
IZVJEŠĆE

GEODETSKO-GEOLOŠKE STUDIJE EROZIJE RUBNIH DIJELOVA PRAPORNIH RAVNJAKA HRVATSKOG PODUNAVLJA

Naručitelj:



H R V A T S K E V O D E
pravna osoba za upravljanje vodama
Ulica grada Vukovara 220, Zagreb

Izvoditelj:



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEODETSKI FAKULTET I RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Zagreb, travanj 2015.

IZVJEŠĆE

GEODETSKO-GEOLOŠKE STUDIJE EROZIJE RUBNIH DIJELOVA PRAPORNIH RAVNJAKA HRVATSKOG PODUNAVLJA

Voditelj projekta:	Prof. dr. sc. Boško Pribičević Prof.dr.sc. Ivan Dragičević
Koordinator radova:	Doc.dr. sc. Almin Đapo
Suradnici:	Prof.dr.sc. Davor Pavelić, dipl.ing.geol. Dr.sc. Branko Kordić, dipl.ing geod. Dr.sc. Alan Vranjković,dipl.ing.geol. Luka Babić, dipl.ing geod. Branko Hlevnjak, dipl. ing. geol. Marin Govorčin, mag.ing.geod. et geionf. Mag.ing. geol. Ivica Pavičić Vanja Miljković, dipl. ing. geod. Goran Krnić, mag.ing.geod. et geionf. Tomislav Džapo, dipl. ing. geod. Maja Ivančić, , dipl. ing. geod. Robert Rodbinić, inž. geod. Davor Ivančić, geod.teh.
Savjetnici:	prof. dr. sc. Eduard Prelogović

CONTENTS

1	UVOD.....	8
2	CILJ I METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA	12
3	SUVREMENE BEZKONTAKTE MJERNE TEHNOLOGIJE	14
3.1	LIDAR.....	14
3.1.1	Statičko lasersko skeniranje	20
3.1.2	Mobilno lasersko skeniranje iz zraka – ALS	25
3.1.3	Mobilno terestričko lasersko skeniranje	29
3.2	Hidrografska izmjera.....	37
3.2.1	Mjerenje dubina	39
4	PRIKUPLJANJE I SISTEMATIZACIJA I VALORIZACIJA DOSADAŠNJIH GEODETSKIH ISTRAŽIVANJA S KARTOGRAFSKIM PODLOGAMA....	41
5	PRIKUPLJANJE PODATAKA I FORMIRANJE DIGITALNOG MODELA RELJEFA (DMR) ZA PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	50
6	PRIPREMA ZA DETALJNO SNIMANJE TRODIMENIZIONALNIM LASERSKIM SKENEROM I ODABIR LOKALITETA NA DIONICI S NAJIZRAŽENIJOM POJAVNOŠĆU EROZIJA	52
7	DETALJNO SNIMANJE 3D LASERSKIM SKENEROM KOMBINIRANO S GPS TEHNOLOGIJOM I OBRADA MJERENJA.....	55
7.1	Lokalitet Lovka.....	55
7.2	Lokalitet Šarengrad.....	63
7.3	Lokalitet Savulja – Borovo selo.....	67
8	PRIKUPLJANJE PODATAKA I PRIPREMA ZA IZVOĐENJE HIDROGRAFSKIH MJERENJA VIŠESNOPNIM DUBINOMJEROM NA DUNAVU I PRITOKAMA	73
9	ZAKLJUČAK	75
10	UVOD.....	76
11	METEOROLOŠKE I KLIMATSKE ZNAČAJKE PODUNAVLJA.....	79

11.1	Temperatura zraka	79
11.2	Vjetar	81
11.3	Naoblaka, oborina i relativna vlažnost zraka	82
12	GEOMORFOLOGIJA	85
12.1	Vodostaj.....	87
13	GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE PODRUČJA ISTRAŽIVANJA.....	92
14	TALOŽNE I STRATIGRAFSKE ZNAČAJKE PRAPORA PODUNAVLJA .	93
14.1	Starost prapora na istraživanom terenu.....	97
14.2	Malakofauna u praporu.....	99
14.3	Sedimentološke značajke prapor/paleotlo sekvenci	101
14.4	Taložni model prapora u istočnoj Hrvatskoj	104
14.5	Poslijetaložne promjene.....	104
14.6	Karakteristike prapora na točkama istraživanjima	105
15	CRPILIŠTA JAVNE VODOOPSKRBE U ISTRAŽIVANOM PODRUČJU	109
15.1	CRPILIŠTA NA PODRUČJU BARANJE.....	111
15.2	CRPILIŠTE TOPOLJE.....	112
15.3	CRPILIŠTE PROSINE	118
15.4	CRPILIŠTA NA PODRUČJU VUKOVARSKOG RAVNJAKA.....	123
15.5	CRPILIŠTE DALJ	124
15.6	CRPILIŠTE CERIĆ.....	127
15.7	CRPILIŠTA NA PODRUČJU SRIJEMA.....	130
15.8	CRPILIŠTE MOHOVO.....	132
15.9	CRPILIŠTE SKELA.....	136
16	HIDROGEOLOŠKA SVOJSTVA PRIPOVRŠINSKIH NASLAGA.....	143
16.1	PODRUČJE TOPOLJA.....	144
16.2	PODRUČJE DALJA.....	149

16.3	PODRUČJE MOHOVA	153
16.4	PODRUČJE ILOKA	156
17	RECENTNI GEOLOŠKI STRUKTURNI SKLOP I TEKTONSKA AKTIVNOST	166
17.1	REGIONALNE ODLIKE STRUKTURNOG SKLOPA.....	167
17.2	STRUKTURE I RASJEDI.....	171
17.2.1	Odražavanje struktura i rasjeda u reljefu 171	
17.2.2	Klasifikacija struktura i rasjeda 173	
18	TEKTONSKA DINAMIKA, ODNOSI I POMACI STRUKTURA	227
19	POSTANAK STRMACA U ZONAMA NAJVAŽNIJIH RASJEDA STRUKTURNOG SKLOPA I NJIHOV POLOŽAJ U ODNOSU NA KORITO DUNAVA.....	231
19.1	Primjeri strmaca u zonama rasjeda udaljeni od korita Dunava (A) ..	240
19.2	Primjer strmca udaljenog od korita Dunava nastalog u krovinskom krilu rasjeda Beli Manastir-Batina (6) gdje se na površini nalaze eruptivne stijene (B)	244
19.3	Primjeri strmaca u zonama rasjeda duž kojeg nastaju odroni i konusi prapornih naslaga koji su izloženi izravnom djelovanju Dunava (C)	246
19.4	Primjeri strmaca u zonama rasjeda duž kojih Dunav taloži naslage (D)	257
19.5	Primjeri strmaca u zonama rasjeda koji su izloženi izravnoj eroziji Dunava (E)	263
19.6	Primjeri postanaka strmaca zbog tektonskih pokreta u zonama najvažnijih rasjeda strukturnog sklopa (F)	268
20	EROZIJA, UZROCI EROZIJE I POSLJEDICE EROZIJE	283
20.1	UZROCI EROZIJE	283
20.2	POSLJEDICE EROZIJE	283

21	PRIJEDLOG DALJNJIH ISTRAŽIVAČKIH RADOVA.....	284
	LITERATURA.....	285

1 UVOD

Brzi društveno-gospodarski razvoj nužno nameće potrebu što funkcionalnijeg korištenja prostora. U skladu s tim, interes društva sve više je upućen i prema onim područjima koja su do sada zbog svojih nepovoljnih reljefnih osobina smatrani nepodesnima s aspekta građevinarske prakse. U tu kategoriju terena mogu se ubrojiti i oni ugroženi urušnim i klizno-urušnim pokretima. U okviru istih, specifične vrste reljefnih oblika predstavljaju visoki strmi lesni odsjeci uz desnu obalu Dunava u Hrvatskoj. Nestabilnost strmih lesnih odsjeka bitno utječe na razvoj priobalnih naselja uz takav tip rijeke, sprječava ili otežava izgradnju građevinskih industrijskih objekata čije su lokacije bitno uvjetovane odgovarajućom vodoopskrbom, a i cestovnih i željezničkih prometnica te stambenih naselja. Tome treba dodati da lesni strmi odsjeci često uvjetuju stvaranje tzv. "ledenih čepova" tokom zimskih mjeseci, koji usporavaju i onemogućuju vodeni promet, te ponekad uvjetuju poplave katastrofalnih razmjera. Sasvim je razumljivo da se stoga problematici mobilnosti lesnih strmih odsjeka pokloni veoma velika pažnja (Bognar et al., 1981).

Dunav se, u Hrvatskom dijelu toka, sastoji od sinusoidalnih krivina uobičajenih za donje dijelove toka rijeka koje nose sitnozrnati mulj i glinu, te je po definiciji (Carlson et.al. 2011), meandrirajuća rijeka. To je također vidljivo iz satelitskih snimaka, na kojima se jasno raspoznaju napušteni rukavci, odnosno prijašnje lokacije toka Dunava. Zanimljivo je, međutim, da se ti rukavci nalaze sa istočne strane Dunava. Ta činjenica ukazuje na meandriranje Dunava prema zapadu odnosno Hrvatskoj obali. Uzroci te pojave su raznoliki, ali najutjecajniji su sama topografija i Coriolis-ova sila. Kako su, po definiciji, tekućice vodena tijela ograničena kanalom (koritom) koja se kreću nizbrdo pod utjecajem gravitacije (Carlson et.al., 2011), važnost topografije u ovom segmentu je jasna. Coriolis-ova sila je dobro poznata i objašnjena sila koja uzrokuje defleksiju smjera kretanja u desno na Zemljinoj sjevernoj polutci, a čiji je utjecaj na tok rijeke koja se kreće od sjevera prema jugu na sjevernoj polutci takav da ju, posljedično, potiskuje prema zapadu. U slučaju Dunava, koji se uz hrvatsku granicu kreće navedenim smjerom, upravo ta sila može ponuditi jedno od rješenja na pitanje izmicanja toka prema zapadu, odnosno hrvatskoj obali.

Rijeka Dunav u području Hrvatskog Podunavlja najvećim dijelom prolazi kroz predjele koji su izgrađeni od prašinasto-pjeskovito-glinovitih taložina koje se najčešće u genetskom smislu definiraju kao prapor i njegovi ekvivalenti. U više područja Dunav je svojom erozijskom snagom stvorio specifičan reljef na desnoj hrvatskoj obali. On se u morfološkom smislu iskazuje kao strmi, gotovo vertikalni odsjeci visoki i do nekoliko desetaka metara. Ovom fenomenu je prethodila i značajno doprinijela recentna tektonika koja je uzrokovala izdizanje hrvatske obale Dunava što je rezultiralo stvaranjem prapornih (lesnih) ravnjaka. U svome erozijskom djelovanju Dunav, poglavito za vrijeme visokih voda, odnosi ogromne količine prapora te na taj način ugrožava priobalna područja u dionicama sa strmim odsjecima pomičući svoju obalu na račun neposrednog zaobalja.

Podinu lesnih i lesu sličnih naslaga u Baranji dijelom čine vulkanske stijene (bazalt-andezit, bazaltni tufovi i breče). Na ostalim sektorima hrvatskog dijela Dunava podina lesa uglavnom je predstavljena pjeskovitim, laporovitim i glinovitim slojevima gornjopliocenske starosti ili pješčanim i šljunčanim slojevima donjeg i srednjeg pleistocena. Kod Erdutskog brijega, Šarengrada i Iloka Dunav je zasjekao srednje i starije pleistocenske te gornjo pliocenske naslage koje su predstavljene slojevima sitnozrnog sivog, žućkastog i crvenkastog pijeska, koji se pojavljuje često u gustoj izmjeni s tanjim siltno-pelitnim proslojcima (Bognar et al., 1981).

Određivanje mikrotopografije zemljine površine, ne samo da dopušta utvrđivanje rizika od erozije, nego uz praćenje njezinih promjena omogućuje kvantificiranje erozije i sedimentacije zemljanih materijala. Uobičajene metode mjerenja zemljine topografije visokom prostornom rezolucijom uključuju kontaktne profilometre, koji ispituju plohu pomoću igala, triangulacijskih laserskih metoda ili stereofotogrametrijskih metoda (Govers et al. 2000, Huang 1998). Međutim, ove metode su ograničene po pitanju izmjere većih područja kada je potrebna rezolucija u milimetarskom rasponu. Triangulacijski laserski skeneri zahtijevaju sustav za izrazito precizno dvodimenzionalno pozicioniranje, slično kao kod običnih ravninskih skenera, koji bi, dakle, trebalo postaviti u području istraživanja.

Manualno mjerenje i terestrička stereofotogrametrija mogu biti zahtjevni, kako fizički tako i vremenski, stoga je mjerenje struktura ploha visokom rezolucijom ograničeno na male plohe i, u većini slučajeva, kao dio laboratorijskih studija (npr. Helming et al. 1998, Schmid et al., 2004).

Terestričko lasersko skeniranje (TLS) je jedna relativno nova metoda koja može biti primijenjena u tu svrhu. TLS se može koristiti za kreiranje topografskih modela visoke rezolucije (subcentimentarski grid) velikih područja (100 m² do nekoliko km²) u relativno kratkom vremenu (nekoliko sati do nekoliko dana); (Heritage and Hetherington, 2007; Wawrzyniec et al., 2007). Ova tehnologija rapidno evoluira u iznimno korisnu tehnologiju za izmjeru i praćenje prirodnih sustava raznih veličina (Gulyaev and Buckeridge, 2004; Rosser et al., 2005; Milan et al., 2007; Wawrzyniec et al., 2007; Alho et al., 2009; Heritage and Milan, 2009; Hodge et al., 2009; Lim et al., 2010; Resop and Hession, 2010; O'Neal and Pizzuto, 2011). Praćenje je važno zbog činjenice da je većina erozivnih fenomena periodična, ali ne i prostorno uniformna (Day et al., 2013).

Upotreba TLS-a pri generiranju prirodnih sustava nije bez poteškoća. Mnogi od izazova su vezani uz specifičnosti pojedine lokacije, dok su drugi generalni. Neki izazovi su vezani uz atmosferske utjecaje. Na primjer, laseri koji se koriste u većini TLS modela su iznimno osjetljivi na rasap i apsorpciju. Dakle, laserska zraka može biti prekinuta zbog vodene pare, prašine i velikih varijacija gustoće zraka (npr. vjetar) (Heritage and Hetherington, 2007; Wawrzyniec et al., 2007). Vegetacija može zaklanjati interesnu erozijsku plohu, te mora biti uklonjena radi generiranja modela topografije golog zemljišta (Grayson et al., 2012). Također, vegetacija i nepravilne plohe mogu uzrokovati zasjenjivanje (praznine u podacima). Mnoge od ovih poteškoća mogu biti izbjegnute pažljivim prikupljanjem podataka i naknadnom obradom. Ostali izazovi su tehničke prirode. Na primjer, mnoge različite procedure mogu biti primijenjene pri orijentaciji oblaka točaka prikupljenih u različitim vremenskim periodima, kao i različite tehnike za određivanje iznosa promjena i pripadajućih nesigurnosti. Primijenjene metode utječu na konačnu točnost i preciznost TLS-a (Day et al., 2013).

Osim erozije obale, značajna je i erozija korita. Ove dvije pojave su nerazdvojno vezane zajedničkim uzročnikom, tekućom vodom. Međutim, u dosadašnjim istraživanjima one se promatraju odvojeno. Erozija korita koja ima negativan smjer, uz tektoniku koja je pozitivnog smjera, oboje uzrokuju smanjenje ekvipotencijalne stabilnosti obale, što rezultira gravitacijskim urušavanjem materijala, te posljedično dodatno doprinose eroziji obale. Stoga će, u ovom istraživanju, prilikom determiniranja erozije obale rijeke Dunav biti objedinjena mjerenja iznad i ispod

vodenog lica, te geodetska mjerenja za određivanje geodinamičkih kretanja, koja su nerazdvojne komponente za utvrđivanje ukupnog iznosa erozije obale Dunava.

2 CILJ I METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Znanstveno istraživački projekt "Geodetsko-geološka studija erozije rubnih dijelova prapornih ravnjaka hrvatskog Podunavlja" se odnosi na područje desne obale Dunava od Batine do Iloka s posebnim naglaskom na područja Bansko brdo, Erdut, potez Vukovar-Ilok.

Osnovni cilj je dobivanje relevantnih geoloških podataka i odgovarajućih suvremenih geodetskih i geoloških podloga koje bi služile za hidrotehnička rješenja u svrhu zaštite od djelovanja velikih voda koje se iskazuju u obliku snažne i intenzivne erozije. U tu svrhu će se na projektu koristiti najsuvremeniji geodetski i geološki instrumentarij te računalni programi koji omogućavaju brzo i efikasno prikupljanje podataka na terenu i njihovu kvalitetnu obradu te izradu trodimenzionalnih modela pogodnih za izradu analiza i kao podloga za daljnja istraživanja.

U realizaciji predloženog projekta, zajednički djeluju znanstvenici s Geodetskog fakulteta i s Rudarsko geološko naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Realizacija projekta je predviđena u dvije faze, odnosno godine, tako da se nakon toga mogu odrediti dinamički parametri erozije na temelju terenskih mjerenja s vremenskom distancom.

Ovaj rad će biti usmjeren na istraživanje erozije i kvantificiranje odnosno izradu prostorno vremenske predikcije erozije. To će se ostvariti korištenjem kombiniranih mjerenja terestričkog laserskog skeniranja (TLS), hidrografske izmjere (multibeam-om i singlebeam-om odnosno ultrazvučnim echosounderima) i GPS-a za potrebe određivanja geodinamičkih pomaka, te korelacijom dobivenih rezultata sa podacima vodostaja i protoka Dunava te geoloških studija rubnih područja prapornih ravnjaka koji sačinjavaju obalu Dunava.

Inicijalna podloga ovom istraživanju su povijesni presjeci, odnosno pregled ponašanja (mitigacije, meandriranja) Dunava, kako iz povijesnih karata i povijesnih podataka katastra, tako i iz satelitskih snimaka te podataka o mjerenim profilima Dunava. Ti podaci će ukazati na područja najveće ugroze i potencijalne štete kako za gospodarstvo tako i za teritorijalni ustroj Republike Hrvatske te će se na osnovu toga odabrati odgovarajuća područja za istraživanje.

Dosadašnja opažanja erozije su uglavnom bila ograničena na hidrografsku izmjeru ili određivanje i izmjeru obale rijeke. Korištenjem TLS- a u kombinaciji sa hidrografskim uređajima u određivanje će biti uključena nova metodologija prikupljanja podataka o rijekama i njihovim neposrednim utjecajima, primarno erozivnim, a koji za cilj imaju osigurati daljnja istraživanja ovakvog tipa koja će biti moguće validirati prethodnom kalibracijom sustava i uspostavljanjem odgovarajućih korelacija između korištenih senzora.

Suvremene bezkontaktne geodetske i geološke metode i instrumenti omogućavaju veliku brzinu prikupljanja podataka i njihovu obradu te stvaranje trodimenzionalnih modela. Tome danas uvelike pridonosi GPS tehnologija, terestrički trodimenzionalni laserski skeneri, specijalizirana hidrografska oprema (višesnopni dubinomjeri i bočni sonari) i specijalizirani programski paketi za obradu, grafički prikaz i vizualizaciju podataka mjerenja.

Metoda trodimenzionalnog laserskog skeniranja još uvijek nije specificirana kao rutinska geodetska mjerna tehnologija, jer je za njeno korištenje potrebna dugotrajna specijalistička obuka i poseban certifikat kako za izvođenje mjerenja tako i za obradu podataka. Navedeni projekt spada u grupu poslova koji pretpostavljaju istraživačku i razvojnu komponentu. Precizni trodimenzionalni snimci odnosno modeli koji će se formirati tijekom realizacije predmetnog projekta postaju nesumnjivo svjetski standard u izradi geodetskih i geoloških podloga za daljnja projektiranja.

3 SUVREMENE BEZKONTAKTE MJERNE TEHNOLOGIJE

3.1 LIDAR

Otkako su se početkom devedesetih godina na tržištu pojavili prvi terestrički laserski 3D sustavi, došlo je do značajnog tehničkog napretka na tom području. U posljednje je vrijeme sve aktualnija ta nova tehnologija snimanja prostora. Tehnologija je zasnovana na laserskoj tehnologiji, a instrumenti koji je primjenjuju su terestrički laserski skeneri (TLS). To je relativno nova i vrlo učinkovita metoda pridobivanja detaljnih digitalnih snimaka velikih objekata, pa čak i cijelih područja manjeg i srednjeg protezanja. Princip rada je vrlo sličan današnjim klasičnim geodetskim instrumentima s laserom koji su u upotrebi već godinama. Laserska zraka odaslana iz mjernog instrumenta se reflektira od objekta snimanja i vraća natrag do mjernog instrumenta. Kombinacija izmjerene udaljenosti i kuta s određenog stajališta daje koordinate tražene točke u 3D prostoru.

Razlika između ove nove tehnologije i klasičnog mjerenja laserskom zrakom je u brzini izvođenja mjerenja i, u nekim slučajevima, preciznosti. Ova karakteristika omogućava znatno manji obujam terenskog posla i povećanje količine mjernih podataka što rezultira detaljnijom izmjerom željenog objekta ili područja. Princip rada terestričkog laserskog skenera je relativno jednostavan i poznat već duže vrijeme, ali je glavna zapreka u izvedbi takvog sustava bila tehničke prirode: sama konstrukcijska izvedba takvog preciznog sustava.

Kako ova tehnologija postaje sve pristupačnija, prednosti ovakvog načina prikupljanja podataka uvidjeli su i geodetski stručnjaci koji na 3D lasersko skeniranje počinju gledati kao na novi alat za budućnost i proširenje poslovnih mogućnosti. Trenutačno na tržištu postoji nekoliko tipova laserskih skenera različitih proizvođača, ali direktna usporedba ovih instrumenata nije moguća zbog razlika u njihovim tehničkim specifikacijama i fizičkim mjernim osobinama.

Opisivanje trodimenzionalnih svojstava objekata u našem okruženju, te njihova pohrana u digitalnom obliku, postali su stvarnost u mnogim područjima ljudske aktivnosti. Osim toga, stalni napredak računalne tehnike i njena sve šira rasprostranjenost dovode do potražnje za sve većom količinom kvalitetnih i detaljnih

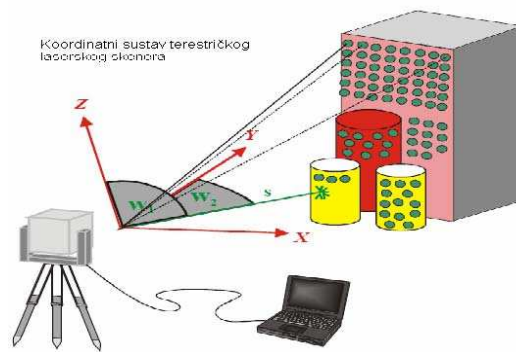
podataka naročito o prostoru ljudske aktivnosti i objektima koji ih okružuju. S obzirom na njihovu kompleksnost i raznolikost, prije svega u geometrijskom smislu, za kvalitetno opisivanje je potrebna izuzetno velika količina mjerenih podataka. Toliku količinu podataka ne bi bilo moguće prikupiti izmjerom pojedinačnih točaka tradicionalnim metodama geodetske izmjere. Stoga se već čitavo stoljeće koristi fotogrametrija kao efikasan i kvalitetan način izmjere bez neposrednog kontakta s objektom.

Zadnjih 20-ak godina se tehnologija prostornog laserskog skeniranja afirmirala kao potpuno automatizirana i izuzetno efikasna metoda prikupljanja prostornih podataka. Ova tehnologija se uobičajeno označava pojmom LIDAR od eng. Light Detection And Ranging, iako je bilo sugestija da se uvede pojam LADAR (eng. Laser Detection And Ranging) zbog naglašavanja da se radi o primjeni lasera (Lasić, 2008).

LIDAR je potpuno automatiziran, aktivan, optičko mehanički postupak prikupljanja prostornih podataka dostupnih s aktualnih snimališta. LIDAR se ne koristi samo za prostorno skeniranje, već i za praćenje fizikalnih procesa u atmosferi, jer omogućuje vrlo precizno mjerenje brzine, smjera kretanja, te gustoće čestica u atmosferi. Ova tehnologija se obilježava kraticom DIAL (eng. Differential Absorption LIDAR)(Lasić, 2008).

Laserski skeneri imaju svoj prozor snimanja, te mogu snimiti podatke o objektima kad nije zaklonjen, tj. ne postoji nikakva prepreka između skenera i objekta opažanja. Laserska zraka odaslana iz mjernog instrumenta reflektira se od objekta snimanja i vraća natrag do mjernog instrumenta. U prozoru snimanja se određuju koordinate objekta na osnovu tri mjerenja: udaljenosti d , horizontalnog kuta w_2 i vertikalnog kuta w_1 (slika 7.). Pretvorbom iz sfernog koordinatnog sustava u kartezijev sustav, dobiju se koordinate oblaka točaka (X, Y, Z) u koordinatom sustavu laserskog skenera:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = s \times \begin{bmatrix} \cos w_2 \cos w_1 \\ \sin w_2 \cos w_1 \\ \sin w_1 \end{bmatrix}.$$



Slika 1 Princip rada laserskih skenera

Glavna prednost ove metode mjerenja nad klasičnim mjerenjima je u brzini izvođenja mjerenja i, u nekim slučajevima, preciznosti. Ova karakteristika omogućava znatno manji obujam terenskog posla i povećanje količine mjernih podataka što rezultira detaljnijom izmjerom željenog objekta ili područja, pa se tako od izmjerenih podataka i u uredu mogu obavljati radnje koje bi se inače radile na terenu.

Rezultat skeniranja je velik skup podataka u obliku prostornih koordinata točaka snimljenog objekta ili prostora koji se naziva oblak točaka. Budući da se laserskim skenerom često prikupi i više milijuna točaka po stajalištu, vođenje detaljne skice je nepotrebno, jer se iz oblaka točaka može dobiti i više nego dovoljno informacija za identifikaciju svih snimljenih objekata, te izradu plana situacije.

Laserski skeneri zajedno sa koordinatama točaka snimaju intenzitet povratnog signala, koji se često zove i četvrta dimenzija snimljenih točaka. Intenzitet signala je vezan uz materijal mjenog objekta i može biti jako koristan pri vizualizaciji gustih i kompleksnih oblaka točaka. Intenzitet signala je direktno vezan za apsorpciju samog materijala i za transparentnost materijala.



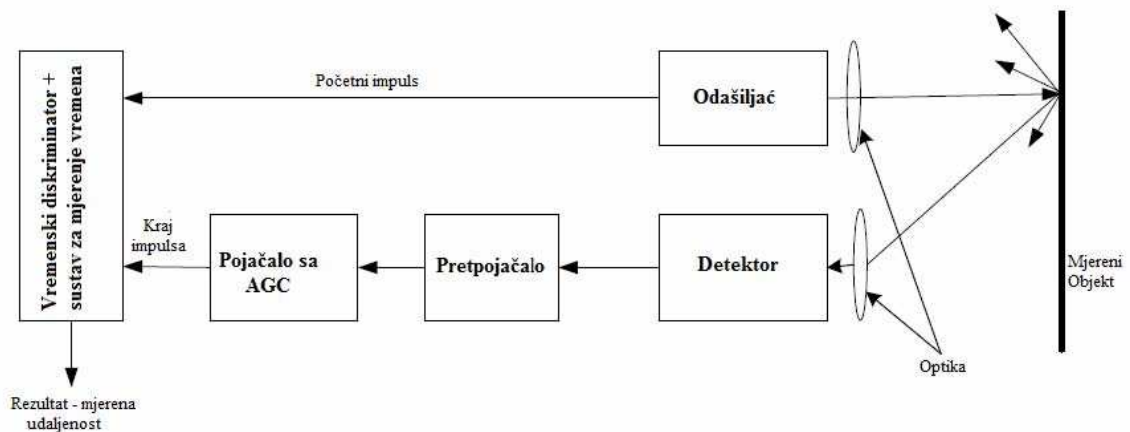
Slika 2 Oblak točaka i prikaz intenziteta

Laserske skenere moguće je kategorizirati i po načinu mjerenja udaljenosti. Tehnologija mjerenja udaljenosti direktno utječe na domet i točnost skeniranja. Danas se koriste tri različite tehnologije mjerenja udaljenosti laserskim skenerima, i to pulsna, fazna i triangulacijska metoda. Navedene tehničke izvedbe obično se koriste samostalno, ali moguće ih je kombinirati kako bi se dobio raznovrsni sustav za skeniranje.

Pulsno mjerenje duljina (engl. TOF - Time of Flight) je najčešće korištena metoda mjerenja udaljenosti kod terestričkih laserskih skenera (slika 8). Laserski odašiljač emitira kratki impuls, koji se dijeli na dva dijela, prvi dio se odašilje u prijemnik i pokreće mjerenje vremena, a drugi dio podijeljenog signala se šalje prema objektu mjerenja. Kada dosegne mjereni objekt, laserska zraka se rasprši u svim smjerovima i dio laserske zrake se vrati na detektor gdje se signal pojačava i šalje u sustav računanje vremena. Na kraju se udaljenost računa po formuli:

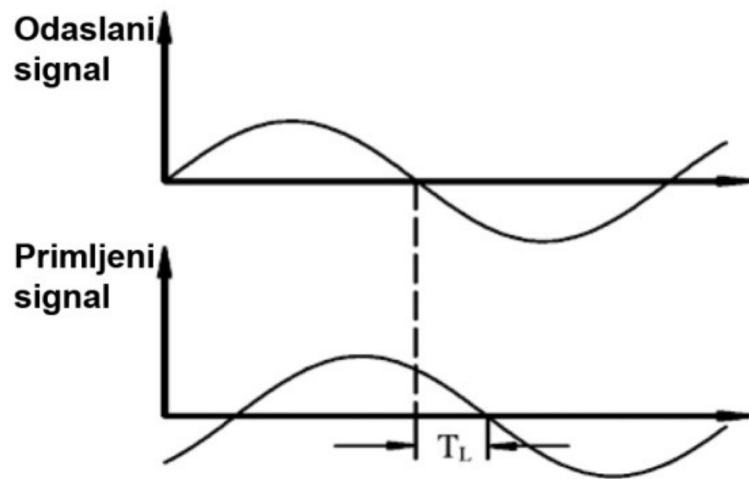
$$d = c \times \frac{\Delta t}{2}$$

gdje je d - udaljenost između skenera i mjerenog objekta, Δt - vremenska razlika odaslanog i primljenog signala, c - brzina svjetlosti (299 792.458 km/s). Laserski skeneri koji koriste pulsno mjerenje duljina ostvaruju centimetarsku točnost a karakterizira ih velik domet.



Slika 3 Pulsno mjerenje duljina

Fazno mjerenje duljina (slika 9.) koristi kontinuirani laserski snop zraka koji služi kao nosač moduliranog signala, koji obično ima promijenjenu amplitudu vala, sinusoidan val ili pravokutni val. Duljina putovanja signala određuje se usporedbom poslanog i primljenog signala. Valna duljina λ određuje maksimalnu udaljenost bez ambiguiteta koja je $\lambda/2$ za mjerenja dvostrukog puta - od senzora do objekta i nazad. Točnost mjerenja je oko 1% duljine faze i može se poboljšati korištenjem više valnih duljina umjesto jedne. U tom slučaju najdulja valna duljina definira unificiranost mjerenja, dok najkraća valna duljina definira maksimalnu točnost koju je moguće postići. Modulacije laserske svjetlosti se postiže električnom energijom, te se mogu postići frekvencije i do 10 GHz. Snaga kontinuirane laserske zrake je limitirana i zbog toga ova metoda mjerenja se primarno koristi za mjerenja na ne jako velikim udaljenostima. Točnosti koje se mogu postići ovom metodom su visoke, čak do ± 1 mm.



Slika 4 Fazno mjerenje duljina

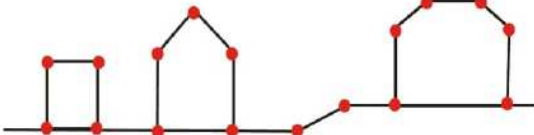

3.1.1 Statičko lasersko skeniranje

Pod pojmom statično lasersko skeniranje podrazumijeva se skeniranje terestričkim laserskim skenerima koji se postavljaju na stativ poput klasičnih geodetskih instrumenata (totalne stanice) te se ova metoda naziva i terestričko lasersko skeniranje – TLS.

Lasersko skeniranje nije zamjena za postojeće tehnike geodetskog snimanja, ali je varijanta koja se može upotrijebiti u većini geodetskih poslova. Skeniranje se odvija, kako je već navedeno, metodom registracije kuta i udaljenosti do određene točke u području snimanja.

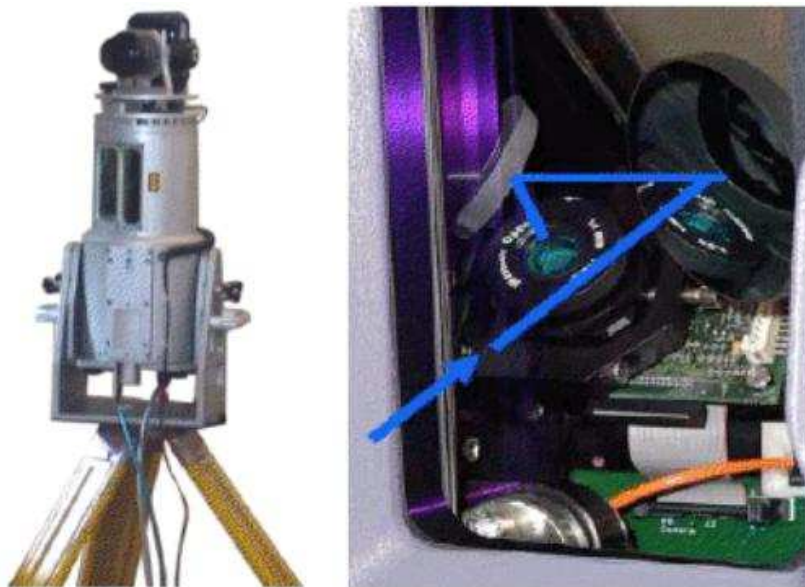
Prostorna udaljenost između susjednih snimljenih točaka unutar oblaka točaka ovisi o blizini objekta snimanja i tehničkoj specifikaciji samog instrumenta. Većina današnjih skenera može snimiti vrlo guste oblake točaka, pa je tako moguće dobiti točke na snimljenom objektu međusobno udaljene tek jedan milimetar.

Mogućnosti primjene velike količine podataka prikupljenih terestričkim laserskim skenerima danas su vrlo velike. Stalno povećanje procesne snage modernih računala praktički svakodnevno otvara i nove mogućnosti. Mnoštvo točnih 3D prostornih podataka prikupljenih u jednom trenutku snimanja nekog objekta istovjetno je fotografiji. Njihovom naknadnom obradom moguće je izvoditi uopćene modele s obzirom na konkretne potrebe, a izvorni podaci mjerenja ostaju kao bogat i brzo dostupan izvor informacija o promatranom objektu ili cijelom sustavu.

Klasična mjerna stanica	Terestrički laserski skener
<ul style="list-style-type: none"> - mjerenje karakterističnih točaka - mnogo truda za malo točaka - uloženi trud po točki je velik - geometrija snimljenih točaka je deskriptivna - točke snimanja odabiru se na terenu (iskustvo) - odabir snimljenih točaka određuje kvalitetu snimka 	<ul style="list-style-type: none"> - pojedinačna mjerenja - ne mjere se karakteristične točke - nekontroliran odabir točaka - snimak nema geometrijskog značenja (simbolika) - uloženi trud po točki je mali - odabir snimljenih točaka u uredu (postprocessing) - kvaliteta opisnog karaktera – ovisi o snimljenim elementima
	

Slika 5 Usporedba mjerne stanice i TLS-a (Lasić, 2008)

Terestrički laserski skeneri mogu imati vanjsku ili unutarnju kameru ta na taj način omogućavaju dobivanje obojanog oblaka točaka. Kada se kalibrirana kamera postavi na TLS kamera napravi seriju slika mjerenog objekta. Kako je kamera “pasivan“ instrument, njene vrijednosti su ovisne o osvjetljenju, za razliku od vrijednosti dobivene terestričkim laserskim skenerom koje su neovisne o osvjetljenju. I intenzitet povratnog signala i RGB komponenta su korisni za vizualizaciju oblaka točaka, npr. prilikom određivanja ruba zgrade ili prilikom određivanja promjene materijala na samom objektu mjerenja.



Slika 6 TLS sa vanjskom (lijevo) i unutarnjom kamerom (desno)

Neke od prednosti TLS-a nad klasičnim metodama izmjere su:

- mogućnost snimanja nedostupnih ili opasnih objekata (visoka temperatura, štetni plinovi) sa sigurne udaljenosti
- mjerenja su neovisna o osvjetljenju (može se mjeriti i noću)
- drastično smanjenje troškova i puno brža izmjera kompleksnih projekata
- izmjera svih točaka objekta (gradilišta), što se može iskoristiti ako investitor ima neke nove zahtjeve, a povećava se i sigurnost korisnika u točnost izmjerenih podataka

Terestričko lasersko skeniranje našlo je primjenu u:

a) Topografskoj izmjeri

Opsežni radovi na detaljnoj topografskoj izmjeri mogu biti izvedeni laserskim skenerima. Izmjera arheoloških iskopina za potrebe dokumentacije zahtjeva visoku točnost i gustoću. Primjena skenera kod izrade digitalnih modela kamenoloma.

b) Izmjeri na gradilištu

Laserski skeneri nalaze veliku primjenu kod snimanja mostova, cesta, zgrada i tunela. Valja napomenuti da modeliranje navedenih objekata zahtjeva jako puno obrade, bez obzira kako su snimljeni podaci na terenu.

c) Mjerenju deformacija

Pri strukturalnom nadgledanju, lasersko skeniranje može se smatrati naprednijim od ostalih geodetskih metoda (klasična izmjera, GPS), koje mogu pratiti deformaciju na samo ograničenom broju točaka, dok skener može mjeriti deformacijsku plohu. Laserski su skeneri više nego pogodni za praćenje deformacija na kapitalnim građevinskim objektima.

d) Industrijskoj izmjeri

Laserski skeneri našli su svoje mjesto u svakoj grani ljudske djelatnosti koja zahtjeva prikupljanje velike količine točnih 3D podataka. Jedna od primjena je u automobilska zrakoplovnoj industriji, projektiranje vlakova, brodova i dr.

e) Izmjeri objekata kulturnog naslijeđa

Prilikom izmjere pročelja i ostalih dijelova zgrada kulturnog naslijeđa, lasersko skeniranje osigurava, samostalno ili u kombinaciji s metodama terestričke fotogrametrije, dobar odnos uloženog i dobivenog. Detaljan i brzo dostupan digitalni visinski model pročelja zgrade uvelike će olakšati postupak obnove kulturnog naslijeđa.

f) Izmjera unutarnjih prostora

2.2. Korištena geodetska oprema

Faro Focus 3D je terestrički laserski skener je svojim izlaskom na tržište izazvao revoluciju laserskih skenera (slika 2.24). Navedeni instrument koristi laser klase 3R s valnom duljinom od 905 nm. Koristi više senzora, kao što su kamera, kompas, barometar i GPS. Napredniji sustav Focus 3D laserskog skenera pojavio se 2013. godine pod oznaku Faro Focus X330. Glavna odlika ovog skenera je mjerenje duljine do 330 m, ovisno o reflektivnim svojstvima objekta i vanjskim uvjetima. Ovaj instrument koristi laser klase 1 s valnom duljinom od 1550 nm.



Slika 7Faro Focus 3D

Trimble je jedan od najvećih proizvođača mjernih instrumenata, koji je ušao u područje proizvodnje terestričkih laserskih skenera kupnjom manje tvrtke Mensi iz Francuske 2003. godine, specijalizirane u tom području. Proizvođač Mensi osnovan je 1986. godine. Proizveo je velik broj laserskih skenera kratkog dometa, posebno S – seriju (koja uključuje S10 i S25 modele). Mensi je 2001. godine predstavio laserski

skener većeg dometa, GS 100, koji je baziran na pulsnom mjerenju. GS 100 je bio rani primjer hibridnog skenera s rotacijom od 360° oko vertikalne osi i 60° u vertikalnoj ravnini. Kutna rezolucija u horizontalnom smjeru iznosila je 0.0018° , a u vertikalnom smjeru 0.0009° . Ovaj instrument koristio je Class 2 laser, koji je radio s valnom duljinom od 532 nm u zelenom dijelu elektromagnetskog spektra. Korisnik je mogao kontrolirati fokus lasera tako da proizvede vrlo malu točku od 3mm na 50 m, što je omogućavalo vrlo precizna mjerenja. Također, moguće je bilo namjestiti i autofokus. Instrument je mogao mjeriti do 5000 točaka u sekundi s preciznošću od ± 5 mm.

Drugi model u seriji bio je GS 200, koji je imao sličan dizajn i kutnu pokrivenost kao i prethodni model, ali s maksimalnim dometom od 200 m i većom preciznošću od ± 2 mm. Posljednji model iz te serije je Trimble GX 3D skener (slika 2.30) koji ima vrlo slične specifikacije kao i GS 200, s hibridnim tipom kutne pokrivenosti od $360^\circ \times 60^\circ$ i brzinom mjerenja od 5000 točaka u sekundi. Apsolutna točnost iznosi od ± 3 mm do ± 8 mm, što ovisi o dometu i reflektivnosti objekta koji se mjeri. Također sadrži i dvoosni kompenzator i automatsku kalibraciju pogreške nultog položaja. Instrument također posjeduje mogućnost poligonalnog uokvirivanja, što omogućava opažaču da definira nepravilno oblikovan okvir.



Slika 8 Trimble GX laserski skener

Laserski skeneri velikog dometa

Unutar ove grupe laserskih skenera, maksimalni domet mjerenja na visoko reflektivne mete doseže na više od 500 m, ali u nekim slučajevima može biti puno veći. Svi instrumenti koriste pulsni princip mjerenja.

Djelatnost proizvođača Optech obuhvaća primjenu laserskog skenera u mnogim različitim okruženjima kao što su svemirski, zračni i terestrički. Intelligent Laser Range Imaging System (ILRIS) napravljen je izvorno za kanadsku svemirsku agenciju (Canadian Space Agency – CSA) u kasnim 1990-ima. U svom izvornom obliku, ILRIS-100 skener je koristio pulsno mjerenje u vidljivom (zeleno) i infracrvenom dijelu elektromagnetskog spektra s dometom do 500 m. Nakon obrade podaci su kombinirani tako da formiraju set koji se sastoji od dometa i intenziteta, te mogu biti prikazani ili u sivoj skali ili su kodirani u boji. U lipnju 2000. godine Optech je predstavio svoj ILRIS-3D instrument (slika 2.32). Skener koristi Class 1 laser koji radi na valnoj duljini od 1550 nm i ima maksimalan domet od 800 m s rezolucijom od 1 cm na objektu sa samo 20 % reflektivnosti. Brzina mjerenja iznosi 2000 točaka u sekundi. Prozor snimanja je 40° x 40° i pripada tipu skener-kamera. Kamera uključuje i LCD prozor postavljen na stražnjoj strani instrumenta. U ožujku 2007. godine Optech je predstavio Value Package (VP) verziju ILRIS-3D skenera koji sadrži glavne mogućnosti instrumenta (domet, točnost mjerenja), ali u jeftinijoj varijanti.



Slika 9 Optech ILRIS 3D

3.1.2 Mobilno lasersko skeniranje iz zraka – ALS

ALS (engl. Airbourne Laser Scanning) je metoda laserskog skeniranja iz zraka i koristi se za potrebe snimanja velikih područja. Područje koje je predmet izmjere se nadlijeće zrakoplovom koji s donje strane nosi LIDAR. Ovisno o vidnom kutu skenera (engl. Field of View - FOV) i visini leta je tijekom jednog preleta moguće izmjeriti

pojas na terenu odgovarajuće širine, tj. jedan niz. Cijelo se područje prema potrebi nadlijeće više puta kako bi se snimilo s potrebnim brojem nizova. Da se osigura pokrivanje cjelokupnog područja izmjere i izjednačenje svih nizova u bloku, visinski i položajno, između nizova se ostavlja preklop (slika 17).



Slika 10 Princip ALS-a (Gajski 2007)

Prostorne se koordinate svake mjerene točke određuju polarnom metodom. Stoga se za svaku mjerenu točku mora poznavati prostorna pozicija pola skenera i prostorni vektor od pola do mjerene točke r_{LS} (Slika 18).

Prostorna se pozicija pola skenera u referentnom koordinatnom sustavu (X,Y,Z) određuje GPS RTK mjerenjima integriranim s inercijalnim mjernim sustavom (engl. Inertial Measuring Unit - IMU) radi boljeg praćenja kinematike kretanja pola laserskog skenera (LS) u prostoru.

Pozicije točaka određuju se pomoću poznavanja tri prostorna vektora (slika 18.):

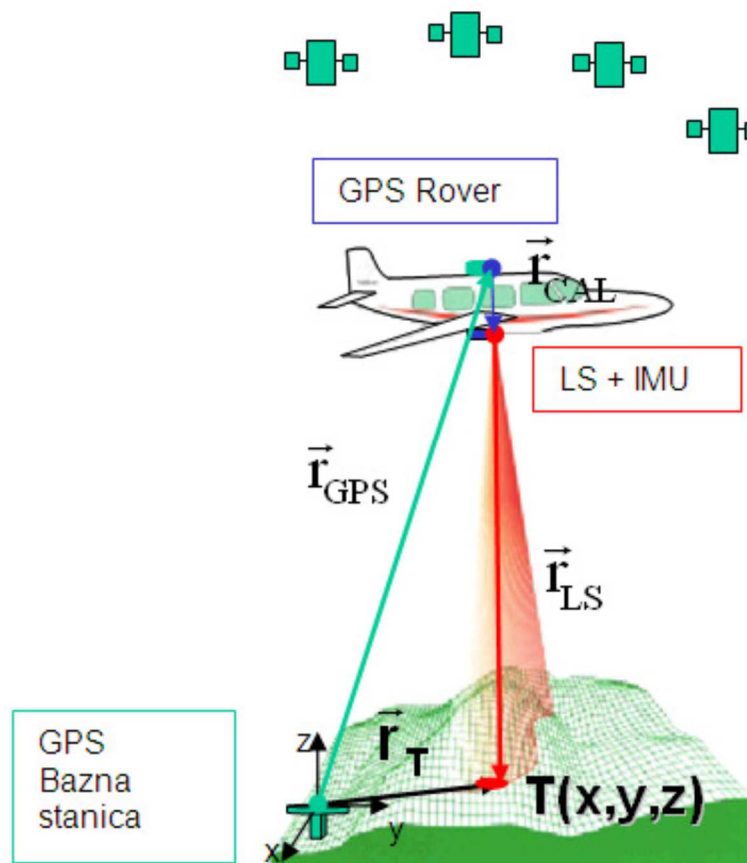
$$\vec{r}_T = \vec{r}_{GPS} + \vec{r}_{CAL} + \vec{r}_{LS}$$

gdje su r_T - prostorni vektor od ishodišta do opažane točke, r_{GPS} - prostorni vektor od ishodišta do GPS antene na letjelici, r_{CAL} - prostorni vektor od antene do pola laserskog skenera (određuje se kalibracijom) i r_{LS} - prostorni vektor od laserskog skenera do opažane točke (Gajski, 2007).

ALS najčešće koristi skenere sa impulsnim mjerenjem duljina, jer služe za određivanje velikih udaljenosti. Također takvi skeneri koriste blisko infracrveno svjetlo (valne duljine $\lambda=1064$ nm), jer ljudsko oko nije osjetljivo na njegovo EM – zračenje,

pa se mogu upotrebljavati veće snage zračenja. Također za mjerenja vodenih površina i dna, koristi se i zelena svjetlost (valne duljine $\lambda=532\text{nm}$), jer omogućuje penetraciju kroz vodu.

Iz navedenog tipa određivanja koordinata i slike 19, vidljivo je da je ALS sustav u kojem su integrirane tri osnovne komponente: GPS, IMU i LS. IMU i GPS se najčešće nude u jedinstvenom tzv. POS (eng. Position and Orientation System) rješenju, zbog potrebe izuzetno tijesne integracije na hardverskoj ali i softverskoj razini, kako bi se dobili kvalitetni elementi vanjske orijentacije senzora, neophodni za direktno georeferenciranje mjerenih podataka. Osim ovih elemenata, za efikasno upravljanje postupkom skeniranja, sustav se dopunjuje upravljačkim terminalom – koji omogućuje potpunu kontrolu rada LIDAR-a i navigacijskim terminalom u pilotskoj kabini za što vjerniju realizaciju plana leta (slika 19) (Gajski 2007).



Slika 11 Komponente ALS-a i princip određivanja koordinata



Slika 12 LEICA ALS50-II sustav za lasersko skeniranje iz zraka

U početku je razvoja ALS-a prvenstvena namjena bila da omogući kvalitetnu izmjeru područja kod kojih je primjena klasičnih fotogrametrijskih metoda izmjere otežana ili nemoguća. Stoga su prve primjene ALS-a uglavnom bile koncentrirane na topografsku izmjeru šumovitih područja i područja neizražajne teksture (pješčane pustinje, područja pod snijegom i ledom). Napretkom tehnologije ALS-a proširilo se područje primjene i danas uglavnom obuhvaća prostorno modeliranje, prostornu vizualizaciju i detekciju promjena.

Najčešći zadaci ALS-a su:

- topografska izmjera
- određivanje visine vegetacije i količine biomase
- izmjera obalnih područja
- praćenje erozije, zaštita od lavina
- izmjera ledenjaka
- digitalni modeli gradova
- praćenje ugroženosti dalekovoda vegetacijom
- praćenje kubatura kod otvorenih kopova i deponija otpada

Za svrhe projekta su korišteni podaci zračnog laserskog skeniranja obavljenog 2011 godine. Ti podaci su korišteni za usporedbu sa digitalnim modelom reljefa i

povijesnim kartama i prikazima, kako bi se odredila područja izraženije pojavnosti erozije.

3.1.3 Mobilno terestričko lasersko skeniranje

Terestričko mobilno skeniranje je relativno nova tehnologija i namijenjena je izmjeri mnogo većih područja u manjem vremenskom trajanju, tamo gdje je statičko lasersko skeniranje nepraktično. Metoda se uglavnom označava kraticom MTL (eng. Mobile Terrestrial LIDAR) ili MLS (eng. Mobile laser scanning). Treba napomenuti da iako je i zračno lasersko skeniranje mobilno, pojam MLS u principu ne obuhvaća tu metodu pošto je ona desetak godina starija od mobilnog terestričkog laserskog skeniranja te je za nju uvriježen naziv ALS, kako je već prije navedeno .

Mobilna platforma za MLS može biti cestovno vozilo, terensko vozilo, tračno vozilo ili plovilo (slika 21).



Slika 13 Mobilne platforme za terestričko lasersko skeniranje

Mobilni terestrički laserski sustavi razvili su se od mobilnih mjernih sustava koji za prikupljanje prostornih podataka koriste optičke senzore (kamere) kako je laserska tehnologija napredovala i postala cjenovno prihvatljiva. Rani pokušaji razvijanja mobilnih LIDAR sustava uključivali su sustave Vehicle - borne Laser Mapping System (VLMS) Centra za znanost prostornih informacija Sveučilišta u Tokiju te projekt Geomobil koji je nadogradnja sustava GeoVan temeljenog na kamerama Sveučilišta u Barceloni. Obadva sustava sastojala su se od više kamera i laserskih skenera (Toth, 2009).

