područjem ispuhivanja eolskog materijala.

LITERATURA I IZVORI

1. Blašković V., 1963., Đurđevački pijesci, Geografski glasnik br. XXV, GDH, Zagreb
2. Bognar A., 1978., Les i lesu slični sedimenti Hrvatske, Geografski glasnik, 40, Geografsko društvo Hrvatske, Zagreb
3. Bognar A., 1980., Tipovi reljefa kontinentskog dijela Hrvatske, Spomen zbornik o 30. obljetnici G. D. Hrvatske, Geografsko društvo Hrvatske, Zagreb
4. Borsy Z., 1961., A nyírség..., Foldrajzi monografiják, Akadémiai Kiadó, Budapest
5. Bulla B., 1954., Geomorfologija, Tankönyv Kiadó, Budapest
6. Cholnoky J., e.n. Somogy Vermegye természetvi viszonyai. Magyarorszag Varmegyei es varosai. bp. pp. 1-655
7. Galović I., Magdalenić Z., 1975., Eolski sedimenti područja Kloštar - Virovitica u sjevernoj Hrvatskoj, Geološki vjesnik, svezak 28, IGH, Zagreb
8. Katastar bušotina sjeverne Hrvatske, RGN Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
9. Loki J., 1981., Acta Geographica Debrecina, Tomus, XVIII-IX, Debrecen
10. Marosi S., 1970., Belso-Somogy kialakulasa es Felszinalaktana, Foldr. Tanulm. 11 kot. pp. 1-169
11. Prelogović E., 1974., Neotektonski i strukturni odnosi u dravskom području. Disertacija arh. RGN, fak., 1-150, Zagreb
12. Šandor F., 1912., Ekskurzija u podravske pijeske - Vijesti geol. povjer., 2, 30-36, Zagreb.