Postoje 2 osnovne izvedbe mobilnih laserskih sustava. Prvi koriste statičke terestričke laserske skenere koji rade u linijskom modu, tj. skener ne vrši rotaciju kao pri statičkom skeniranju već samo unutarnje ogledalo otklanja lasersku zraku u jednoj ravnini. Kako bi se snimanjem zahvatilo polje vidljivosti od 360° uglavnom se koristi više skenera u sustavu (slika 22).

Drugi sustavi imaju laserske skenere s rotirajućom laserskom glavom na kojoj je laserski odašiljač te na taj način prikupljaju podatke u polju vidljivosti od 360°.

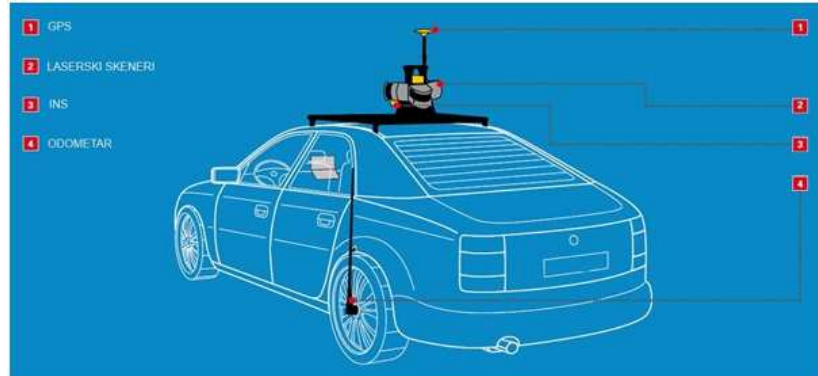
U oba slučaja prikupljane podataka u 3D prostoru omogućuje kretanje vozila na kojem su sustavi postavljeni.



Slika 14MLS sa ILRIS skenerima (Novak, 2007)

Svaki mobilni laserski mjerni sustav u osnovi je integracija 3 osnovne komponente, a to su: laserski skener (jedan ili više), GPS (ili GNSS) prijemnik i antena i inercijalni navigacijski sustav – INS. Još se mogu koristiti i odometri odnosno uređaji za

mjerenje udaljenosti (eng. Distance Measuring Indicator - DMI). U mobilnim laserskim sustavima uglavnom se koriste pulsni laserski skeneri (TOF).



Slika 15Komponente mobilnog laserskog mjernog sustava (URL 6)

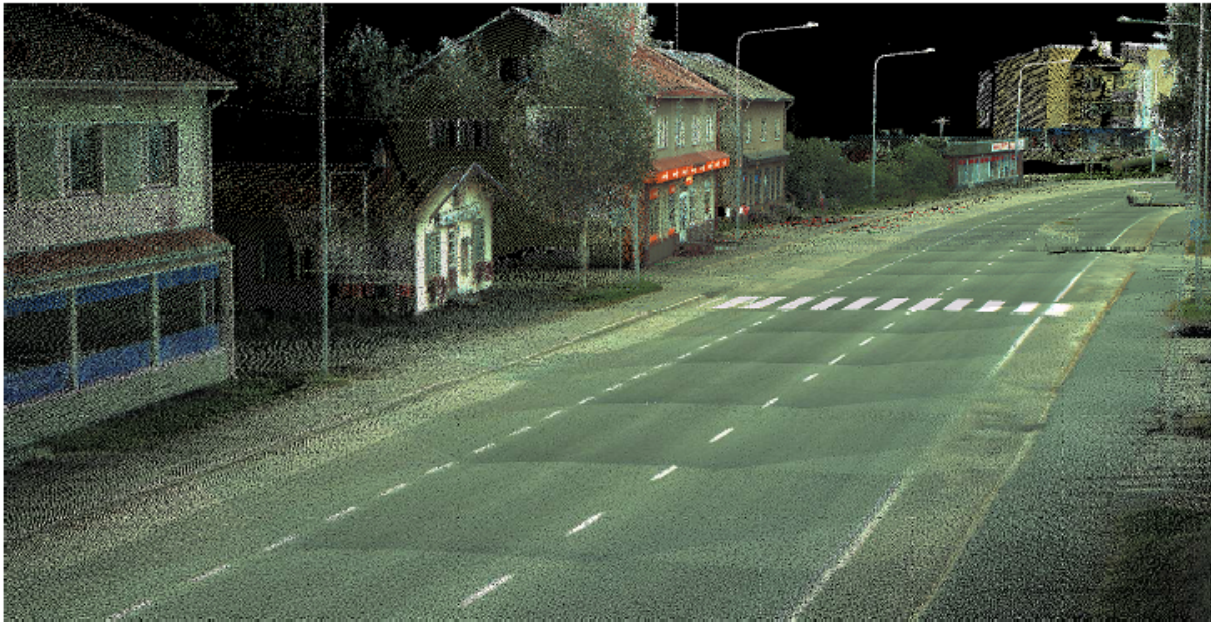
Danas na tržištu postoji veći broj mobilnih laserskih sustava više proizvođača (Trimble, Topcon, Optech, MDL, Riegl, i dr.). Osnovne razlike između pojedinih sustava su količina podataka koju je sustavom moguće prikupiti (iskazuje se brojem točaka/linija po sekundi), domet skeniranja i točnost koju ostvaruju. U tablici 1 je dan prikaz nekih od danas dostupnih sustava, zajedno sa njihovim tehničkim karakteristikama (Puente i dr. 2011).

Tablica 1Mobilni laserski sustavi

MLS sustav	Road Scanner	IP-S2 Compact	MX 8	Street Mapper	VMX -250	Dynasca n	Lynx Mobile Mapper
Skener	Faro Photon 120	Sick LMS 291	VQ-250		MDL scanner	Lynx laser scanner	
Maksimalan doseg	120m	80m	200m		500m	200m	
Preciznost	1mm@25m	10mm@20m	5mm@150m		-	8mm	
Točnost	±2mm	±35mm	10mm@150m		±5cm	±10mm	

Pulsna rata (toč/sek)	122-976 kHz	40kHz	do 600 Hz (2 x 300 hZ)	36 kHz	1000 kHz (2 x 500 kHz)
Brzina skeniranja (lin/sek)	48 Hz	75 Hz	200 Hz (2 x 100 Hz)	do 30Hz	200 hZ (2 x 100 Hz)
Vidno polje	H360°/V320°	180°	360°	360°	360°
Kutna rezolucija	H0,00076°/V0,009°	1°	0,001°	0,01°	0,001°
Masa sustava	14,5 kg	22,7 kg	približno 11 kg	11 kg	78 kg

Osnovna prednost korištenja MLS-a pri izmjeri prometne infrastrukture i gradova jest njihova efikasnost, tj. višestruko smanjeni troškovi u odnosu na tradicionalne metode izmjere, a pritom je moguće ostvariti visoku točnost izmjere. Zbog njenog mobilnog karaktera MLS-om je neko područje moguće puno brže izmjeriti nego tradicionalnim metodama ili TLS-om a također je smanjen i broj potrebnih mjeritelja u odnosu na druge metode iz čega slijedi navedena financijska isplativost metode. Ova metoda nije zanimljiva samo iz ekonomske perspektive već i zbog činjenice da se laserskim skeniranjem ne prikupljaju prostorni podaci samo prometnice po kojoj se vozilo kreće već i o svim okolnim objektima koji su u doseg laserskog skenera što obuhvaća pločnike, zgrade, vegetaciju, prometne znakove, električne i druge stupove (pa čak i kablove), tunele, mostove, nadvožnjake itd (slika 24).



Slika 16 Rezultat mobilnog laserskog skeniranja gradova

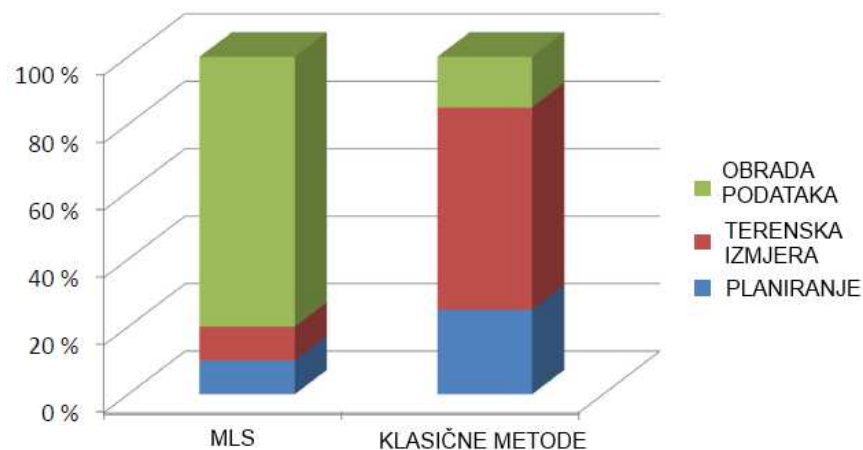
Kako je već navedeno, kao mobilne platforme na koriste se samo cestovna vozila već je sustave moguće postaviti i na neka manja terenska vozila i na taj način vršiti izmjeru van prometnica, primjerice izmjeru obala ili kamenoloma. Također, primjenom na plovilima moguće je snimati objekte ili samu obalu (npr. riječne kanjone i kanale).

MLS i ALS su u osnovi dosta slične metode. Oba sustava prikupljaju podatke sa mobilnih platformi koristeći iste komponente (GNSS, INS i LIDAR). Rezultat snimanja oba sustava je oblak točaka, također i informacija o intenzitetu povratnog signala. Iako MLS pruža nešto veću horizontalnu točnost, oba sustava pružaju veoma visoku vertikalnu točnost (Olsen i dr 2013) . I kod ALS-a i kod MLS-a moguće je istovremeno prikupljati podatke skenerom i digitalnim kamerama.

Ipak, između ove dvije metode postoje i bitne razlike. Kod zračnog skeniranja podaci su homogeniji zbog relativno velikog omjera visine leta i elevacije terena, kod mobilnog terestričkog skeniranja podaci su gušći u blizini skenera a sve rjeđi sa povećanjem udaljenosti. MLS- pruža veću horizontalnu točnost nego ALS jer se kod zračnog skeniranja laserska zraka namjerno divergira pa pokriva područje na terenu od 0,3 - 2 m. Na taj se način omogućava da dio laserske zrake dopre kroz lišće i granje do terena i da se nazad reflektira senzoru (Gajski, 2007). ALS zbog izvođenja iz zraka uglavnom pruža bolji pogled (ortogonalni) na horizontalne ili blago nagnute

plohe a MLS na strmi teren i vertikalne plohe (npr. pročelja objekata). Terestričkim skeniranjem mjere se i područja ispod mostova i u tunelima, koja se iz zraka ne mogu izmjeriti.

U procesu od planiranja izmjere do dobivanja traženog proizvoda kod mobilnog laserskog skeniranja je najzahtjevniji proces obrade podataka. Razlog tomu je karakteristika mobilnog laserskog skeniranja, kao i laserskog skeniranja općenito, da se prikuplja veoma velik broj podataka u kratkom vremenu (i do nekoliko stotina tisuća točaka u sekundi). Drugi je razlog činjenica da je lasersko skeniranje neselektivni postupak te se prikupljaju i podaci o objektima koji nisu predmet izmjere. To znači da je nad dobivenim podacima potrebno provesti dosta složene i računalno zahtjevne faze obrade kako bi se dobio prihvatljiv rezultat za konačnu upotrebu. Sam postupak pripreme i provedbe izmjere je veoma brz, za razliku od klasičnih metoda izmjere kod kojih se većina posla obavlja prije i tokom izmjere.



Slika 17 Usporedba MLS-a i klasičnih metoda izmjere

Dakle, mobilno skeniranje ima mogućnost prikupljanja velikog broja podataka u kratko vrijeme, pogotovo na područjima koja nisu pogodna za tradicionalne metode mjerenja. Uz to, većina senzora ima mogućnost i snimanja video zapisa odnosno digitalnih fotografija. Gustoća oblaka točaka je funkcija frekvencije prikupljanja točaka i brzine vozila. Napredni MTLIS sustavi omogućavaju korisniku visoko precizne podatke u kratkom vremenskom roku.

Za potrebe izmjere na Dunavu upotrijebljen je MDL Dynascan M250



Slika 18MDL Dynascan M250

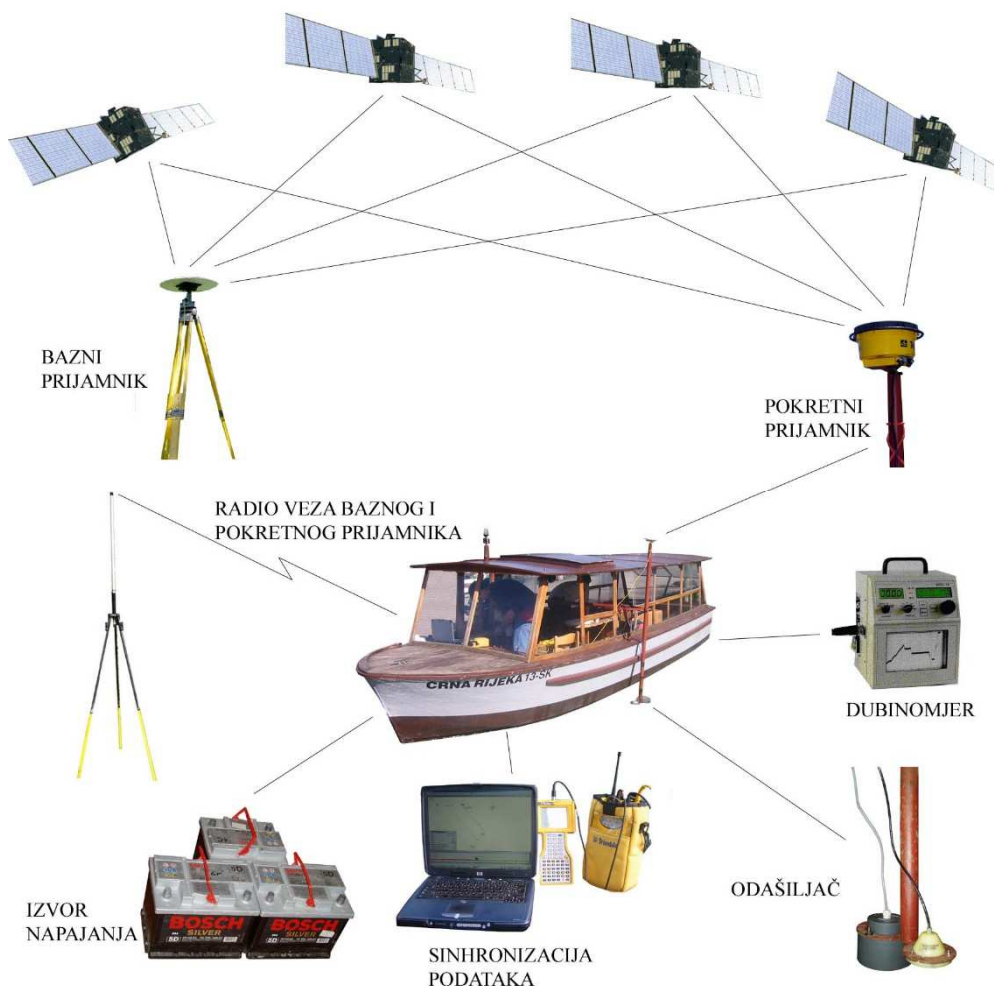
Tablica 2 Specifikacije MDL Dynascan M250 sustava

	Dynascan M250 (single head)
Laser classification (BS EN 60825-1: 2007)	
(21 CFR 1040.10 and 1040.11 except for deviations	
pursuant to Laser No. 50, dated 24 June 2007)	Class 1
Type	InGaAs laser diode
Wavelength (typ)	905 nm
Accuracy*	± 5 cm
Maximum energy per pulse	0.461 μJ
Beam divergence	2.25 × 0.15 mrad
Range resolution	1 cm
Maximum range	250 m
Minimum range	0.5 m
Lens aperture size and location	28 mm (location at front of module)
Scanner field of view	360°
Scanner angle resolution	0.01°
Scan rate	20 Hz (1200 rpm)
Beam footprint at 50 m	130.5 mm × 92.5 mm
Pulse measurement rate (points per second)	36000
Physical data	
Power	12 to 17 V dc 135 W
Weight	14.8 kg

Environmental	
Water and dust resistant**	IP65
Operating temperature	-10 °C to +50 °C
Storage temperature	-40 °C to +85 °C
Positioning system	
Positioning accuracy (RTK)	2 cm
Pitch-and-roll accuracy (1 σ)	0.03°
Dual GNSS antenna heading accuracy (1 σ) ***	0.1°
Corrections	Options to take corrections from various sources

3.2 Hidrografska izmjera

Pri hidrografskim mjerenjima na predmetnom području za određivanje položaja korištena je GPS-RTK metoda. Osnovu GPS-RTK sustava činio je par Trimble R8 GPS-prijamnika. To su prijamnici visoke točnosti i širokog spektra mogućnosti i primjena, a upravljani su ručnim terminalom Trimble Survey Controller TSC2. Sustav je uključivao bazni i pokretni GPS prijamnik R8, programsku opremu i radijsku vezu koja uključuje radijski modem za odašiljanje i prijam korekcija, te time omogućuje postizanje točnosti $\pm 1-5\text{cm}$.



Slika 19 Kombinacija GPS/RTK mjerenja i dubinomjera

Trimble® R8 GNSS je trofrekventni prijamnik koji ima mogućnost prijema L2C (novog civilnog koda na L2 frekvenciji), buduće L5 (treće GPS frekvencije) te GLONASS L1 i L2 signala. U kombinaciji s grafičkom color kontrolnom jedinicom -

TCU ili TSC2 (Windows Mobile 5), R8 GNSS je s integriranom R-track tehnologijom, radio prijemnikom/odašiljačem odnosno GSM/GPRS modemom spada u najmodernije RTK uređaje.



Slika 20 Trimble® R8 GNSS prijamnik

Mjerna GPS-stanica Trimble R8 GNSS ima sljedeće tehničke karakteristike:

- vodonepropusnost do dubine od 1m, izdržljivost pada na beton s visine od 1 m, napajanje 10,5-28 V sa zaštitom od previsokog napona, trajanje baterija 7 sati, potrošnja energije 2,5 W, radna temperatura -40 do +65 °C
- 72-kanalni trofrekventni prijamnik s milimetarskom točnošću mjerenja faze, masa manja od 1.5 kg (pokretni prijamnik s antenom)
- točnost kinematičkih mjerenja $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ ppm}$ (horizontalna komponenta) i $20 \text{ mm} \pm 1 \text{ ppm}$ (vertikalna komponenta), latencija 0,02 s, minimalno vrijeme inicijalizacije 10 s, pouzdanost inicijalizacije preko 99,9%

Prilikom izmjere je korišten CROPOS sustav na HTRS96 referentnom koordinatnom sustavu kako bi se osigurao jedinstveni sustav za sve lokacije mjerenja.

Za transformaciju koordinata u Državni koordinatni sustav, korišteni su službeni parametri Državne geodetske uprave za Zagrebačku županiju, te službeni model geoida HRG98. Dubine prikazane na su iskazane u odnosu na geodetsku nulu kako je i traženo u projektnom zadatku.

3.2.1 Mjerenje dubina

Za određivanje dubina korišten je ehosonder ATLAS DESO 350M. To je kompaktan i visoko precizan ehosonder proizvođača STN ATLAS Marine Electronics, čija se kontrola, odnosno upravljanje izvodi PC-računalom. DESO 350M je razvijen za mjerenja dubine voda od minimalno 50 cm do maksimalno 600 m u širokom spektru aplikacija: općenito u hidrografiji, vađenje mulja, sedimentacijske studije, studije i istraživanja okoliša, inženjerski radovi na vodi, kontrola kanala, luka i odvoda. DESO 350M omogućuje postizanje točnosti mjerenja dubina od ± 10 cm.

Za planiranje i obradu mjerenja korišten je programski paket Hypack-Max. Uz pomoć navedenog programa napravljene su planirane linije snimanja po kojima je izvedena kombinacija mjerenja GPS-RTK i dubinomjerom. U kasnijoj obradi, mjerenja su popravljena i izbačeni "outlieri".



Slika 21 Precizni geodetski dubinomjer ATLAS DESO 350M

Tehničke karakteristike dubinomjera ATLAS DESO 350M:

- dvokanalni dubinomjer radne frekvencije 33kHz i 210 kHz
- raspon mjerenih dubina 0,5 do 600 m, rezolucija 1 cm
- preciznost mjerenja $0.10 \text{ m} \pm 0.1\%$ dubine @ 33 kHz, $0.01 \text{ m} \pm 0.1\%$ dubine @ 210 kHz
- potpuna daljinska kontrola i postavljanje svih unutarnjih parametara
- duljina impulsa 0,04ms do 0,1ms za 210 kHz
- podešavanje brzine širenja zvuka od 1400m/s do 1600 m/s
- napon od 11 do 28 V

- radna temperatura od 0 do 50 °C
- masa uređaja 13.8 kg.

Mjerenja su obrađena u HypackMax hidrografskom softveru, a iz mjerenih podataka izrađena je hidrografska snimka i model dubina u Autocad Civil 3D softverskom paketu.

4 PRIKUPLJANJE I SISTEMATIZACIJA I VALORIZACIJA DOSADAŠNJIH GEODETSKIH ISTRAŽIVANJA S KARTOGRAFSKIM PODLOGAMA



Slika 22 Plan Vukovara iz Atlasa vukovarskih vlastelinstava iz 1733. g.

Među najstarije planove i karte područja uz Dunav pripada Atlas vukovarskih vlastelinstava iz 1733. g. (Slika 22). Izvornik Atlasu čuva se od 1947. godine u Muzeju Slavonije u Osijeku, u fundusu Kartografske zbirke. Tada ga je Komisija za sakupljanje i čuvanje kulturnih spomenika i starina, zajedno s drugom vrijednom građom, preuzela iz nacionaliziranog dvorca Eltz.

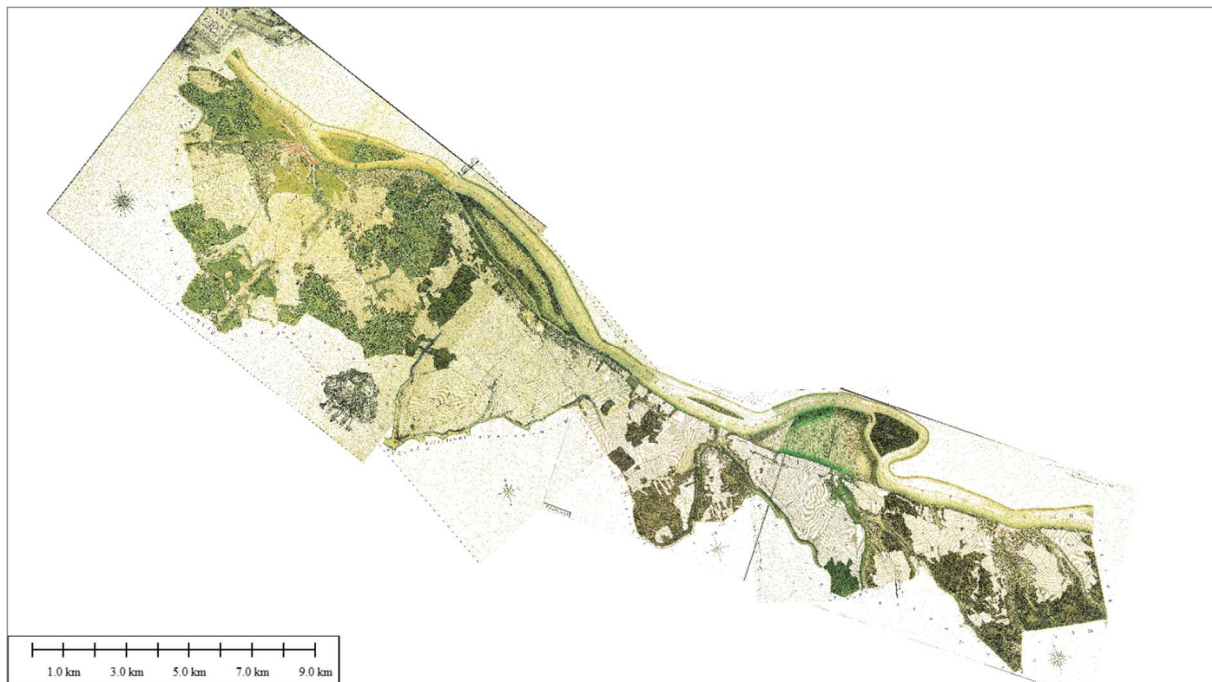
Atlas vukovarskog vlastelinstva iz 1733. godine ističe se svojim iznimno velikim formatom, luksuznim uvezom u telećoj koži ukrašenoj zlatotiskom. Sadrži 25 karata Vukovarskog vlastelinstva i kartu Kraljevine Slavonije (Sclavoniae Regnum), koja služi za ilustraciju položaja vlastelinstva Vukovar.

Kartografska građa uvezana u Atlas sadrži prikaz grada Vukovara i 34 naselja. Nastala je u doba prvoga vlasnika vukovarskog vlastelinstva grofa Johanna Ferdinanda Kuffsteina, koji je bio vlasnikom do 1736. godine, kada vlastelinstvo kupuje obitelj Eltz. Kuffstein je izradu karata povjerio carskom akademskom inženjeru Johannu Philipu Frastu, koji u Atlasu nije izradio samo prvu kartu. To je u Beču tiskana karta (bakrorez, 126 x 81 cm) Tabula geographica nova et exacta distincte exhibens Regnum Slavoniae cum Sirmii Oucatu..., a njezinim uključivanjem u Atlas dao se širi kontekst prostoru na kojem se nalazi Vukovarsko vlastelinstvo.

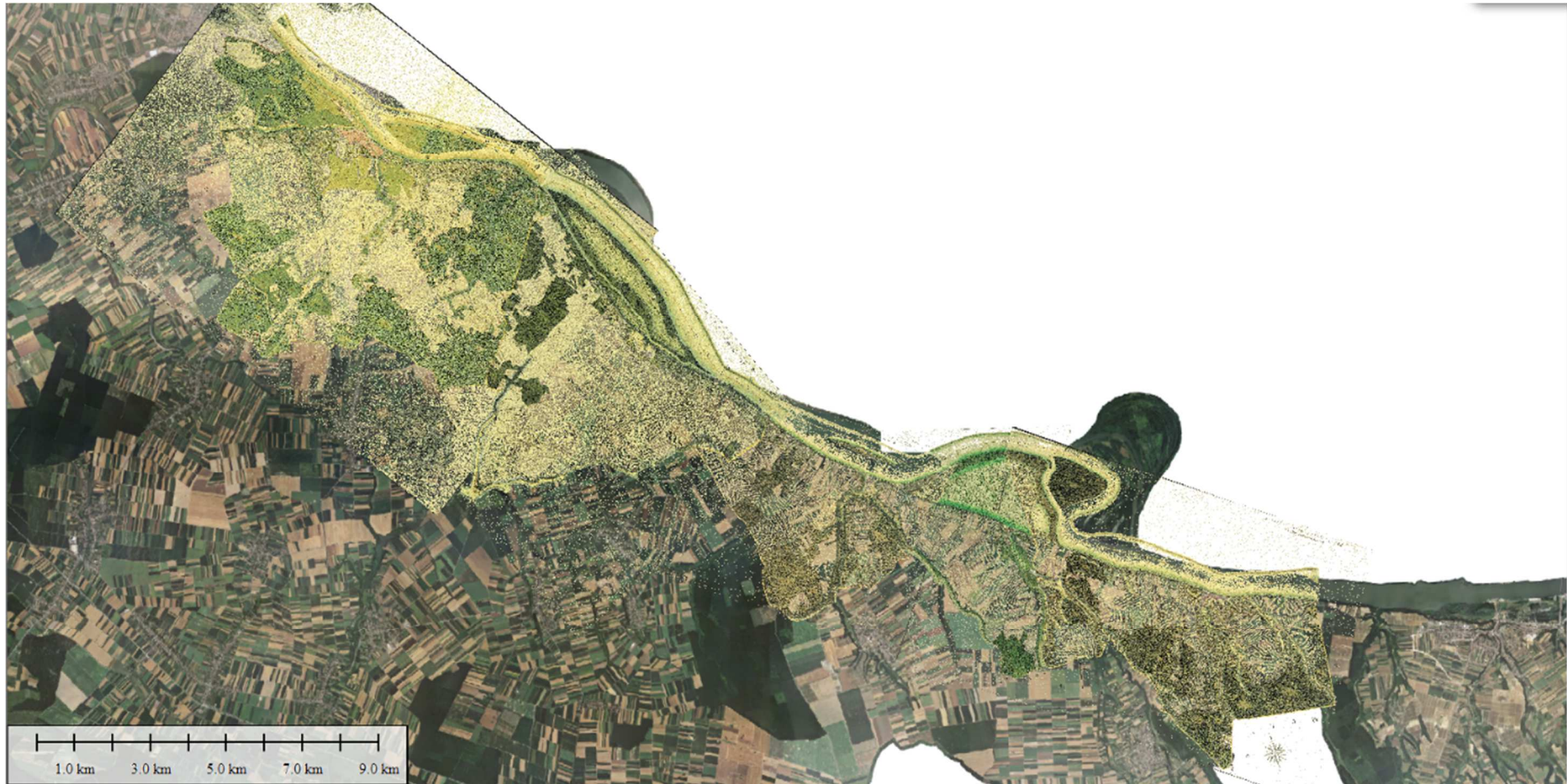
Frast je bio školovani vojni mjernik, izdanak Inženjerske akademije osnovane u Beču 1717. godine. Školovane mjernike tada je imala jedino vojska, a za njima je bila velika potreba. Naime, nakon dugogodišnjeg rata s Turcima trebalo je iskartirati novoosvojena područja. Upravo je zbog toga velik broj planova i karata s oslobođenih područja.

Atlas sadrži 34 unikatna i rukom crtana Frastova plana, a to su: plan cijelog vlastelinstva, Vukovar, Sotin, Berak, Opatovac, Šarengrad, Novak, Čakovci, Lovas, Tovarnik, Svinjarevci, Ilača, Ilinci, Mala Vašica, Orolik, Nijemci, Đeletovci, Tordinci, Banovci, Tompojevci, Petrovci, Mikljuševci, Slakovci, Trpinja, Srijemske Laze, Jankovci, Negoslavci, Mohovo, Bogdanovci, Bršadin, Korođ, Antin, Vera, Pačetin i Bobota. Važno je napomenuti da su svi planovi, osim generalnoga, izrađeni u istome mjerilu, koje je prikazano grafički u bečkim hvatima.

Zbog detaljnosti uvida u prostor vukovarskog vlastelinstva, ovaj je Atlas preteča katastra vukovarskoga kraja i daje iscrpan uvid u kompletnu strukturu vukovarskog vlastelinstva (Poslončec-Petrić, 2006.).



Slika 23 Spojene pojedinačne karte atlasa vlastelinstava koje prikazuju Dunav
Iz Atlasa su izdvojene planovi koji sadrže prikaz Dunava, te su ti planovi objedinjeni u jednu cjelinu (Slika 23). Tako spojeni i georeferencirani planovi su zatim preklapljeni sa DOF-om (Slika 24) kako bi se dobio uvid u promjenjivost toka i identificirala područja na kojima je ona najizraženija. Međutim, sama točnost i detaljnost planova je niža od katastarskih planova kakve danas poznajemo. Također, situacijsko stanje (veličina i oblik naselja, prometnica, šuma...) se značajno promijenilo pa je i točnost njihovog georeferenciranja niža nego ona ažurnijih planova i karata. Dale, određivanje iznosa promjena na osnovu planova Atlasa nije zadovoljavajuće pouzdano i precizno, ali razlike koje se uočavaju su dovoljno kvalitetna indikativna osnova za određivanje potencijalno ugroženih lokacija.



Slika 24 Spojene karte vlastinstava preklopljene sa ortofoto prikazom današnjeg stanja iz čega je jasno vide promijene toka i kretanja Dunava

Kako bi se dobio povijesni presjek promjena i kvantificirali iznosi izmicanja toka Dunava sa zadovoljavajućom pouzdanošću korišteni su katastarski planovi iz 1863. g (Slika 25). Način izrade, dimenzije i mjerilo tih planova su jasno dokumentirani (stari planovi mjerila 1:2880 imaju jasno označene okvire dimenzija 65.84x52,67cm), a situacijski prikaz ima jasnu i prepoznatljivu korelaciju sa današnjim stanjem pa je takve planove moguće puno preciznije dimenzionirati i georeferencirati.



Slika 25 Katastarski plan iz 1863. g. sa područja općine Borovo naselje – lokacija Savulja

OD povijesnih karata su korištene topografske karte iz 1930. g. (Slika 26), Topografske karte na osnovu zadnje cjelovite izmjere između 1947.-1976.g (Slika 27), temeljna karta koja je osnova za digitalni model reljefa (DMR) (Slika 28), te digitalni ortofoto prikazi na osnovu aerofotogrametrijskog snimanja iz 2011. g. (Slika 29).



Slika 26 Topografska karta iz 1930. g. izrađena na osnovu reambulacije



Slika 27 Topografska karta na osnovu cjelovite izmjere obavljene u periodu 1947.-1976.

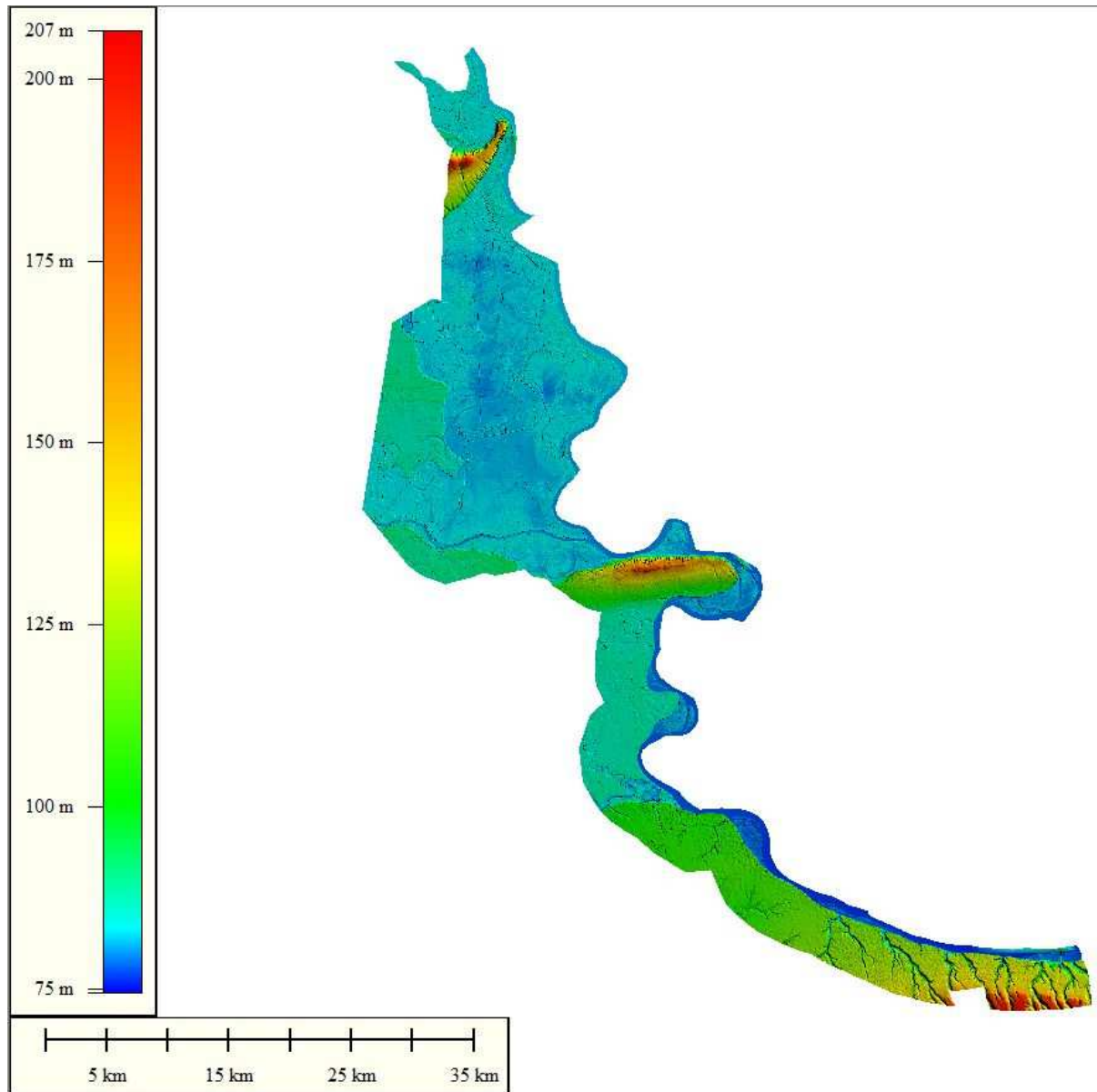


Slika 28 Temeljna karta – služi kao podloga za izradu DMR-a

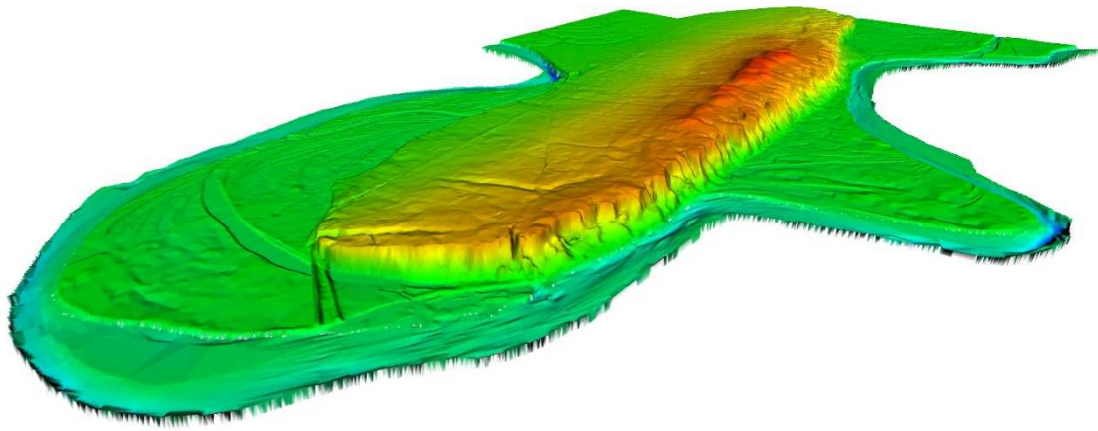


Slika 29 Digitalne ortofoto karte iz 2011. g. sa zadnjom službenom evidencijom stanja

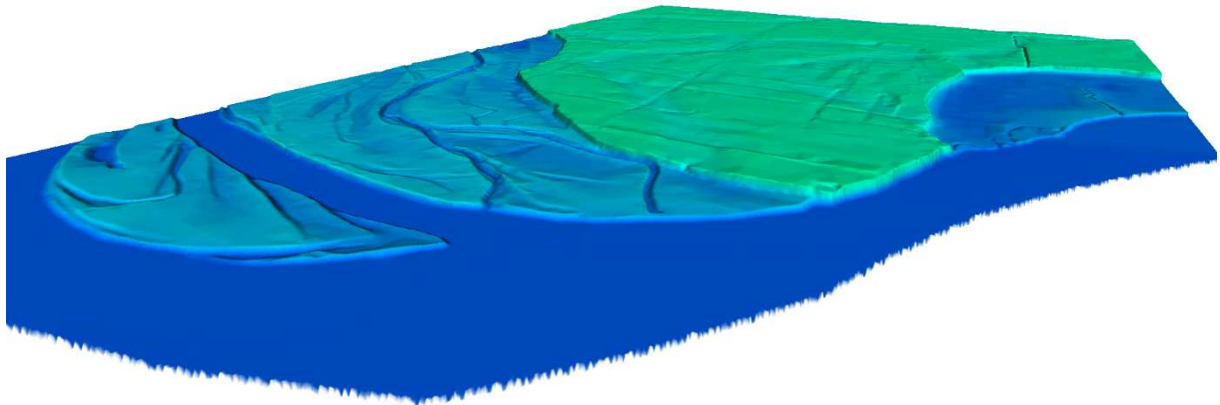
5 PRIKUPLJANJE PODATAKA I FORMIRANJE DIGITALNOG MODELA RELJEFA (DMR) ZA PODRUČJE ISTRAŽIVANJA



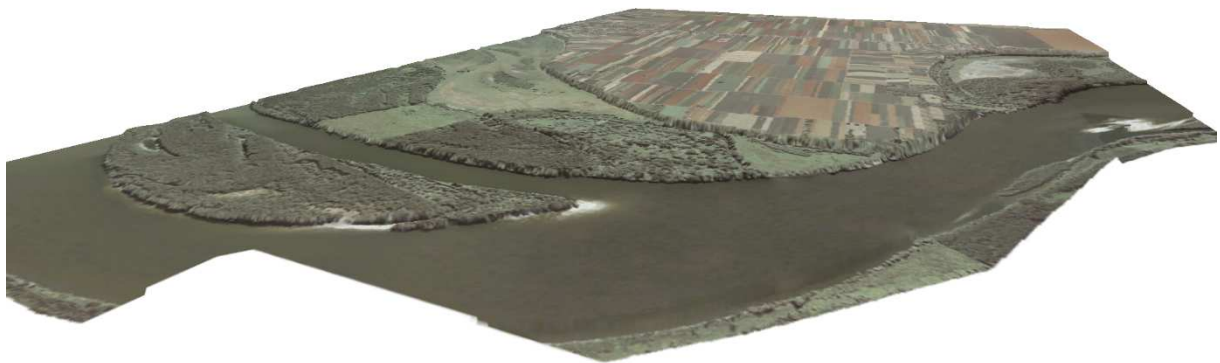
Slika 30 Digitalni model reljefa koji uz cijeli potez hrvatske obale Dunava uključuje i područje Kopačkog rita



Slika 31 Erdutsko brdo jasno zorno prikazuje utjecaj recentne tektonike na topografiju

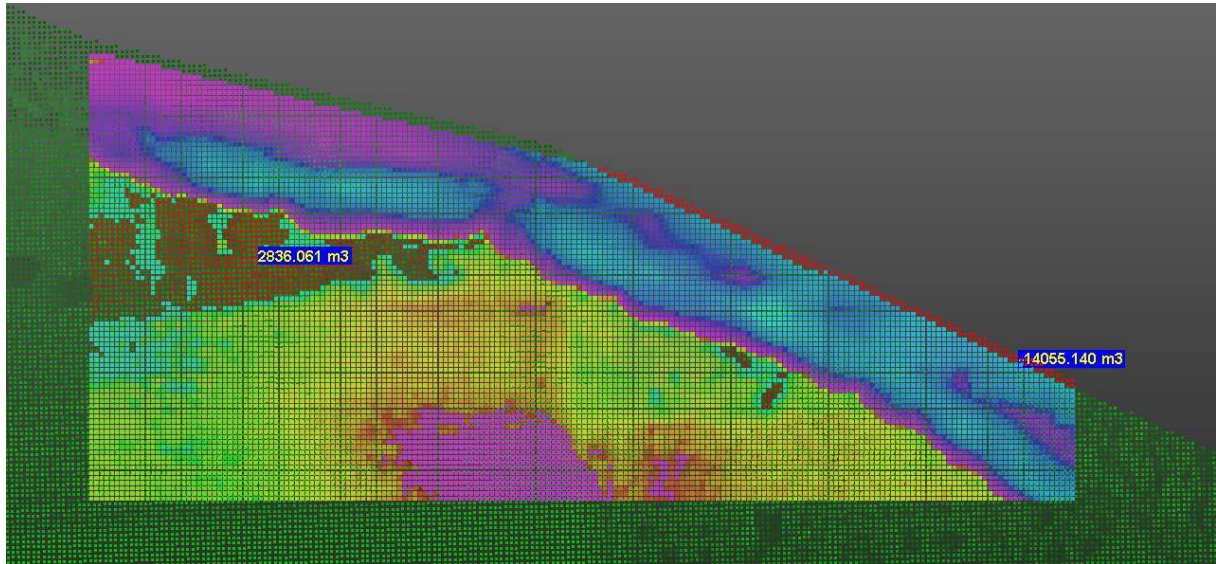


Slika 32 Digitalni model reljefa lokacije Savulja kod Borova naselja

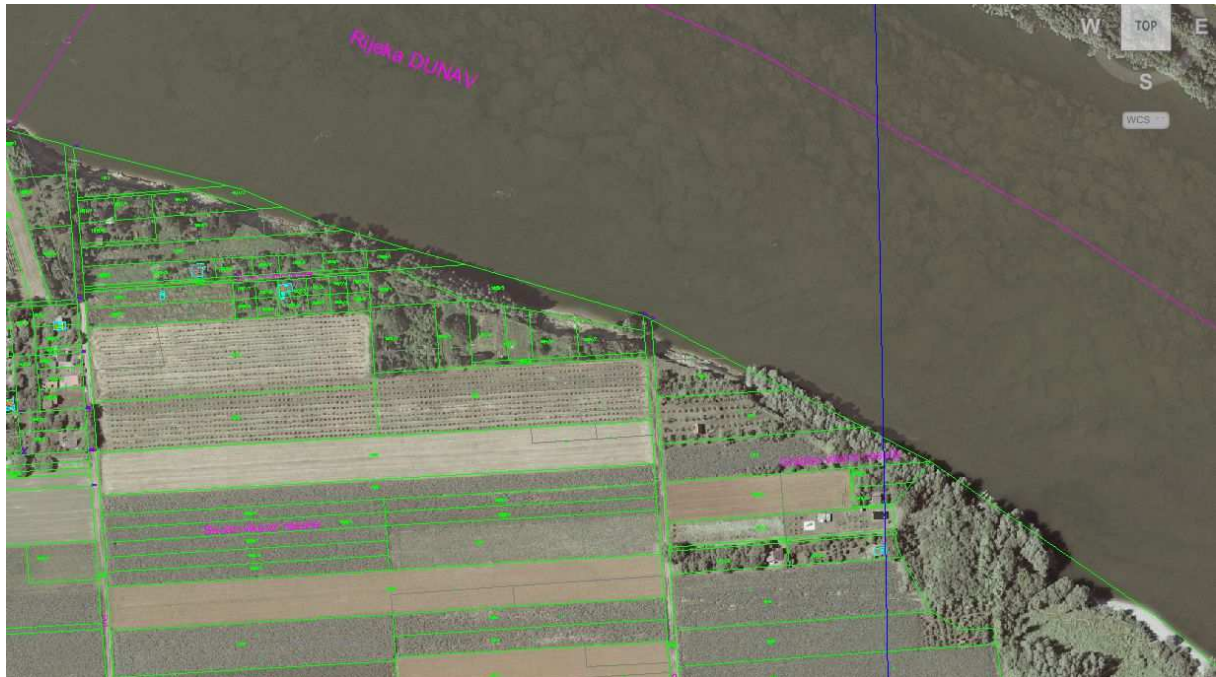


Slika 33 Digitalni model reljefa lokacije Savulja kod Borova naselja zajedno sa digitalnim ortofoto prikazom

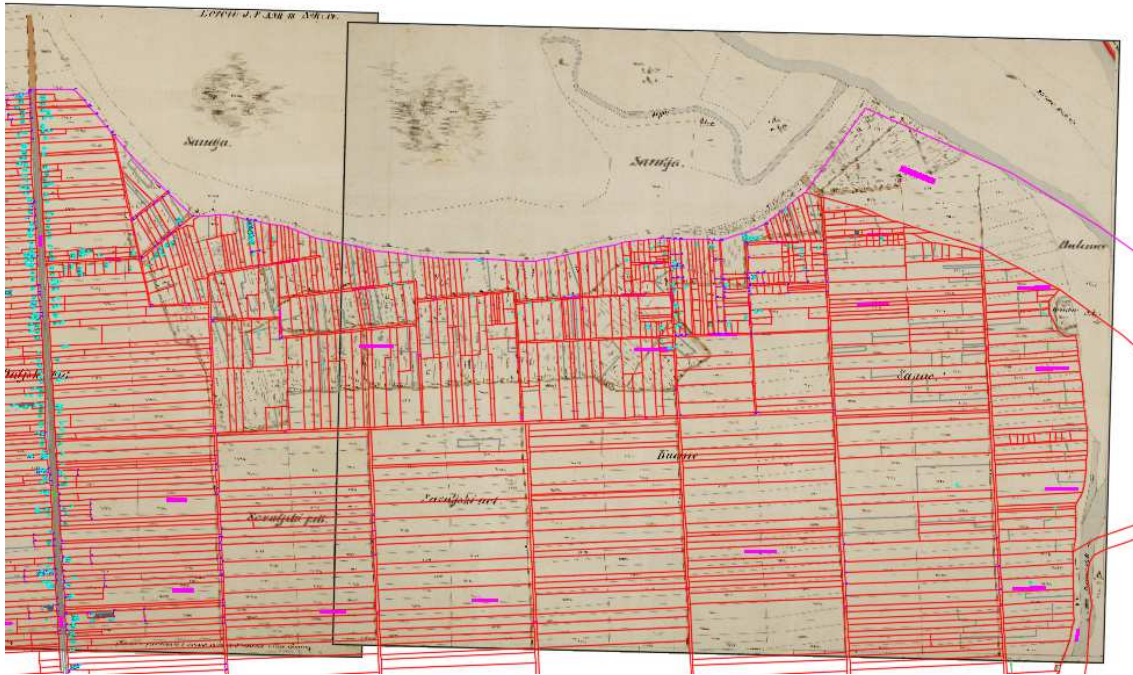
6 PRIPREMA ZA DETALJNO SNIMANJE TRODIMENZIONALNIM LASERSKIM SKENEROM I ODABIR LOKALITETA NA DIONICI S NAJIZRAŽENIJOM POJAVNOŠĆU EROZIJA



Slika 34 Usporedba DMR i LiDAR podataka na lokaciji Savulja



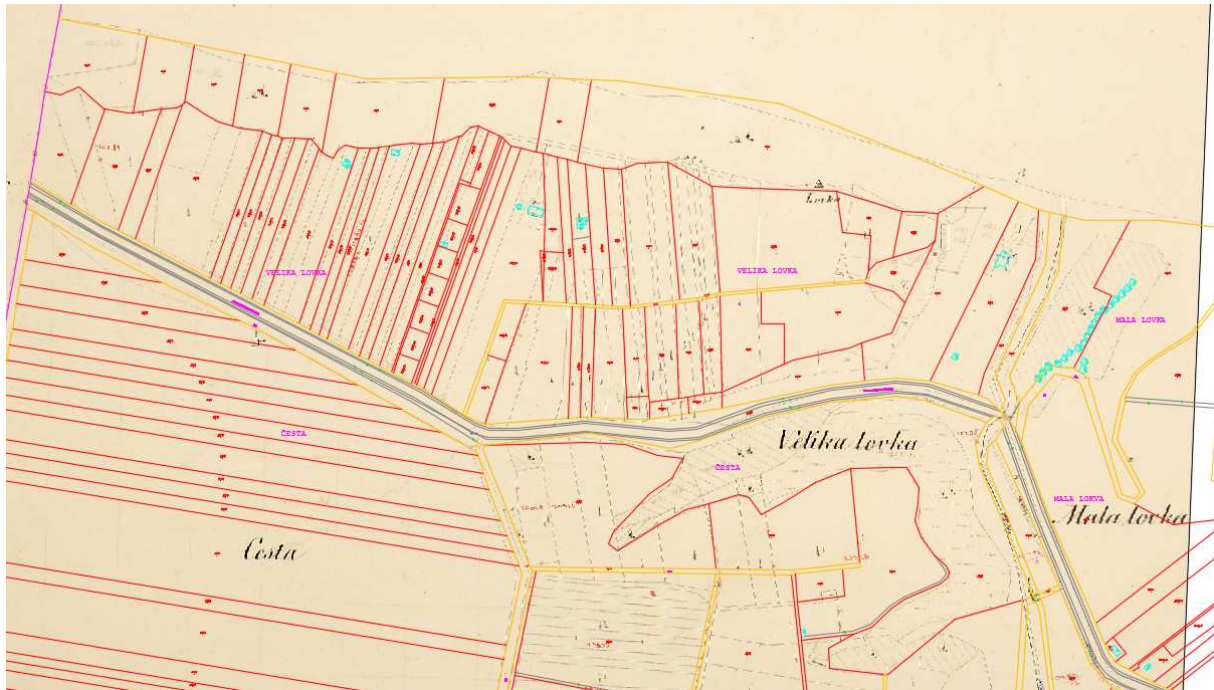
Slika 35 Usporedba katastarskog plana sa DOF-om



Slika 36 Usporedba podataka katastarskog plana iz 1863g. sa današnjim katastarskim planom na lokaciji Savulja - obala Dunava se pomakla na hrvatsku stranu za oko 250-300 m



Slika 37 Usporedba podataka katastarskog plana iz 1863g. sa današnjim katastarskim planom na lokaciji Šarengradske ade – Dunav na planu iz 1863. još uvijek ide starim tokom; plan je izrađen prije prokopavanja kanala kojim je izravnana tok između Opatovca i Šarengrada



Slika 38 Usporedba podataka katastarskog plana iz 1863g. sa današnjim katastarskim planom na lokaciji Lovke – uočljivi su manji odsjeci ruba ravnjaka kojih više nema; put koji se nalazio uz rub strmine više ne postoji zbog urušavanja prema jugu (hrvatskom teritoriju).

7 DETALJNO SNIMANJE 3D LASERSKIM SKENEROM KOMBINIRANO S GPS TEHNOLOGIJOM I OBRADA MJERENJA

U sklopu projekta provedena su mjerenja na odabranim lokacijama. Detaljan opis izvedenih mjerenja na lokacijama i rezultati analiza su detaljno opisani u slijedećim poglavljima.

7.1 Lokalizet Lovka



Slika 39 Klizište - odnošenje materijala sa nožice pokosa

Lokacija Lovka nalazi se dva kilometra od samog grada Iloka u smjeru Vukovara. Razlog izbora lokacije su jasno vidljivi tragovi odnošenja zemljanog materijala pod utjecajem rijeke, što je uzrokovalo i pojavu klizišta kao što je vidljivo na slici gore. Između dvije epohe mjerenja na toj lokacije se pojavilo još jedno klizište samo 30 metara istočnije od ovog (slike dolje)

Skliznuti materijal ne ostaje na mjestu nego ga Dunav ispire i odnosi što će rezultirati pojavom daljnjih klizanja materijala odnosno trošenja obale.



Slika 40 Pojava novog klizišta na lokaciji Lovka – velika količina raslinja na lokaciji predstavlja otegotnu okolnost za obavljanje mjerenje



Slika 41 Postavljen skener i registracijske sfere na lokaciji Lovka



Slika 42 Podešavanje postavki Faro Focus 3D skenera i pokretanje skeniranja

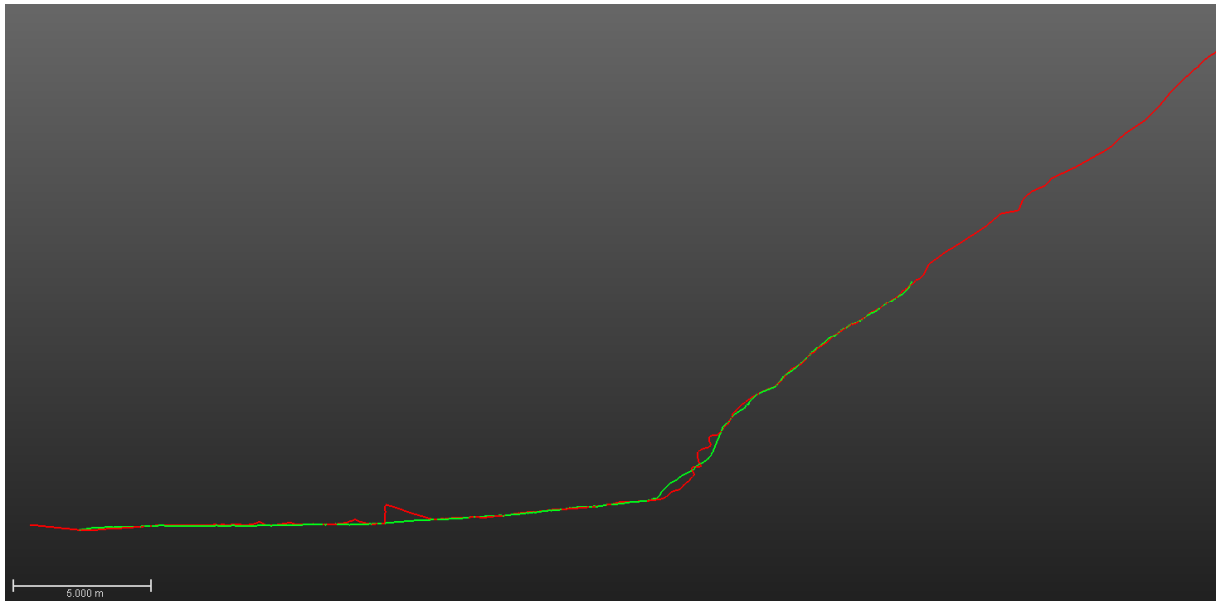


Slika 43 Skeniranje terena na lokaciji Lovka

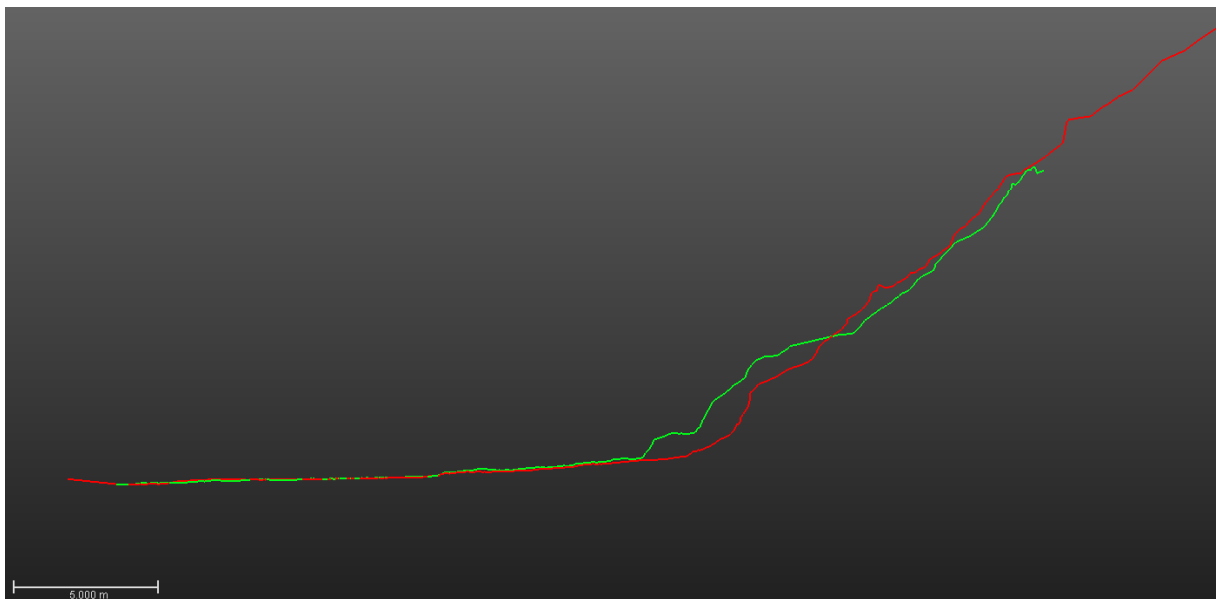


Slika 44 Dobiveni oblak točaka - pogled sa stajališta Faro Focus 3D skenera

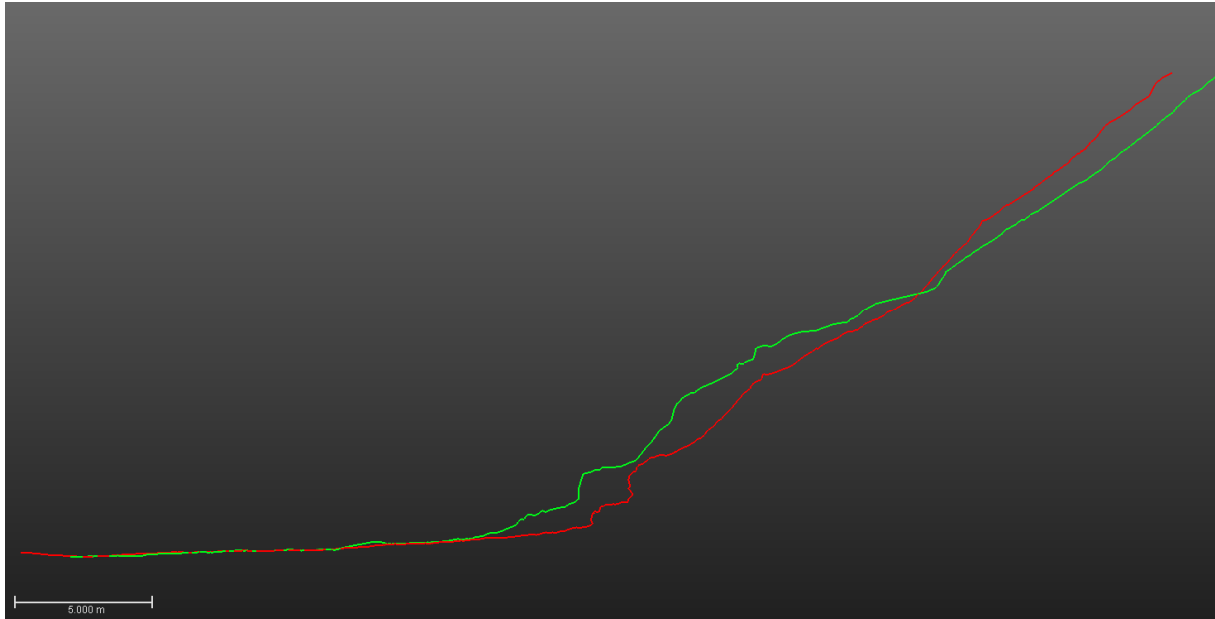
Dobiveni profili iz dvije epohe mjerenja terena (Slika 45, Slika 46, Slika 47, Slika 48), crvenom je prikazana prva (starija) epoha a zelenom druga (novija); jasno je vidljivo da se na gornjem dijelu uslijed klizanja pojavio manjak materijala, a na donjem višak; također, može se primijetiti da u periodu između dvije epohe nije došlo do promijene na lokaciji prvog klizišta (Slika 49).



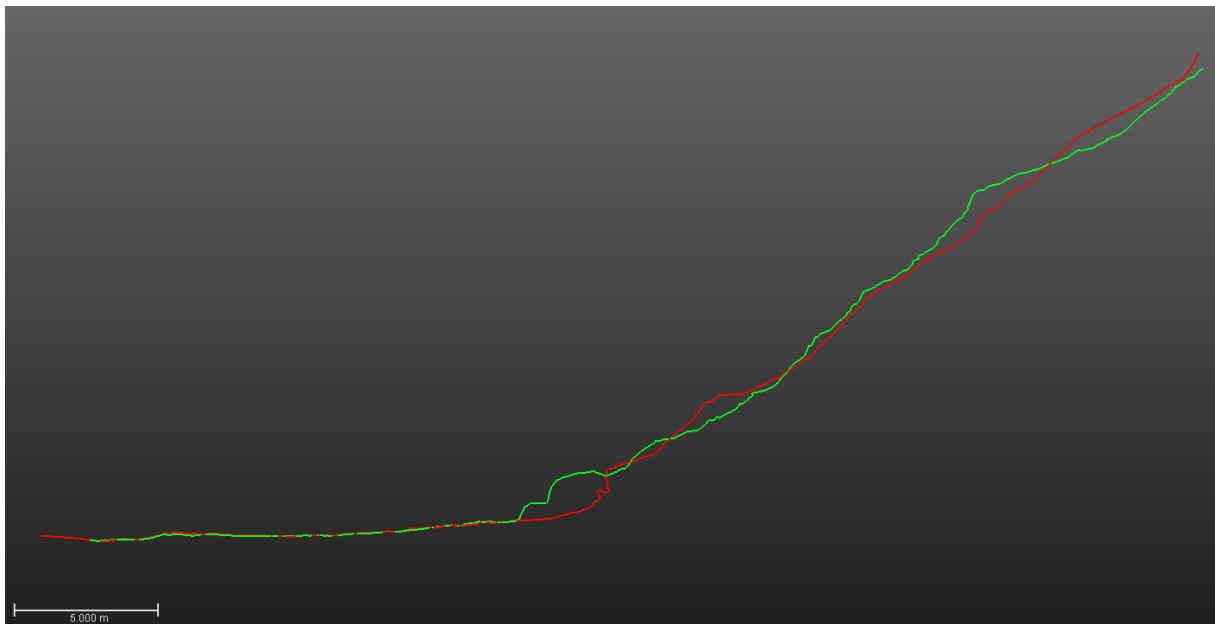
Slika 45 Lovka - presjek istočnije od novog klizišta



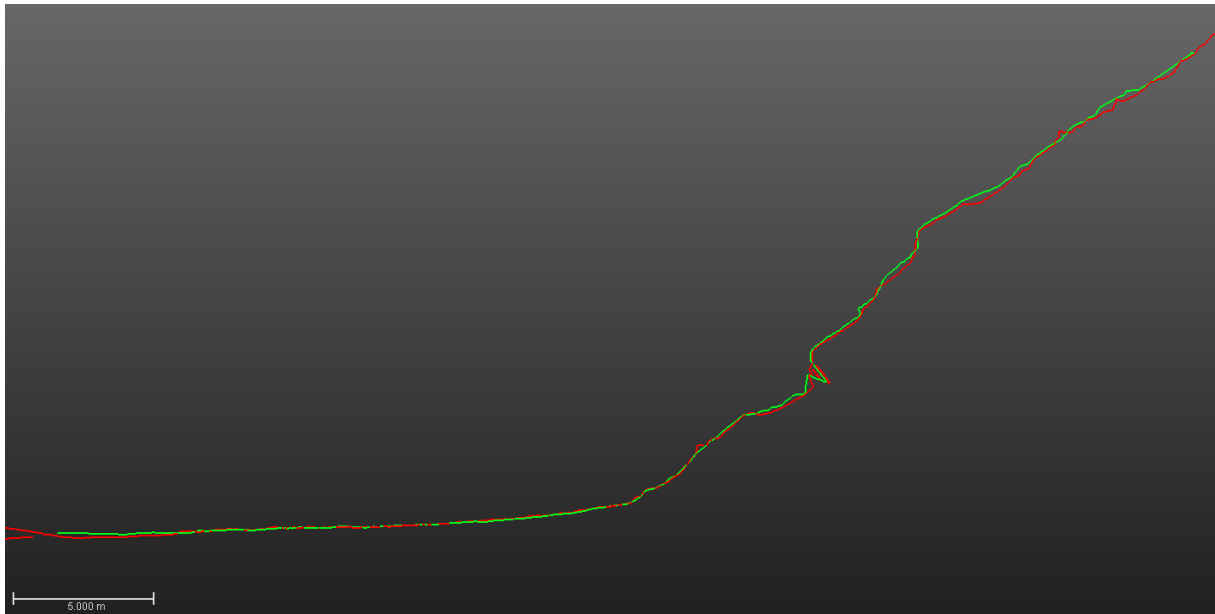
Slika 46 Lovka - presjek na početnom dijelu novog klizišta



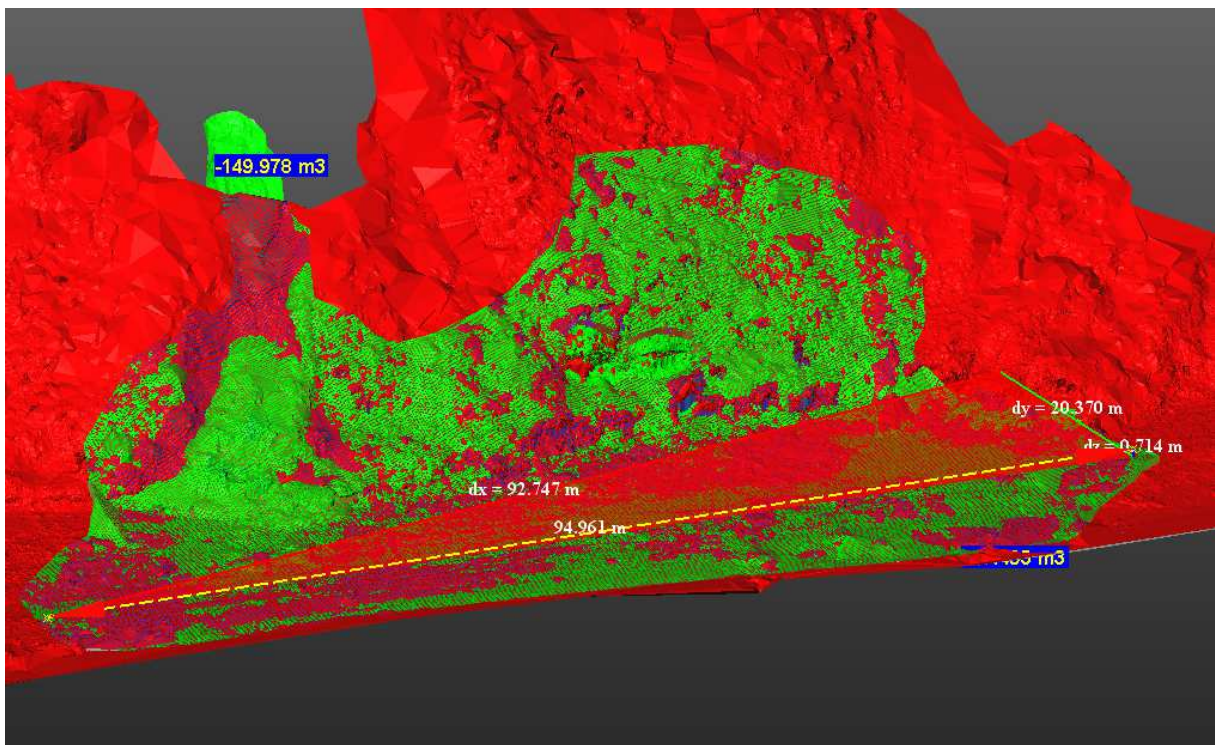
Slika 47 Lovka - presjek na srednjem dijelu novog klizišta



Slika 48 Lovka - presjek na završnom dijelu novog klizišta



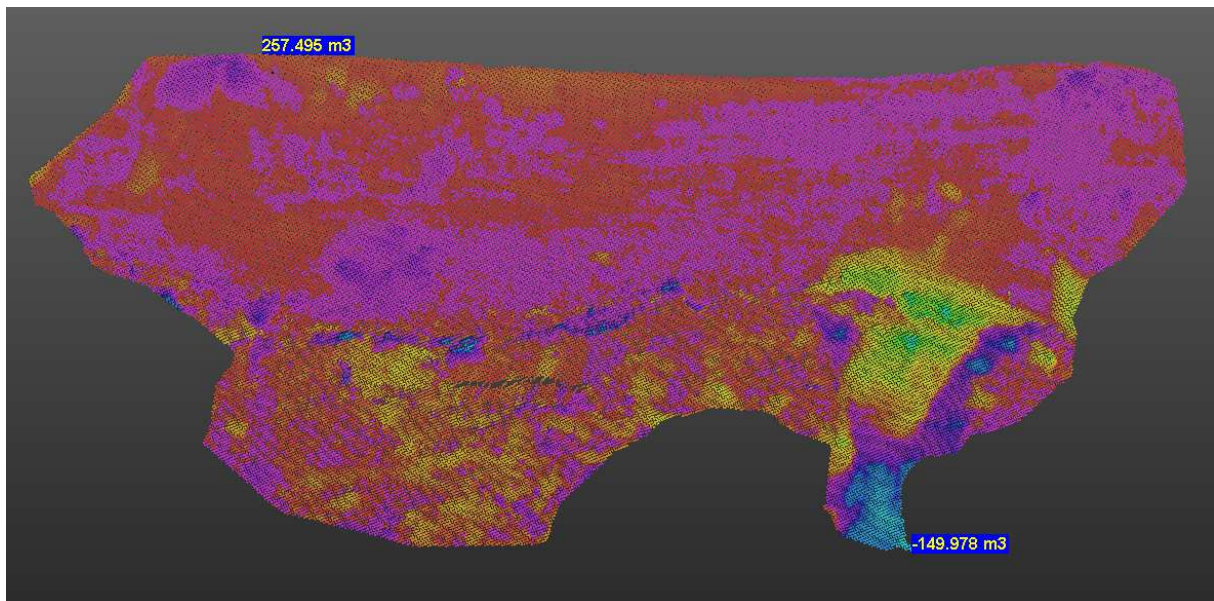
Slika 49 Lovka - presjek na lokaciji starog klizišta



Slika 50 Izračun volumena na lokaciji Lovka: crvena je referentna ploha (prosinac 2013), a zelena usporedna ploha (listopad 2014)

Utvrđeno je da se na površinama koje je bilo moguće obuhvatiti izmjerom u obje sesije pojavilo cca 110 m^3 viška materijala na potezu od cca 95 m odsjeka obale. Ovo je rezultat klizanja materijala sa padine. Na približno horizontalnom dijelu obale nije se pojavila značajna količina novog materijala,

što dokazuje da je većina materijala koji je dospio do podnožja već odnesen pod utjecajem Dunava. Na žalost, zbog velike količine gustog raslinja nije bilo moguće izmjeriti površinu cijele padine. Stoga nije moguće ni precizno utvrditi ukupnu količinu materijala koji je odsklizao. Međutim na dijelu novog klizišta koji je obuhvaćen izmjerom te količine iznose otprilike 2865 m^3 u prvoj sesiji a 2760 m^3 u drugoj sesiji u odnosu na referentnu plohu na 77 m nadmorske visine. To znači da samo na tom području fali cca 105 m^3 materijala, a da bi taj iznos bio i značajno veći da su dostupni podaci za cijelu plohu klizišta iz obje sesije. Dakle, samo na području obuhvaćenom izmjerom u obje epohe odsklizalo je 215 m^3 materijala od čega je 105 m^3 odneseno erozivnim djelovanjem Dunava.



Slika 51 Prikaz izračuna volumena sa razlikama u boji – najveća promjena je vidljiva na jugoistočnom dijelu prikaza gdje se nalazi novo klizište

7.2 Lokalitet Šarengrad

Visoke obale sa klifovima koji sačinjavaju desnu obalu Dunava nasuprot šarengradske ade direktan su rezultat recentne tektonike te je to područje zbog takve konfiguracije terena podložno ispiranju materijala. Materijal se dijelom ispire pod utjecajem oborina koje ga donose do podnožja obale (Slika 52), a dalje ga odnosi Dunav.



Slika 52 Klizište u podnožju obale



Slika 53 Pogled na lokaciju izmjere terestričkim laserskim skenerom obale na lokaciji Šarengrad



Slika 54 Pogled na klifove obale Dunava iz smjera Šarengradske ade

Projektom je obuhvaćena izmjera vrhova litica kako bi se ustanovila pojava urušavanja materijala, te jedan predio u podnožju strmine kako bi se na jednom manjem dijelu ustanovili iznosi klizanja materijala. Za izmjeru vrhova litica je korišten dalekometni skener Optech ILRIS 3D (Slika 55) kojim je dobiven oblak točaka vidljiv na središnjem dijelu (Slika 56).

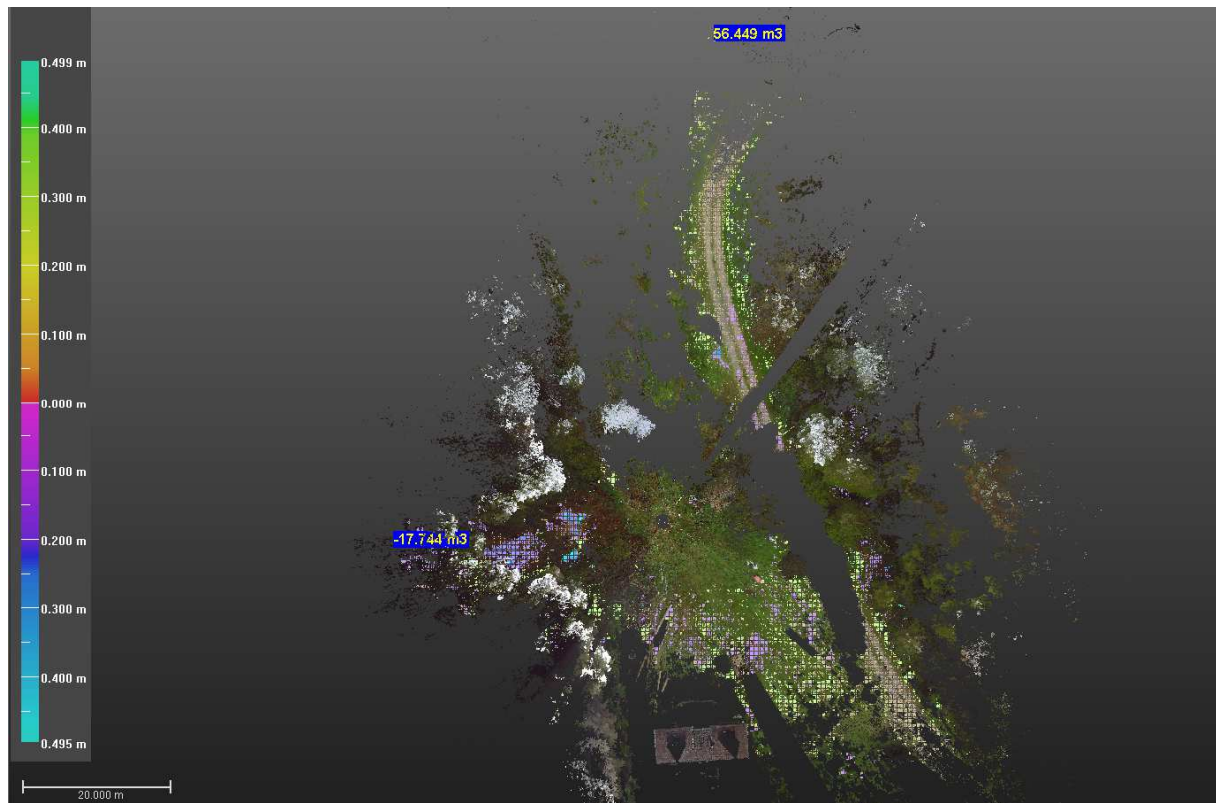


Slika 55 Skeniranje Optech ILRIS 3D skenerom sa Šarengradske ađe



Slika 56 Prikaz područja skeniranog korištenjem terestričkih laserskih skenera u odnosu na podatke zračnog laserskog skeniranja

Na osnovu izračuna volumena u donjem dijelu ustanovljeno je da se pojavilo cca 40 m³ novog materijala (Slika 57).



Slika 57 Izračun volumena na lokaciji preko puta Šarengradске аде

7.3 Lokalitet Savulja – Borovo selo

Lokacija kraj Borova sela, na mjestu vikendaškog naselja Savulje je svakako lokacija sa najevidentnije izraženim utjecajem erozije Dunava po svim pokazateljima te najvećo ugrozom objekata i imovine (Slika 58). Samo na osnovu razlika starog katastarskog plana iz 1863. g. i sadašnjeg katastra je jasno vidljiva razlika položaja obale i toka Dunava koja na mjestima iznosi i 250- 300 metara. Osim toga su vidljive i razlike između zadnjeg evidentiranog katastarskog stanja na toj lokaciji i današnjeg stanja u iznosima i do 20 metara.



Slika 58 Ugroženi objekti kao posljedica erozije

Prilikom izmjere na toj lokaciji korišteno je određivanje položaja poligona GPS mjerenjima. Prilikom GPS mjerenja obavljena je statička izmjera kako bi se u slijedećoj sesiji mjerenja mogli odrediti i geodinamička kretanja i njihov utjecaj na iznose erozije (Slika 59).



Slika 59 Određivanje položaja poligonske točke korištenjem GPS mjerenja

Za georeferenciranje podataka skeniranja korišteno je određivanje koordinata sfera totalnom stanicom Trimble S8 (Slika 60). Tako određene koordinate se u naknadnoj obradi pridodjeljuju sferama registriranim prilikom skeniranja i postiže se apsolutna orijentacija i položaj oblaka točaka u zadanom koordinatnom sustavu.

Samo skeniranje izvedeno je korištenjem Faro Focus skenera (Slika 61). Tim skenerom je osigurana vrlo gusta pokrivenost izabranog područja obale točkama, u relativno kratkom vremenskom periodu mjerenja. Tako gusti oblak točaka osigurava vrlo precizno određivanje svih promjena koje nastaju pod utjecajem Dunava. Nakon što su obavljene dvije sesije mjerenja u razmaku od šest mjeseci, pristupilo se analizi dobivenih podataka.



Slika 60 Određivanje koordinata sfera totalnom stanicom u svrhu georeferenciranja podataka skeniranja (oblaka točaka)

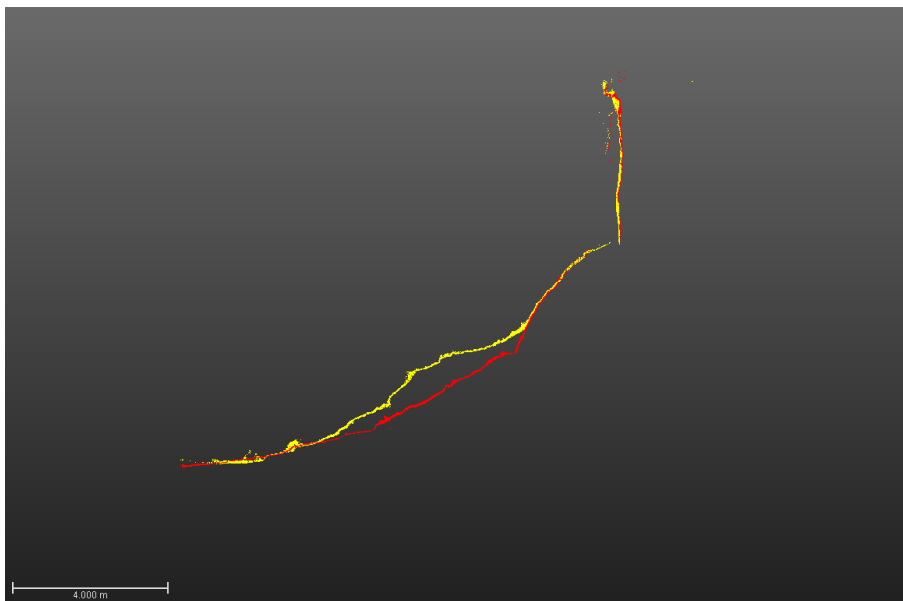


Slika 61 Skeniranje odsjeka obale Faro Focus 3D skenerom na lokaciji Savulja

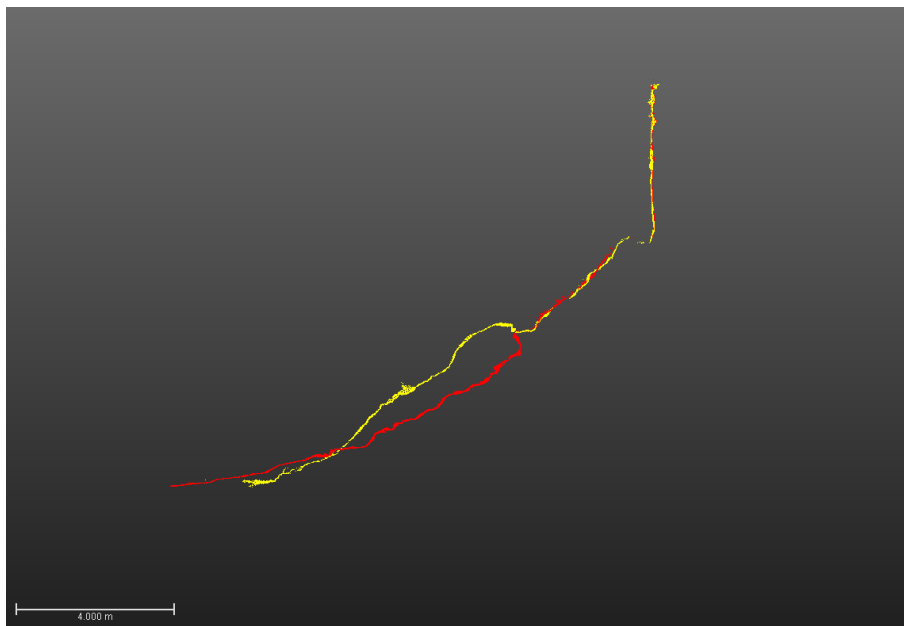
Presjeci između dvije sesije mjerenja na donjim slikama (Slika 62, Slika 63, Slika 64) jasno ukazuju da je dio materijala odnesen, a da je posljedičnim klizanjem u nožici došlo do djelomičnog nasipavanja. Na presjeku sa Slika 65 se uočava da gotovo nije bilo promijene jer je ta lokacija bila zaštićena od jakog erozivnog djelovanja.



Slika 62 Savulja – presjek 1



Slika 63 Savulja – presjek 2

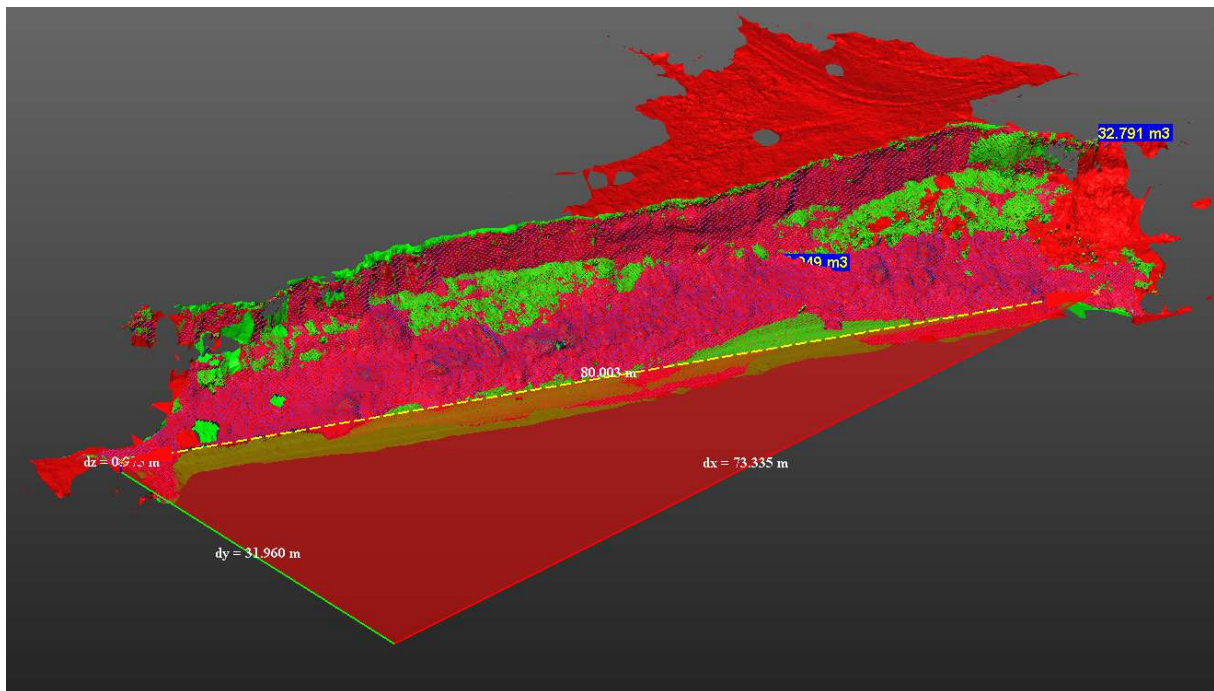


Slika 64 Savulja – presjek 3



Slika 65 Savulja – presjek 4

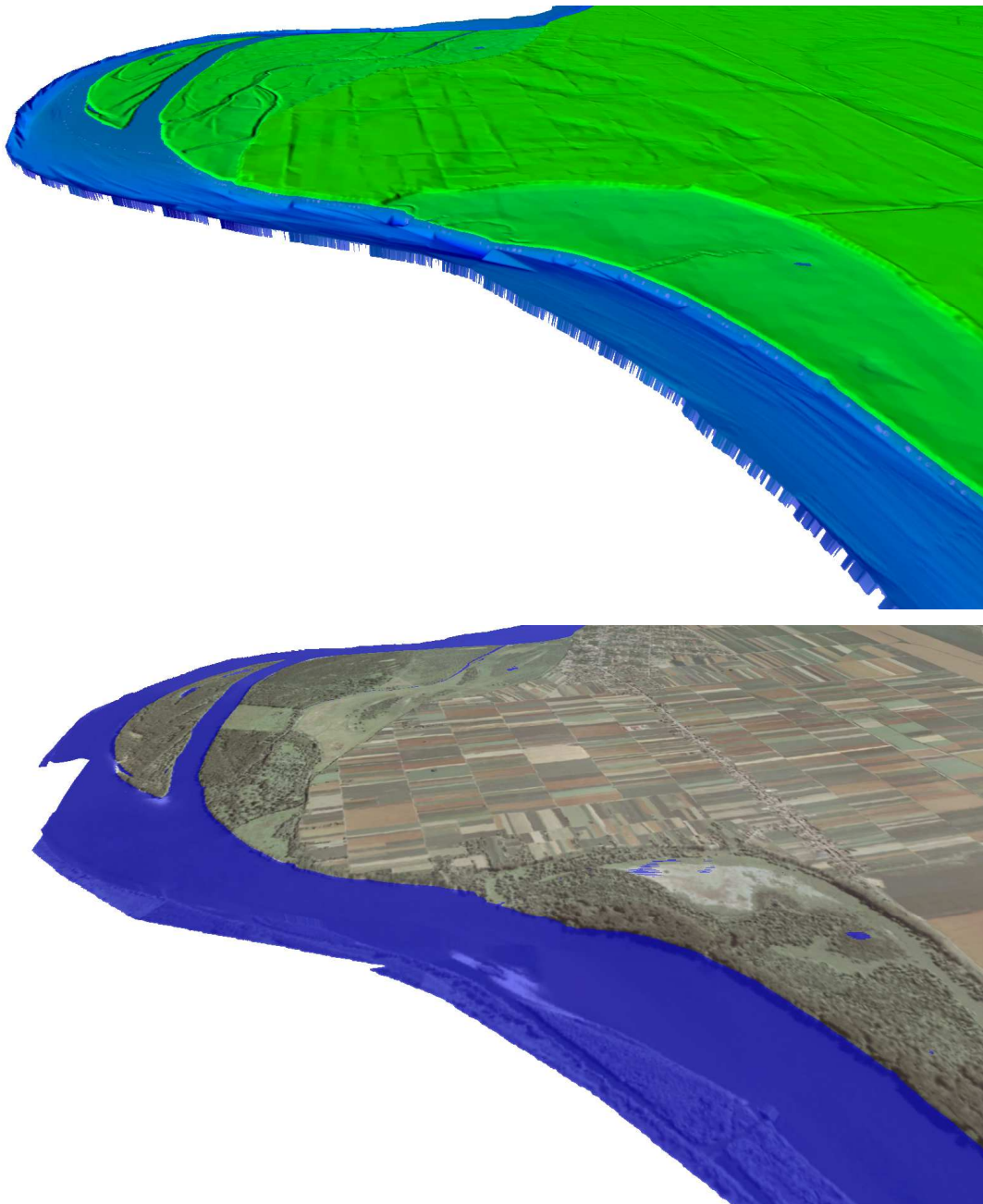
Na osnovu izračuna razlika ploha na lokaciji, dobiven je iznos od 177m^3 erodiranog materijala. Ova razlika je evidentirana u donjem dijelu obale, odnosno odneseni materijal je onaj koji se tu našao prijašnjim urušavanjem obale. Daljnjim odnošenjem tog materijala će vertikalni odsjek obale biti dodatno izložen djelovanju Dunava, potkopan i podložan većim iznosima urušavanja materijala.



Slika 66 Izračun kubatura na osnovu podataka laserskog skeniranja (177 m³ erodiranog materijala na 80m obale) u periodu šest mjeseci

8 PRIKUPLJANJE PODATAKA I PRIPREMA ZA IZVOĐENJE HIDROGRAFSKIH MJERENJA VIŠESNOPNIM DUBINOMJEROM NA DUNAVU I PRITOKAMA

Profili Dunava mjereni svakih 200 m (Slika 67), koji su preuzeti od Agencije za vodne putove, iskorišteni su za nadopunu DMR-a i određivanje lokacija na kojima Dunav uzrokuje značajno produbljenje korita i potkopavanje obale.

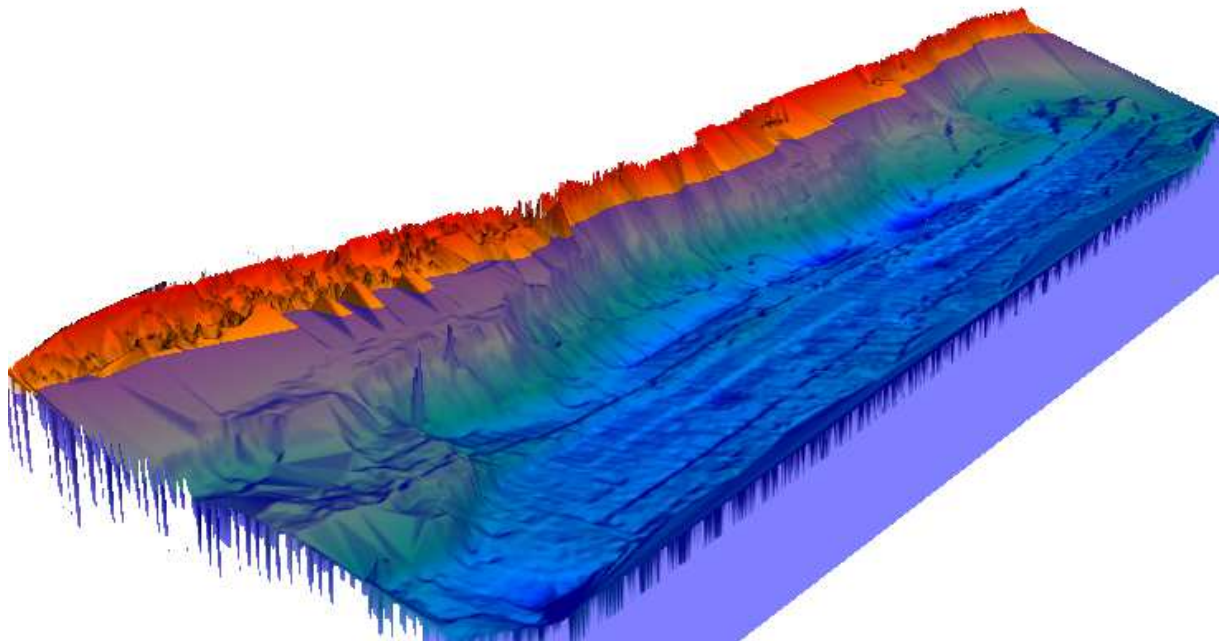


Slika 67 DMR dopunjen profilima korita Dunava mjenih svakih 200 m

Na osnovu tih profila se isto tako jasno može vidjeti da je na primjer na lokaciji Savulja taj utjecaj značajan. Stoga se i na tom području pristupilo hidrografskoj izmjeri korištenjem višesnopnog ultrazvučnog dubinomjera (Slika 68) kojim se osigurava potpuna pokrivenost dna izmjerom. Na osnovu hidrografske moguće je izraditi detaljni model dna (Slika 69) te ga uključiti izradu analize djelovanja Dunava.



Slika 68 Hidrografska izmjera Dunava na lokaciji Savulja



Slika 69 Ploha dobivena hidrografskom izmjerom na lokaciji Savulja

9 ZAKLJUČAK

Sukladno ugovoru o izradi "Geodetsko-geološke studije erozije rubnih dijelova prapornih ravnjaka hrvatskog podunavlja" i projektnom zadatku izvršeni su svi radovi predviđeni za prvu i drugu godinu istraživanja, što je prethodno i detaljno opisano u ovom elaboratu. Kako se iz detaljnog opisa može vidjeti rezultati geodetskih opažanja na odabranim lokacijama pokazuju i dokazuju postavljenu hipotezu da je erozija desne obale Dunava tijekom istraživanja (18mj) itekako prisutna. U dijelu studije koju su izradili kolege sa Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta detaljno su opisani uzroci i posljedice erozije.

Obzirom da je tijekom realizacije projekta izostala visoka voda Dunava, posebice se to odnosi na drugu godinu istraživanja, zatražili smo od Vas vremensko produženje ugovora i pričekali 2015. g. u nadi da će ovog proljeća doći do uobičajenih visokih voda na rijeci Dunav. Međutim, nismo zatražili nikakvo financijsko povećanje cijene istraživanja mada ćemo morati obaviti i treću seriju mjerenja. Stoga Vam na temelju obavljene dvije sesije mjerenja šaljem ovo definitivno izvješće koje je izrađeno potpuno sukladno projektnom zadatku i dinamičkom planu istraživanja.

Iz do sada obavljenih mjerenja i istraživanja na predmetnom projektu pokazani su i dokazani svi mjerljivi elementi erozije. Dodatnom trećom, serijom mjerenja (ukoliko dođe do pojave visokih voda) želimo pojačati rezultate istraživanja, međutim već sada dobiveni rezultati u potpunosti dokazuju postavljeni cilj.

10 UVOD

Radovi na geodetsko-geološkoj studiji erozije rubnih dijelova prapornih ravnjaka Hrvatskog Podunavlja izvedena su prema ugovoru br. 10-043/13. od, 30.09.2013 godine, koji su sklopile Hrvatske vode, kao naručitelji, i Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, kao izvršitelj ugovorenih radova, temeljem rezultata natječaja javne nabave.

Radovi su izvedeni sukladno „*Projektom zadatku–geodetsko-geološke studije erozije rubnih dijelova prapornih ravnjaka Hrvatskog Podunavlja*“, koji je sastavni dio predmetnog ugovora. U „*Projektom zadatku*“ je konstatirano da se prijedlog izrade „ **Geodetsko- geološke studije erozije rubnih dijelova prapornih ravnjaka hrvatskog Podunavlja**“ odnosi na područje desne obale Dunava od Batine do Iloka s posebnim naglaskom na područja: Bansko brdo, Erdut, potez Vukovar-Ilok gdje je intenzitet erozije i najjače izražen.

Osnovni cilj studije je pridobivanje relevantnih geoloških podataka i odgovarajućih geodetskih i geoloških podloga koje bi služile za hidrotehnička rješenja u svrhu zaštite od djelovanja velikih voda, odnosno erozije.

U tu svrhu su se na izradu studije koristili najsuvremeniji geodetski i geološki instrumentarij te računalni programi koji omogućavaju brzo i učinkovito prikupljanje podataka na terenu i njihovu kvalitetnu obradu.

U realizaciji predloženog projekta su sudjelovali eksperti s Geodetskog fakulteta i Rudarsko geološko naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Predmet ovog dijela studije su geološki radovi u najširem smislu dok su geodetski radovi prikazani u zasebnoj studiji, odnosno u drugom dijelu studije.

Opis projekta:

Rijeka Dunav u području Hrvatskog Podunavlja najvećim dijelom prolazi kroz predjele koji su izgrađeni od prašinasto-pjeskovito-glinovitih taložina koje se najčešće u genetskom smislu definiraju kao prapor ili njegovi ekvivalenti. U više područja Dunav je svojom erozijskom snagom stvorio specifičan reljef na desnoj-Hrvatskoj obali. On se u morfološkom smislu iskazuje kao strmi-gotovo vertikalni odsjeci visoki i do nekoliko desetaka metara. U svome erozijskom djelovanju Dunav, poglavito za vrijeme visokih voda, odnosi ogromne količine prapora te na taj način ugrožava priobalna područja u dionicama sa strmim odsjecima pomičući svoju obalu na račun neposrednog zaobalja.

Suvremene geodetske i geološke metode i instrumenti omogućavaju veliku brzinu prikupljanja podataka i njihovu obradu. Tome danas uvelike pridonosi GPS tehnologija, terestrički

trodimenzionalni laserski skeneri, specijalizirana hidrografska oprema (višesnopni dubinomjeri i bočni sonari) i specijalizirani programski paketi za obradu podataka mjerenja.

Kako beskontaktno trodimenzionalno lasersko skeniranje još uvijek nije specificirano kao rutinska geodetska mjerna tehnologija, jer je za korištenje iste potrebna dugotrajna specijalistička obuka i poseban certifikat, navedeni projekt spada u grupu poslova koji pretpostavljaju istraživačku i razvojnu komponentu. U Republici Hrvatskoj sve više i sve brže precizni trodimenzionalni snimci postaju nesumnjivo svjetski standard u izradi geodetskih i geoloških podloga za daljnja projektiranja.

S druge strane studija će se izraditi sukladno važećim zakonskim propisima Republike Hrvatske i pravilima struke.

Prema projektnom zadatku izvedeni su slijedeći geološki radovi:

- na temelju postojećih podataka i na temelju terenskih radova načinjena je geološka karta
 - izrađena je tektonska-neotektonska-strukturno-geomorfološka karta
 - istražene su i obrađene vodne pojave i objekti u područjima erozije
 - definirani su litološki odnosi na temelju terenskih snimanja i podataka bušotina
 - prikupljeni su podatci o inženjersko-geološkim pojavama i inženjersko geološkim karakteristikama stijena
 - analizirana je migracija korita Dunava na temelju zemljovida različite starosti, avio i satelitskih snimaka i korelacija s recentnom tektonikom
 - načinjena je kategorizacija stupnja ugroženosti i prijedlog područja za nastavak istraživanja
 - na temelju podataka i rezultata terenskih istraživanja za karakteristične lokalitete izrađene su inženjersko-geološke karte, odnosno modeli iz kojih proizilazenužni projektantski parametri za kreiranje hidrotehničkih rješenja zaštite od štetnog djelovanja voda Dunava)
 - temeljem prikupljenih podataka i rezultata istraživanja izrađen je program za nastavak istraživanja.

U nastavku se daju rezultati dobiveni istraživanjima a koji se odnose na geološka istraživanja.

Područje koje je obuhvaćeno istraživanjima u ovoj studiji, Hrvatsko Podunavlje obuhvaća dvije najistočnije županije, Osječko-baranjsku i Vukovarsko-srijemsku, površine 6 609 km²te ukupno 536 274 (prema podacima iz 2001. godine). što čini 11,7 % hrvatskog državnog teritorija i 12,1 % stanovništva (<http://www.datourway.eu>; 10.1.2015). Iako je u usporedbi s drugim podunavskim

zemljama duljina dijela Dunava koji protječe kroz Hrvatsku kratak (188 km), rijeka Dunav važan je čimbenik ekonomskog, urbanog, kulturnog i povijesnog razvitka Hrvatske: većina područja pripada dunavskom slivu; Dunav je prirodna granica između Hrvatske i Srbije; predstavlja jedinstvenu osnovu za prekograničnu i transnacionalnu suradnju te regionalni razvoj (<http://www.datourway.eu;> 10.1.2015). Hrvatsko Podunavlje poznato je kao najplodnije područje u Hrvatskoj, a zahvaljujući mnogim prirodnim i kulturnim znamenitostima ono postaje jednim od najvažnijih kontinentalnih turističkih područja Hrvatske.

Slika 10.1. Površinsko prostiranje područja obuhvaćenog istraživanjima.

Prema [HIDROING, 2010](#), područje istraživanja karakterizira agrarni krajolik s kompleksima hrastovih šuma i poplavnim područjima. Vizualnu vrijednost ovom području daju rubovi šuma i fluvijalnomočvarni ambijent. Osječko-baranjska županija cijela pripada u prirodno-geografsku regiju **istočna Hrvatska**, a na njenom prostoru razlikujemo dvije osnovne krajobrazne jedinice:

1. nizinska područja sjeverne Hrvatske i
2. Panonska gorja;

pri čemu se veći dio prostora županije svrstava u krajobraznu jedinicu nizinska područja sjeverne Hrvatske, dok krajobraznoj jedinici Panonska gorja pripada samo područje Krndije na jugozapadnom rubu županije. Primarno vegetacijsko obilježje, potpuno prirodni ekološki sustav šumskih površina na ovom je prostoru degradiran antropogenim utjecajem. Antropogeni utjecaji nisu međutim bili toliko jaki da bi doveli do potpunog uništenja primarnih ekoloških sustava, već su naprotiv, doprinijeli vizualnoj raznolikosti te nastanku novih, odnosno sekundarnih ekoloških sustava oranica, travnjaka, voćnjaka i naselja, koji uvelike doprinose i biološkoj raznolikosti vrsta. Najvećim dijelom šire područje pokriva mozaik šumskih i poljoprivrednih površina.

11 METEOROLOŠKE I KLIMATSKE ZNAČAJKE PODUNAVLJA

Za Hrvatski dio Podunavlja može se reći da u njemu vlada umjereno topla kišna klima koju obilježava raznolikost vremenskih prilika i česte i intenzivne promjene vremena tijekom godine. Jedan je maksimum oborine (lipanj) (SELETKOVIĆ, Z. & TIKVIĆ, 2005). Prosječne godišnje količine oborine manje su u odnosu na zapadni dio nizinske Hrvatske (SELETKOVIĆ, Z. & TIKVIĆ, 2005). Prema Langovom kišnom faktoru, koji predstavlja odnos srednje godišnje oborine i srednje godišnje temperature zraka na ovom dijelu imamo semiaridnu klimu (SELETKOVIĆ, Z. & TIKVIĆ, 2005). Ova su dva čimbenika najvažnije meteorološke veličine i prirodni čimbenici koji uvjetuju razvoj vegetacije poplavnih šuma u Hrvatskom Podunavlju. Podaci meteorološke postaje Ilok (nadmorska visina 133 m) za razdoblje 1981–1991. godine:

- Srednja godišnja temperatura zraka iznosi 11,2 °C
- Kolebanje 21,7 °C,
- Apsolutni maksimum+39,0 °C,
- Apsolutni minimum-21,6 °C,
- Apsolutno kolebanje 60,6 °C.
- Godišnja količina oborina iznosi 621 mm,
- Količina oborina vegetacijskog razdoblja 362 mm ili 58 %
- Relativna vlaga u zraku iznosi 71 %, ima veće vrijednosti u jesen i zimi, dok su manje vrijednosti u proljeće i ljeto. Česta je pojava magle, te ranog i kasnog mraza (SELETKOVIĆ, Z. & TIKVIĆ, 2005).

U bližoj i daljoj okolini nema orografskih prepreka koje bi mogle utjecati na deformaciju meteoroloških uvjeta (HIDROING, 2010). Od geografskih obilježja najjači utjecaj na meteorološke čimbenike ima tok rijeke Drave i Dunava. U nastavku su prikazane osnovne klimatske značajke na osnovi analize pojedinih meteoroloških čimbenika.

11.1 Temperatura zraka

Klimu karakteriziraju topla ljeta, hladne zime i umjerena prijelazna razdoblja ljeta i zime. U tablici 1 prikazane se srednje mjesečne i godišnje temperature zraka u Osijeku u razdoblju od 1981. do 2005. godine dobiveni od Državnog hidrometeorološkog zavoda (iz HIDROING, 2010). U tablici 2 dan je pregled apsolutne mjesečne i godišnje minimalne i maksimalne temperature zraka za isto razdoblje.

Srednja godišnja temperatura iznosi 11,1°C. Srednji temperaturni maksimum javlja se u kolovozu i iznosi oko 24,4°C, a srednji temperaturni minimum javlja se u siječnju i iznosi oko -7,9 °C (HIDROING, 2010).

Tablica 3. Srednje mjesečne i godišnje temperature zraka (°C) za razdoblje 1981-2005 (HIDROING, 2010 izvor podataka DHMZ)

mjesec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god
maks	3,5	6,1	9,9	14,9	20,1	24,3	23,9	24,4	20,0	14,1	10,0	5	12,9
sred	-0,6	1,3	6,4	11,5	17,1	19,9	21,7	21,3	16,7	11,7	5,3	1,2	11,1
min	-7,9	-3,9	0,4	7,9	12,9	17,2	19,3	19,3	13,1	8,9	0,3	-3,8	10

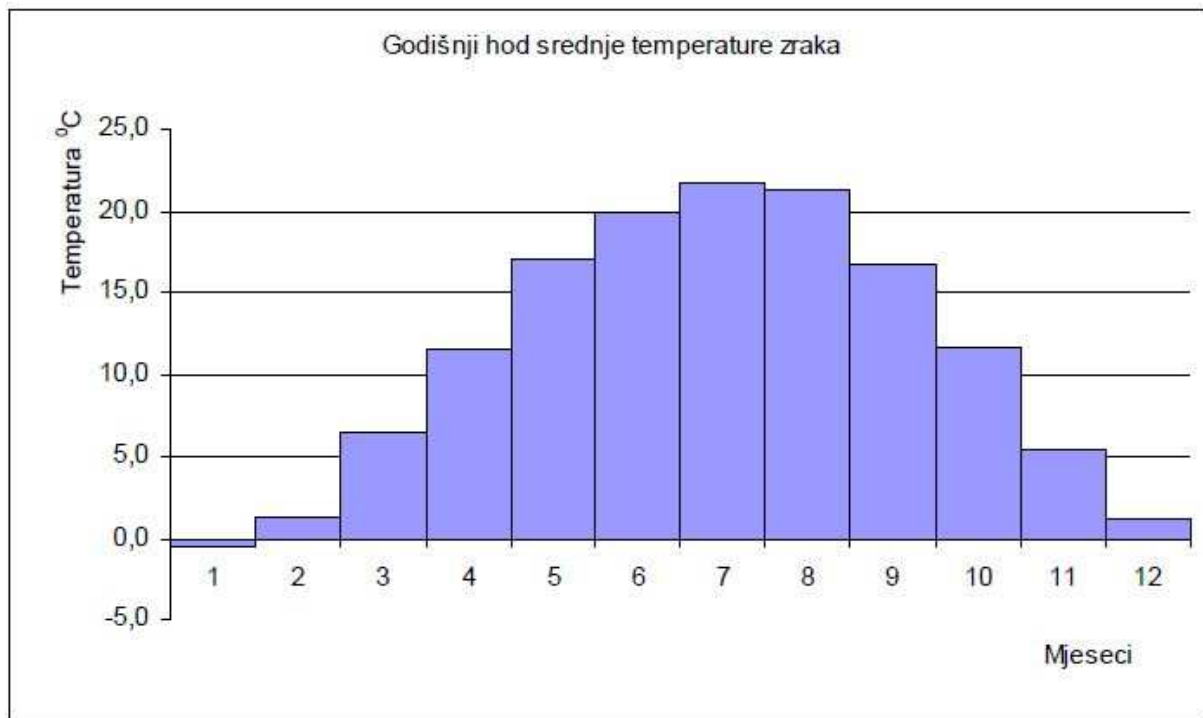
Tablica 4. Apsolutna mjesečna i godišnja maksimalna temperatura zraka (°C) za razdoblje 1981-2005 (HIDROING, 2010, izvor podatka DHMZ).

mjesec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god
maks	17,5	20,6	26,0	30,5	35,0	36,0	38,5	38,6	34,0	29,2	23,7	20,0	38,6
god	2002	1989	1989	2003	1983	2002	1988	2000	1987	2000	2000	1989	2000
dan	29 i 30	24	31	30	15	24	6	21	14	13	14	16	21.08.

Tablica 5. Apsolutna mjesečna i godišnja minimalna temperatura zraka (°C) za razdoblje 1981-2005 (HIDROING, 2010, izvor podatka DHMZ).

mjesec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god
min	-27,1	-20,8	-21,0	-6,8	1,0	2,8	5,6	5,1	2,1	-5,5	-15,7	-23,2	-27,1
god	1987	2005	1987	2003	1982	1997	1996	1981	1995	1997	1988	2001	1987
dan	31	9	4	9	1	1	20	29	30	29	24	25	31.01.

Na slici 2.1 prikazan je godišnji hod srednjih mjesečnih temperatura za meteorološku postaju Osijek za razdoblje 1981.-2005. godina (HIDROING, 2010).



Slika 11.1. Godišnji hod srednjih mjesečnih temperatura za meteorološku postaju Osijek za razdoblje 1981-2005 godine (HIDROING, 2010).

11.2 Vjetar

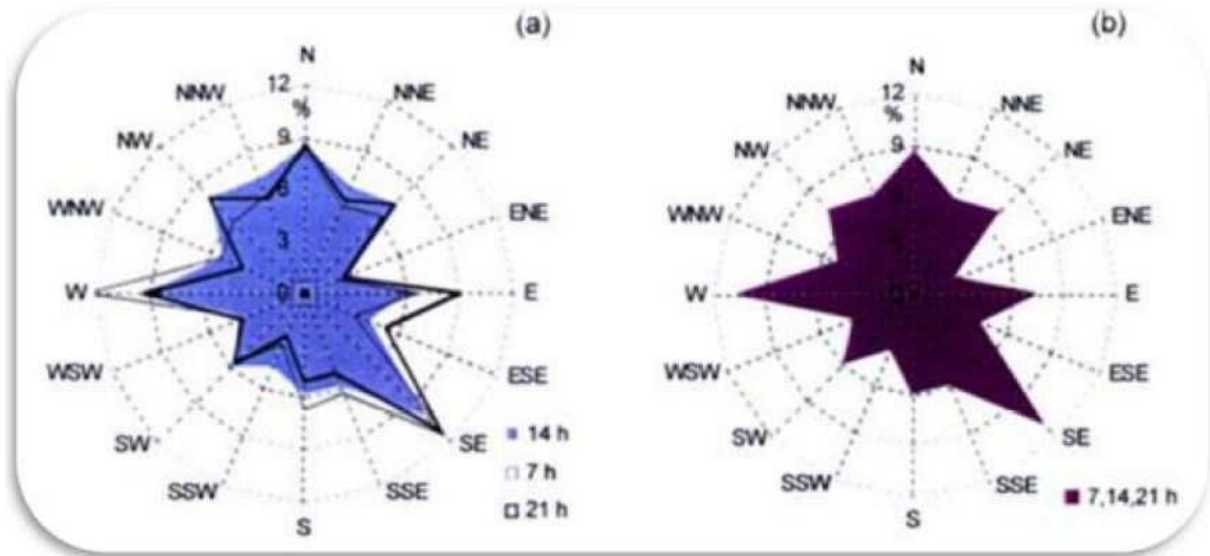
Podaci o vjetru dobiveni su motrenjem na postaji Osijek a preuzeti su iz elaborata HIDROING, 2010. U tablici 4 prikazana je srednja mjesečna i godišnja brzina vjetra na postaji Osijek za razdoblje od 1981. - 2005. godina.

Tablica 6. Srednja mjesečna i godišnja brzina vjetra (m/s) za razdoblje 1981-2005 (HIDROING, 2010, izvor podataka DHMZ).

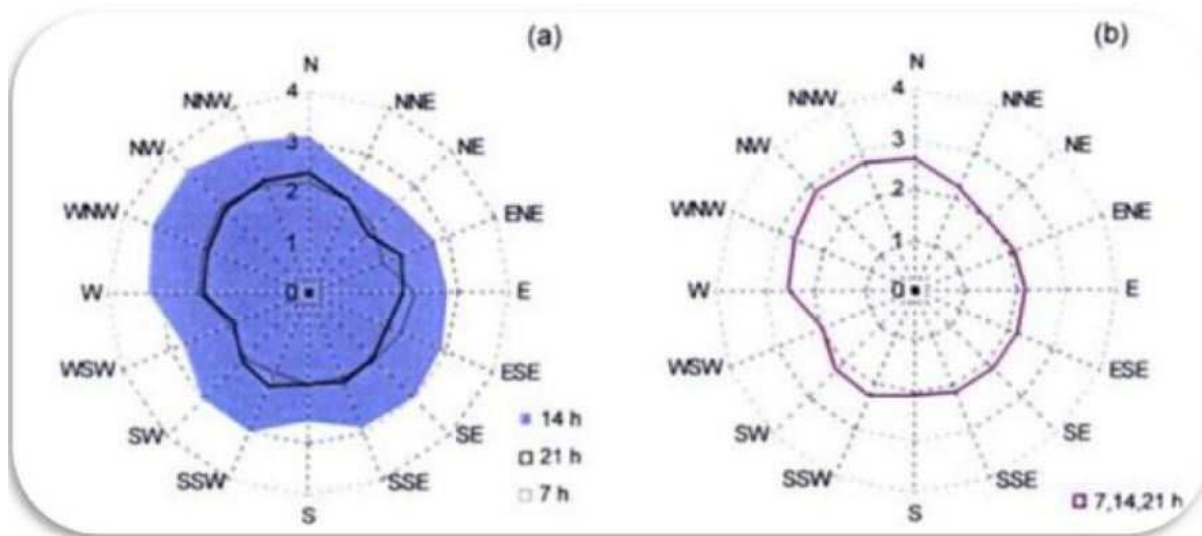
mjesec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god
sred	1,8	2,0	2,1	2,1	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9
maks	2,2	2,7	3,0	3,3	3,0	2,2	2,3	2,2	2,4	2,3	2,5	2,6	2,3
god	1995	2002	2002	1997	1997	1997	1997	1989	1996	2002	2002	2002	2002
min	1,4	1,4	1,4	1,6	1,5	1,3	1,4	1,2	1,2	1,4	1,2	1,4	1,5
god	1987	1982	1986	1986	1982	1981	1986	1981	1981	1986	1983	1986	1981

Na slikama 2.2. i 2.3. mogu se uočiti osnovni pokazatelji vjetrovnog režima koji rezultiraju vrlo karakterističnim oblikom ruže vjetra. Jačina vjetra je u prosjeku oko 2 Beauforta gotovo neovisno o smjeru vjetra, s tim da je jasno izražena pojava jačeg vjetra iz sjeverozapadnog kvadranta (HIDROING, 2010). Uočava se da je tijekom dana podjednaka učestalost pojedinih smjerova vjetra i

da nema izrazitih lokalnih utjecaja (HIDROING, 2010). Srednja jačina vjetra, neovisno o smjeru pokazuje proljetni maksimum u jakosti vjetra u travanj (HIDROING, 2010).



Slika 11.2. Učestalost pojavljivanja različitih smjerova vjetra (%) u meteorološkim terminima 7,14 i 21 sat (a) i ukupno (b) (HIDROING, 2010)



Slika 11.3. Srednja godišnja jačina vjetra po smjerovima u meteorološkim terminima 7, 14 i 21 sat (a) i ukupno (b) (HIDROING, 2010)

11.3 Naoblaka, oborina i relativna vlažnost zraka

Uz temperaturu zraka, naoblaka i oborina daju nam značajnu informaciju o klimatskim prilikama. Srednja godišnja naoblaka na području koje pokriva meteorološka stanica Osijek iznosi 5.4 desetine (od 3.4 desetine u kolovozu do 7 desetina u prosincu). Ukupni broj oblačnih dana (naoblaka veća od

osam desetina) je oko 104 u prosjeku, što čini oko 28% u godini, dok je broj vedrih dana (naoblaka manja od dvije desetine) čak oko 20% dana godišnje (HIDROING, 2010).

U oko 89% slučajeva količina oborine je manja od 5 mm, dakle veće dnevne količine i jači intenziteti oborine nisu karakteristični za ovo područje (HIDROING, 2010). Srednji godišnji hodovi broja dana s oborinom iznosi 104 dana godišnje, pri čemu je najveći broj dana s oborinom između 0.5 i 1 litre na četvorni metar. Srednja godišnja količina oborine je u prosjeku oko 670 mm (670 l/m²) - unutar raspona karakterističnog za kontinentalnu klimu (HIDROING, 2010). U nastavku u tablicama 5 i 6 dani su srednje mjesečne maksimalne i minimalne količine oborina, te maksimalne dnevne količine oborina.

Tablica 7. Srednja mjesečna i godišnja relativna vlažnost zraka (%) za razdoblje: 1981-2005 (HIDROING, 2010, izvor podataka DHMZ).

mjesec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
maks	99,9	79,3	116,4	136,6	170,6	239,5	170,8	237,6	195,2	155,3	123,7	117,7
god	1984	1986	1988	2004	1987	2001	2005	2005	2001	1992	1999	1981
min	6,4	0,7	4,6	11,9	18,4	9,6	19,0	5,3	6,9	5,1	10,6	16,9
god	1989	1998	2003	2003	2003	2000	1994	2000	1986	1991	1983	1983

Tablica 8. Maksimalne dnevne količine oborina (mm) za razdoblje: 1981-2005 (HIDROING, 2010, izvor podataka DHMZ)

mjesec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	god
sred	15,0	11,7	14,9	15,5	19,4	27,6	23,1	23,8	24,2	16,1	17,6	14,5	
st. ods.	8,0	5,9	7,0	6,2	12,0	17,7	13,1	17,5	18,3	12,7	9,1	6,6	
maks	39,3	24,0	30,6	26,2	50,6	85,7	56,7	73,4	81,0	53,3	37,9	32,2	85,7
god	1998	2005	1981	1995	1987	1981	1996	2005	2001	2004	2004	1995	1981
dan	21	14	25	25	16	6	31	4	6	11	15	27	06.06
min	2,7	0,4	2,0	3,7	5,5	7,5	5,6	3,1	2,9	2,3	5,5	6,0	
god	1982	1998	2003	2003	1981	1991	1994	2000	1985	2000	1986	1988	
dan	12	25	15	28	5	8	20	7	4	28	29	3 i 7	

Relativna vlaga zraka predstavlja stupanj zasićenosti zraka vodenom parom, a ovisi o temperaturi zraka. U prosjeku ona iznosi oko 80 % za cijelu godinu, s time da je deficit vlage najjače izražen u proljetnim i ljetnim mjesecima (HIDROING, 2010).

Utjecaj rijeke Drave i Dunava unio je posebnost u polje vlage tako da je pojava prosječnog broja suhih i vlažnih dana u toplom dijelu godine podjednaka (HIDROING, 2010). Minimum suhoće u ljetnom periodu je u lipnju, a maksimum u kolovozu. Zimski mjeseci su dominantno vlažni, kada je broj izrazito suhih dana s manje od 30% vlage u prosjeku vrlo mali (HIDROING, 2010). Osnovna svrha primjene meteoroloških informacija je da se omogući kontrolirano vođenje i usklađivanje

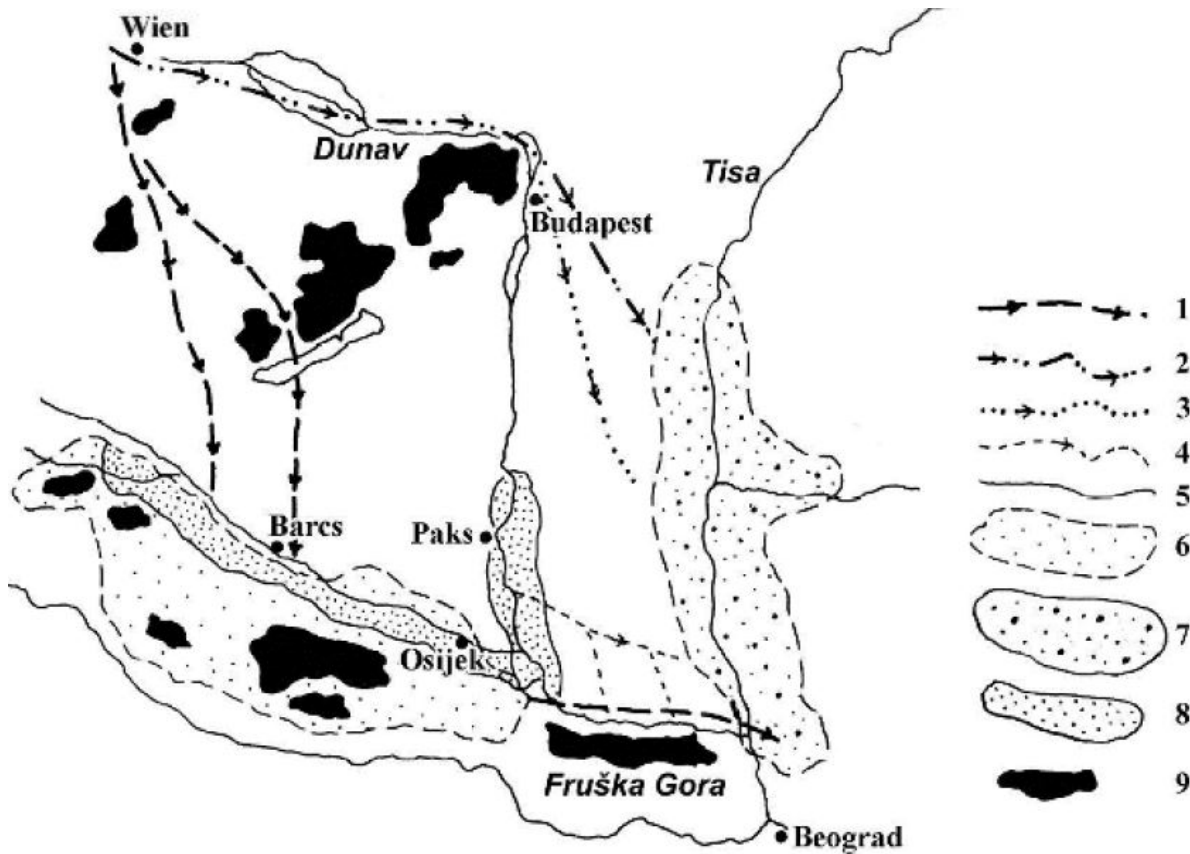
aktivnosti ili tehnološkog procesa s obzirom na očekivane meteorološke uvjete u određenom mjesecu, sezoni ili godini kao cjelini ([HIDROING, 2010](#)).

12 GEOMORFOLOGIJA

Današnje su osobine korita Dunava rezultat geološkog razvoja tijekom posljednjih 2,4 milijuna godina tj. od kraja pliocena i tijekom pleistocena, i antropogenih regulacijskih radova od 1783. godine do danas. Od kraja pliocena do danas mogu se izdvojiti tri razvojna događaja:

1. Početkom klimatskog zahlađenja krajem pliocena i to prije početka pleistocena, Dunav se pojavljuje u Panonskom bazenu u prostoru između Soprona i Bratislave (Szádecki, 1938.). Analiza zaobljenosti zrna šljunaka ukazuje da je rijeka tada otjecala južno i negdje u području Barcsa utjecala u Slavonsko jezero koje je bilo ostatak Panonskog mora (Slika 3.1). Na temelju poznavanja rasprostranjenosti jezerskih naslaga vode jezera su otjecale na istok prema predgorskoj depresiji sjeverno od Fruške gore.
2. Utjecajem tektonskih pokreta početkom pleistocena u središnjem djelu Panonskog bazena Dunav je skrenuo prema istoku prema Višegradu u području današnje Budimpešte dostigao je današnje međuriječje između Dunava i Tise. Kako se je taj prostor intenzivno spuštao Dunav je oblikovao veliku poplavnu ravnicu kojom je otjecao prema JI utječući u tada postojeći bazen jezera Tise (Slika 3.1).
3. Daljnji ekstenzijski tektonski pokreti sredinom pleistocena u međuprostoru Budimpešta-Mohács utjecali su da je korito Dunava skrenulo prema jugu tijekom mlađeg pleistocena i u holocenu (Pécsi, 1959., Bogнар, 1982., 1990.). Navedeni pokreti traju sve do danas. Dokazani su eolskim sedimentima (les i eolski pijesci) i pokrivenim naslagama šljunaka taloženim aktivnošću Dunava u međuriječju Dunav-Tisa (Schmidt i ostali, 1958.). U to vrijeme aktivira se i depresija između Paksa i Mohácsa na što ukazuje velika debljina (40-50 m) šljunkovito pjeskovitih Dunavskih sedimenata. Razvoj depresije utjecao je korito Dunava promjeni orijentaciju u pravac sjever-jug (Slika 3.1). Prema suvremenim geodetskim mjerenjima depresija se i danas spušta u vrijednostima oko 1 mm godišnje (Joó, 2003.). Zahvaljujući tome oblikovano je korito Dunava a i njegova mlađa pleistocenska terasa u području Mohácsa. Važnog utjecaja na to imali su i ekstenzijski pokreti u sjevernom podnožju Banskog brda. Kanal Dunav-Tisa koji je izgrađen u XIX. st. se poklapa s generalnim pravcem otjecanja Dunava tijekom starijeg Holocena od Batine do Bečeja u

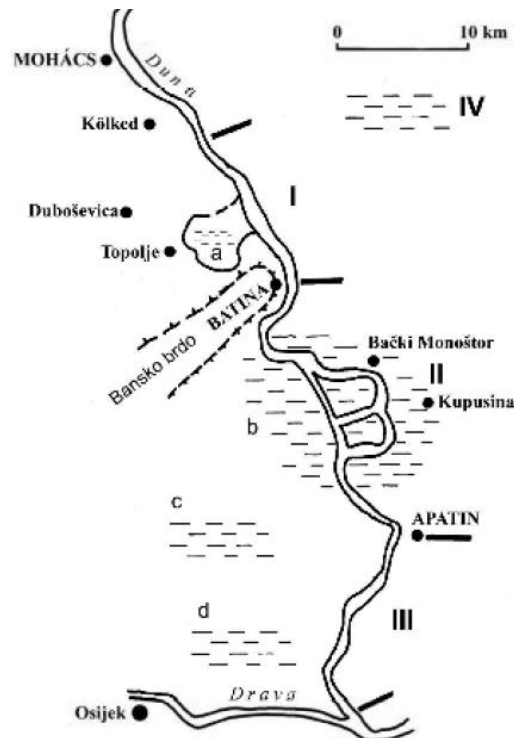
riječu Tisu. Oblikovanje mlađe depresije u Banatu tijekom Holocena je utjecalo na smjer toka Dunava (Slika 3.1). Prema tome može se zaključiti da je Dunav u mlađem Pleistocenu i početkom Holocena poprimio današnji pravac otjecanja.



Slika 12.1. Razvoj toka Dunava od Pliocena do Holocena (prema kartografskim priložima [Somogyi, 1961.](#), [Sümeqhy, 1956.](#) i [Franyó, 1966.](#)) Legenda: 1. smjer otjecanja krajem pliocena, 2. smjer otjecanja početkom pleistocena, 3. smjer otjecanja tijekom pleistocena, 4. smjer otjecanja početkom holocena, 5. današnji smjer otjecanja, 6. pliocenski i pleistocenski bazen (Slavonsko jezero), 7. pliocenski pleistocenski bazen (jezero Tisa), 8. holocenski bazen (Dravski rov, rov Pakša), 9. gorske strukture ([HIDROING, 2010.](#)).

Prije regulacijskih radova početkom XIX. st. Dunav je na istraživanom sektoru imao sve osobine prirodnog vodotoka koji je otjecao pretežito s mehanizmom voda srednjeg toka, a u širem području Apatina mehanizmom voda donjeg toka. Kako se dokumentirano mogu pratiti pomaci korita Dunava od XIV. st. do danas (Bognar, 1990., str. 185.), nepobitno to dokazuje prethodno rečeno. Pri tome treba naglasiti i utjecaje rasjeda uz SZ i JI rub kompresijske strukture Banskog brda i rasjeda uz južni rub Baranjske lesne zaravni do Bačkog Monoštora (Z-I), zatim Apatinskog rasjeda Z-I od Luga prema Apatinu, Kopačkog rasjeda (SZ-JI) i onog Erdutskog (Z-I do JZ-SI, Prelogović & Urumović,

2002.). Navedeni pomaci rezultirali su formiranjem i niza manjih lokalnih depresijskih struktura koje pokazuju tendenciju migriranja svog težišta u vremenu i prostoru (Bognar, 1990., 2003.).



Slika 12.2. Sektori Dunava između državne granice i ušća Drave. Legenda: I. sektor državna granica-Batina, II. sektor Batina-Apatin, III. Sektor Apatinušće Drave, IV. tektonske potoline (a. SI od Banskog brda, b. JI od Banskog brda, c. Tikveška, d. Kopački rit) (HIDROING, 2010).

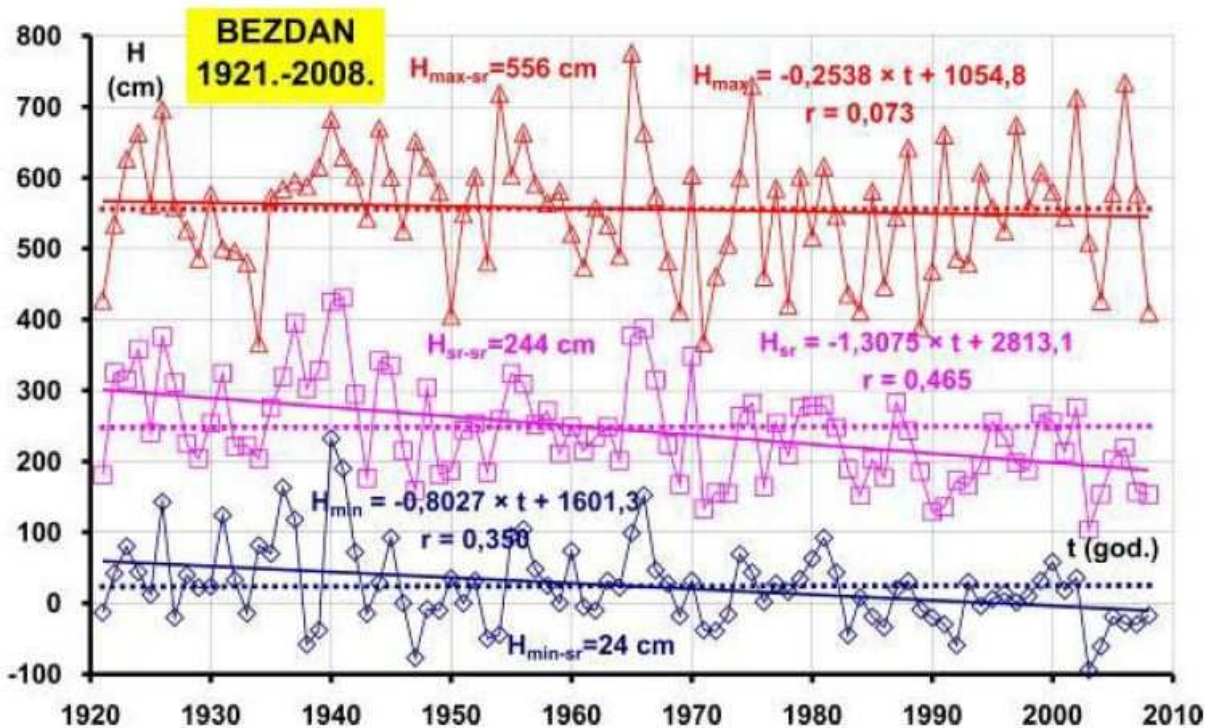
12.1 Vodostaj

Za potrebe analize ponašanja padova vodnog lica tijekom vremena pri niskim, srednjim i visokim vodama potrebno je raspolagati s izmjerenim vodostajima duž neke dionice na što većem broju vodomjernih stanica. Podaci su preuzeti iz **STUDIJA O UTJECAJU NA OKOLIŠ ZA ZAHVAT UREĐENJA VODNOG PUTA I REGULACIJSKIH RADOVA NA RIJECI DUNAV OD 1380 R. KM DO 1433 R. KM, HIDROING, 2010.** U toj studiji korišteni podaci vodostaja mjereni na stanicama

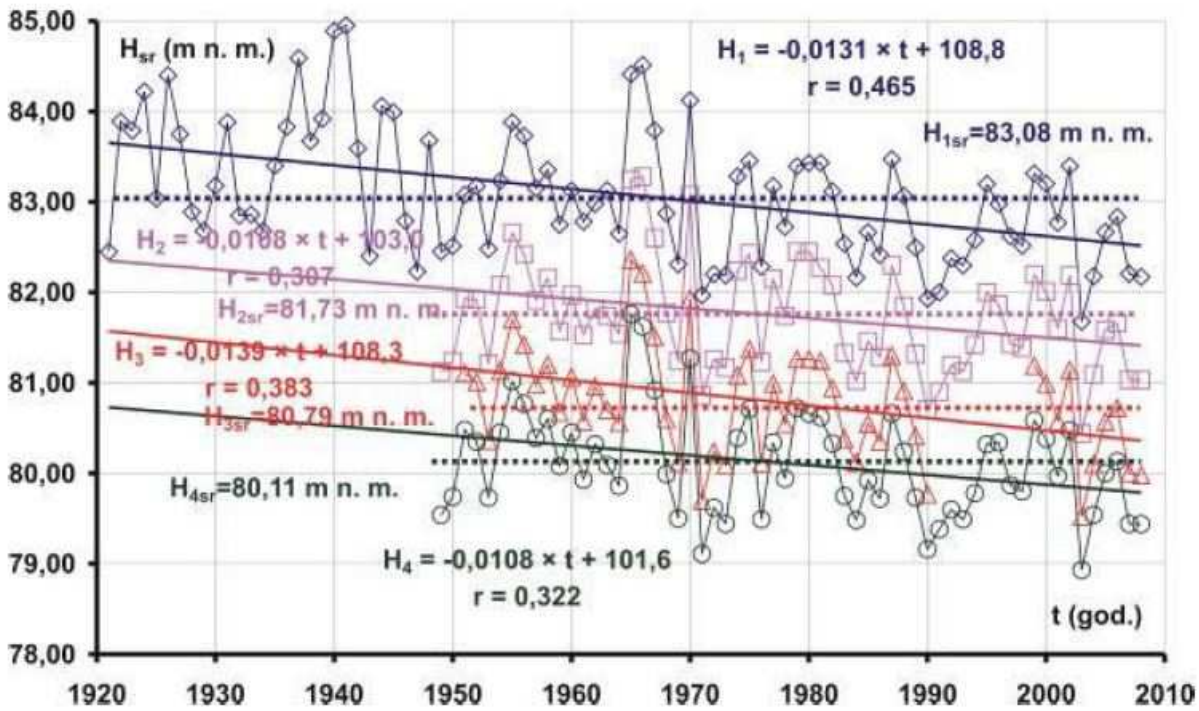
- 1) Bezdan;
- 2) Apatin;
- 3) Aljmaš;
- 4) Bogojevo.

Analizi su podvrgnuti isključivo nizovi karakterističnih godišnjih vodostaja (minimalni, srednji i maksimalni) izmjereni na vodomjernoj stanici Osijek. Na slici 3.3. prikazani su nizovi karakterističnih

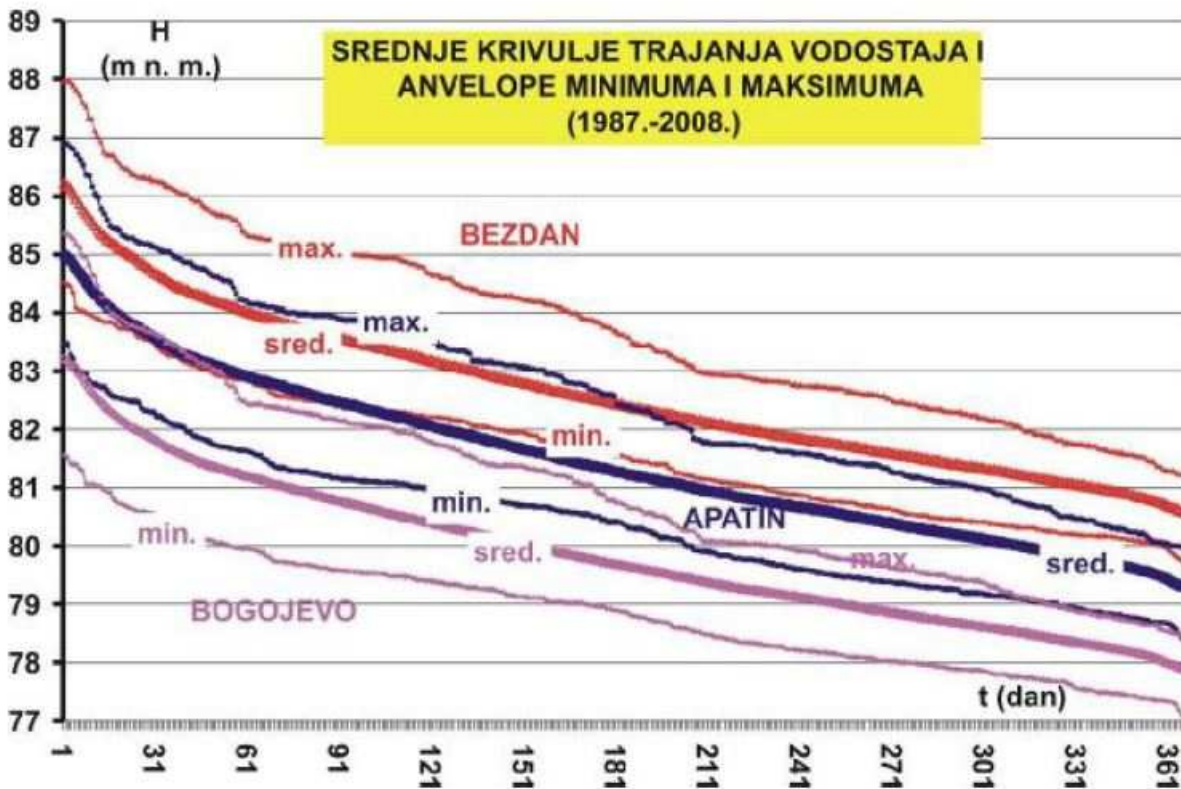
godišnjih vodostaja (minimalni, srednji i maksimalni) Dunava kod Bezdana opaženih u razdoblju 1921.-2008. Vodostajna stanica Bezdani nalazi se 8,5 km nizvodno od ulaza u analiziranu dionicu Dunava i predstavlja ulaz u razmatranu dionicu. Na slici su ucrtani i linearni trendovi te prosječne vrijednosti svakog pojedinog niza. Uočava se da ne postoji nikakav trend maksimalnih godišnjih vodostaja, tj. javljaju se isključivo varijacije tijekom analiziranog razdoblja. Kod nizova srednjih i minimalnih godišnjih vodostaja linearni trendovi opadanja su statistički značajni i u prosjeku iznose 1,3 cm/god te 0,8 cm/god.



Slika 12.3. Prikaz nivoa karakterističnih godišnjih vodostaja Dunava kod Bezdana opaženih u razdoblju 1921.-2008. (HIDROING, 2010).



Slika 12.4. Prikaz nivoa srednjih godišnjih vodostaja na četiri vodomjerne stanice duž toka Dunava izraženih u m n.m. (HIDROING, 2010).



Slika 12.5. Krivulje trajanja (srednje i anvelope minimuma i maksimuma) srednjih dnevnih vodostaja izmjerenih u razdoblju 1987.-2008. na tri vodomjerna profila duž toka Dunava (HIDROING, 2010).

Na slici 3.4. prikazani su usporedno nizovi srednjih godišnjih vodostaja (izraženi u m n.m.) opaženi na slijedeće četiri vodomjerne stanice Dunavu (preuzeto iz [HIDROING, 2010](#)):

- 1) Bezdán (1921.-2008.) - modra boja;
- 2) Apatin (1949.-2008.) - ljubičasta boja;
- 3) Aljmaš (1951.-2008. nedostaje razdoblje 1991.-1998.) - crvena boja;
- 4) Bogojevo (1949.-2008.) - zelena boja.

Unutar zagrada navedena su razdoblja za koja se raspolagalo s mjerenim podacima na pojedinoj stanici. Za svaki od analiziranih nizova ucrtani su linearni trendovi kao i prosječne vrijednosti vodostaja u raspoloživom vremenskom nizu. Iako se ne raspolaže s identičnim razdobljima motrenja na sve četiri stanice uočava se da istovjetnost ponašanja vodostaja (njihovo opadanje) tijekom vremena.

U tablici 7 navedene su karakteristične (maksimalne, srednje i minimalne) vrijednosti srednjih dnevnih vodostaja izmjerenih u razdoblju 1987.-2008. na tri vodomjerna profila duž toka Dunava: 1) Bezdán; 2) Apatin; 3) Bogojevo ([HIDROING, 2010](#)). Na osnovi pregleda podataka navedenih u tablici moguće je uočiti da se raspon vodostaja u analiziranom razdoblju na vodomjernim stanicama Bezdán i Bogojevo iznosio 8,28 m dok je na vodomjeru Apatin bio nešto veći te je iznosio 8,50 m.

Tablica 9. Karakteristične vrijednosti (minimalne, srednje i maksimalne) srednjih dnevnih vodostaja izmjerenih u razdoblju 1897.-2008. na sva tri vodomjerna profila duž toka Dunava: 1) Bezdán; 2) Apatin; 3) Bogojevo ([HIDROING, 2010](#)).

STANICA	H (m n. m.)		
	maksimum	srednjak	minimum
Bezdán	87,98	82,63	79,70
Apatin	86,91	81,47	78,41
Bogojevo	85,37	79,86	77,09

Slika 3.6. prikazuje krivulje trajanja (srednje i anvelope minimuma i maksimuma) srednji dnevnih vodostaja izmjerenih u razdoblju 1987.-2008. na tri vodomjerna profila duž tok Dunava:

- 1) Bezdán (crvena boja);
- 2) Apatin (modra boja);
- 3) Bogojevo (ljubičasta boja).

Srednje krivulje trajanja ucrtane su debljim oznakama od anvelopa maksimuma i minimuma.

Iz svega prethodno izloženog moguće je zaključiti da na analiziranoj dionici dolazi do postepenog snižavanja dna korita Dunava.

13 GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

Istraživano područje izgrađuju stijene širokog stratigrafskog raspona od paleozoika do namlađeg kvartara. Ipak gledajući generalno na površini daleko prevladavaju kvartarni talozi dok starije stijene izdanjuju u obliku manjih izoliranih površina južno i jugoistočno od Iloka gdje izdanjuju paleozjski metamorfiti i trijaski vapnenci a u području Banskog brda u Baranji, također u obliku manjih površina izdanjuju srednje i gornjomiocenski sedimenti i eruptivne stijene (bazalti, andezit-bazalti i tufovi).

Paleozoik - Se(iz ogk)

...

...

...

...

14 TALOŽNE I STRATIGRAFSKE ZNAČAJKE PRAPORA PODUNAVLJA

Dunav neprestano a poglavito za vrijeme visokih vodostaja erodira velike količine prapora i praporu sličnih stijena pa će zbog toga u nastavku biti prikazane njihove taložne i stratigrafske značajke.

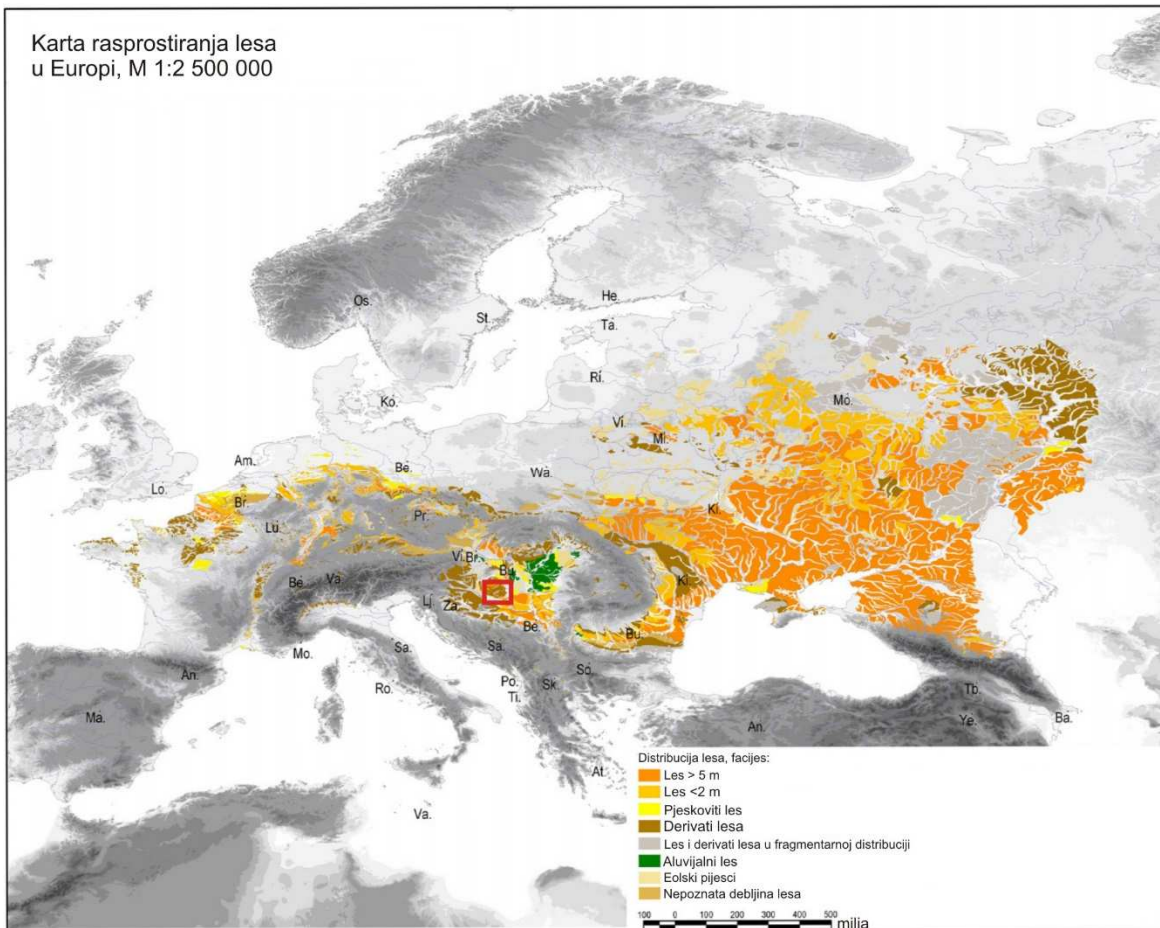
Prapor ili les je kopneni sediment, nastao taloženjem čestica prvenstveno veličine praha (silta) vjetrom (Pye, 1995). Iako je vezan uz mlađa geološka razdoblja, starost mu je varijabilna. Uglavnom pripada pleistocenu (kvartarnome ledenom dobu, od prije 2,6 Ma do prije 11,700 godina, Sl. 1), no poznate su i starije praporne formacije. Tako je taloženje prapora u Kini počelo prije 23 Ma s kontinuitetom sve do konca pleistocena.

Period	Epoha	Doba	
KVARTAR	Holocen		
		0,0117 Ma	
	Pleistocen	Kasni	Tarantij
			0,126 Ma
		Srednji	Jonij
			0,781 Ma
Rani	Kalabrij		
		1,806 Ma	
	Gelasij		
		2,588 Ma	

Sl. 1 Geološka vremenska ljestvica kvartara.

Smatra se kako prapor danas prekriva oko 10% svjetske kopnene površine te stoga ima vrlo velik značaj u primijenjenim stručnim i znanstvenim disciplinama, kao što su inženjerska geologija, hidrogeologija, hidrologija, pedologija, agronomija, šumarstvo i građevinarstvo. Kako je nerijetko proslojen paleotlima (fosilna tla) te pješčanim naslagama, primjenom suvremenog stratigrafskog datiranja pruža čvrste pokazatelje klimatskih promjena u mlađoj geološkoj prošlosti.

Prapor u Europi također prekriva velike površine, a u značajnijim debljinama nalazimo ga u prostoru Panonskog bazena, naročito u pojasu Podunavlja (Sl. 2).



Sl. 2 Karta rasprostiranja prapora u Europi (iz Banak, 2012).

Pleistocenski prapor se taložio na kopnenoj površini u hladnim i suhim klimatskim razdobljima, odnosno u glacijalima/stadijalima. Osim što je izgrađen prvenstveno od zrna veličine praha ($4\ \mu\text{m}$ – $62,5\ \mu\text{m}$) koja su prenašana i odlagana vjetrom, pleistocenski prapor sadrži i neke druge karakteristike, određive u gotovo svim prapornim naslagama Europe (Pécsi, 1990, 1995). To su:

1. Dominantna veličina čestica krupnozrnastog praha, u promjeru između 10 i 50 μm .
2. Uz zrna kvarca, koja čine 40-80% lake mineralne frakcije, prapor sadrži i feldspate, kalcit i dolomit.
3. Individualni horizonti prapora su nestratificirani, ali vrlo često sadrže horizonte paleotala i/ili pijeska.

4. Postotak glinovitih i pjeskovitih čestica je nizak (5-25%), a kod glinovitih najzastupljeniji minerali su ilit i montmorilonit.
5. Udio CaCO_3 u praporu varira od 1-20% ovisno o okolišu taloženja, a važan je zbog cementacije zrna praha.
6. Čestice praha u praporu su dijelom cementirane, a dijelom su aglutinirane. Gustoća pakiranja prapora je oko 50%.
7. Kada je suh, prapor je stabilan čak i na okomitim padinama/strmcima, a kada je saturiran vodom lako se urušava.
8. Podložan je eroziji površinskih vodenih tokova.
9. Ostatci kopnene, većinom kriofilne flore i faune su karakteristični u prapornim horizontima.
10. Akumulacija mineralnih čestica prapora je posljedica opetovanog transporta i sortiranja u zračnim strujama. Zbog utjecaja kišnice, snijega, topljenja snijega, voda tekućica i ostalih procesa na padinama, transport čestica se nastavlja sve dok ih ne zaustavi stepska vegetacija.
11. Akumulirana zrna praha tijekom vremena formiraju praporne naslage u određenim okolišima (hladne, tople i šumovite stepe), kroz umjereni proces karbonatno-silikatne dijageneze.
12. Zbog cementacije i kohezije zrna, horizonti krupnozrnaste komponente su karakteristični u naslagama prapora.

Navedene karakteristike prapora tako ukazuju i na poslijetaložne procese, koji djeluju na odloženi materijal, mijenjajući na taj način njegova primarna fizičko-kemijska svojstva.

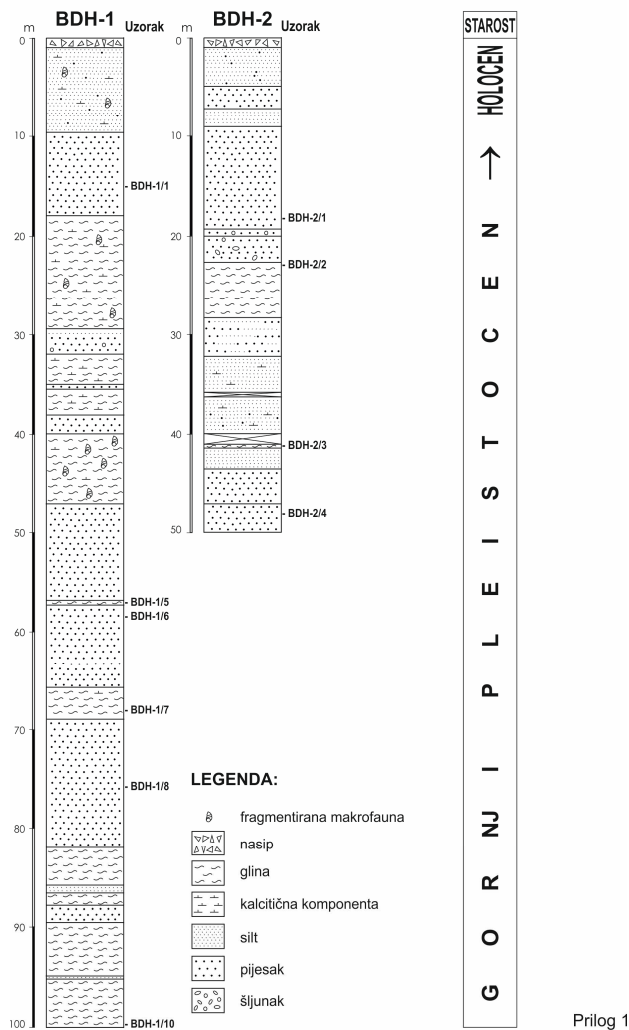
Osim što se taloži na suhoj površini, prah prenašan vjetrom može biti odložen i u vodenim sredinama, poput bara, plitkih jezera i mrtvaja. Kako takav sediment po svojim karakteristikama ne odgovara praporu prema definicijama koje je postavio Pécsi (1990, 1995), naziva se barski prapor (stari naziv) ili lesoliki sediment (novi naziv). Prapor može pretrpjeti i preradu površinskim procesima pa nastali talog nazivamo praporno derivirani kolvij, ili praporno derivirani aluvij. Neki autori takav sediment nazivaju padinskim ili derazijskim praporom, a drugi sekundarnim praporom. Dakle, slabo vezani prapor primarno istaložen vjetrom može biti snažno podložan eroziji, što se pak ne odražava samo na promjenu njegovih fizičko-kemijskih svojstava, već i u preradi, kako vodenim strujama tako i gravitacijskim odronjavanjem u strmim zasjecima.

U Hrvatskoj su naslage prapora i lesolikog sedimenta značajno rasprostranjene i pokrivaju gotovo 35, 7% njenog kopnenog teritorija. U najvećim debljinama nalaze se u istočnom dijelu zemlje, prije svega u istočnoj Slavoniji, Srijemu i Baranji, kao dijelu južnoga Panonskog bazena (Sl. 2). Manje površine ove naslage pokrivaju u središnjem dijelu sjeverne Hrvatske (središnja i zapadna Slavonija, obronci Bilogore i Papuka, te okolica Zagreba, Bognar, 1979). Debljina naslaga prapora je varijabilna,

a na prostoru istočne Slavonije doseže i 60 m. Prapor se nalazi i na jadranskim otocima, gdje uglavnom zauzima male površine, s debljinom naslaga manjom od 2 m. Izuzetak je otok Susak, koji je gotovo u cijelosti pokriven prapornim naslagama debelim gotovo 90 m (Mikulčić Pavlaković et al., 2011; Wacha et al., 2011).

Istraživanja prapora na području Hrvatske imaju povijest dugu jedno stoljeće. Prva su vezana za praporni profil u Vukovaru na obali Dunava (Gorjanović-Kramberger, 1922) pa je zato ovaj lokalitet nazvan "Gorjanovićevim profilom". Uslijedilo je geološko kartiranje Banskog brda u Baranji pri čemu je posebno izdvojen prapor (Jenko, 1959), a zatim i šire istraživanje prapora i pedoloških značajki Hrvatske, naročito na prostoru Slavonije, Baranje te Đakovštine (Janeković, 1970; Janeković & Pichler-Sajler, 1976). Istraživanja su zatim bila usmjerena naperiglacialne pojave pleistocena Slavonije te posebno kvartarne naslage okolice Orahovice (Malez, 1965, 1973). Proučavani su ostatci mamuta u prapornom profilu uz Dunav kod Borovog sela te stratigrafija kasnog pleistocena s posebnim osvrtom na topla razdoblja na širem području istočne Slavonije i Vojvodine (Rukavina, 1983). Na temelju istraživanja mineraloških značajki prapora okolice Našica, Vinkovaca i Valpova koreliran je kvartar istočne Slavonije (Mutić, 1975), dok su geološki odnosi kvartarnih naslaga okolice Erduta u istočnoj Slavoniji omogućili izračun debljine prapora i odnos prapora i starijih naslaga (Velić et al., 1985). Značajke prapora ispod površine opisane su na temelju bušotinskih podataka u Baranjskom prapornom ravnjaku (Urumović et al., 1987), a pleistocenski prah u bušotinama BDH-1 i BDH-2 u Borovu interpretiran je kao talog eolskog podrijetla (Pavelić, 2008) (Sl. 3). Uporabom suvremenih metoda izračunata je ukupna debljina prapora u Baranji veća od 45 m (Galović, 2005). Objekt istraživanja bila je i geomorfologijom Baranje s posebnim naglaskom na istraživanje kvartarnih naslaga Banskog brda (Bognar, 1990) te malakofauna prapornih naslaga istočne Slavonije s odredbom paleoklimatskim promjenama u pleistocenu (Poje, 1982, 1985, 1986). U novije vrijeme, prapor je na prostoru Srijema, istočne Slavonije i Baranje objekt istraživanja suvremenom metodologijom u svrhu određivanja njegove geneze, mineraloškog sastava s ciljem lociranja izvorišta materijala, interpretacije taložnog okoliša, geokemijskih karakteristika, odredbe faune i rekonstrukcije klimatskih promjena (Galović et al., 2009, 2011; Hupuczi & Sümegi, 2010; Molnár et al., 2010; Wacha & Frechen, 2011; Banak et al., 2012, 2013; Wacha et al., 2013). Prapor se također intenzivno istražuje uz Dunav i na prostoru Vojvodine u Srbiji (Marković et al., 2008).

**STRATIGRAFIJA KVARTARNIH NASLAGA
 U BUŠOTINAMA BDH-1 I BDH-2**

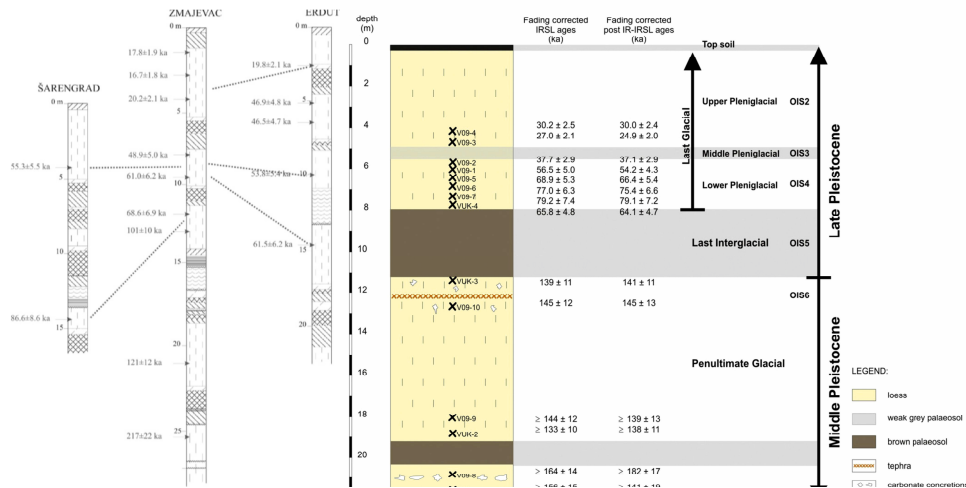


Sl. 3 Stratigrafija kvartarnih naslaga u bušotinama BDH-1 i BDH-2 u Borovu. Slojevi silta (praha), osim u vrhu, vjerojatno predstavljaju prapor (prema Pavelić, 2008).

14.1 Starost prapora na istraživanom terenu

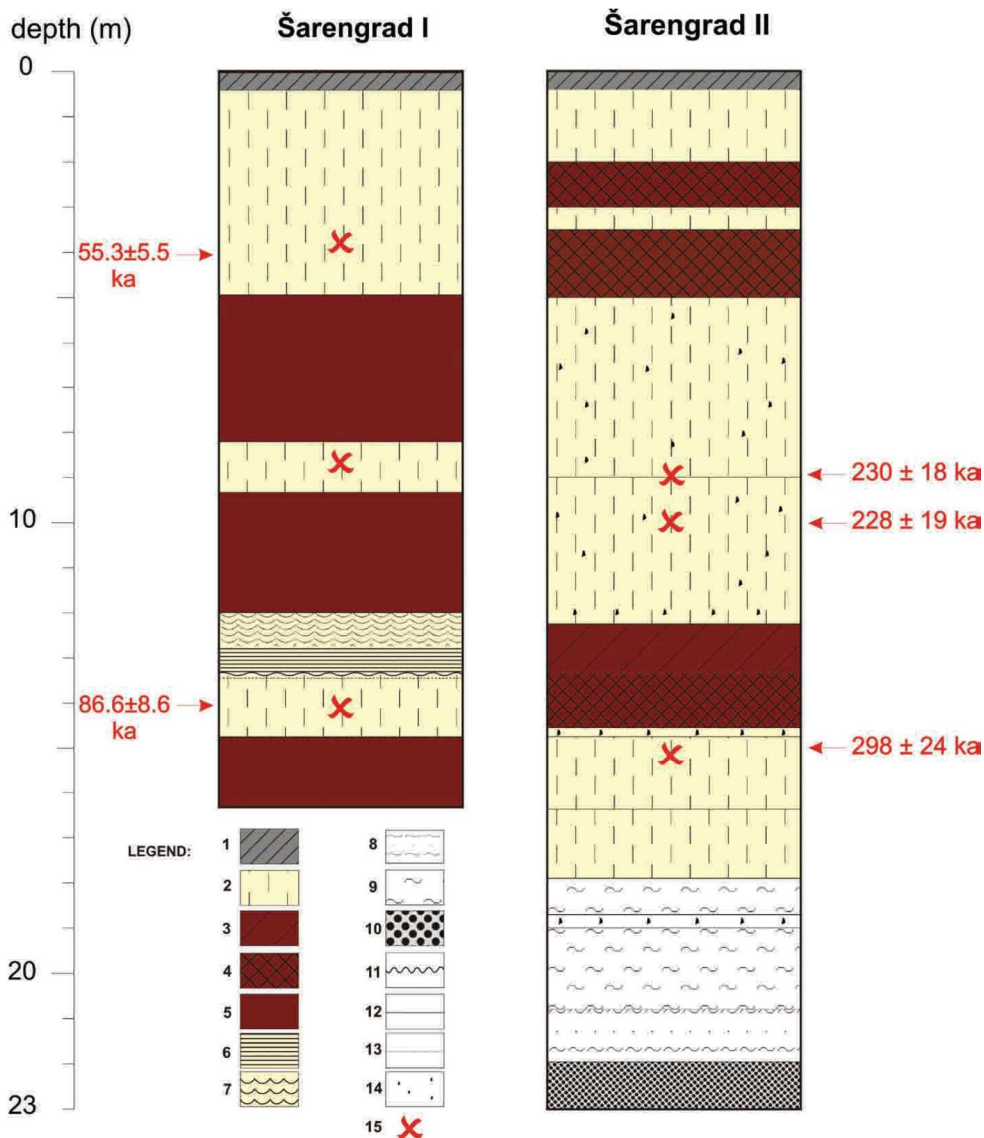
Proslojavanje prapora s horizontima paleotla (prapor-paleotlo sekvece) je značajan indikator klimatskih promjena pa tako naslage prapora odražavaju razdoblje hladne i suhe klime, dok horizonti paleotla pripadaju intervalima toplije i vlažnije klime. Na temelju ovih klimatski indikatora, starost prapora određena je u vremenskom rasponu srednji do kasni pleistocen (Bronger, 2003) (Sl. 1). Kasnije, korištenjem suvremene metode datiranja luminescencijom na zrnima kvarca i plagioklasa u praporu, dobiveni su vrlo precizni podatci o starosti. Tako je kod Šarengrada dobivena starost prapora između 87.000 i 55.000 godina, kod Erduta između 61.500 i 19.800 godina, a kod Zmajevca u Baranji između 217.000 i 16.700 godina (Galović et al., 2009) (Sl. 4). Starost prapora na

"Gorjanovićevo profilu" u Vukovaru određena je na od 156.000 do 30.200 godina (Wacha & Frechen, 2011) (Sl. 5), a zadnja istraživanja na novom lokalitetu kod Šarengrada pokazuju starost prapora između 298.000 i 230.000 godina (Wacha et al., 2013) (Sl. 6). Dakle, vremenski raspon odlaganja prapora na istraživanim lokalitetima uz Dunav se nalazi između 298.000 i 16.700 godina te prema tome prapor pripada višem srednjem do kasnom pleistocenu (Sl. 1).



Sl. 4 Stupovi Šarengrad, Zmajevac i Erdut (prema Galović et al., 2009).

Sl. 5 "Gorjanovićevo profil" (prema Wacha & Frechen, 2011).

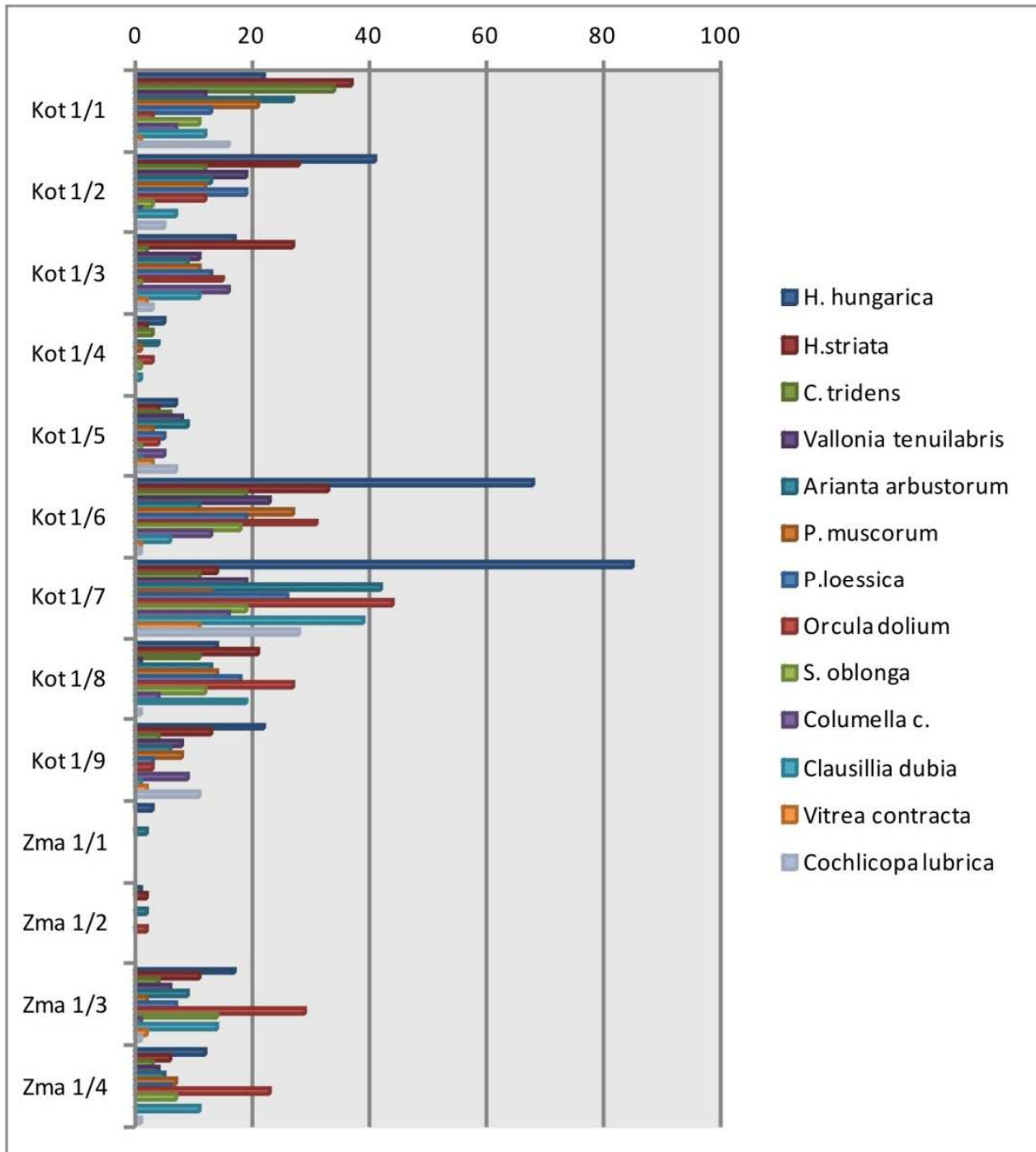


Sl. 6 Usporedba starosti naslaga prapora na lokalitetima Šarengrad I i Šarengrad II (prema Wacha et al., 2013).

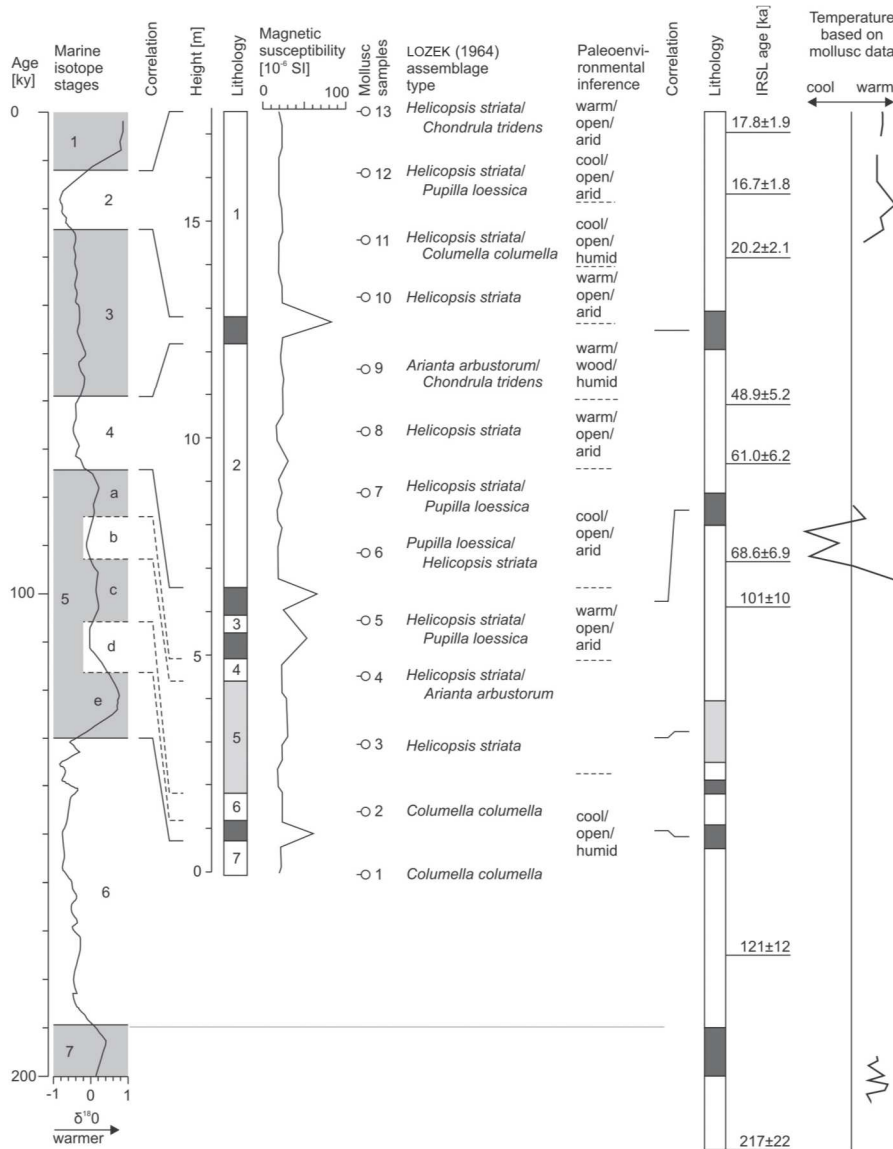
14.2 Malakofauna u praporu

U praporu se često nalaze pojedinačne pojave, ali i bogate asocijacije malakofaune. Od vrsta su tako određene *Helicopsis striata*, *H. hungarica*, *Arianta arbustorum*, *Columella columella*, *Pupilla muscorum*, *P. loessica*, *Vallonia tenuilabris*, *Orcula dolium*, *Succinea oblonga*, *Clausilia dubia*, *Vitrea contracta* i *Cochlicopa lubrica* (Sl. 7). Ove vrste pripadaju različitim paleoklimatskim skupinama, od kriofilnih i termofilnih, preko mezofilnih, do otpornih na hladnoću. Prema paleohumidnim karakteristikama su aridno tolerantne, hidrofilne, mezofilne i subhidrofilne. U smislu

paleovegetacijskih skupina pripadaju otvorenim i šumskim staništima, ili su miješane. Ove karakteristike puževa su nam tako značajan indikator klimatskih karakteristika u vrijeme taloženja prapora. Učestalost pojava ovih vrsta, kao i obilnost u sloju, govore nam o promjenama temperature zraka tijekom taloženja prapora, ali i na prevladavajuću suhu klimu (Banak et al., 2012) (Sl. 8).



Sl. 7 Zastupljenost vrsta na lokalitetima prapora na južnim obroncima Banskog brda u Baranji (prema Banak, 2012).

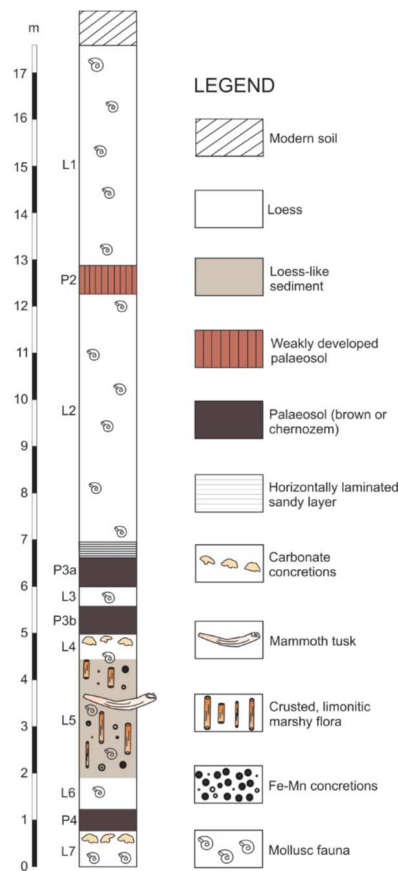


Sl. 8 Klimatske karakteristike i starost prapora u Baranji (prema Banak et al., 2012).

14.3 Sedimentološke značajke prapor/paleotlo sekvenci

Naslage prapora nalaze se u slojevima do nekoliko metara debljine. Makroskopske karakteristike su su žućkasta do svijetlosmeđkasta boja i izostanak unutarnjih tekstura, tj. masivna građa. U praporu se nerijetko pojavljuju karbonatne konkreције, kao posljedica dijagenetskih promjena uzrokovana oscilacijama razine podzemne vode. Fauna predstavljena asocijacijom puževa se također pojavljuje u praporu, ali bez pravilnosti. U nekim je slojevima obilna, dok u drugim u potpunosti izostaje. Nerijetke su i male bušotine, koje proizvode kukci. Horizonti paleotla su također različitih debljina, koje

mjestimično dosežu i nekoliko metara, no generalno su tanja od slojeva prapora. Boja im je u tamnijesmeđim nijansama do crvenkasta. Građa paleotla je masivna, dok neki horizonti pokazuju bioturbaciju proizvedenu korijenjem nekadašnjih biljaka. U nekim se horizontima pojavljuju i puževi. Prijelaz između ova dva taložna varijeteta je postupan ili oštar. Prapor/paleotlo sekvence su često ispresijecane vertikalnim do subvertikalnim otvorenim ili zatvorenim pukotinama. Unutar sekvenci se mjestimično nalaze i slojevi lesolikog sedimenta, koji može sadržavati močvarnu floru, puževe, fragmente mamuta i Fe-Mn konkrecije (Sl. 9).

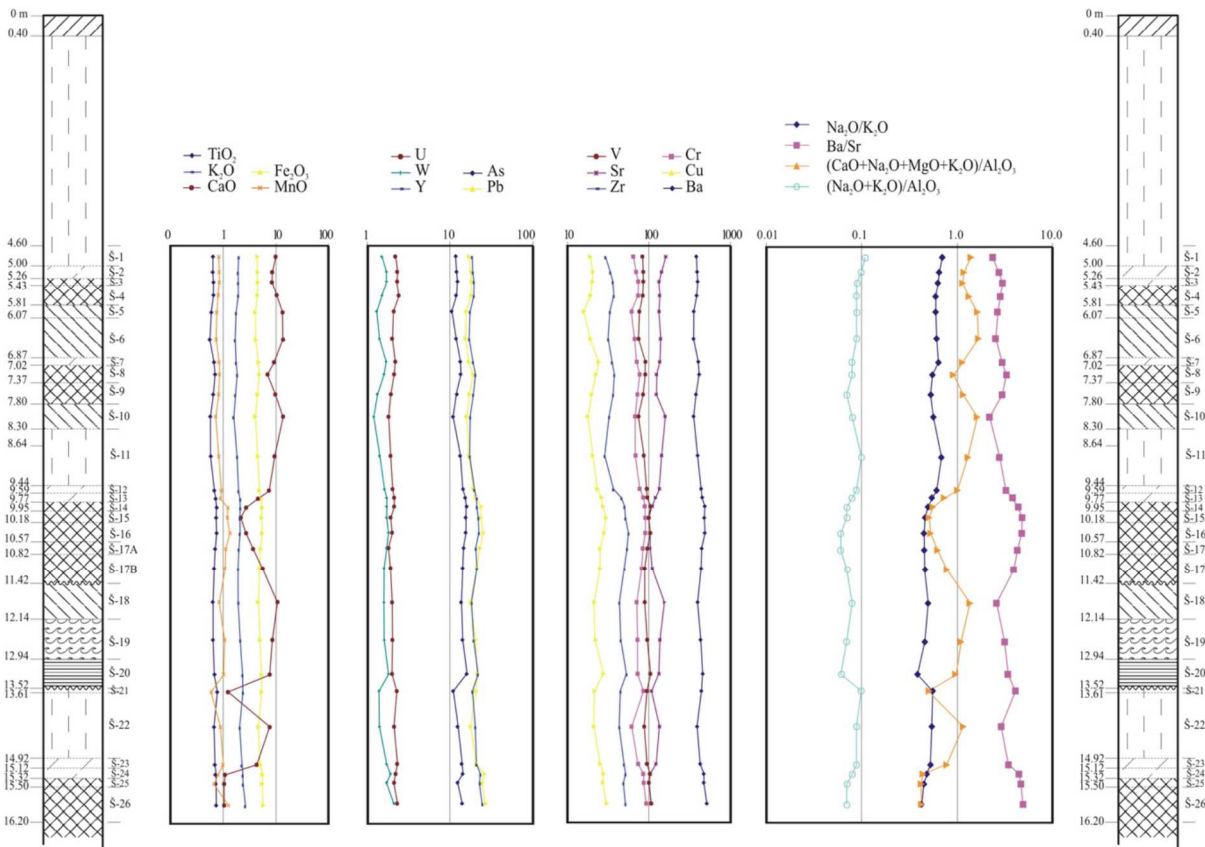


Sl. 9 Litološka građa prapor/paleosol sekvence na lokalitetu Zmajevac u Baranji (prema Banak et al., 2012).

Na istraživanom terenu je prah dominantna frakcija u praporu. Pješčana frakcija najčešće zauzima 5-15%, dok se glina pojavljuje s vrlo malim udjelom. Sadržaj CaCO_3 varira između 2 i 40%. Laka mineralna frakcija prevladava, dok se teška pojavljuje u udjelu između 4 i 13%. U lakoj mineralnoj frakciji najviše je zrna kvarca, a zatim slijede feldspati. Fragmenti stijena zauzimaju 10-25% udjela. Muskovit je također čest i može zauzimati i do 23% udjela u lakoj mineralnoj frakciji. U teškoj mineralnoj frakciji prevladavaju opaki (neprozirni) minerali. Prozirni minerali pripadaju skupinama

epidota, granata i amfibola. U većim se količinama pojavljuje i klorit. Ukupan sadržaj organskog ugljika je od 0,05% u praporu do 0,5% u paleotlu.

Geokemijske analize makroelelenata u paleotlu u profilu Šarengard I pokazuju prevladavanje CaO i Fe₂O₃ nad TiO₂, MnO i K₂O. Mikroelementi Cu, Cr, W, Y, Nb, Sn, Pb, Bi, Li, Ni, Rb, Zn, V, Ga, Ba i Sb imaju sličnu distribuciju, uz promjenjivu koncentraciju u horizontima paleotla duž profila (Galović et al., 2011) (Sl. 10).



Sl. 10

Distribucija koncentracije makroelelenata, mikroelelenata i koeficijenta trošenja (prema Galović et al., 2011).

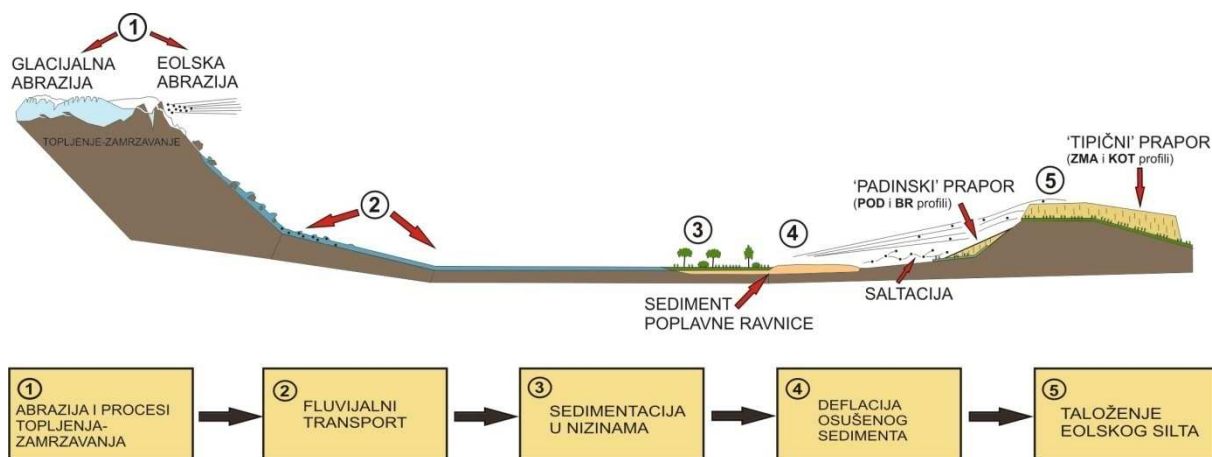
Analiza magnetnog susceptibiliteta u praporu na lokalitetu Zmajevac pokazuje vrijednosti između 5 i $28,5 \times 10^{-6}$ SI, dok u paleotlu doseže i $82,5 \times 10^{-6}$ SI. Ova razlika posljedica je povećanja količine magnetičnih minerala u paleotlu, djelomično i kao posljedica promjene klime u topliju i vlažniju (Banak et al., 2012). Na lokalitetu Šarengard I vrijednosti su niže i variraju između $0,2 \times 10^{-6}$ SI i $1,8 \times 10^{-6}$ SI (Galović et al., 2011).

Na lokalitetima u Baranji načinjena je i analiza kvarcnih zrna pomoću skenirajućeg elektronskog mikroskopa (SEM). U zrnima su određene mikroteksture nastale mehaničkim oštećenjima, poput

škriljavih fraktura te "V" ožiljaka. Uočene su na 15% istraženih zrna i značajan su indikator međusobnog sudaranja pri prijenosu vjetrom. Oko 5% zrna pokazuje paralelnu strijaciju. Zrna su uglavnom uglata, a u manjoj mjeri vrlo vrlo uglata i djelomično zaobljena. Preko 70% zrna pokazuje nisku sferičnost (Banak et al., 2013).

14.4 Taložni model prapora u istočnoj Hrvatskoj

Za taloženje prapora neophodna su dva temeljna uvjeta: 1) izvorišno područje dovoljno bogato prahom i 2) adekvatno područje akumulacije materijala prenesenog vjetrom. Provenijencija frakcije veličine praha u pleistocenu su najčešće produkti ledenjačke erozije, riječne erozije, smrzavanja vode u stijeni, eolske abrazije pijeskom te tektonskih procesa u izvorišnim stijenama. Nastali materijal se zatim potocima i rijekama transportira i odlaže na poplavnim ravnicama. Tijekom suhog sezonskog materijala deflacijom, tj. erozijom vjetrom, prah se prenosi saltacijom i u suspenziji zračnim strujama i odlaže na prostorima s visokim potencijalom akumulacije, kao što su pleistocenska stepska prostranstva Panonskog bazena. Na istraživanom području zadnje izvorište materijala bile su velike poplavne ravnice Dunava i Tise, s kojih je materijal bio erodiran vjetrom i zatim taložen na suhim površina bez ili s vrlo malo vegetacije (Sl. 11). Dokaz prijenosa vjetrom upravo su mikrotekture na zrnima kvarca. Njihova niska sferičnost, velik broj različitih pukotina te "V" ožiljci najvažniji su indikatori prijenosa zrna praha vjetrom.



Sl. 11. Taložni model akumulacije prapora u pet faza na prostoru Baranje (prema Banak, 2012).

14.5 Poslijetaložne promjene

Koncem pleistocena (ledenog doba) nastupila je promjena klime u toplu i vlažnu, čime je i prekinuto taloženje prapora. Započeli su procesi, koji su rezultirali modifikacijom prapora na površini prelaskom u tlo, a nastavljene su i njegove dijagenetske promjene u dubini. Mjestimična snažna erozija vodenim tokovima, prvenstveno meandriranjem Dunava, rezultirala je formiranjem strmih obronaka na njegovim obalama, kao i nastankom lokalnih jaraka i usjeka djelovanjem manjih tokova. Kontinuitet tektonskih kretanja iz pleistocenu, uz eroziju je imao i najsnažniji utjecaj na formiranje današnjeg krajolika u Podunavlju.

14.6 Karakteristike prapora na točkama istraživanjima

Prilikom terenskih radova za potrebe ove studije, prapor je zajedno s talozima u asocijaciji, detaljno istraživao na 43 točke uz rijeku Dunav, u uskom pojasu između Iloka u Srijemu i Batine u Baranji (Tab. 1). Nalazi se na nadmorskim visinama između 80 i 150 m. Kako je njegova najveća pretpostavljena debljina do 60 m, njegova pojava na ovom rasponu nadmorskih visina je vjerojatno posljedica djelovanja tektonskog izdizanja i erozije. Zbog svojih taložnih karakteristika i dijagenetskih promjena, izdanci prapora se većinom nalaze u otvorenim strmim zasjecima na obali Dunava, u surducima te zasjecima načinjem pri izradi građevinskih objekata. Debljine naslaga variraju između 2 i 15 m. Karakteristične je žućkasto-smeđkaste boje i u većim izdanaka se proslojava horizontima paleotla (Sl. 12). Debljina jedinica prapora i paleotla je vrlo varijabilna. Naslage su često ispresijecane vertikalnim i subvertikalnim otvorenim ili zatvorenim pukotinama.



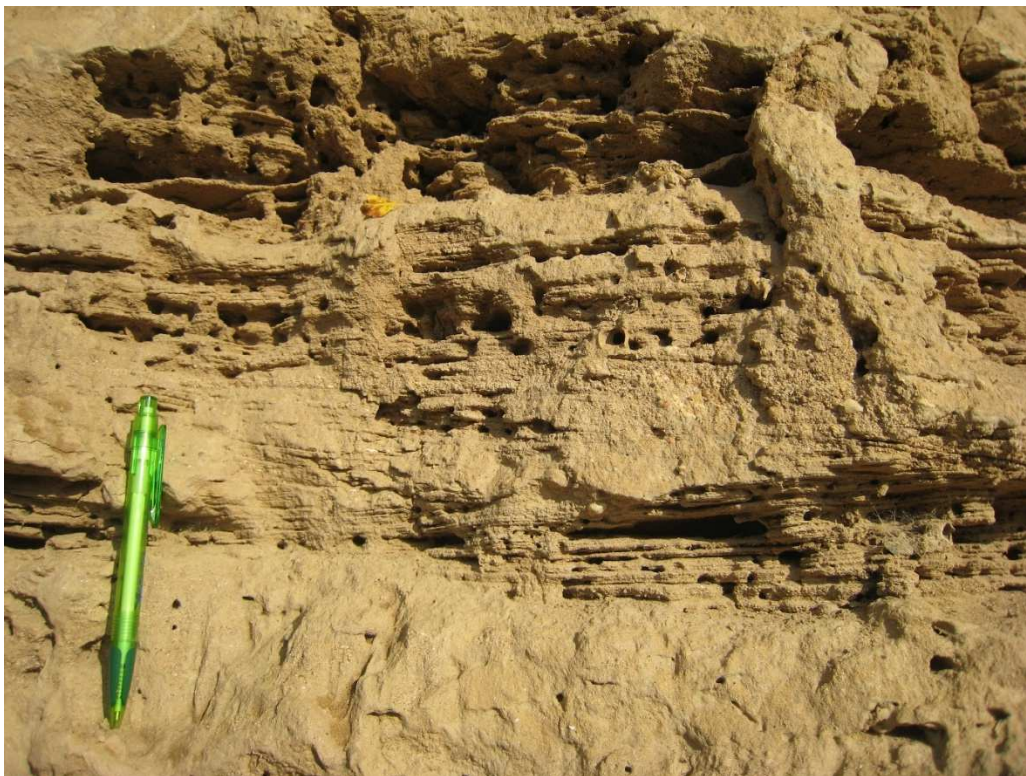
Sl. 12 Prapor (svijetlosmeđa boja) u proslojavanju s horizontima paleotla (tamnosmeđa boja). T 23

Na nekim lokalitetima, poput točaka 11, 13, 18, 29 i 38, unutar prapora se nalaze riječni talozi debljine do 4 m. Obilježeni su manjim ciklusima posipavanja zrna navise debljine 15-20 cm, a grade ih pijesak i prah. U bazi ciklusa pijesak je koso laminiran, s mjestimično sačuvanim asimetričnim (strujnim) riplovima (Sl. 13), a na njemu leži horizontalno laminiran ili uslojen pijesak i prah (Sl. 14). Ciklusi predstavljaju taloge karakterizirane padom energije vode na poplavnoj ravnicu staroga (pleistocenskog) Dunava. Pojavljuju se i horizontalno laminirani i koso laminirani pijesci bez siltova, koji su rezultat rasta prirodnog nasipa uz korito Dunava u pleistocenu. U nekim se riječnim proslojcima pojavljuju i valutice kremena, efuzivnih stijena, prerađene konkrecije te fragmenti ugljena, lokalnog podrijetla. Na nekim se od ovih su lokaliteta zapaža i poslijesedimentacijsko klizanje, koje se može interpretirati posljedicom podsijecanja obale uslijed meandriranja i punjenja pješčanog tijela vodom za vrijeme visokog vodostaja, s posljedičnim pražnjenjem pri padu vodostaja, što je rezultira u naglom istjecanju vode iz tijela i urušavanjem oslabljene strme padine. Pojave riječnih sedimenata unutar prapora na različitim nadmorskim visinama vjerojatno ukazuju na poplave u različitim razdobljima, ali mogu upućivati i na tektonsko izdizanje pojedinih blokova.



Sl. 13. Strujni riplovi na donjoj slojnoj plohi slabo vezanog pijeska kao taloga pleistocenskog Dunava.

T29



Sl. 14. Koso i horizontalno laminirani pijesak kao sediment poplavne ravnice pleistocenskog Dunava.

T 38

Unutar naslaga prapora na nekim se točkama opažanja (18, 20, 21 i 28) nalaze i lesoliki sedimenti (barski prapor ili les). Sedimenti su tanko uslojeni, a slojevi bez unutarnjih tekstura. Žučkaso su do sivkaste boje i imaju povišenu glinovitu komponentu. U nekim su slojevima zapažene značajnije koncentracije malakofaune (kokine).

Talog	Debljina jedinica	Boja	Malakofauna	Pukotine	Nadmorska visina m
prapor	< 7 m	žučkasto-smeđkasta	bez do vrlo česta	vrlo česte do česte	80 – 150
paleotlo	< 1 m	smeđa do crvenkasta	bez do vrlo česta	česte	90 - 127
lesoliki sediment	< 3 m	žučkasta do sivkasta	česta do vrlo česta	rijetke	85 - 103
riječni sediment	< 4 m	žučkasta do smeđkasta	u kokinama	vrlo rijetke	80 – 115

Tab. 1 Glavne značajke prapora i asociranih taloga na istraživanim lokalitetima.

Literatura

15 CRPILIŠTA JAVNE VODOOPSKRBE U ISTRAŽIVANOM PODRUČJU

Obzirom da se na desnoj obali Dunava od Batine do Iloka nalazi više vodocrpilišta za javnu vodoopskrbu nužno ih je prikazati jer su neka od njih potencijalno ugrožena za vrijeme visokih vodostaja Dunava kada je i erozija najintenzivnija. Zbog toga će u nastavku biti prikazana vodocrpilišta s njihovim temeljnim karakteristikama.

Područje uz Dunav u zemljopisnom pogledu obuhvaća područje donje Podravine s Baranjom i zapadnim Srijemom.

Osnovno hidrogeološko obilježje području daju aluvijalni vodonosnici u ravničarskim predjelima Drave. Za potrebe vodoopskrbe se, osim njih, također koriste plitki aluvijalni vodonosnici pritoka Drave.

Vodonosnik aluvijalnih naslaga u ravničarskim predjelima Drave, u gruboj shematizaciji, je karakterističan primjer aluvijalnih naslaga s izrazito dominirajućim zajedničkim izvorom gruboklastičnih taložina.

Regionalizaciju dravskog vodonosnika u promatranom području moguće je izvršiti prema propusnosti i debljini naslaga, te osnovnim svojstvima podzemnih voda na;

- područje donje Podravine i Podunavlja i
- područje prapornih ravnjaka (Đakovački i Vukovarski)

Dominiraju reduktivni uvjeti, ali se pojavljuju i oksidirane zone u rubnim predjelima pa sadržaj željeza opada znatno ispod, a mangana na ili nešto ispod dopuštenog sadržaja za pitku vodu.

Područje donje Podravine i Podunavlja podudara se s istočnim dijelom dravske depresije. Vodonosnik je pretežito izgrađen od srednjo do sitnozrnastog, jednoličnog pijeska s proslojcima praha i gline. Pojave šljunka su značajnije samo u nekim rubnim predjelima, uglavnom su to sitne valutice koje se u dnu markantnijih slojeva pijeska. Idući prema istoku veličina prosječnog zrna neznatno opada, a ukupna debljina polupropusnih, prašinasto-ginovitih proslojaka mjestimice prelazi ukupnu debljinu slojeva pijeska. Hidraulička vodljivost se kreće od oko 10 do oko 50 m/dan. Debljina vodonosnog kompleksa pretežito se kreće oko 200 m, a postupno oplicava prema rubnim predjelima, osim uz rub glavnog rubnog rasjeda gdje vodonosni slojevi naglo uklinjavaju. Ukupna debljina propusnih slojeva kreće se od oko 10 do blizu 100 m.

Područje prapornih ravnjaka (Đakovački i Vukovarski) predstavlja rubne predjele Dravske i Slavonsko-srijemske depresije, a istovremeno je granično područje porječja Save i Drave. Đakovački ravnjak pretežito pripada vodnom području porječju Save, a Vukovarski vodnom području porječja Dunava. Đakovački ravnjak i zapadni dio Vukovarskoga karakteriziraju tanki slojevi sitnozrnatog pijeska. Na jugu se naslanjaju na strukture Krndije i Fruške gode, na sjeveru ja Baranjska planina, a na istoku Erdutsko brdo. U istočnim predjelima vukovarskog ravnjaka pojavljuju se slojevi šljunka i konglomeratičnih šljunaka u predjelima ravnjaka oko Fruške gore. Prekriveni su 30-40 m debelim prapornim pokrivačem. Prema središnjim dijelovima Vukovarskog ravnjaka šljunci prelaze u jednolične pijeske. Pražnjenje vodonosnika prema inudacijskom području uvjetuje veliku dubinu podzemnih voda u području ravnjaka i arteški tlak u inudacijskom području. Na ravnjaku se u praporima formiraju lebdeći, slabo propusni vodonosnici.

Na području uz Dunav nalazi se 16 crpilišta javne vodoopskrbe. To su:

Crpilište Prosine - Kneževi Vinogradi nalazi se južno od Kneževih Vinograda na rubnom predjelu srednjobaranjeske terase, smješteno između ceste Grabovac – Kneževi Vinogradi i ruba terase prema inundacijskom područje Dunava.

Na crpilištu je izgrađeno ukupno tri zdenaca koji zahvaćaju vodonosnik izgrađen od sitno do srednjezrnog pijeska u dubinskom intervalu od 38-46 m. Specifična izdašnost zdenca je $Q/s = 1,65$ l/s/m, a maksimalna eksploatacijska izdašnost zdenca je 11 l/s.

Crpilište Topolje nalazi se na rubu terasastog ravničarskog područja iznad inudacijskog područja Dunava.

Na crpilištu je izgrađeno ukupno dva zdenaca koji zahvaćaju vodonosnik izgrađen od pijeska i šljunka u dubinskom intervalu od 20-40 m. Specifična izdašnost zdenca je $Q/s = 9$ l/s/m, a maksimalna eksploatacijska izdašnost zdenca je 50 l/s.

Crpilište Cerić - Vukovam nalazi se sjeverno od Vukovara, između naselja Trpinja i željezničke pruge. Na crpilištu je izgrađeno ukupno sedam zdenaca koji zahvaćaju vodonosnik izgrađen od sitno do srednjezrnog pijeska u dubinskom intervalu od 36-102 m. Specifična izdašnost zdenca je $Q/s = 6$ l/s/m, a maksimalna eksploatacijska izdašnost zdenca je 40 l/s.

Crpilište Dalj nalazi se oko 500 m južno od naselja Dalj, između ceste i željezničke pruge.

Na crpilištu je izgrađeno ukupno tri zdenaca koji zahvaćaju vodonosnik izgrađen od sitno do srednjeznog pijeska u dubinskom intervalu od 59-80 m. Specifična izdašnost zdenca je $Q/s = 2-3$ l/s/m, a maksimalna eksploatacijska izdašnost zdenca je 20 l/s.

Crpilište Mohovo nalazi se uz rub i u inundacijskom području Dunava.

Na crpilištu je izgrađeno ukupno tri zdenaca koji zahvaćaju vodonosnik izgrađen od sitno do srednjeznog pijeska u dubinskom intervalu od 14-26 m. Specifična izdašnost zdenca je $Q/s = 2,1$ l/s/m, a maksimalna eksploatacijska izdašnost zdenca je 16 l/s.

Crpilište Skela - Ilok nalazi u inundacijskom području Dunava ispod samog grada Iloka.

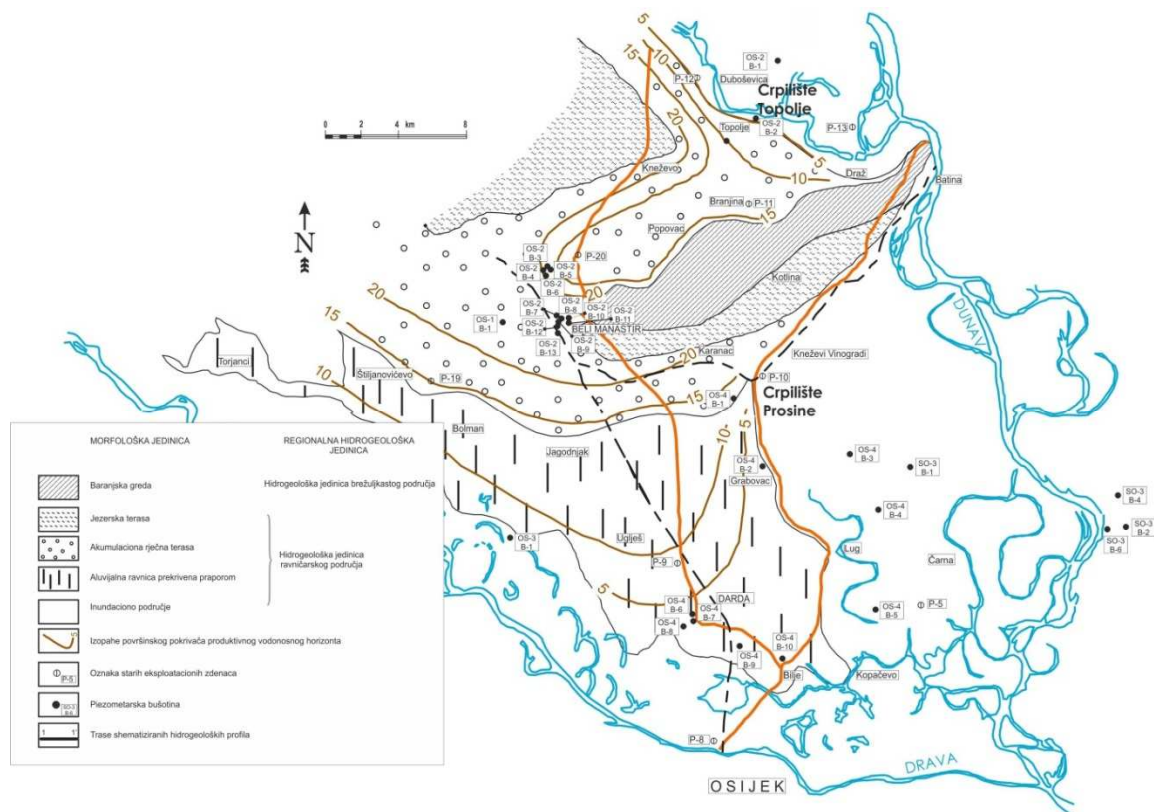
Na crpilištu je izgrađeno ukupno četiri zdenaca koji zahvaćaju vodonosnik izgrađen od sitno do srednjeznog pijeska u dubinskom intervalu od 55-118 m, te jedan zdenac koji zahvaća vodonosnik u dubinskom intervalu 17-37 m. Specifična izdašnost zdenca je $Q/s = 1,3-3$ l/s/m, a maksimalna eksploatacijska izdašnost zdenca je 15-20 l/s.

15.1 CRPILIŠTA NA PODRUČJU BARANJE

Površinu ovih prostora izgrađuju relativno jednolične kvartarne naslage u kojima prevladavaju prapori i praporima slične tvorevine. Litološki razvitak u dubini je raznolik, a uvjetovan je položajem ovoga područja u širim geološkim strukturama.

U geotektonskom smislu ovo područje smješteno je na istočnom rubu strukturne jedinice Meczek-Villany-Baranja dominantnoga pružanja Z-I, koje upravo u Baranji skreće u pravac JZ-SI.

Geološki i morfološki najmarkatnija je struktura Baranjske grede, tj. Banske kose. To je asimetrično uzvišenje u obliku izdužene kose pružanja SI-JZ. Dužina joj iznosi oko 20 km, a širina do 4 km. Najveća visina doseže 243 m (Bansko brdo, relativne visine oko 150 m), a sjeverozapadne padine su znatno strmije od južnih i jugoistočnih. Izgrađeno je od litotamnijskih vapnenaca, lapora, glina, pješčenjaka i konglomerata badenske, sarmatske i pliocenske starosti, te bazaltandezita. Jugoistočno od Belog Manastira nabušeni su kredni vapnenci na dubini od oko 100 m. Bazaltandeziti se pojavljuju kao dajkovi i ploče, a predstavljaju eruptive miocenske i postmiocenske orogenetske faze. Ove su stijene u velikoj mjeri prekrivene pjeskovitim praporima.



Slika 2.1. Hidrogeološki zemljovid Baranje.

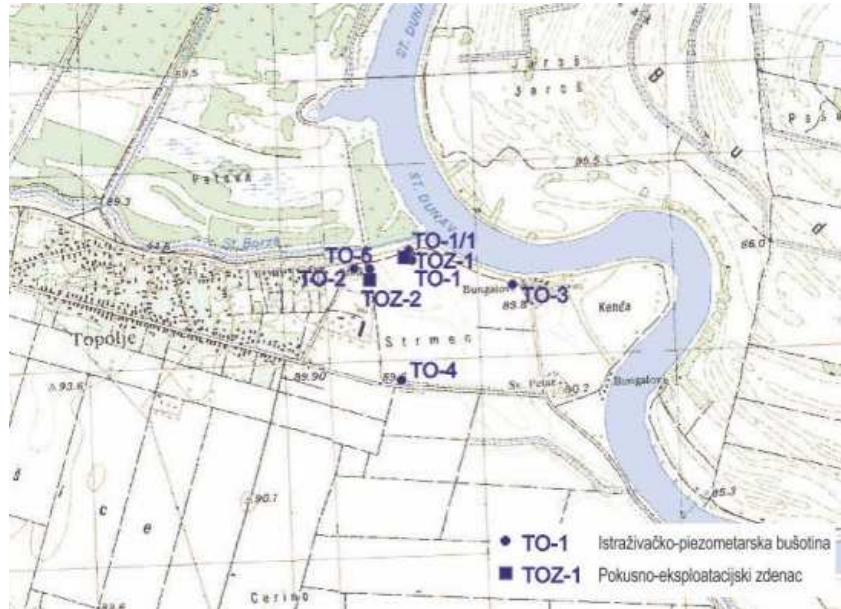
Od Kneževa prema sjeveru pruža se Sjeverni baranjski praporni ravnjak koji predstavlja samo krajnji južni dio mikromorfološke regije Nyarad-Harkanjskog prapornog ravnjaka u Mađarskoj. Ravnjak je prekriven praporom i praporu sličnim naslagama. Pripisuje im se gornjopleistocenska (würm) starost. Pretpostavlja se da je debljina slojeva gruboklastičnog materijala ovdje vrlo reducirana.

Između Banskoga brda i Sjevernog baranjskog prapornog ravnjaka je terasna nizina koja je u južnom djelu izerodirana tokom Karašice. Terasna nizina je površinski također izgrađena od prapora i praporu sličnih tvorevina. One prekrivaju fluvijalna gruboklastične naslage, koje se sastoje najvećim dijelom od jednoličnih pijesaka različite granulacije, ali i nešto šljunaka.

15.2 CRPILIŠTE TOPOLJE

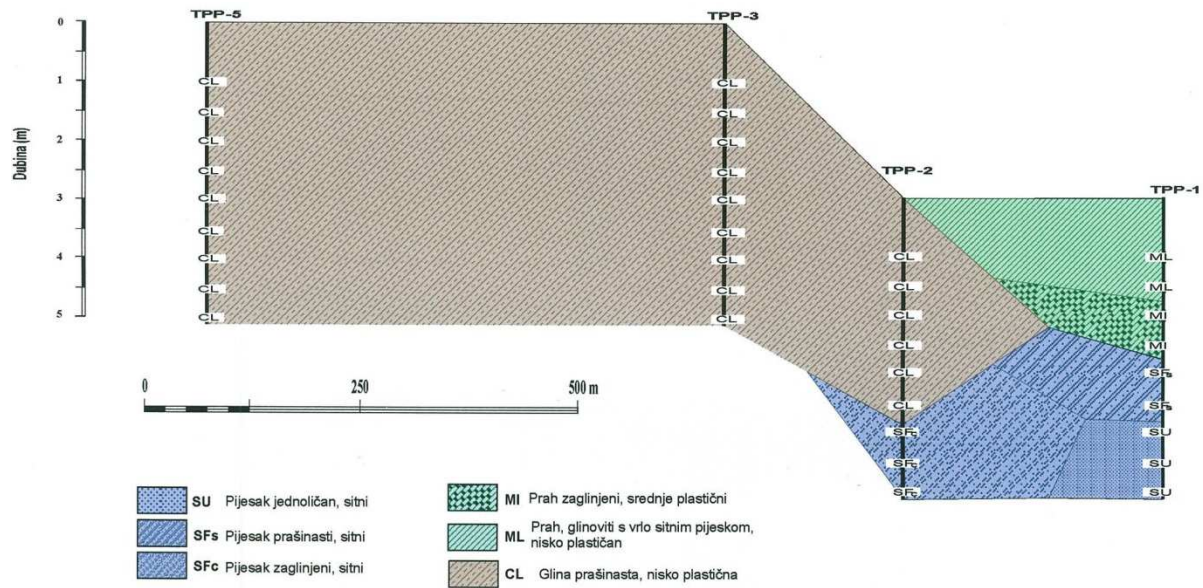
Crpilište Topolje razvija se kao subregionalno izvorište vodoopskrbnog sustava sjeverne Baranje. Ovaj subregionalni vodoopskrbni sustav razvija se proširenjem postojećega Belo Manastirskog vodoopskrbnog sustava i njegovim povezivanjem te dogradnjom mreže lokalnih potrošača u naseljima sjeverne i središnje Baranje.

Nalazi se na rubu terasastog ravničarskog područja iznad inundacijskog područja Dunava (slika 2.1.). Prvi zdenac na izvorištu smješten je oko 15 m od strmca prema inundaciji koja je oko 3-5 m ispod terase.



Slika 2.1.1. Položaj hidrogeoloških objekata na crpilištu Topolje.

Terasna nizina sjeverne Baranje je morfološki vrlo zaravnjen teren u kojemu se zapaža tek erozija pojedinih stalnih i povremenih tekućica. Njeno terasasto obilježje najizraženije je uz rub inundacijskog područja Dunava koje je oko 4-5 m niže od kota na terasi. Površinski dio naslaga debljine oko 10 do 20 m izgrađen je od praha, gline i prašinstoga pijeska. Ispod njih do oko 30 m, pa i 50 m, dubine prevladavaju slojevi jednoličnog sitno i srednjezrnatoga pijeska, a ponegdje se pojavljuju i tanji slojevi i leće šljunka.



Slika 2.1.2. Shematski profil pripovršinskih naslaga na području crpilišta Topolje.

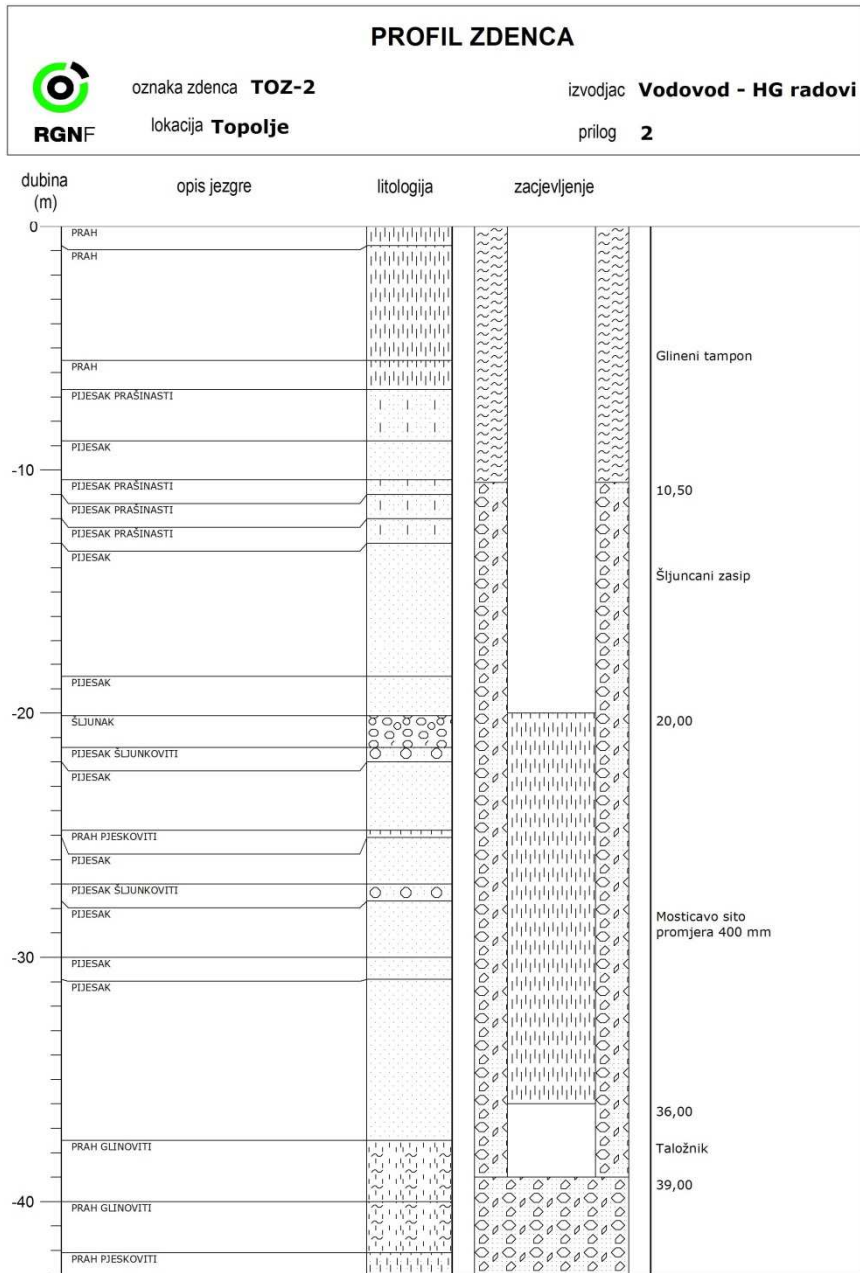
Ovi pijesci formiraju vodonosnik koji je nabušen kraj Topolja, zatim južno od Kneževa, te u Branjinom Vrh, a kontinuirano se nastavlja na B. Manastirski vodonosnik koji za zahvaćen na crpilištu Livade.

U strukturi naslaga zapaža se blago uleknuće na lokaciji TO-1 (prilog 2), gdje je veća debljina vodonosnih naslaga ali i nešto sitnija frakcija zrna pijeska.

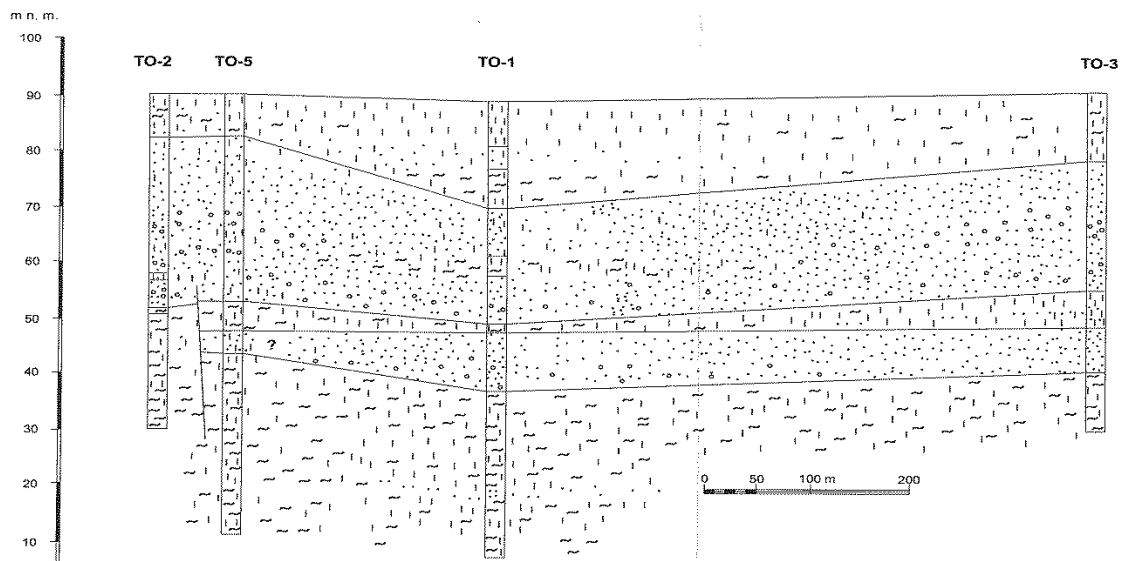
Granulometrijske analize vodonosnih naslaga načinjene su iz uzoraka pijeska i šljunkovitoga pijeska za sve bušotine načinjene u području crpilišta Topolje, i to 5 uzoraka iz bušotine TO-1, 8 uzoraka iz bušotine TO-2, 15 uzoraka iz bušotine TO-3 izvedenih 2000. godine i 10 uzoraka iz bušotine TO-4. Granulometrijski dijagrami prikazani su na prilogu 7, a karakteristični parametri prikazani su na tablici 2.1.

Napajanje vodonosnika odvija se infiltracijom padalina kroz površinske polupropusne naslage. Specifični iznos ove infiltracije relativno je mali, ali s obzirom na to da se radi o infiltraciji na velikim površinama, to je ukupni iznos infiltracije vrlo značajan. Infiltracija padalina do sada nije neposredno istraživana u ovim predjelima, no prema istraživanjima u sličnim područjima može se procijeniti da iznosi gotovo redovito u rasponu od 10 % do 20% padalina. Dodatni izvor napajanja u ovim područjima može biti inducirano napajanje u inundacijskom području Dunava, koji je izbrazdan brojnim rukavcima i mrtvajama. Takvi uvjeti napajanja ollašavaju uvjete zaštite podzemnih voda, jer bi pretežiti dio područja napajanja vodonosnika ležao u neizgrađenom inundacijskom području Dunava. Istraživana su i svojstva te sukcijski i hidrogeološki parametri pripovršinskih naslaga koje su polupropusnih obilježja. Oni su istraživani na temelju podataka o terenskim zapažanjima pri provedbi

plitkih prospektorskih bušotina, načinjenih upravo radi istraživanja zaštitnih svojstava pripovršinskih naslaga. Na području crpilišta su izvedena dva zdenca i četiri piezometarske bušotine.



Slika 2.1.3. Tehnički profil zdenca na crpilištu Topolje.



Slika 2.1.4. Profil litološke korelacije bušotina na području crpilišta Topolje.

Istraživanje i interpretacija hidrogeoloških parametara može se osloniti na dvije skupine podataka. Jedna su podaci o litološko-mineraloškom i granulometrijskom sastavu naslaga, a drugi se odnose na hidrauličko ponašanje sustava ili uzoraka u laboratoriju. Svi ti načini identifikacije hidrogeoloških parametara vodonosnoga sustava primijenjeni su u slučaju crpilišta Topolje i to u svim fazama istraživanja.

Od ranije raspoloživih podataka za izračun hidrogeoloških podataka postojali su i podaci o granulometrijskome sastavu pijesaka i crpljenju staroga eksploatacijskoga zdenca načinjenog 1959. godine za potrebe tadašnjeg pogona "Poljoprivredno-industrijskog kombinata Belje" u Topolju smještenoga nekoliko stotina metara južno od istraživačke bušotine TO-2. Danas nema traga tome zdencu, a niti pogonu. Teren je priveden poljodjelstvu pa je tamo oranica, a tek na nekim starim zemljovidima je otisnut trag zgrada tadašnjega pogona. To nam je ipak zanimljivo jer predstavlja potvrdu o navedenoj lokaciji na kojoj je zdencem bušenim direktnom metodom nabušen vodonosnik na 14-41 m dubine izgrađen od sitnoga do krupnoga pijeska i šljunka. Izvođač toga zdenca zacjevljenog promjerom od 150 mm, navodi da je crpljen izdašnošću od 2,5 l/s, a da je sniženje razine podzemne vode iznosilo samo 15 cm, pa bi prema tome specifična izdašnost zdenca iznosila 16,7 l/s/m. Vjerojatno se radi o vrlo kratkotrajnom crpljenju, no i u tom slučaju radi se o specifičnoj izdašnosti primjerenijoj za vrlo dobro propusne vodonosnike. Ako se uzme da crpljenja kakva su provedena na ovom starom zdencu obično predstavljaju dio procesa osvajanja zdenca, kakva su se obično provodila do "izbistrenja" vode onda se po učinku na sniženje ona mogu izjednačiti s nekoliko sati pokusnog crpljenja, pa je i u tom slučaju ostvareno veliko specifično sniženje.

Detaljna mjerenja provedena su tijekom pokusnoga crpljenja novoga zdenca TOZ-1 koje je crpljeno s više različitih izdašnosti, a maksimalna crpna količina iznosila je 74 l/s. Na koncu crpljenja s tim protokom sniženje u zdencu je doseglo iznos od 15,6 m, pa je specifična izdašnost iznosila oko 4,7 l/s/m. Dakle ostvarena je specifična izdašnost oko 3,5 puta manja od one kod staroga zdenca. Razlika je dijelom vjerojatno uzrokovana različitim trajanjem crpljenja, no glavni razlog ipak treba tražiti u heterogenosti vodonosnika.

Pokusno crpljenje novoga zdenca TOZ-1 zamišljeno je tako da se prikupe podaci nužni za određivanje hidrauličkih parametara zdenca i parametara vodonosnika u neposrednom susjedstvu zdenca, a da se kasnije ostvari dugoročno crpljenje na temelju kojega bi se detaljnije istražila regionalna distribucija hidrogeoloških parametara. Tijekom pokusnoga crpljenja vršena su opažanja razine vode u svim piezometrima koji su raznoliko udaljeni od crpljenoga zdenca (tablica 4.2), no od njih je samo piezometar TO-1 u neposrednoj blizini zdenca (19,3 m) i pod snažnim je utjecajem provedenoga relativno kratkotrajnoga pokusnog crpljenja s crpnom količinom od 49 l/s, koja se održavala stalnom kroz 45 sati.

Na udaljenim piezometrima bio je slabo izražen utjecaj relativno kratkotrajnoga pokusnog crpljenja, pa kako je uz to izražena i nehomogenost vodonosnika, to podaci opažanja piezometara na udaljenim piezometrima nisu bili prikladni za siguran izračun hidrogeoloških parametara uobičajenim metodama. No razvitak konusa depresije pri pokusnom crpljenju ukazuje na povećanje transmisivnosti vodonosnika idući južno i istočno od pokusno-eksploatacijskog zdenca. To povećanje transmisivnosti dobro je izraženo i u dijagramima razvitka sniženja razine podzemne vode u crpljenom zdencu TOZ-1 i piezometru TO-1, pa su se ovi podaci koristili za detaljnu analizu vrijednosti hidrogeoloških parametara u okolini zdenca i za identifikaciju učinka promjene transmisivnosti u širem okružju.

Usvojene vrijednosti parametara vodonosnika na području crpilišta prikazani su u tablici 2.2.

Tablica 2.2. Vrijednosti parametara vodonosnika i pokrovnih naslaga.

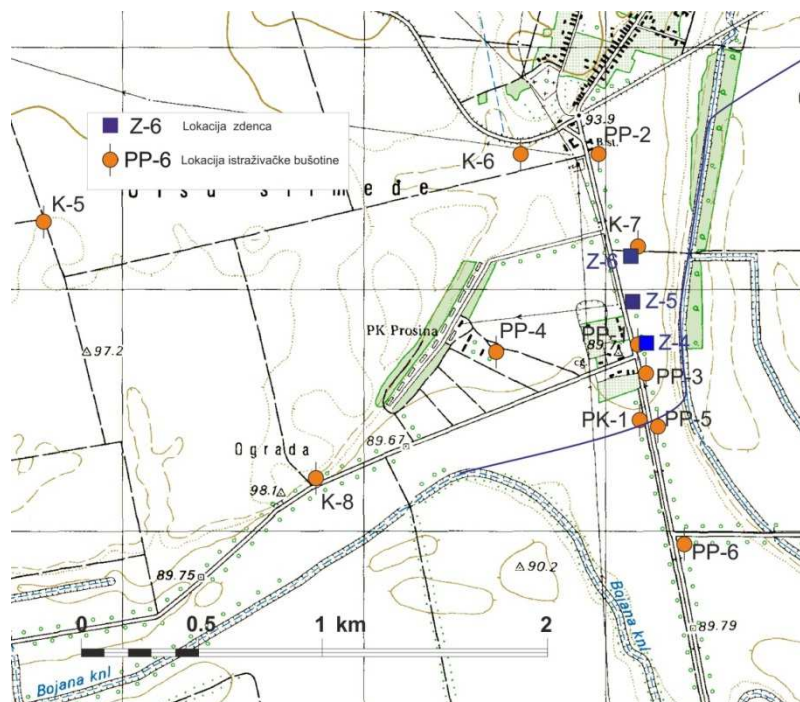
Transmisivnost vodonosnika T (m ² /dan)	Debljina vodonosnika b (m)	Hidraulička vodljivost K (m/dan)	Faktor procjeđivanja λ (m)	Koeficijent procjeđivanja K'/b' (dan ⁻¹)	Otpor procjeđivanja kroz krovinske naslage b'/K'
--	----------------------------------	--	----------------------------------	--	---

					(dana)
2160	27	80	500	$8,6 \cdot 10^{-3}$	120

Eksploatacijska izdašnost zdenca procijenjena je na temelju određenih parametara zdenca pa proizlazi da bi maksimalna preporučena eksploatacijska izdašnost zdenca mogla iznositi 35 l/s. U dosadašnjim istraživanjima postavljen je cilj osvajanja crpilišta izdašnosti oko 100 l/s. Sva dosadašnja istraživanja ukazivala su na ostvarivost toga cilja. Trenutno na crpilištu Topolje postoji dva zdenca, a procjenjuje se da bi za osvajanje zadanih oko 100 l/s bilo potrebno izvesti još najmanje 1 do 2 zdenca, koji bi bili usporedni kanalu Borza i St. Dunavcu.

15.3 CRPILIŠTE PROSINE

Crpilište Prosine nalazi se južno od Kneževih Vinograda na rubnom predjelu srednjobaranjske terase upravo u pojasu gdje se ona stapa s južnim pristrancima Banovoga brda, a uz rub terasastih predjela koje naglo nadvisuju široko inundacijsko područje Dunava. Crpilište je smješteno između ceste Grabovac – Kneževi Vinogradi i ruba terase (slika 2.1). Na crpilištu su načinjena četiri zdenca i na širem području jedanaest piezometarskih bušotina.

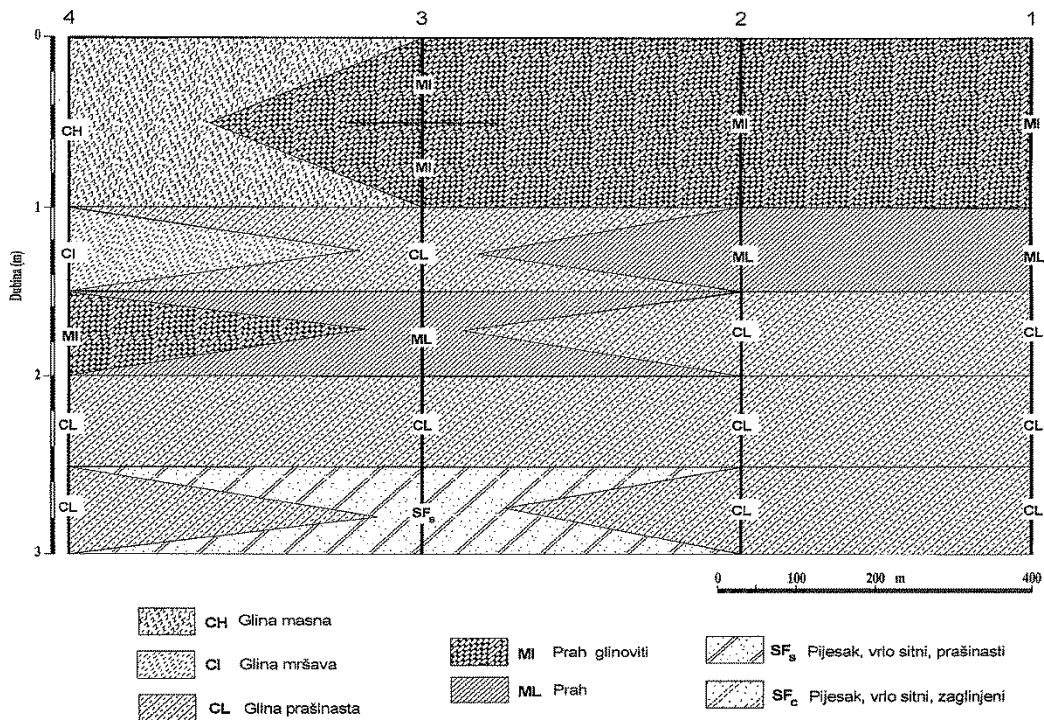


Slika 2.1. Položaj hidrogeoloških objekata na crpilištu prosine.

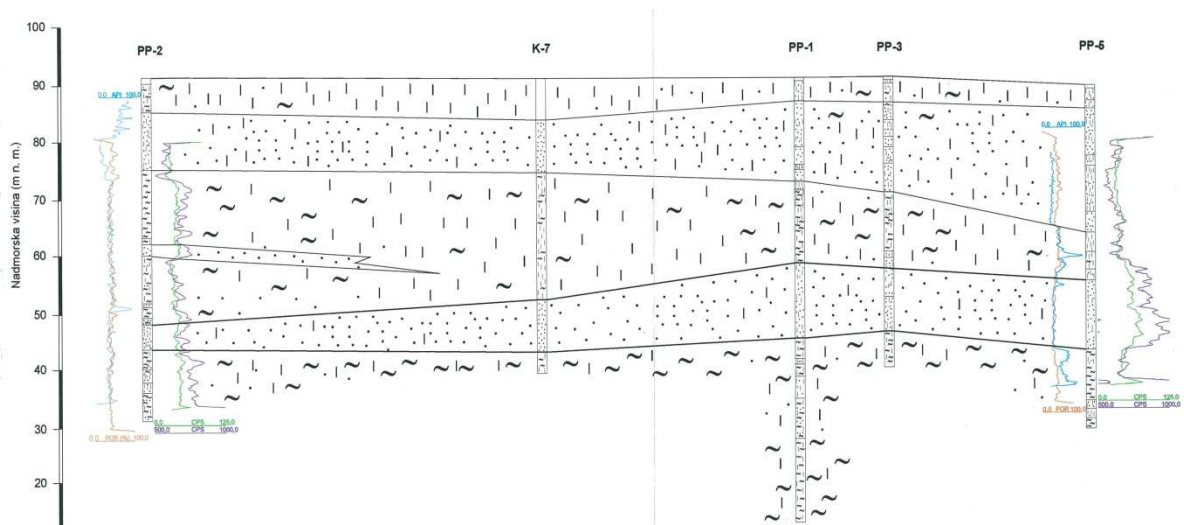
U širem području crpilišta Prosine dokazano je kontinuirano protezanje dvaju vodonosnih slojeva. Plići, ili prvi vodonosnik koji se proteže na oko 5 do 20 m dubine, a zahvaćen je starim zdencima

crpilišta Prosine i dublji, donji vodonosnik koji je zahvaćen zdencima, a koji je od gornjega vodonosnika odvojen međuslojem prašinate gline debljine oko 10 do 15 m. Taj donji vodonosnik izgrađen je od sitno do srednjozrnastoga kvarcnoga pijeska, a debljina mu iznosi oko 12 m u području crpilišta Prosine dok prema sjevernim predjelima postupno istanjuje.

Istraživana su i svojstva te sukcijski i hidrogeološki parametri pripovršinskih naslaga koje su polupropusnih obilježja. Oni su istraživani na temelju podataka o terenskim zapažanjima pri provedbi plitkih prospektorskih bušotina, načinjenih upravo radi istraživanja zaštitnih svojstava pripovršinskih naslaga.

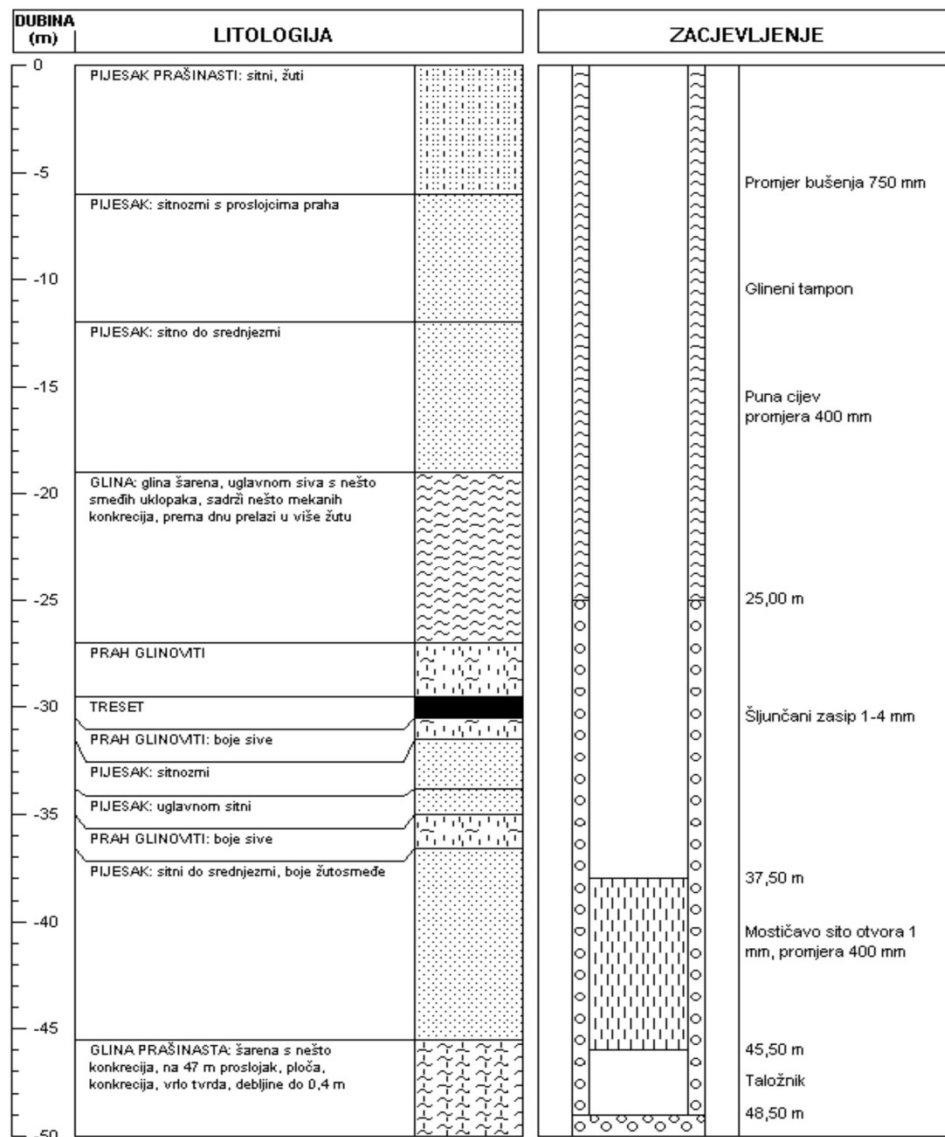


Slika 2.2.2. Shematski profil pripovršinskih naslaga na području crpilišta Prosine.



Slika 2.2.3. Litološki profil korelacije naslaga na području crpilišta Prosine.

Hidrogeološki parametri vodonosnoga sustava istraživani su u dva navrata različitim pristupima, ovisno o uvjetima koji vladaju u vodonosnom sustavu. Pozornost je prvo bila posvećena lokalnih vrijednosti hidrogeoloških parametara vodonosnika koji je zahvaćen istraživačko-eksploatacijskim zdencom Z-4, i ti su parametri određeni prvo na temelju podataka pokusnoga crpljenja provedenoga neposredno nakon izvedbe zdenca. Naknadno je ponovljeno pokusno crpljenje, no ovaj puta sa stalnim režimom s ciljem potpunijeg upoznavanja hidrogeoloških parametara vodonosnika u širem prostoru crpilišta. Nakon prvoga pokusnog crpljenja, a prije ponovljenoga crpljenja, izvedenu su četiri nove istraživačko-piezometarske bušotine, a njihov položaj omogućio je mjerenje ponašanja razina podzemnih voda u bitno širem prostoru nego je to bilo izvedivo pri prvome relativno kratkotrajnom pokusnom crpljenju.



Slika 2.2.2. tehnički profil zdenca na crpilištu Prosine.

Zdenac Z-4 kojim je zahvaćen donji vodonosnik je dubine 48,5 m. Sito zdenca mostičavoga tipa postavljeno je na dubini od 37,5 do 45,5 m, a promjer zdenačkoga zacjevljenja je 300 mm. Na kraju izvedbe provedeno je pokusno crpljenje s više crpnih količina od 9,43 l/s do 22,4 l/s. Provedenim osvajanjem i pokusnim crpljenjem zdenac je osvojen do izdašnosti $Q=22$ l/s, pri kojoj izdašnosti je sniženje razine vode iznosilo $s=13,4$ m, a specifična izdašnost $q=1,64$ l/s/m.

Interpretacijom podataka pokusnoga crpljenja zdenca Z-4 procjenjeno je da se eksploatacijska izdašnost zdenaca može kretati u rasponu 10 – 12,5 l/s.

Maksimalna dopuštena izdašnost zdenca procijenjena je na temelju određenih parametara zdenca, a uz uvjet da sniženje u dugoročnom radu usamljenoga zdenca ne bi trebalo premašiti 10 m pa proizlazi da maksimalna dopuštena izdašnost zdenca iznosi 11,3 l/s.

S obzirom na se na crpilištu planira koristiti maksimalno do 30 l/s, iz zdenaca na crpilištu kojima bi se zahvatio ovaj vodonosnik najprikladnija izdašnost pojedinog zdenca usvojena je na 8-10 l/s. Polučene vrijednosti u postupku identifikacije parametara prikazane su u tablici 2.2.1.

Tablica 2.2.1. Vrijednosti regionalnih parametara vodonosnika i pokrovnih naslaga.

Transmisivnost vodonosnika T (m ² /dan)	Debljina vodonosnika b (m)	Hidraulička vodljivost K (m/dan)	Faktor uskladištenja S	Faktor procjeđivanja λ (m)	Koeficijent procjeđivanja K'/b' (dan ⁻¹)
182	13,4	14	1,3*10 ⁻³	640	4,4*10 ⁻⁴

15.4 CRPILIŠTA NA PODRUČJU VUKOVARSKOG RAVNJAKA

Specifičnost ovog područja je upravo geomorfološkog karaktera, a izražena je uzdignućem Erdutskoga brda koje se naziva i Daljska planina. Ovo uzdignuće s najvišim vrhom Čvorkovo brdo doseže oko 190 m n.m., i čak za 110 m relativno nadvisuje Dunav (oko 80 m n.m), koji sa sjeverne i istočne strane obilazi njegovo podnožje. Izduženo u smjeru zapad-istok s izrazito asimetričnim pristrancima. Dok se na sjeveru strmo ruši prema Dravi i Dunavu markirajući rasjedanje koje je odigralo glavnu ulogu pri oblikovanju ove uzvisine južna i zapadna padina postupno se stapa s ravnicom. Erdutsko brdo u geološkom smislu predstavlja antiklinalu koja se može uočiti i u strukturi tercijarnih naslaga. Površina je prekrivena kopnenim praporima, debljina koji se povećava u središnjim predjelima. Površina Erdutskoga brda je suha, bez dolinske mreže. Padalinska voda znatnim dijelom ponire kroz prapor i iznad glinovite podloge, odnosno izluženih glinovitih zona u praporu formira saturirani vodonosni sloj, koji je ponegdje u rubnim predjelima zahvaćen kopanim zdencima. Ovu pojavu sa sjeverne strane zapaža i Gorjanović-Kramberger (1922) tumačeći njome pojavu procjednih izvora, primjerice na lokalitetu Vodice (kota oko 110 m n.m).

U ovom slučaju više nas zanima južna strana na kojoj se planina postupno stapa s ravnicom u kojoj je na istoku duboko usječeno korito Dunava, pa ravničarski predjeli oblikuju terasu iznad dunavskog inundacijskog područja. Ove ravničarske predjele izgrađuju debele kvartarne naslage koje su završni čin taloženja u geotektonskoj depresiji nazvanoj dravska depresija. Od njih se na površini pojavljuju samo one najmlađe, holocenske i gornjo-pleistocenske naslage u obliku fluvijalnog, barskog i eolskog facijesa pa u pripovršinskom dijelu nema razlike u odnosu na južne padine Daljske planine.

Osnovna je značajka građe naslaga kvartarnog vodonosnog kompleksa je alternacija slojeva gruboklastičnih i sitnoklastičnih taložina. Gruboklastični materijali su pretežito predstavljeni jednoličnim pijescima srednjega do sitnoga zrna.

Sitnoklastične tvorevine predstavljene su prahom, pjeskovitim prahom, te prašinastim do masnim glinama. Boje su sive, sivoplave do zelenkaste. U njima se često pojavljuju kongrecije kao fragmenti oštrobriđni do slabo zaobljeni obično svijetlosive do zelenkaste i bjeličaste, vapnene boje. Alternacije fino i grubo klastičnih naslaga pojavljuju se na dvije razine mjerila. U teksturnom smislu zapaža se tanka, gotovo milimetarska, izmjena slojeva pijeska i praha, ponegdje kao laminacijska i kosa slojevitost. Ovakve pojave se zapažaju u nekim od slojeva u kojima prevladava sitnozrnasti pijesak ili prah. U debljim slojevima pijeska karakteristično je da pojedini ciklusi taloženja započinju s nešto krupnijim pijeskom u kojem prevladavaju zrna veća od 0,2 mm. U kasnijem taloženju karakteristično

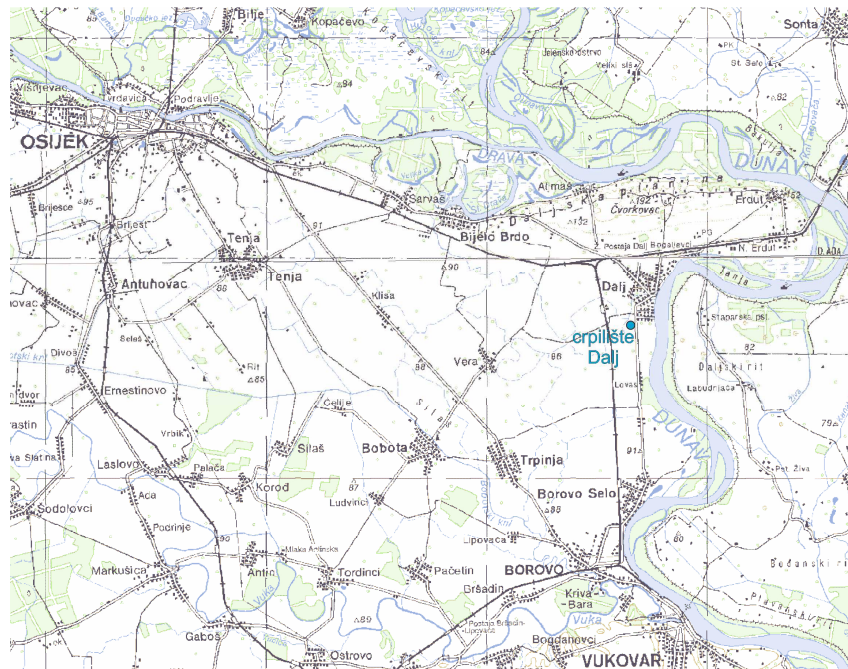
je sve manje prosječno zrno, pa granulometrijski parametri ilustriraju cikluse taloženja kod gotovo svakoga sloja veće debljine. Zanimljivo je da u ukupnom profilu snimljenih kvartarnih naslaga, slabije su izražene razlike u granulometrijskom sastavu pojedinih slojeva pijeska kroz istu bušotinu, a izrazitije se uočavaju razlike kao posljedica njihovoga položaja u prostoru. Kao da se održavao stabilan sustav taloženja, a da je debljina, pa i nazočnost pojedinih slojeva uvjetovana karakterom i intenzitetom vertikalnih pokreta.

Razradu kvartarnih naslaga bilo je moguće provesti zahvaljujući kartiranju većeg broja strukturnih bušotina do 200 m dubine smještenih između Vukovara, Bobote i Dalja. Pri tome je posebno važno da su sve te bušotine bušene s jezgrovanjem, na njima je snimljena konvencionalna karotaža, a iz uzoraka pijeska načinjena je granulometrijska analiza. Zapažena je relativno jednostavna korelacija pojedinih slojeva samo između bušotina smještenih u područjima koja nisu bitno mijenjale svoj relativni položaj u sedimentacijskom prostoru. Razlike su samo u debljini pojedinih slojeva i mjestimičnoj pojavi leća, odnosno slojeva manje ili više ograničenog protezanja. U pojedinim predjelima zapaža se ipak izrazita reduciranost slojeva pijeska iako je ukupna debljina naslaga ostajala ista. Kao da su ti predjeli bivali duže vremena izvan domašaja ili u ograničenom domašaju gruboklastičnih taložina.

U cjelini kvartarnih naslaga pojavljuje se još jedan kontrast u litološkom razvitku. Zapažaju se pojedinačne sitne valutice šljunka na većem dijelu područja. Stiječe se dojam da ove naslage predstavljaju posljedicu snažne transgresije širokih razmjera kada u Baranji, u inudacijskom dijelu Podunavlja, dolazi do taloženja naslaga šljunka debelih do 50 m.

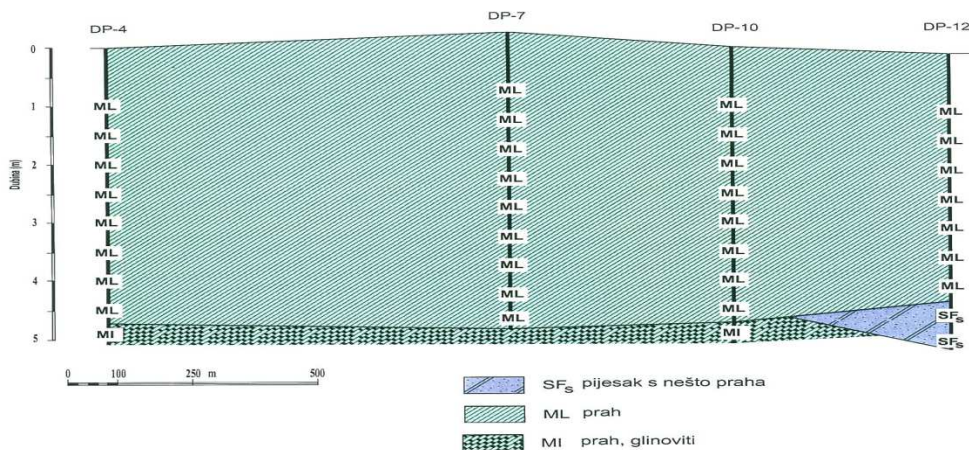
15.5 CRPILIŠTE DALJ

Na crpilištu Dalj provedena su istraživanja u dva navrata, jedan je povezan s izvedbom prvoga zdenca B-1 u 1967. godini i njegovim testiranjem u prirodnim uvjetima, a drugi s izvedbom zdenca Z-1 u 2001. godini u uvjetima aktivnog crpilišta.



Slika 3.1.1. Položaj crpilišta Dalj

Na crpilištu Dalj zahvaćeni vodonosnik, izgrađen je od sitno do srednjezrnog jednoličnog pijeska. Zaliže na dubini od 56-86 m. U podini vodonosnika dolaze prašinsto-glinovite naslage s tankim prosljocima pijeska. U krovini se pojavljuju prah i prašinsto-glinovite naslage s prosljokom krupnozrnog pijeska u dubinskom intervalu od 9-14 m.



Slika 3.1.2. Profil pripovršinskih naslaga na području crpilišta Dalj.

Istraživana su i svojstva te sukcijski i hidrogeološki parametri pripovršinskih naslaga koje su polupropusnih obilježja. Oni su istraživani na temelju podataka o terenskim zapažanjima pri provedbi plitkih prospektorskih bušotina, načinjenih upravo radi istraživanja zaštitnih svojstava pripovršinskih naslaga.

Za hidrogeološke parametre vodonosnog sustava najzanimljiviji su upravo rezultati identifikacije hidrogeoloških parametara provedenih na temelju podataka pokusnog crpljenja prvog pokusno-eksploatacijskoga zdenca na crpilištu Dalj B-1 (Urumović i dr. 1976). Kako su to bila prva istraživanja na ovoj lokaciji prethodno je izvedena istraživačko-piezometarska bušotina P-1 dubine 100 m, a zatim zdenac na kojemu je provedeno pokusno crpljenja sa stalnom količinom od 10,5 l/s u trajanju od 5 dana. Pri pokusnome crpljenju nije bilo nikakvih vanjskih utjecaja, opažanje razine podzemne vode je vršeno u piezometru i zdencu. Postojali su dakle idealni uvjeti za identifikaciju hidrogeoloških parametara vodonosnog sustava i to ne samo parametara zahvaćenoga vodonosnika, nego i parametara propusnosti pokrovnih polupropusnih naslaga što je važno kako pri ocjeni sigurne izdašnosti zdenca i crpilišta tako i za egzaktnu ocjenu ranjivosti vodonosnika.

Sljedeća hidrogeološka istraživanja crpilišta u Dalju provedena su pri izradbi novoga zdenca Z-1, koji predstavlja zamjenski zdenac za zdenac B-2. Pokusno crpljenje zdenca Z-1 odvijalo se uz povremeno uključivanje zdenca B-1 radi potreba redovite vodoopskrbe. Dugotrajna ujednačenost crpne količine vodoopskrbnog zdenca nije se moglo osigurati, pa je provedeno samo relativno kratkotrajno crpljenje u koracima kakvo je nužno za određivanje zdenačkih parametara kao mjerila o njegovoj uspješnosti. U takvim okolnostima nije bila izvodiva uspješna identifikacija svih parametara vodonosnoga sustava nego samo koeficijenta transmisivnosti, pa je na tom tragu provedena provjera ranije provedenih istraživanja.

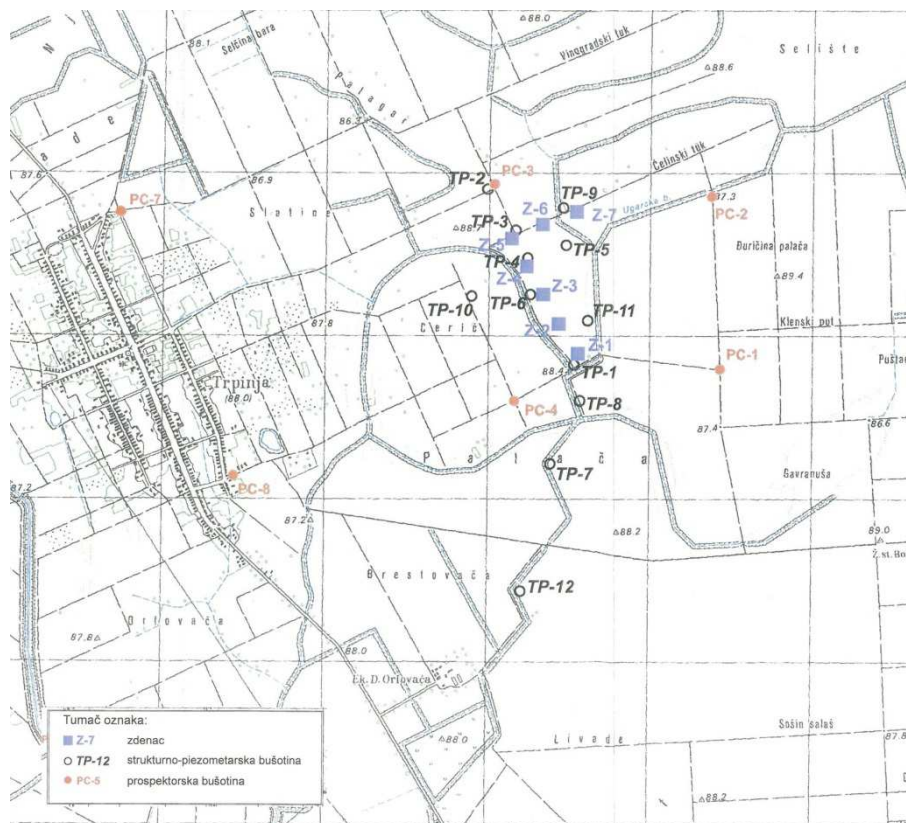
Provedenim interpretacijama pokusnih crpljenja postignute su slijedeće vrijednosti hidrogeoloških parametara prikazane u tablici 3.1.1.

Tablica 3.1.1. Vrijednosti regionalnih parametara vodonosnika i pokrovnih naslaga.

Transmisivnost vodonosnika T (m ² /dan)	Debljina vodonosnika b (m)	Hidraulička vodljivost K (m/dan)	Faktor uskladištenja S	Faktor procjeđivanja λ (m)
264	22	12	1,3*10 ⁻³	1200

15.6 CRPILIŠTE CERIĆ

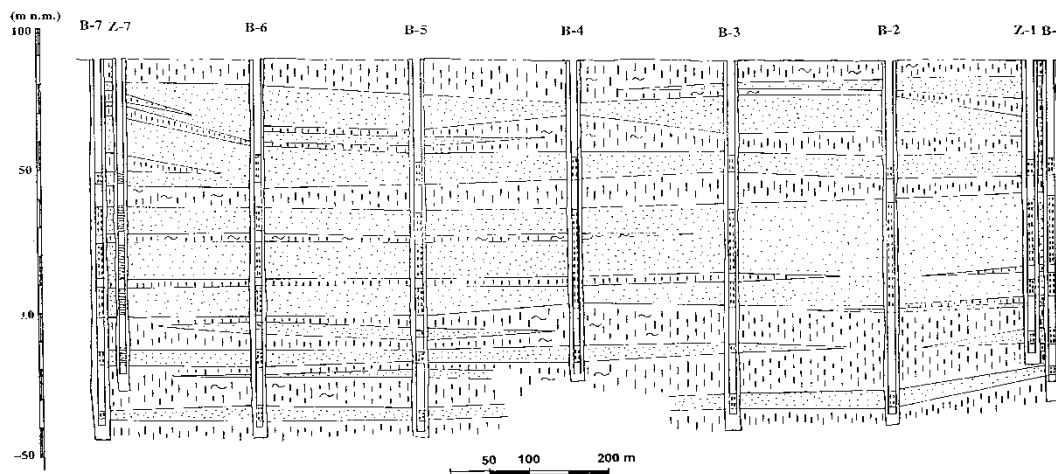
Izvorište Cerić je jedno od dva izvorišta vodoopskrbnoga sustava grada Vukovara. Prvo izvorište je zahvat na Dunavu, a zahvat podzemnih voda na crpilištu Cerić izveden je osamdesetih godina kada je dijelom uključen u vodoopskrbni sustav kao dopuna dunavskoj vodi u uređaju za preradbu vode. Crpilište Cerić nalazi se sjeverno od Vukovara, između naselja Trpinja i željezničke pruge (slika 3.2.1). Sastoji od 7 zdenaca položenih u prelomljeni niz u kojemu je međusobna udaljenost pojedinih zdenaca oko 200 m. Crpilište je smješteno na terasnom području koje skoro desetak metara nadvisuje inundacijako područje Dunava. Terasa izražava blagu asimetriju. Visina joj se kreće oko 89 do 91 m n.m. Šire područje crpilišta izbrazdano je mrežom kanala koji završavaju u Brondinskom kanalu koji nizvodno utječe u Vuku, tako da područje crpilišta pripada slijevu rijeke Vuke, a ne izravnom slijevu obližnjega Dunava.



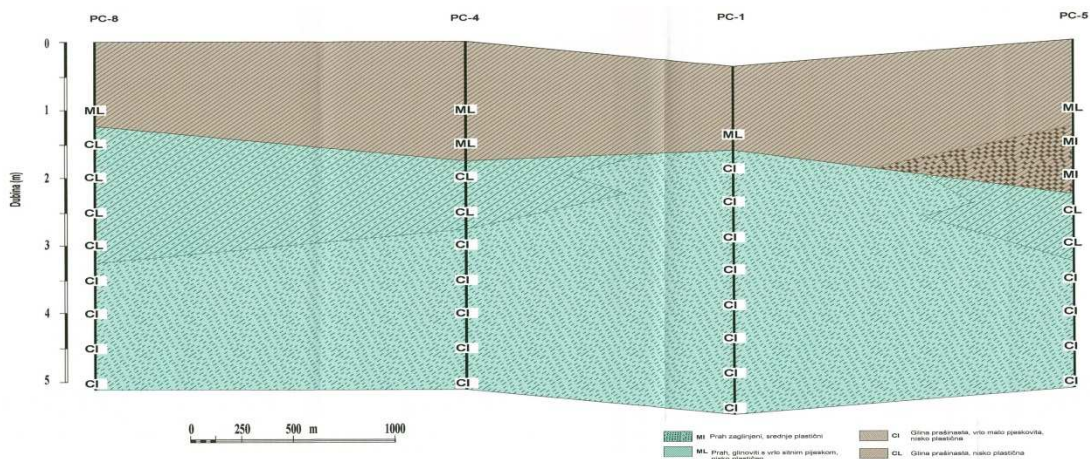
Slika 3.2.1 Položaj objekata na crpilištu Cerić

Prva istraživanja na lokaciji crpilišta Cerić započeta u srpnju 1982. godine. U sklopu tih prvih istraživanja lokacije crpilišta izvedene su strukturno piezometarske bušotine TP-1 do TP-6 i prvi

istraživački zdenac B-4. Na bušotinama su provedena geofizička mjerenja, a iz uzoraka jezgre načinjene su granulometrijske analize. Tijekom pokusnog crpljenja uzimani su uzorci za kemijske analize vode. Tijekom 1985. godine načinjeni su zdenci B-1, B-2, B-3, B-5, B-6 i B-7 i istraživačko-piezometarske bušotine TP-7 do TP-12. Uz sve ove piezometarske bušotine koje zacjevljuju zahvaćeni vodonosnik izvedene su i plitke bušotine koje zahvaćaju plitki izvorni sloj preko kojeg se odvija napajanje vodonosnog sustava infiltracijom padalina.



Slika 3.2.2. Profil litološke korelacije zdenaca crpilišta Cerić.

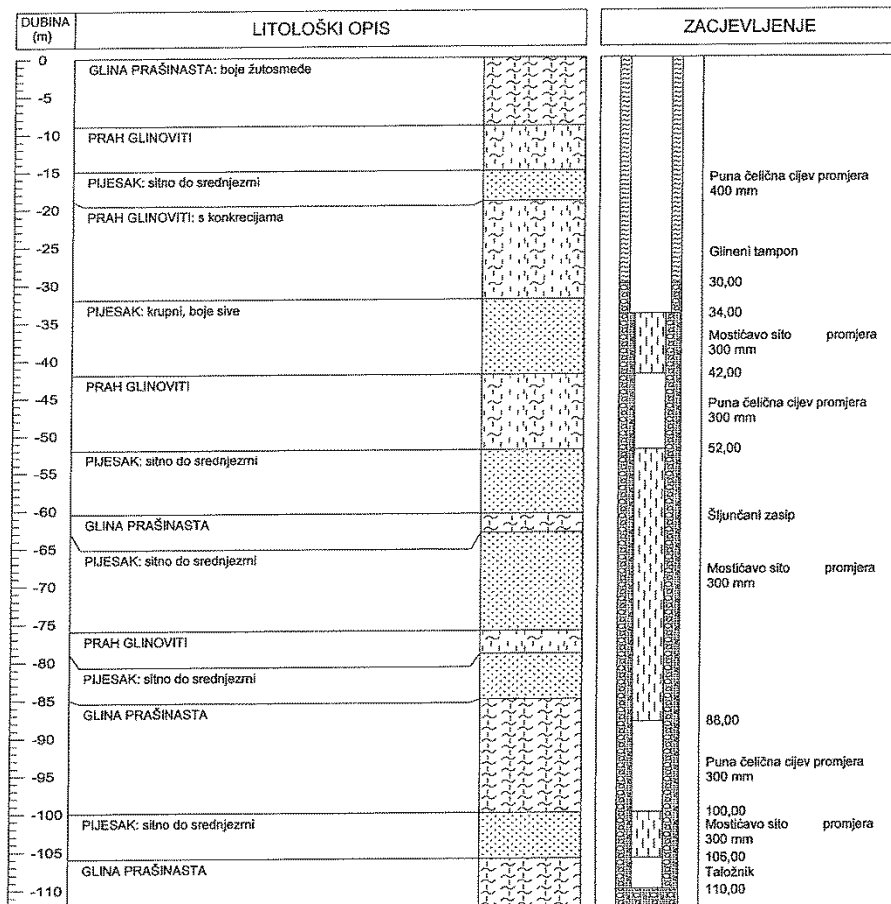


Slika 3.2.3. Profil korelacije pripovršinskih naslaga na području crpilišta Cerić

Istraživana su i svojstva te sukcijski i hidrogeološki parametri pripovršinskih naslaga koje su polupropusnih obilježja. Oni su istraživani na temelju podataka o terenskim zapažanjima pri provedbi

plitkih prospektorskih bušotina, načinjenih upravo radi istraživanja zaštitnih svojstava pripovršinskih naslaga.

Hidrogeološki parametri vodonosnoga sustava istraživani su u više navrata različitim pristupima, ovisno o stupnju istraženosti crpilišta Cerić.



Slika 3.2.4. Tehnički profil zdenca Z-4 na crpilištu Cerić.

Na crpilištu Cerić provedena su dva pokusna crpljenja. Jedno prije izgradnje eksploatacijskih zdenaca i jedno poslije izgradnje svih sedam zdenaca. Prvo je u lipnju 1983. godine izvedeno 16 dnevno pokusno crpljenje istraživačko-eksploatacijskoga zdenaca B-4 uz opažanja na 6 piezometarskih gnijezda položenih duž područja izgradnje zdenačkoga niza. Na temelju prikupljenih podataka interpretirane su vrijednosti hidrogeoloških parametara vodonosnika, a ostvareni rezultati bili su osnovica za projektiranje crpilišta Cerić i pojedinih eksploatacijskih zdenaca u njemu.

Provedenim interpretacijama pokusnih crpljenja postignute su slijedeće vrijednosti hidrogeoloških parametara prikazane u tablici 3.2.1.

Tablica 3.2.1. Vrijednosti regionalnih parametara vodonosnika.

Transmisivnost vodonosnika T (m ² /dan)	Debljina vodonosnika b (m)	Hidraulička vodljivost K (m/dan)	Faktor usklađivanja S
780-1200	60	13-20	0,5-2*10 ⁻³

15.7 CRPILIŠTA NA PODRUČJU SRIJEMA

Osnovno vanjsko obilježje ovih krajeva su praporne naslage koje su istraživane već u najstarijim, ali i novijim istraživanjima. Najstarija geološka istraživanja proveo je Gorjanović (1920., 1922.) koji u dvije razmjerno opširne studije iznosi osnovna strukturna obilježja slavonskih i srijemskih predjela, te protezanje i građu prapora u širem području Srijema, kao i brojne primjere njegovoga razvitka, pa i hidrološke prilike na pojedinim lokalitetima Slavonije i Srijema.

Zapaža da su “skoro svi popriječni dolovi obiju prapornih naslaga danas suhi, osim dola Dobra voda koji kod Šarengrada utiče u Dunav”. Napominje da se “voda nalazi na neznatnoj dubini ispod dolinskog dna, kao što pokazuju poljski bunari”. Smatra da je isušenost dolina posljedica njihove zamuljenosti, zanemarujući dreniranje prapornih ravnjaka preko podinskih slojeva pijeska, koje uvjetuje njihov uzdignuti položaj u odnosu na osnovni tok.

Vrijeme nastanka prapornih taložina Gorjanović pripisuje Würmskoj oledbi, što ostaje prevladavajuće gledanje sve do danas. Također napominje da “kod Šarengrada i Iloka gornjo diluvijalne taložine prelaze u razne pijeske bez okamina (tek kod Šarengrada našao sam neku glatku Viviparu), kojima nismo kadri odrediti granice prema levantinskim pijescima”.

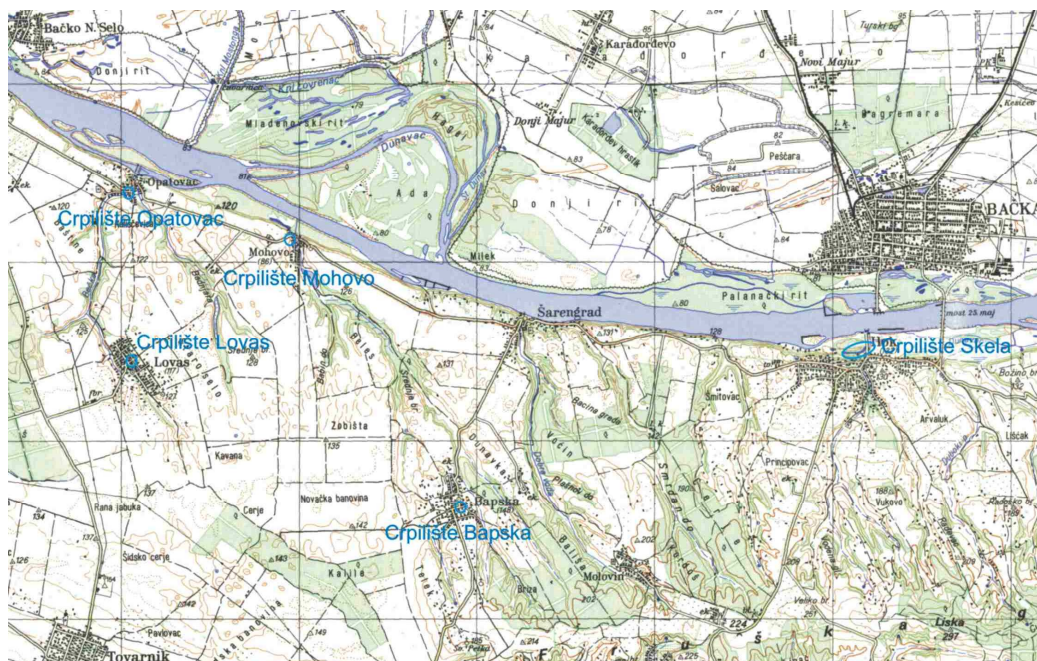
Nastanak vodonosnih sustava i nakupljanje podzemnih voda uvjetovano je litološkim sastavom i strukturnom građom kvartarnih naslaga, te specifičnim geomorfološkim oblicima ovoga kraja.

Osnovna obilježja hidrogeoloških prilika proizlaze iz okolnosti da promatrano područje u geotektonskom smislu pripada rubnim dijelovima slavonsko-srijemske depresije u kojoj su istaložene debele naslage kvartarnih i tercijarnih naslaga. U ovom slučaju prvenstveno nas zanima samo gornji dio istaloženih naslaga koji je u sklopu regionalnih hidrogeoloških istraživanja izdvojen kao kvartarni vodonosni kompleks (Urumović i dr. 1976, Urumović, 1977). Izgrađen je od slojeva pijeska i šljunka koji se izmjenjuju s glinovito-prašinastim slojevima. U širem prostoru prapornog ravnjaka debljina ovih naslaga iznosi oko ili nešto preko 100 m, a u rubnim predjelima se povećava. U granulometrijskom sastavu propusnih slojeva dolaze sitno do krupnozrnasti pijesci koji ponegdje prelaze u šljunke (primjerice kod Lovasa, Iloka i Bapske). U njima se laminarno i dispergirano pojavljuje i nešto praha,

ali njegov postotak uglavnom ne prelazi 10 %. U pojedinim dijelovima slojevi gruboklastičnih materijala su djelomice litificirana, pa primjerice kod Bapske i Lovasa šljunčani slojevi mjestimice prelaze u konglomerate, a pijesci u pješčenjake, čime je u velikoj mjeri reducirana hidraulička vodljivost naslaga.

Posebnost hidrogeoloških struktura ovih predjela nastala je najmađim tektonskim pokretima kojima je oblikovana strukurna inverzija najmlađih naslaga i nastanak morfološkog ravnjaka s debelim prapornim naslagama koji se obično naziva vukovarski praporni ravnjak, a morfološki izgleda kao strukturni nastavak Fruške gore.

Slijedeće hidrogeološki važno obilježje ovih naslaga upravo je povezano s recentnim tektonskim pokretima. To su rašireni tragovi oksidacije naslaga što je jamačno uvjetovano procesima taloženja i relativnog izdizanja te oblikovanja terasastih oblika u ovim predjelima. Pijesci i šljunci su pretežito žućkaste i crvenkaste boje, a slične boje su obično i glinovito prašinski slojevi koji tek na većoj debljini prelaze u takozvane šarene gline. U takvim oksidativnim uvjetima kao što je slučaj i za područje Mohova, formirana je vrlo povoljna kakvoća podzemnih voda. U njoj se uglavnom ne pojavljuje povišeni sadržaj željeza mangana i organske tvari te pratećih sastojaka kao što je arsen koji bi degradirali kvalitetu vode za piće. Ova oksidiranost naslaga uglavnom se gubi u spuštenim dubljim slojevima kako je to zapaženo u nekim dijelovima inundacijskog području Dunava kao što je to slučaj s vodom iz nekih slojeva zahvaćenih na crpilištu Skela u Iloku, te u savskoj depresiji, no tek južno od Tovarnika.



Slika 4.1. Zemljovid položaja crpilišta

Na srijemskom području koriste se crpilišta Mohovo i Skela u Iloku. Ostala lokalna crpilišta su ugašena ili zbog dotrajalosti sustava (Lovas, Opatovac) ili zbog onečišćenja podzemne vode (Bapska).

15.8 CRPILIŠTE MOHOVO

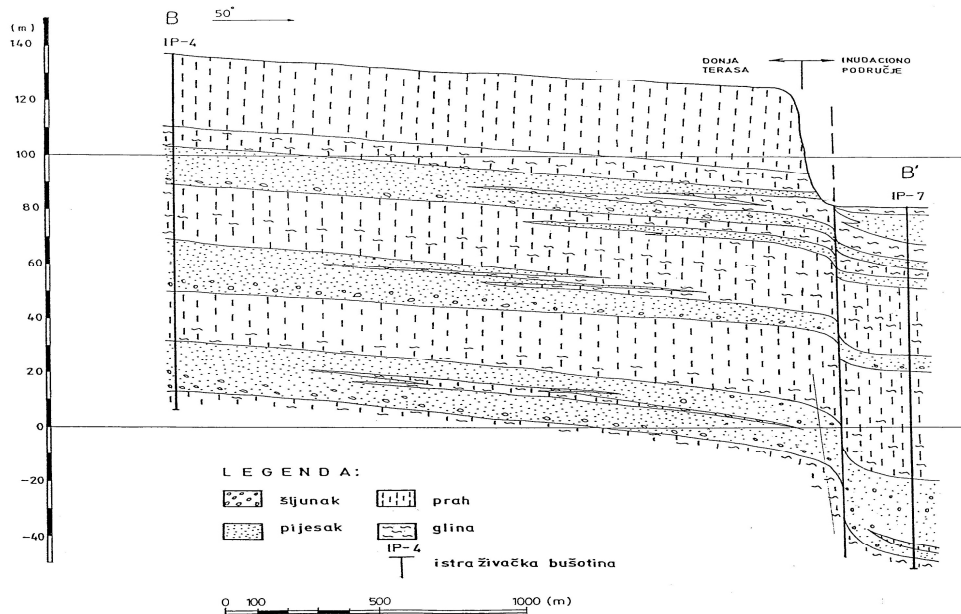
Prva istraživanja na području vodoopskrbnog sustava započeta su 1978. godine izvedbom bušotine u blizini Šarengrada. Slijedeće godine načinjene su dvije istraživačko-piezometarske bušotine u Mohovu, jedna u surduku ispod Grubanovljevog salaša (MP-1), a druge (MP-2) u samom naselju Mohovo, što je izabrano i kao najpovoljnija lokacija za izvedbu zdenca B-1 (slika 4.1.1). Bušotina s oznakom MP-2 bila je smještena na udaljenosti od 11 m od zdenca. Izvedena je 1979. godine do dubine 85.00 m, a ugrađene su piezometarske cijevi sa sitom u intervalu od 30-33.0 m.



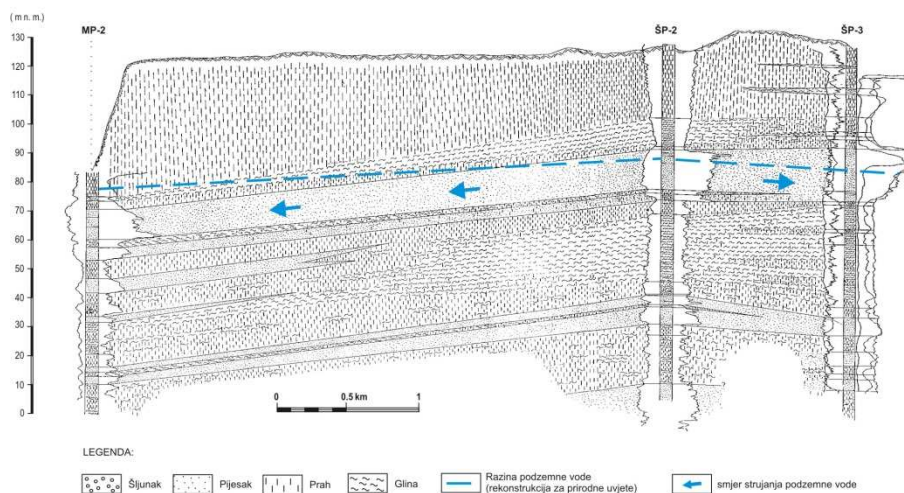
Slika 4.1.1. Položaj objekata crpilišta Mohovo.

Osnovne značajke vodonosnika i odnos podzemnih voda u njima ilustrirani su profilima konstruiranim na temelju litološkoga sastava dubljih istraživačkih bušotina (slike 4.1.2., 4.1.3. i 4.1.4). Uočljivo je da

se održava takav režim podzemnih voda pa su osnovni tokovi uvjetovani «dugotrajnim» vodostajem Dunava prema koje mu su usmjereni svi tokovi podzemne vode u prirodnim uvjetima, što u prvom redu potvrđuje pretpostavku o napajanju podzemnih voda poniranjem padalina diljem prapornoga ravnjaka, a također na moguće pojave uspora podzemnih voda u priobalnom pojasu tijekom dugotrajnih visokih vodostaja.



Slika 4.1.2. Poprječni hidrogeološki profil preko iločkog prapornog ravnjaka od Principovca do dunavskoga inundacijskog područja

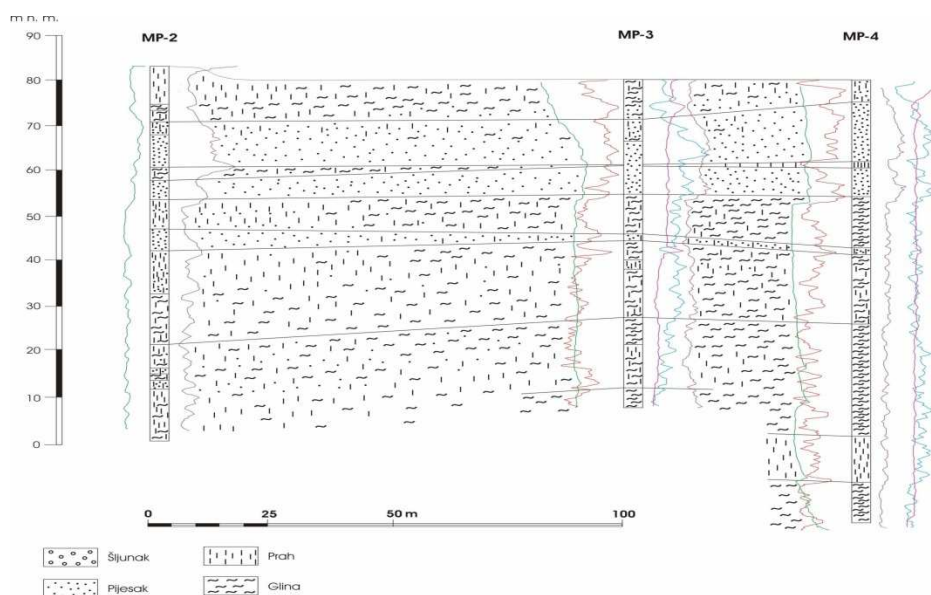


Slika 4.1.3. Hidrogeološki profil između Šarengrada i Mohova s dokumentiranom naznakom sekundarne razvodnice podzemnih voda

Vodoopskrbni sustav Mohovo-Šarengrad koristio je zdenac B-1 u Mohovu koji je izveden 1979. godine na temelju rezultata prethodnih hidrogeoloških istraživanja.

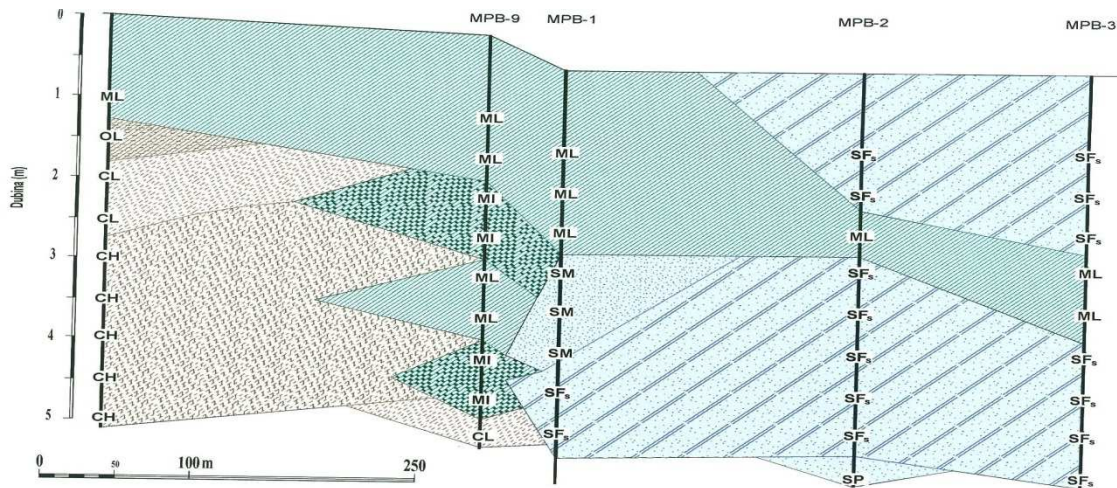
Na crpilištu Mohova postoje tri zdenca (slika 4.1.1), jedan stari zdenac (B-1) koji je istina neuporabljiv za crpljenje, ali se može koristiti za opažanje razine podzemne vode, zamjenski zdenac (MZ-1), koji je uključen u eksploataciju te novi zdenac u inudacionom području Dunava MZ-2.

Stari eksploatacijski zdenac B-1 izveden je 1979. godine prema rezultatima prethodnih istraživanja koja su obuhvatila izradbu dviju istraživačko-piezometarskih bušotina. Dubina bušenja iznosila je 50 m ,a zahvaćen je vodnosnik u dubinskom intervalu od 16-30 m. Zamjenski zdenac MZ-1 smješten u neposrednoj blizini zdenca B-1, a zahvatio je vodnosnik u dubinskom intervalu od 17,5-23,5, 25-31 i 39,5-41,5 m.

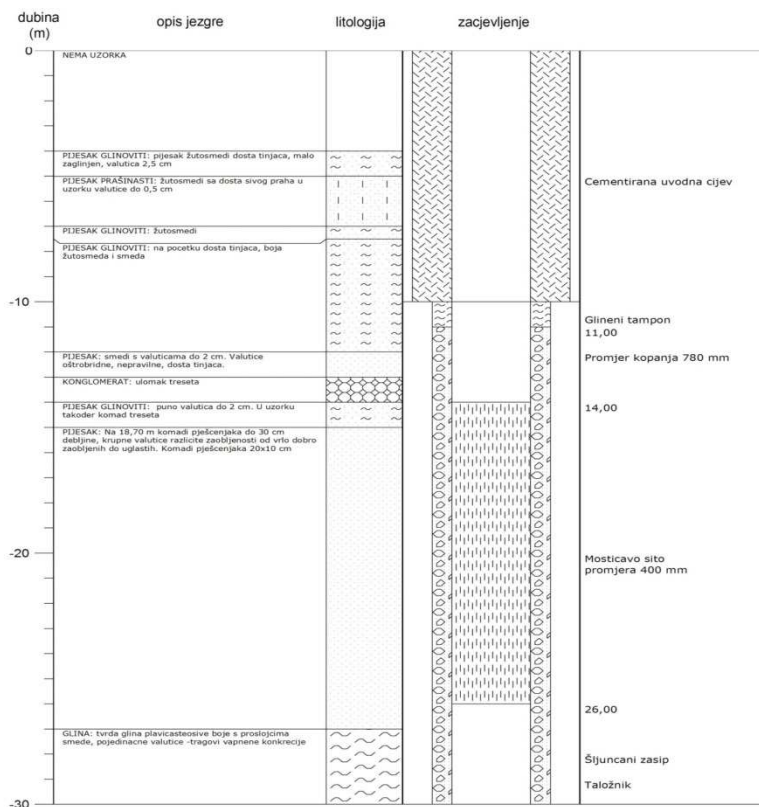


Slika 4.1.4. Korelacijski profil istraživačkih bušotina u području crpilišta Mohovo.

Istraživana su i svojstva te sukcijski i hidrogeološki parametri pripovršinskih naslaga koje su polupropusnih obilježja. Oni su istraživani na temelju podataka o terenskim zapažanjima pri provedbi plitkih prospektorskih bušotina, načinjenih upravo radi istraživanja zaštitnih svojstava pripovršinskih naslaga.



Slika 4.1.5. Profil koreklacije pripovršinskih naslaga na području crpilišta Mohovo.



Slika 4.1.6. Tehnički profil zdenca MZ-2.

Zdenac MZ-2 (slika 4.1.6) prvi je zdenac izveden u inudacionom području Dunava, smješten uz ranije načinjenu istraživačku bušotinu MP-3 (slika 4.1.4) s ciljem definiranja izdašnosti i kakvoće vode

crpilišta u tom području. Zdencom su zahvaćene vodonosne naslage u intervalu od 14,0-27,0 m (slika 4.1.6.).

Provedenim osvajanjem i pokusnim crpljenjem zdenac je osvojen do izdašnosti $Q=25$ l/s. Pri pokusnom crpljenju s 18 l/s sniženje razine vode iznosilo $s=8,65$ m, a specifična izdašnost $q=2,1$ l/s/m, a optimalna eksploatacijska izdašnost zdenca je $Q_{opt}=15$ l/s.

Interpretacijama pokusnih crpljenja postignute su vrijednosti hidrogeoloških parametara prikazane u tablici 4.1.1.

Tablica 3.1.1. Vrijednosti regionalnih parametara vodonosnika i pokrovnih naslaga.

Transmisivnost vodonosnika T (m ² /dan)	Debljina vodonosnika b (m)	Hidraulička vodljivost K (m/dan)	Faktor uskladištenja S	Faktor procjeđivanja λ (m)	Koeficijent procjeđivanja k'/m' (dan ⁻¹)
225	18,5	15	$7,3 \cdot 10^{-4}$	6400	$5,34 \cdot 10^{-4}$

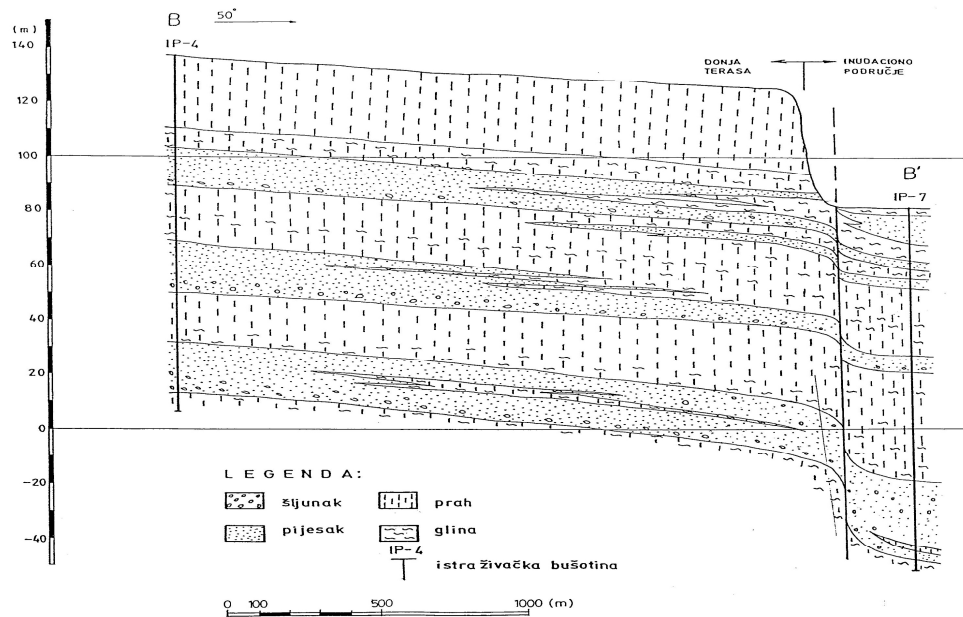
15.9 CRPILIŠTE SKELA

Crpilište Skela je glavno izvorište vodoopskrbnog sustava grada Iloka. Crpilište se nalazi u inundacijskom području Dunava ispod samog grada Iloka. U početku su se za vodoopskrbu Iloka koristili izvori smješteni ispod prapornoga ravnjaka uz sam rub inundacijskog područja Dunava. Na tim izvorima otjecale su podzemne vode iz najplićeg sloja pijeska ispod prapornog pokrova. Kako se u vodonosnik procjeđivala voda iz gradske kanalizacije to su bile učestale pojave zagađivanja izvora. U kemijskom pogledu voda je bila pogodna za piće. Te pojave zagađivanja izvora i ograničenost količine u sušnim razdobljima bila su poticaj za izvedbu dubokih zdenaca koji su također smješteni u inundacijskom području u neposrednoj blizini ovih izvora.



Slika 4.2.1. Položaj objekata na crpilištu Skela.

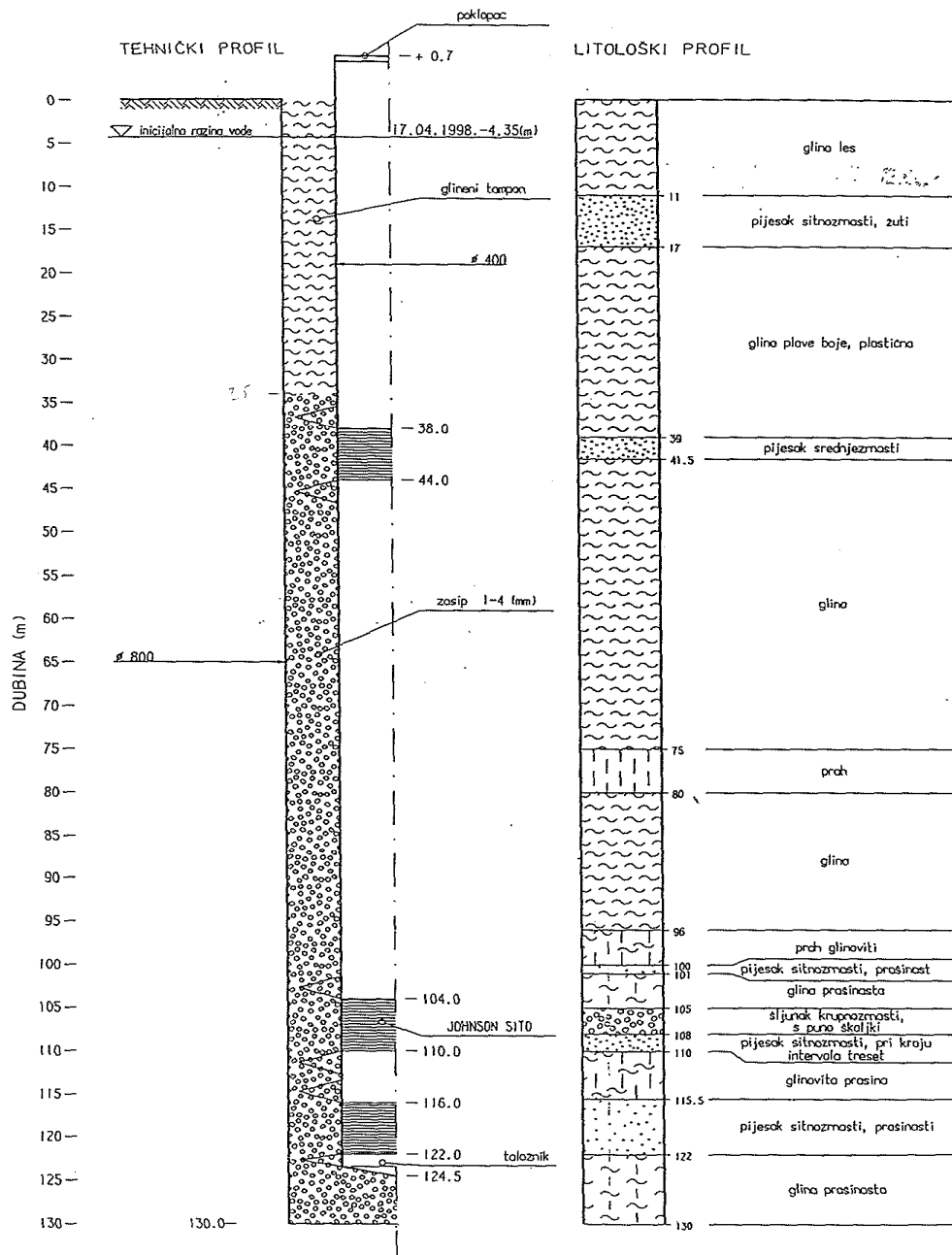
Prva dva pokusno-eksploataciona zdenca (B-1, B-2) izvedena su 1970. godine. Zdenac B-1 načinjen je kraj precrpne postaje, a zbog vrlo male izdašnosti (oko 2 l/s pri enormnom sniženju) nikada nije uključen u vodoopskrbni sustav. Drugi zdenac B-2 (smješten oko 250 m istočno od precrpne postaje) uključen je u vodoopskrbni sustav. Kako je kasnije taj zdenac propjeskario to je 1989. god. u njegovoj blizini načinjen zamjenski zdenac IB-2N.



Slika 4.2.2. Poprečni hidrogeološki profil preko iločkog prapornog ravnjaka od Principovca do dunavskoga inundacijskog područja.

Detaljnija istraživanja šireg područja Iloka provedena su 1986. godine, kada je izvedeno 7 istraživačkih bušotina na širem području Iloka uključujući područje prapornog ravnjaka. Prvi istraživački zdenac načinjen je na platou Principovac. Kemijskom analizom vode prikupljene tijekom pokusnog crpljenja tog zdenca ustanovljen je povišeni sadržaj mangana. Kako je crpna količina toga zdenca bila ograničena velikom dubinom razine podzemne vode i relativno plitkim zalijeganjem vodonosnika zaključeno je da je povoljnije zahvatiti podzemne vode u inundacijskom području Dunava gdje vodonosnik tone pa se otvaraju mogućnosti intenzivnijeg crpljenja podzemnih voda, odnosno većih eksploatacijskih količina. Prvi zdenac načinjen u inundacijskom području Dunava prema rezultatima ovih istraživanja bio je zdenac B-4 smješten neposredno pokraj istraživačke bušotina IP-7. Na bušotini se prelijevala voda, a izmjerena hidrostatička razina bila je oko 3 m iznad razine terena. Zdenac s oznakom B-4 izgrađen je 1987. god. Pri izvedbi zdenca B-4 načinjeni su brojni izvoditeljski propusti pa je izveden zamjenski zdenca IZ-1 na lokaciji neupotrebljivog zdenca IB-4. Još jedna istraživačka bušotina (IP-8) i zdenca IZ-2 smješteni su pokraj precrpne postaje.

Zdenac IB-2N izbušen je do dubine od 128,5 m. Zahvaćeni su slojevi u dubinskim intervalima od 55 do 61 m, od 104 do 108 m i od 112 do 118 m (slika 4.2.2).



Slika 4.2.2. Tehnički profil zdenca IZ-1 na crpilištu Skela.

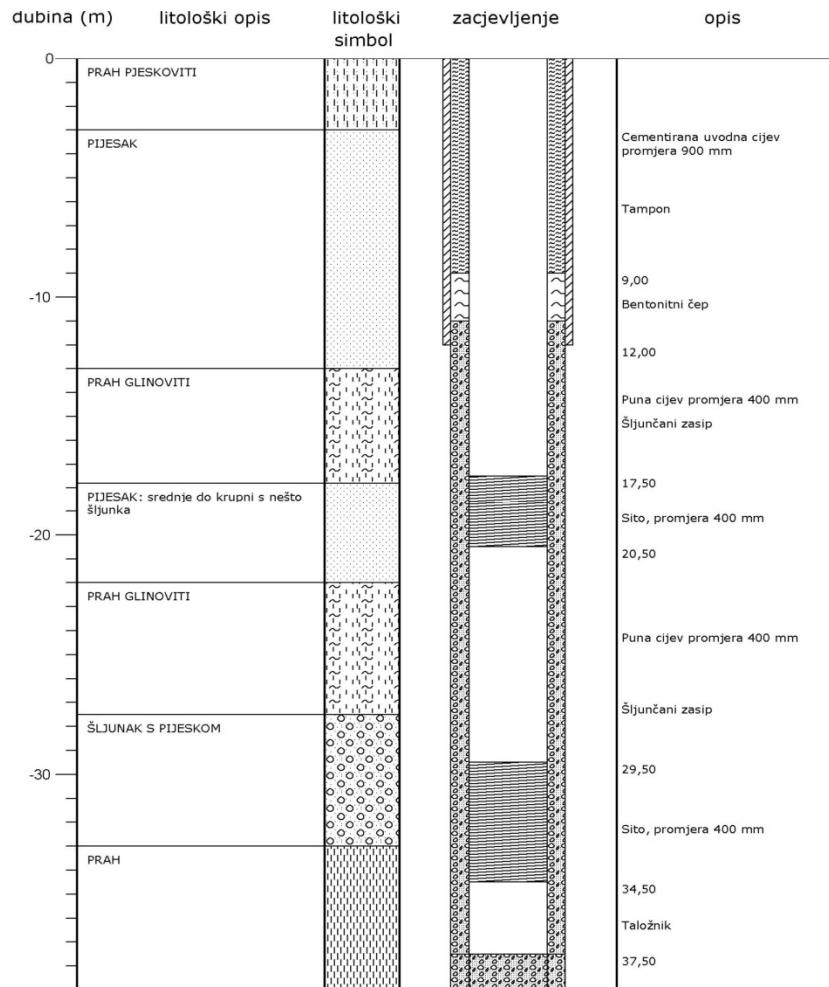
Interpretacijama pokusnih crpljenja postignute su vrijednosti hidrogeoloških parametara prikazane u tablici 4.1.1.

Tablica 4.1.1. Vrijednosti parametara vodonosnika.

Transmisivnost vodonosnika T (m ² /dan)	Debljina vodonosnika b (m)	Hidraulička vodljivost K (m/dan)	Faktor uskladištenja S
396	16-23	21	1,2*10 ⁻³

U nastavku istraživanja iločkog vodoopskrbnog sustava bilo je važno osigurati uvjete za pridobivanje maksimalno raspoloživih količina podzemne vode na crpilištu Skela, jer je to uvjet za nesmetano širenje i održavanje ovoga sustava regionalne vodoopskrbe. Na tom ragu su tijekom 2006. godine u širem inundacijskom području Dunava izvedene 3 istaživačke bušotine koje su zacjevljene kao piezometri radi uzorkovanja i kasniji opažanja kakvoće i razine podzemnih voda.

Bušotina IP-9 izbušena je do 10,0 m dubine i u bušotinu je spuštена uvodna čelična cijev pa je cementiran prstenasti prostor između stijenki bušotine i čelične cijevi. Bušenje je nastavljeno, a sita su ugrađena u intervalu od 27-33 m. Pri čišćenju bušotine airlift je iznosio približno 5-5,5 l/s vode, a po provedenom čišćenju iz bušotine je slobodno preljevalo oko 5 l/s. Točka preljeva nadvisuje teren oko 0,75 m.



Slika 4.2.3. Tehnički profil zdenca Z-3.

Zdenac Z-3 izveden je kao prvi istraživački zdenac u području istočno od crpilišta Skela prema dunavskom mostu. Lokacija zdenca postavljena je između plitke i duboke piezometarske bušotine na lokaciji piezometarskog gnijezda IP-9.

Kako je u vodnosniku voda pod tlakom, bušenje je obavljeno metodom kopanja bagerom s istovremenim utiskivanjem pomoćnog zacjevljenja laviranjem. U bušotinu je do dubine 12 m ugrađena cijev promjera 900 mm koja je učvršćena cementom. Bušenje je nastavljeno uz utiskivanje pomoćnog zacjevljenja promjera 800 mm do dubine 39 m. Tijekom nastavka bušenja, voda se kontinuirano crpila iz oba piezometra, ukupno oko 4,5 l/s. Voda iz dubljeg piezometra je i dalje preljevala (procjenjeno je na oko 1,5-2 l/s). U zdenac je ugrađena konstrukcija sa sitima u intervalu od 17,5-20,5 i 29,5-34,5 m.

Provedenom interpretacijom pokusnog crpljenja zdenca Z-3 postignute su vrijednosti hidrogeoloških parametara prikazane u tablici 4.1.1.

Tablica 4.1.2. Vrijednosti parametara vodonosnika zdenca z-3.

Transmisivnost vodonosnika T (m ² /dan)	Debljina vodonosnika b (m)	Hidraulička vodljivost K (m/dan)	Faktor uskladištenja S
181	10,5	18	$8 \cdot 10^{-3}$

16 HIDROGEOLOŠKA SVOJSTVA PRIPOVRSINSKIH NASLAGA

Kako Dunav prilikom erozije zashvaća površinske naslage tako će u nastavku biti prikazane osnovne geološke karakteristike istih. Ove površinske naslage vrlo su značajne u napajanju vodonosnih slojeva u dubljim dijelovima geoloških struktura te ih je zbog toga potrebno detaljnije razmotriti.

Istraživanja hidrogeoloških i hidrauličkih parametara pripovršinskih naslaga koje su polupropusnih obilježja temeljila su se na terenskim zapažanjima pri prospekciji terena i provedbi plitkih prospektorskih bušotina, načinjenih upravo radi istraživanja zaštitnih svojstava pripovršinskih naslaga u okolici i širem području zaštite crpilišta.

Identifikacija hidrogeoloških svojstava provedena je prvenstveno na temelju podataka o AC klasifikaciji i granulometrijskoga sastava. Naime AC klasifikacija se zasniva na terenskoj procjeni matričnih svojstava tla, a granulometrijska analiza prikazuje težinski udjel sadržaja osnovnih frakcija pa ovi podaci mogu poslužiti za ozbiljnu teorijsku analizu matričnih svojstava i izračun parametara. Pri takvoj kvalitativnoj i kvantitativnoj prosudbi o brojnim fizikalnim značajkama tla korišten je trokutni dijagram koji su za slične potrebe konstruirali Shirazi i Boersma (1984). To je troosni teksturni dijagram statističke raspodjele pijeska, praha i gline, koji se naslanja na USDA klasifikacijsku shemu. U njemu se tlo prikazuje prema statističkim obilježjima raspodjele sadržaja čestica različite veličine, a grafička predodžba temelji se na dva osnovna zapažanja. Prvo je da se raspodjela čestica najbolje predočava pomoću logaritma veličine njihovoga promjera, druga da odnos broja čestica danoga promjera (odnosno raspona promjera) s logaritmom toga promjera približno slijedi normalnu statističku raspodjelu, pa se može aproksimirati s Gaussovom distribucijskom funkcijom.

Za istaknuti je da je u svim izračunima odnosa hidrauličke vodljivosti u ovisnosti o teksturi uključena pretpostavka da je kruti matriks manje više slučajno raspoređen u prostoru. tako dobivene vrijednosti ne mogu korektno predvidjeti saturiranu hidrauličku vodljivost tla koje sadrži velike međuslojne pukotine i raznovrsne šupljine ili kanale kakvi mogu nastati pri skupljanju glinovitoga tla pri dugotrajnim sušama.

Općenito se može zaključiti da se provedenim istraživanjima na temelju relativno jednostavnih prospektorskih bušenja i teorijske rasprave o svojstvima analiziranih uzoraka polučilo izuzetno dobro upoznavanje osnovnih svojstava i veličine hidrogeoloških parametara pripovršinskih polupropusnih naslaga. Na taj način su kvalitativna terenska zapažanja i rezultati granulometrijskih analiza

preoblikovani i egzaktno kvantificirane u numeričke veličine predočene odgovarajućim parametrima (tablica1).

U konačnom izračunu hidrauličke vodljivosti pretpostavljene su dvije inačice konzistencije naslaga. Jedna se odnosi na normalne pripovršinske tvorevine koje bi mogle odgovarati naslagama povremeno obrađivanoga tla i općenito naslagama s manjom gustoćom krutine, a druga za geološki konsolidirane tvorevine, odnosno za naslage na većoj dubini, pa prema tome iznesene vrijednosti predočavaju mogući raspon veličine odnosnoga parametra. U ovom slučaju su za konsolidirane naslage korišteni rezultati laboratorijskih analiza gustoće suhoga uzorka.

Općenito se može uzeti da saturirana hidraulička vodljivost navedena za nekonsolidirane naslage može predstavljati hidrauličku vodljivost humusnoga sloja debljine oko 0,2 do 0,6 m, dok hidraulička vodljivost geološki konsolidiranih naslaga odgovara minimalnoj hidrauličkoj vodljivosti dubljih naslaga. Ovdje također treba istaknuti da se polučene veličine dobro podudaraju i s literaturnim podacima što podiže sigurnost u prikazanu raspodjelu odnosnih veličina. Prema tome ovi podaci mogu predstavljati dobar uvid u raspored svojstava pripovršinskih naslaga.

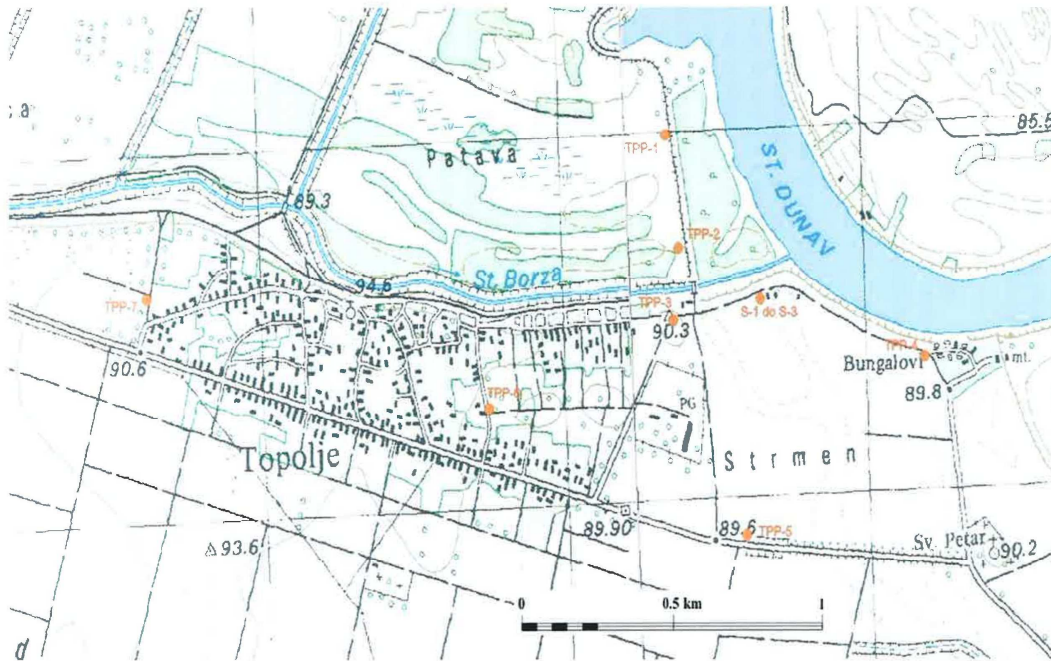
16.1 PODRUČJE TOPOLJA

Osnovno obilježje površinskih naslaga koje prekrivaju zahvaćeni vodonosnik na području Topolja je da su izgrađene od prašinih, glinenih i vrlo sitno pješćanih tvorevina te da im se debljina kreće u rasponu od oko 10 do 20 m. Najmanja debljina je u području bušotine TO-2 oko 8 m. U neposrednoj okolici prvoga zdenca TOZ-1 debljina prašinsto-glinovitih pokrovnih naslaga je najveća, iznosi oko 20 m, a prema istoku opada na oko 12 m kraj bušotine TO-3, a prema jugu na oko 9 m kraj bušotine TO-4.

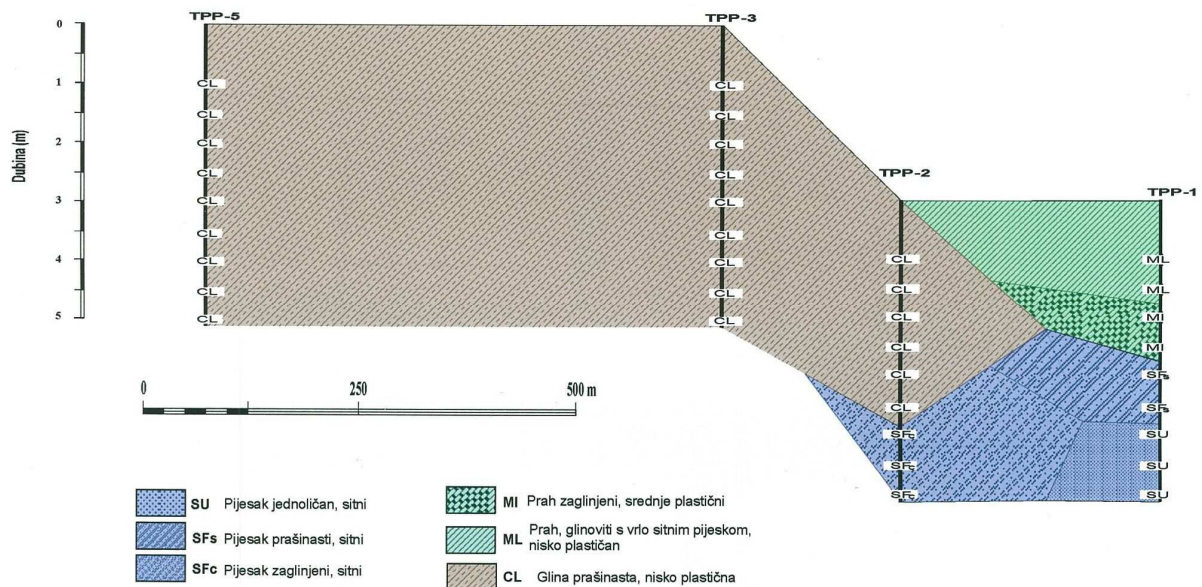
U litološkoj građi se na površini zapaža zaglinjeni humusni sloj a u njegovom sadržaju prevladavaju čestice praha. Slijede prašinate gline i glinoviti prah do oko 5-10 m dubine, a ispod njih slijede naslage praha raznovrsnih obilježja, od zaglinjenog do prašinstoga praha koji u pravilu prelazi u prašinate pijeske na dodiru sa vodonosnikom. Ovaj opći slijed sitnozrnatih površinskih tvorevina ponegdje se razlikuje prvenstveno zbog pojave leća prašinstoga pijeska.

Načinjeno je ukupno 7 prospektorskih bušotina dubine po 5 m. U svim bušotinama analiziran je uzorak svakih pola metra dubine, tako da se raspolagalo s ukupno 70 uzoraka. Na terenu je načinjena vizualna identifikacija tla i AC klasifikacija ne temelju koje su narisani profili litološkoga razvitka pripovršinskih naslaga.

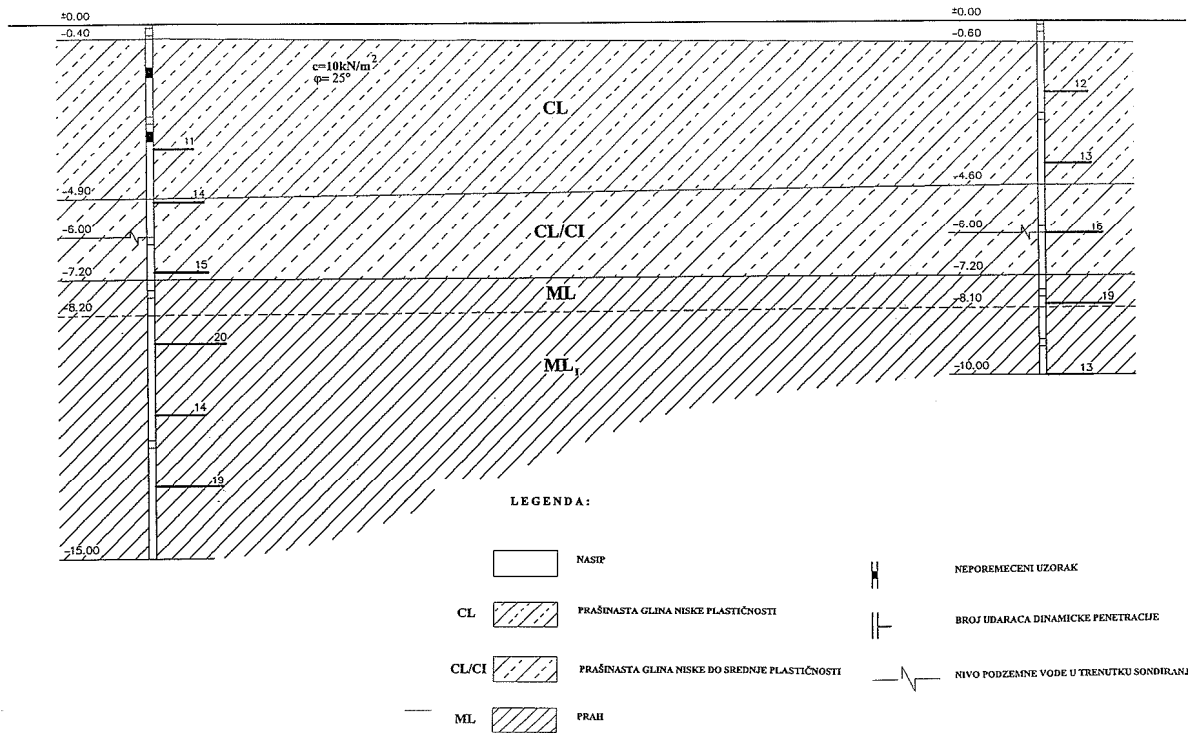
Također su detaljno analizirani i obrađeni profilu geomehaničkih bušotina i laboratorijske analize uzoraka iz njih. Izvedene su tri geomehničke bušotine, dvije po 10 i jedna od 15 m, a sve su na samoj lokaciji crpilišta nekoliko desetaka metara južno i jugozapadno od zdenca.



Slika 1. Lokacije prospektorskih bušotina.



Slika 2. Korelacijski profili prospektorskih bušotina na području Topolja.



Slika 3. Korelacijski profili geomehaničkih bušotina na području Topolja.

Parametri prikazani u tablicama 1 i 2 izračunani su na temelju terenskih zapažanja o matričnim svojstvima jezgre svih prospektorskih bušotina kao i prema detriminaciji jezgre svih geomehaničkih bušotina. Za uzorke iz geomehaničkih bušotina koji su laboratorijski ispitivani izračun je načinjen na temelju parametara koji su polučeni pri tim laboratorijskim analizama. To je također uvršteno u tablice 1 i 2.

Tablica 1. Hidrogeološki parametri pripovršinskih naslaga.

Bušotina	Dubina uzoraka	Sadržaj sitnih čestica (u dijelovima)		Normalne pripovršinske naslage			Konsolidirane naslage		
				Hidraulička vodljivost	Specifična površina		Hidraulička vodljivost	Specifična površina	
	(m)	prah	glina	K m/s	$f_k \text{ m}^{-1}$	$f_m \text{ m}^2/\text{g}$	K (m/s)	$f_k \text{ m}^{-1}$	$f_k \text{ m}^2/\text{g}$
Prema laboratorijskim analizama uzoraka iz geomehaničkih bušotina smještenih na lokaciji crpilišta									
S-1	2,7	0,74	0,18	7,32E-07	6,40E+05	2,42E-01	8,07E-08	1,93E+06	7,28E-01
	11,8	0,65	0,1	1,77E-06	4,11E+05	1,55E-01	3,45E-07	9,32E+05	3,52E-01
S-2	5,6	0,77	0,16	7,53E-07	6,31E+05	2,38E-01	7,89E-08	1,95E+06	7,36E-01
	6,9	0,78	0,07	1,35E-06	4,72E+05	1,78E-01	2,65E-07	1,06E+06	4,01E-01

					05			6	01
Prema terernskoj AC klasifikaciji jezgre iz geomehaničkih bušotina smještenih na lokaciji crpilišta									
S-1	0,4-4,9	0,75	0,18	7,06E-07	6,52E+05	2,46E-01	7,40E-08	2,01E+06	7,60E-01
	4,9-7,2	0,77	0,2	5,71E-07	7,25E+05	2,74E-01	5,80E-08	2,27E+06	8,58E-01
	7,2-8,2	0,79	0,05	1,49E-06	4,48E+05	1,69E-01	3,04E-07	9,94E+05	3,75E-01
	8,2-15,0	0,65	0,1	1,77E-06	4,11E+05	1,55E-01	3,41E-07	9,38E+05	3,54E-01
S-2	0,6-4,6	0,75	0,18	7,06E-07	6,52E+05	2,46E-01	7,40E-08	2,01E+06	7,60E-01
	4,6-7,2	0,77	0,2	5,71E-07	7,25E+05	2,74E-01	5,80E-08	2,27E+06	8,58E-01
	7,2-8,1	0,79	0,05	1,49E-06	4,48E+05	1,69E-01	3,04E-07	9,94E+05	3,75E-01
	8,1-10,0	0,65	0,1	1,77E-06	4,11E+05	1,55E-01	3,41E-07	9,38E+05	3,54E-01
S-3	0,5-4,3	0,75	0,18	7,06E-07	6,52E+05	2,46E-01	7,40E-08	2,01E+06	7,60E-01
	4,3-6,5	0,77	0,2	5,71E-07	7,25E+05	2,74E-01	5,80E-08	2,27E+06	8,58E-01
	6,5-7,1	0,79	0,05	1,49E-06	4,48E+05	1,69E-01	3,04E-07	9,94E+05	3,75E-01
	7,1-10,0	0,65	0,1	1,77E-06	4,11E+05	1,55E-01	3,41E-07	9,38E+05	3,54E-01
Prema terernskoj AC klasifikaciji jezgre iz prospektorskih bušotina smještenih u okolici crpilišta									
TPP-1	0,5-1,5	0,79	0,04	1,60E-06	4,33E+05	1,63E-01	3,51E-07	9,24E+05	3,49E-01
	2,0-2,5	0,62	0,18	1,14E-06	5,13E+05	1,93E-01	1,60E-07	1,37E+06	5,17E-01
	3,0-3,5	0,42	0,03	6,74E-06	2,11E+05	7,96E-02	2,63E-06	3,38E+05	1,27E-01
	4,0-4,5	0,18	0,01	1,88E-05	1,26E+05	4,77E-02	1,03E-05	1,70E+05	6,43E-02
TPP-2	1,0	0,72	0,17	8,45E-07	5,96E+05	2,25E-01	9,91E-08	1,74E+06	6,57E-01
	1,5-3,5	0,76	0,22	5,16E-07	7,62E+05	2,88E-01	4,47E-08	2,59E+06	9,78E-01
	4,0-5,0	0,35	0,08	6,18E-06	2,20E+05	8,31E-02	1,74E-06	4,15E+05	1,57E-01
TPP-3	1,0-5,0	0,68	0,23	6,48E-07	6,81E+05	2,57E-01	5,75E-08	2,28E+06	8,62E-01
TPP-4	1,0-1,5	0,7	0,25	5,24E-07	7,57E+05	2,86E-01	4,30E-08	2,64E+06	9,97E-01
	2,0-3,5	0,68	0,17	9,80E-07	5,53E+05	2,09E-01	1,26E-07	1,54E+06	5,83E-01
	4,0-5,0	0,76	0,18	6,80E-07	6,64E+05	2,51E-01	6,73E-08	2,11E+06	7,97E-01

TPP-5	1,0-1,5	0,70 0	0,25 0	5,24E-07	7,57E+ 05	2,86E-01	4,30E-08	2,64E+0 6	9,97E- 01
	2,0-3,5	0,68 0	0,17 0	9,80E-07	5,53E+ 05	2,09E-01	1,26E-07	1,54E+0 6	5,83E- 01
	4,0-5,0	0,76 0	0,18 0	6,80E-07	6,64E+ 05	2,51E-01	6,73E-08	2,11E+0 6	7,97E- 01
TPP-6	1,0-1,5	0,70 0	0,25 0	5,24E-07	7,57E+ 05	2,86E-01	4,09E-08	2,71E+0 6	1,02E+ 00
	2,0-5,0	0,7	0,16	9,75E-07	5,55E+ 05	2,09E-01	1,22E-07	1,57E+0 6	5,91E- 01
TPP-7	1,0-2,0	0,73	0,22	5,77E-07	7,21E+ 05	2,72E-01	4,50E-08	2,58E+0 6	9,75E- 01
	2,5-3,5	0,71	0,16	9,40E-07	5,65E+ 05	2,13E-01	1,27E-07	1,53E+0 6	5,79E- 01
	4,0-4,5	0,25	0,03	1,26E-05	1,54E+ 05	5,81E-02	5,29E-06	2,38E+0 5	8,99E- 02

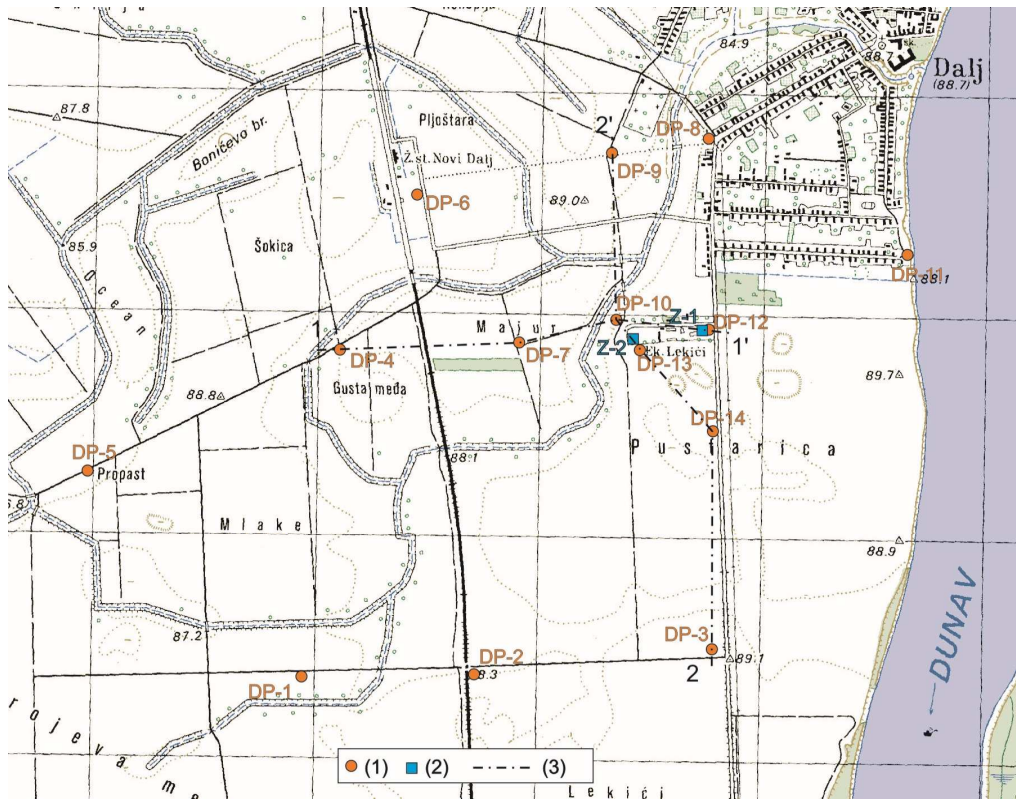
Tablica 2. Rezultati laboratorijskih analiza Attebergovih granica, gustoće uzorka te ocjena mineralnog sastava glinenih čestica prema Skamptonovoj klasifikaciji

Položaj uzorka	Vlažnost %					Gustoća			Rezultat ispitivanja hidrauličke vodljivosti K (m/s)	Odredbe			
	Dubina d (m)	Prirodna	Attebergove granice			Prirodna ρ	Krutine ρ_z	Suhoga uzorka ρ_s		AC oznaka	Težinski adržaj $W_{0,002}$ %	Učinak gline $A = \frac{IP}{W_{0,002}}$	Skamptonova klasifikacija mineralnoga sastava glinenih čestica
Granica tečenja W_L			Plastič- nosti W_p	Indeks plastičnosti IP									
S-1	1,3					1,92	2,6 9	1,64					
	2,7	18, 1	31,3 6	19,2 5	12,1 1				CL	18	0,67		
	3,2	22, 8				2,1	2,7 7	1,64	1,12E- 07			Kaolinitne i ilitne	
	6,1	27, 1							CL/CI				

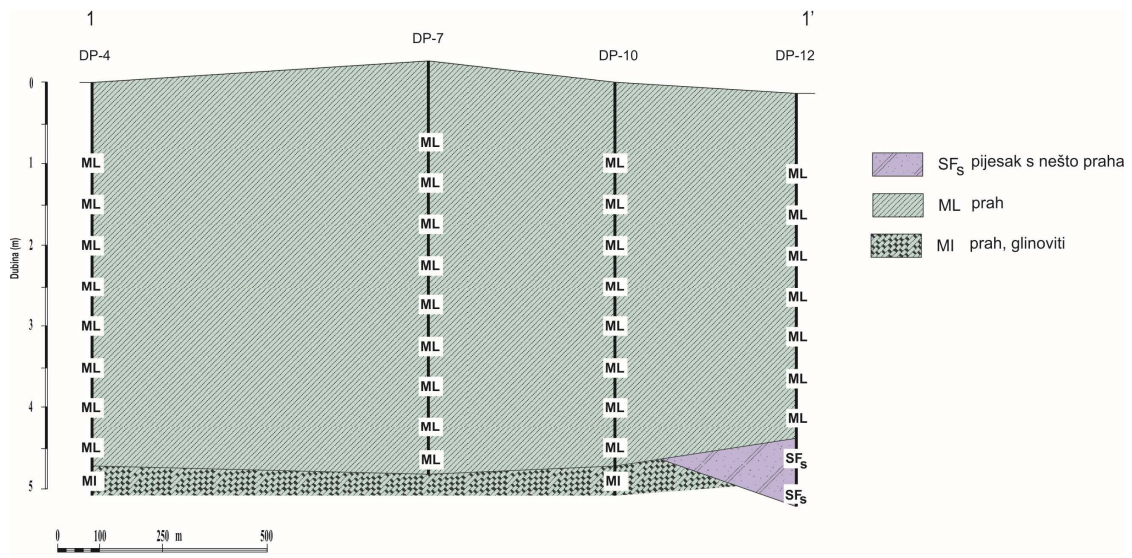
	7,6	30,6								ML			
	11,8	28,4	33,81	28,81	5,0	2,02	2,7	1,60		ML _i	10	0,5	Pretežito kaolinitne, nešto ilitnih
	2,5	19,3								CL			
S-2	5,6	23,6	35,10	21,79	13,32	2,02	2,75	1,64		CL/CI	16	0,83	Pretežito ilitne i nešto kaolinitnih
	6,9	29,6	30,69	24,68	6,01		2,74			MI	7	0,85	Pretežito ilitne i nešto kaolinitnih
	8,9	23,5								ML _i			

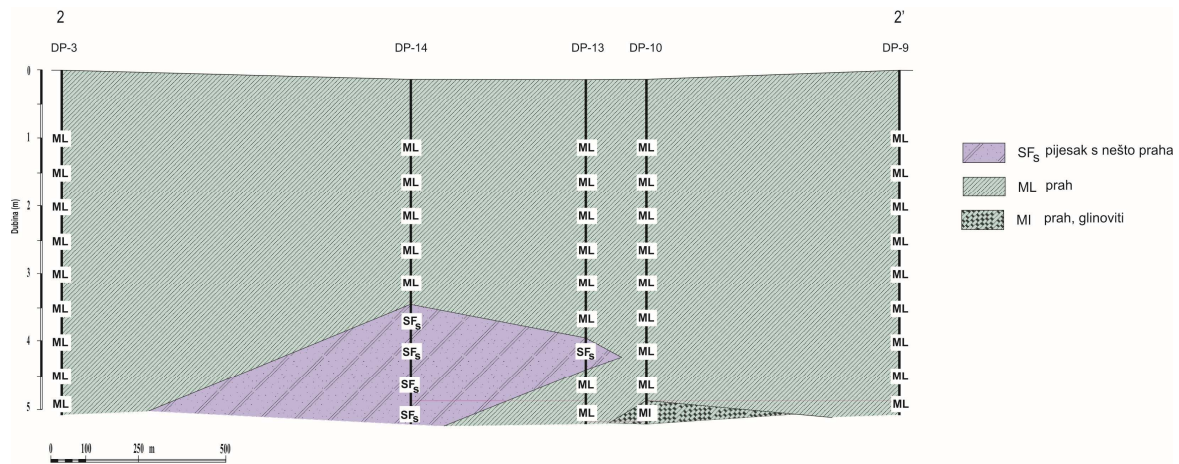
16.2 PODRUČJE DALJA

Pod pripovršinskim naslagama smatraju se polupropusne tvorevine koje prekrivaju vodonosnik zahvaćen zdencima crpilišta Dalj. One su izgrađene od sitnoklastičnih tvorevina pretežito praha i gline, a podređeno se pojavljuje prašinski pijesak, prvenstveno kao leće uložene u prašinsti-glinovitim tvorevinama. Debljina ovih polupropusnih naslaga se u širem području crpilišta kreće oko 10 m. Na širem području crpilišta Dalj izvedeno je 14 prospektorskih bušotina (slika 2).



Slika 4. Lokacije prospektorskih bušotina. Oznake: (1) lokacije prospektorskih bušotina, (2) lokacije eksploatacijskih zdenaca, (3) trase korelacijskih profila





Slika 5. Korelacijski profili prospektorskih bušotina na području Dalja.

U tablici 3 prikazane su postignute vrijednosti hidrogeoloških parametara pripovršinskih naslaga na području Dalja.

Tablica 3. Hidrogeološki parametri pripovršinskih naslaga

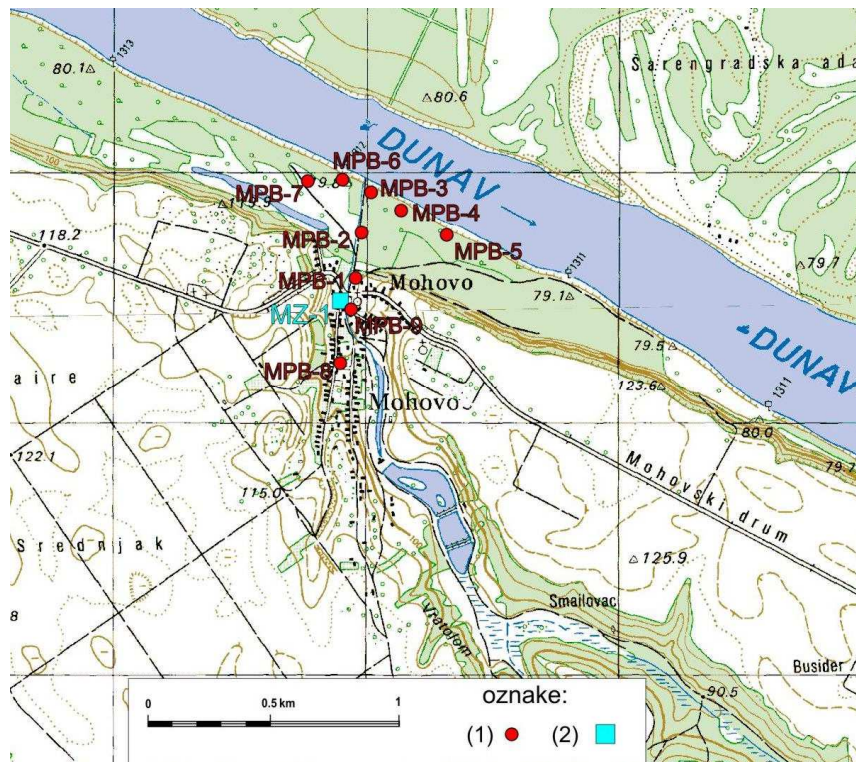
Bušotina	Dubina uzoraka (m)	Sadržaj sitnih čestica (u dijelovima)		Normalne pripovršinske naslage			Konsolidirane naslage		
		prah	glina	Hidraulička vodljivost K m/s	Specifična površina		Hidraulička vodljivost K (m/s)	Specifična površina	
					$f_k \text{ m}^{-1}$	$f_m \text{ m}^2/\text{g}$		$f_k \text{ m}^{-1}$	$f_k \text{ m}^2/\text{g}$
DP-1	0,5-5,0	0,75	0,18	7,06E-07	6,52E+05	2,46E-01	8,50E-08	1,88E+06	7,09E-01
DP-2	0,5-2,5	0,79	0,08	1,21E-06	4,97E+05	1,88E-01	1,95E-07	1,24E+06	4,68E-01
	2,5-3,5	0,73	0,18	7,60E-07	6,28E+05	2,37E-01	9,15E-08	1,81E+06	6,83E-01
DP-3	3,5-5,0	0,71	0,13	1,16E-06	5,10E+05	1,92E-01	1,71E-07	1,32E+06	4,99E-01
	0,5-3,0	0,73	0,12	1,15E-06	5,11E+05	1,93E-01	1,94E-07	1,24E+06	4,69E-01
DP-4	3,0-5,0	0,78	0,15	7,77E-07	6,21E+05	2,34E-01	8,74E-08	1,85E+06	6,99E-01
	0,5-2,0	0,68	0,15	1,12E-06	5,16E+05	1,95E-01	1,62E-07	1,36E+06	5,13E-01
DP-5	2,0-4,5	0,77	0,14	8,64E-07	5,89E+05	2,22E-01	1,11E-07	1,64E+06	6,20E-01
	4,0-5,0	0,75	0,20	6,15E-07	6,98E+05	2,64E-01	6,28E-08	2,19E+06	8,25E-01
DP-5	0,5-2,0	0,78	0,07	1,35E-06	4,72E+05	1,78E-01	2,53E-07	1,09E+06	4,11E-01
	2,0-2,5	0,70	0,20	7,40E-07	6,37E+05	2,40E-01	7,93E-08	1,94E+06	7,34E-01

					5				
	2,5-4,0	0,70	0,10	1,48E-06	4,51E+0 5	1,70E-01	2,55E-07	1,08E+06	4,09E-01
	4,0-5,0	0,80	0,16	6,73E-07	6,67E+0 5	2,52E-01	7,26E-08	2,03E+06	7,67E-01
DP-6	0,5-3,0	0,75	0,06	1,62E-06	4,31E+0 5	1,63E-01	3,01E-07	9,99E+05	3,77E-01
	3,0-4,0	0,07	0,15	1,07E-05	1,67E+0 5	6,30E-02	1,59E-06	4,34E+05	1,64E-01
	4,0-5,0	0,78	0,17	6,77E-07	6,66E+0 5	2,51E-01	7,29E-08	2,03E+06	7,65E-01
DP-7	0,5-3,0	0,72	0,10	1,37E-06	4,68E+0 5	1,77E-01	1,69E-07	1,33E+06	5,03E-01
	3,0-5,0	0,73	0,19	7,09E-07	6,50E+0 5	2,45E-01	7,61E-08	1,99E+06	7,49E-01
DP-8	0,5-3,0	0,78	0,03	1,78E-06	4,11E+0 5	1,55E-01	3,75E-07	8,95E+05	3,38E-01
	3,0-5,0	0,78	0,10	1,10E-06	5,23E+0 5	1,97E-01	1,76E-07	1,30E+06	4,92E-01
DP-9	0,5-2,5	0,75	0,06	1,62E-06	4,31E+0 5	1,63E-01	3,18E-07	9,71E+05	3,67E-01
	2,5-3,5	0,71	0,20	7,13E-07	6,49E+0 5	2,45E-01	5,15E-08	2,41E+06	9,11E-01
	3,5-4,5	0,73	0,14	1,00E-06	5,47E+0 5	2,07E-01	1,44E-07	1,44E+06	5,44E-01
	4,5-5,0	0,77	0,20	5,71E-07	7,25E+0 5	2,74E-01	5,65E-08	2,30E+06	8,70E-01
DP-10	0,5-2,0	0,75	0,07	1,51E-06	4,46E+0 5	1,68E-01	2,70E-07	1,05E+06	3,98E-01
	2,0-5,0	0,76	0,19	6,35E-07	6,87E+0 5	2,59E-01	6,48E-08	2,15E+06	8,12E-01
DP11	0,5-5,0	0,75	0,14	9,30E-07	5,68E+0 5	2,14E-01	1,38E-07	1,48E+06	5,57E-01
DP-12	0,5-2,5	0,65	0,18	1,02E-06	5,42E+0 5	2,04E-01	1,31E-07	1,51E+06	5,71E-01
	2,5-4,0	0,78	0,14	8,32E-07	6,00E+0 5	2,27E-01	1,07E-07	1,67E+06	6,31E-01
	4,0-5,0	0,50	0,03	5,01E-06	2,45E+0 5	9,23E-02	1,62E-06	4,30E+05	1,62E-01
DP-13	0,5-2,0	0,65	0,02	3,08E-06	3,12E+0 5	1,18E-01	8,58E-07	5,91E+05	2,23E-01
	2,0-3,5	0,70	0,14	1,12E-06	5,18E+0 5	1,95E-01	1,48E-07	1,42E+06	5,38E-01
	3,5-4,0	0,40	0,01	8,33E-06	1,90E+0 5	7,16E-02	3,39E-06	2,98E+05	1,12E-01
	4,0-5,0	0,78	0,19	5,90E-07	7,13E+0 5	2,69E-01	5,47E-08	2,34E+06	8,83E-01
DP-14	0,5-2,5	0,73	0,10	1,32E-06	4,77E+0	1,80E-01	2,26E-07	1,15E+06	4,35E-01

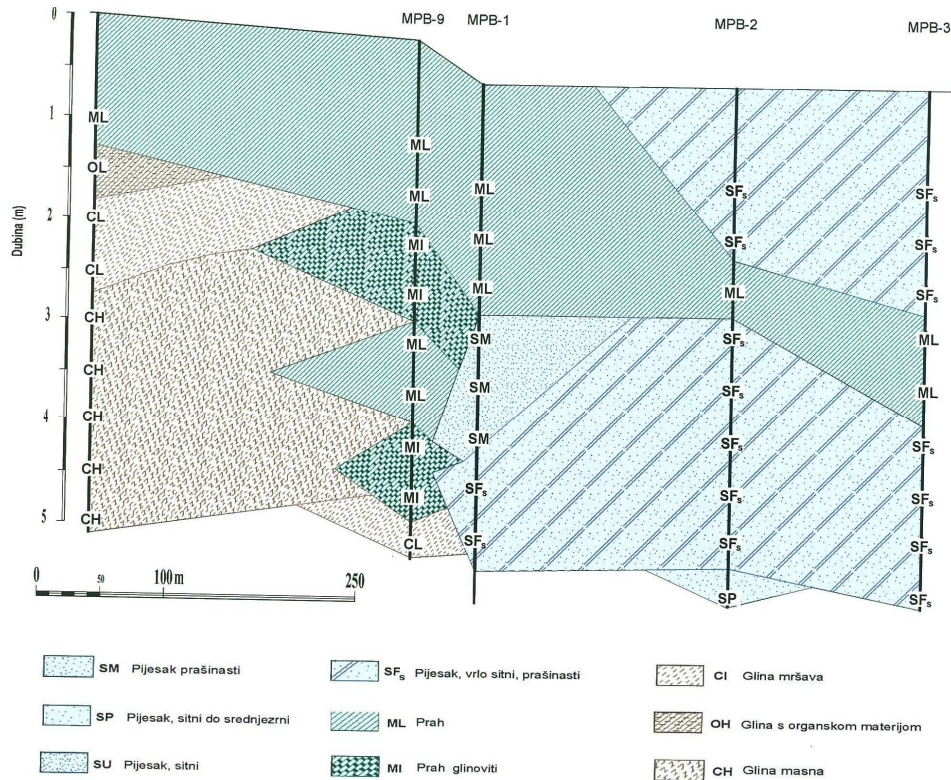
					5				
	2,5-3,0	0,72	0,17	8,45E-07	5,96E+0 5	2,25E-01	1,07E-07	1,67E+06	6,32E-01
	3,0-5,0	0,44	0,01	7,18E-06	2,04E+0 5	7,71E-02	2,68E-06	3,35E+05	1,26E-01

16.3 PODRUČJE MOHOVA

Istraživano područje Mohova karakteriziraju dvije vrlo različite hidrogeološke jedinice koje se pojavljuju u morfološki različitim područjima. U inundacijskom području površinske naslage izgrađene su od praškasto-pjeskovitih slabo zaglinjenih tvorevina debljine nekoliko metara. U ovom području načinjeno je ukupno 7 prospektorskih bušotina dubine do 5 m. Smještene su u obliku slova T, tako da oblikuju izdužni i popriječni profil (slika 6). Dvije bušotine položene su u mohovskom surduku prapornoga ravnjaka. Na terenu je načinjena vizualna identifikacija tla i AC klasifikacija ne temelju koje su nacrtani profili litološke korelacije razvitka pripovršinskih naslage (slika 7).



Slika 6. Položaj prospektorskih bušotina u okolici inundacijskom području Dunava kod Mohova. Oznake (1) prospektorske bušotine, (2) položaj postojećih zdenaca na crpilištu Skela, (3) položaj glinokopa s lokacijama geomehaničkih bušotina na slici 4.9



Slika 7. Korelacijski profili prospektorskih bušotina na području Mohova.

U tablici 4 prikazane su prikazane vrijednosti hidrogeoloških parametara pripovršinskih naslaga na području Mohova.

Tablica 4. Hidrogeološki parametri pripovršinskih naslaga na području Mohova.

Bušotina	Dubina uzoraka (m)	Sadržaj sitnih čestica (u dijelovima)		Normalne pripovršinske naslage			Konsolidirane naslage		
		prah	glina	Hidraulička vodljivost K m/s	Specifična površina		Hidraulička vodljivost K (m/s)	Specifična površina	
					$f_k \text{ m}^{-1}$	$f_m \text{ m}^2/\text{g}$		$f_k \text{ m}^{-1}$	$f_k \text{ m}^2/\text{g}$
MPB-1	1,0-2,0	0,68	0,08	1,82E-06	4,06E+0 5	1,53E-01	3,74E-07	8,96E+05	3,38E-01
	2,5-3,5	0,52	0,04	4,34E-06	2,63E+0 5	9,92E-02	1,33E-06	4,75E+05	1,79E-01
	4,0-4,5	0,34	0,00	1,11E-05	1,64E+0 5	6,19E-02	4,84E-06	2,49E+05	9,40E-02
MPB-2	1,0-1,5	0,20	0,00	1,87E-05	1,27E+0 5	4,78E-02	9,72E-06	1,76E+05	6,63E-02
	2,0	0,70	0,04	2,23E-06	3,67E+0 5	1,38E-01	5,64E-07	7,29E+05	2,75E-01
	2,5	0,40	0,03	7,25E-06	2,03E+0 5	7,67E-02	2,91E-06	3,21E+05	1,21E-01
	3,0-4,5	0,30	0,00	1,29E-05	1,52E+0 5	5,75E-02	5,96E-06	2,24E+05	8,47E-02

					5				
	5,0	0,05	0,00	3,26E-05	9,60E+0 4	3,62E-02	2,03E-05	1,22E+05	4,59E-02
MPB-3	1,0-1,5	0,23	0,00	1,67E-05	1,34E+0 5	5,05E-02	8,34E-06	1,90E+05	7,16E-02
	2,0	0,40	0,00	8,92E-06	1,83E+0 5	6,92E-02	3,68E-06	2,86E+05	1,08E-01
	2,5-3,0	0,78	0,05	1,55E-06	4,40E+0 5	1,66E-01	3,07E-07	9,89E+05	3,73E-01
	3,5-5,0	0,45	0,00	7,42E-06	2,01E+0 5	7,59E-02	2,76E-06	3,29E+05	1,24E-01
MPB-4	1,0	0,55	0,10	2,57E-06	3,42E+0 5	1,29E-01	5,78E-07	7,20E+05	2,72E-01
	1,5	0,45	0,00	7,42E-06	2,01E+0 5	7,59E-02	2,93E-06	3,20E+05	1,21E-01
	2,0-2,5	0,60	0,10	2,14E-06	3,75E+0 5	1,41E-01	9,79E-07	5,54E+05	2,09E-01
	3,0	0,65	0,25	6,30E-07	6,90E+0 5	2,60E-01	5,45E-08	2,35E+06	8,85E-01
	3,5	0,73	0,05	1,86E-06	4,01E+0 5	1,51E-01	4,26E-07	8,39E+05	3,17E-01
	4,0	0,40	0,00	8,92E-06	1,83E+0 5	6,92E-02	3,72E-06	2,84E+05	1,07E-01
	4,5	0,63	0,05	2,70E-06	3,33E+0 5	1,26E-01	7,32E-07	6,40E+05	2,42E-01
	5,0	0,30	0,00	1,29E-05	1,52E+0 5	5,75E-02	5,86E-06	2,26E+05	8,53E-02
MPB-5	1,0-1,5	0,10	0,00	2,71E-05	1,05E+0 5	3,97E-02	1,58E-05	1,38E+05	5,20E-02
	2,0-3,0	0,60	0,30	5,37E-07	7,47E+0 5	2,82E-01	4,24E-08	2,66E+06	1,00E+0 0
	3,5-4,5	0,45	0,03	6,03E-06	2,23E+0 5	8,42E-02	2,15E-06	3,74E+05	1,41E-01
	5,0	0,40	0,00	8,92E-06	1,83E+0 5	6,92E-02	4,09E-06	2,71E+05	1,02E-01
MPB-6	1,0-2,0	0,60	0,07	2,63E-06	3,38E+0 5	1,28E-01	6,45E-07	6,82E+05	2,57E-01
	2,5-3,5	0,45	0,03	6,03E-06	2,23E+0 5	8,42E-02	2,15E-06	3,74E+05	1,41E-01
	4,0-5,0	0,10	0,00	2,71E-05	1,05E+0 5	3,97E-02	1,58E-05	1,38E+05	5,20E-02
MPB-7	1,0-1,5	0,53	0,00	5,52E-06	2,33E+0 5	8,80E-02	1,89E-06	3,99E+05	1,50E-01
	2,0-2,5	0,38	0,00	9,61E-06	1,77E+0 5	6,67E-02	4,05E-06	2,72E+05	1,03E-01
	3,0-3,5	0,64	0,05	2,60E-06	3,40E+0 5	1,28E-01	6,60E-07	6,74E+05	2,54E-01
	4,0	0,05	0,00	3,26E-05	9,60E+0	3,62E-02	1,99E-05	1,23E+05	4,63E-02

					4				
	4,5	0,03	0,00	3,51E-05	9,25E+0 4	3,49E-02	2,37E-05	1,13E+05	4,25E-02
MPB-8	1,0	0,67	0,08	1,89E-06	3,98E+0 5	1,50E-01	3,98E-07	8,68E+05	3,27E-01
	1,5	0,39	0,38	6,73E-07	6,68E+0 5	2,52E-01	4,23E-08	2,66E+06	1,01E+0 0
	2,0-2,5	0,57	0,33	4,88E-07	7,84E+0 5	2,96E-01	3,89E-08	2,78E+06	1,05E+0 0
	3,0-5,0	0,25	0,66	1,64E-07	1,35E+0 6	5,11E-01	1,61E-09	1,37E+07	5,16E+0 0
	1,0-1,5	0,62	0,08	2,28E-06	3,63E+0 5	1,37E-01	5,54E-07	7,36E+05	2,78E-01
MPB-9	2,0-2,5	0,60	0,30	5,37E-07	7,47E+0 5	2,82E-01	3,85E-08	2,79E+06	1,05E+0 0
	3,0-3,5	0,68	0,10	1,59E-06	4,35E+0 5	1,64E-01	3,09E-07	9,86E+05	3,72E-01
	4,0-4,5	0,65	0,25	6,30E-07	6,90E+0 5	2,60E-01	5,94E-08	2,25E+06	8,48E-01
	5,0	0,45	0,48	2,70E-07	1,05E+0 6	3,98E-01	8,35E-09	5,99E+06	2,26E+0 0

16.4 PODRUČJE ILOKA

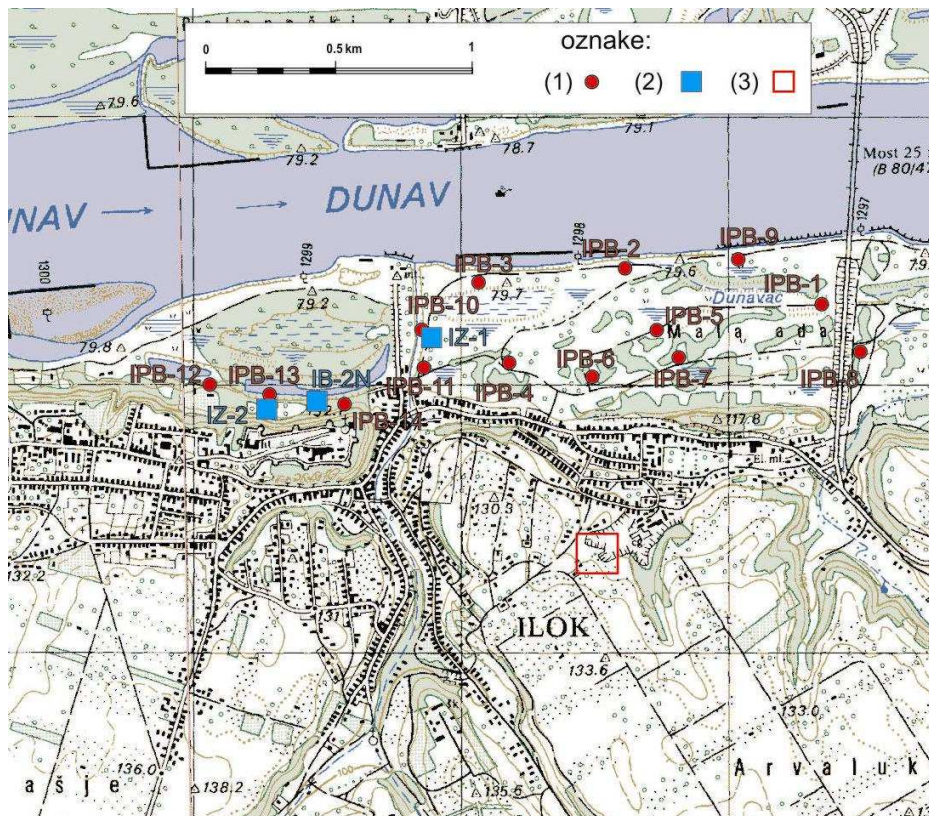
Površinske naslage u širem području Iloka karakteriziraju dvije vrlo različite hidrogeološke jedinice koje se pojavljuju u morfološki različitim područjima. U inundacijskom području površinske naslage izgrađene su od praškasto-pjeskovitih slabo zaglinjenih tvorevina debljine nekoliko metara. U ovom području načinjeno je ukupno 14 prospektorskih bušotina dubine do 5 m. Smještene su u obliku mreže prikladne za konstrukciju uzdužnih i poprječnih profila. Njihov položaj prikazan je na slici 8.

Druga morfološka, litoška, pa i hidrogeološka jedinica je praporni ravnjak, koje je u regionalnom smislu područje napajanja podzemnih voda pa je njemu posvećena pozornost preko uzornog profila naslaga na detaljno istraženom lokalitetu. To je glinokop iločke ciglane na kojem je načinjen veliki broj geomehaničkih bušotina dubine do 34 m.

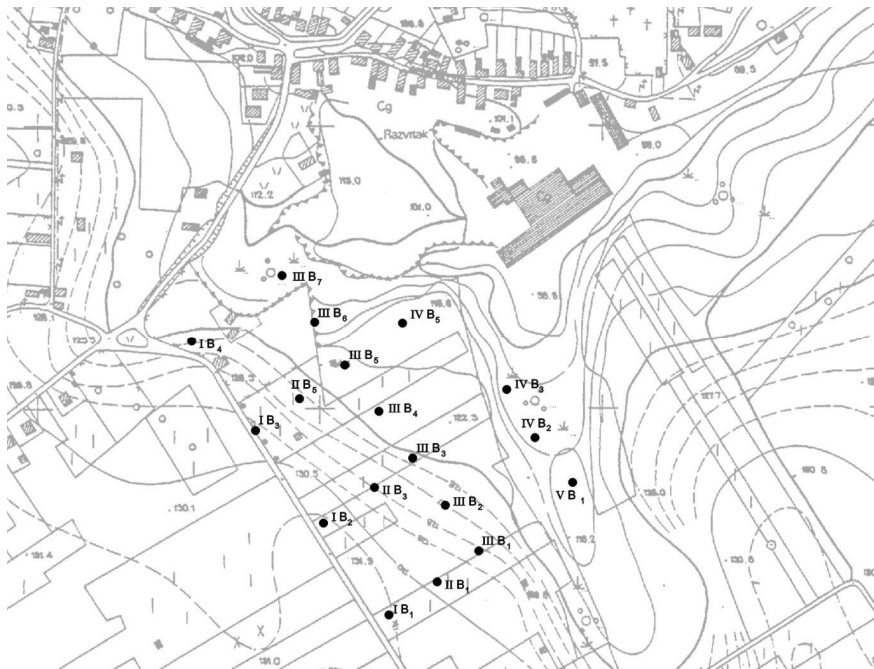
Sve su bušotine izvedene u sklopu istraživanja zaliha ležišta za ciglanu (Vlahović i Jovanović, 1983), a nama su zanimljive kao izvrstan uzorak cjelokupniog profila prapornoga pokrova (slika 9). Profili bušotina su detaljno opisani prema propisima AC klasifikacije, a na 10 bušotina izdvojen je veći broj

uzoraka na kojima su provedena laboratorijska ispitivanja (granulometrijske analize, Attebergove granice, gustoća, te propusnost na permeamtru).

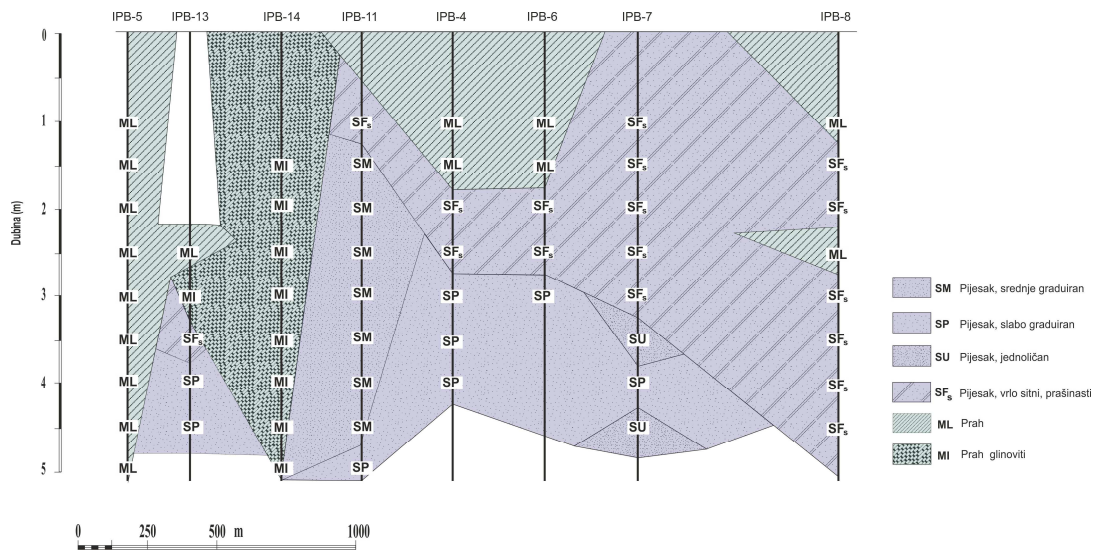
Osnovno zajedničko obilježje površinskih naslaga je da su izgrađene od prašinih, glinenih i vrlo sitno pješčanih tvorevina te da im na užem području Iloka u inundacijskom području debljina iznosi oko nekoliko metara, a na prapornom ravnjaku nekoliko desetaka metara.

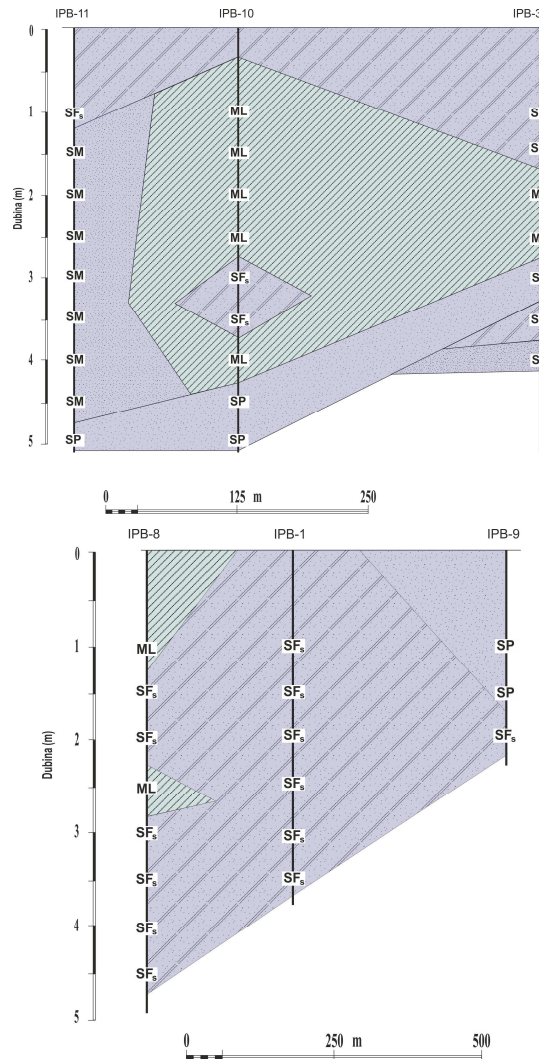


Slika 8. Položaj prospektorskih bušotina u okolici inundacijskom području Dunava. Oznake (1) prospektorske bušotine, (2) položaj postojećih zdenaca na crpilištu Skela, (3) položaj glinokopa sa lokacijama geomehaničkih bušotina na slici 9.



Slika 9. Položaj geomehaničkih bušotina na glinokopu u Iloku.





Slika 10. Korelacijski profili prospektorskih bušotina na području Mohova.

U tablicama 5 i 6 prikazane su postignute vrijednosti hidrogeoloških parametara pripovršinskih naslaga na području Iloka.

Tablica 5. Hidrogeološki parametri pripovršinskih naslaga.

Bušotina	Dubina uzoraka (m)	Sadržaj sitnih čestica (u dijelovima)		Normalne pripovršinske naslage			Konsolidirane naslage		
		prah	glina	Hidraulička vodljivost	Specifična površina		Hidraulička vodljivost	Specifična površina	
				K m/s	$f_k \text{ m}^{-1}$	$f_m \text{ m}^2/\text{g}$		K (m/s)	$f_k \text{ m}^{-1}$
Prema podacima determinacije jezgre prospektorskih bušotina u široj okolici crpilišta									
IPB-1	1,0	0,40	0,00	8,92E-06	1,83E+0 5	6,92E-02	3,94E-06	2,76E+05	1,04E-01
	1,5	0,40	0,03	7,25E-06	2,03E+0 5	7,67E-02	2,61E-06	3,39E+05	1,28E-01
	2-2,5	0,58	0,00	4,58E-06	2,56E+0 5	9,65E-02	1,47E-06	4,52E+05	1,71E-01

	3-3,5	0,32	0,00	1,20E-05	1,58E+0 5	5,97E-02	5,91E-06	2,25E+05	8,51E-02
IPB-2	1,0	0,60	0,00	4,26E-06	2,65E+0 5	1,00E-01	1,41E-06	4,61E+05	1,74E-01
	1,5	0,42	0,00	8,29E-06	1,90E+0 5	7,18E-02	3,28E-06	3,03E+05	1,14E-01
	2,0	0,72	0,03	2,22E-06	3,68E+0 5	1,39E-01	5,24E-07	7,57E+05	2,86E-01
	2,5-3	0,59	0,12	1,93E-06	3,94E+0 5	1,49E-01	3,65E-07	9,07E+05	3,42E-01
	3,5-4,5	0,48	0,10	3,33E-06	3,00E+0 5	1,13E-01	7,81E-07	6,20E+05	2,34E-01
	5,0	0,42	0,00	8,29E-06	1,90E+0 5	7,18E-02	3,28E-06	3,03E+05	1,14E-01
	IPB-3	1,0-1,5	0,45	0,00	7,42E-06	2,01E+0 5	7,59E-02	2,84E-06	3,25E+05
2,0-2,5		0,50	0,10	3,09E-06	3,12E+0 5	1,18E-01	6,94E-07	6,58E+05	2,48E-01
3,0		0,05	0,02	2,84E-05	1,03E+0 5	3,88E-02	1,66E-05	1,35E+05	5,08E-02
3,5		0,30	0,00	1,29E-05	1,52E+0 5	5,75E-02	6,00E-06	2,24E+05	8,44E-02
4,0		0,10	0,00	2,71E-05	1,05E+0 5	3,97E-02	1,58E-05	1,38E+05	5,20E-02
IPB-4	1,0	0,60	0,12	1,86E-06	4,02E+0 5	1,52E-01	3,52E-07	9,24E+05	3,49E-01
	1,5	0,53	0,05	3,91E-06	2,77E+0 5	1,05E-01	1,15E-06	5,10E+05	1,92E-01
	2,0-2,5	0,43	0,00	7,99E-06	1,94E+0 5	7,31E-02	3,16E-06	3,08E+05	1,16E-01
	3,0-4,0	0,30	0,00	1,29E-05	1,52E+0 5	5,75E-02	5,91E-06	2,25E+05	8,50E-02
IPB-5	1,0	0,58	0,03	3,73E-06	2,84E+0 5	1,07E-01	1,09E-06	5,25E+05	1,98E-01
	1,5	0,48	0,00	6,64E-06	2,13E+0 5	8,02E-02	2,49E-06	3,47E+05	1,31E-01
	2,0	0,55	0,08	2,95E-06	3,19E+0 5	1,20E-01	7,09E-07	6,50E+05	2,45E-01
	2,5-3,5	0,40	0,02	7,77E-06	1,96E+0 5	7,41E-02	8,87E-07	5,82E+05	2,19E-01
	4,0-4,5	0,10	0,00	2,71E-05	1,05E+0 5	3,97E-02	1,58E-05	1,38E+05	5,20E-02
IPB-6	1,0	0,62	0,04	3,00E-06	3,16E+0 5	1,19E-01	8,13E-07	6,07E+05	2,29E-01
	1,5	0,54	0,15	1,89E-06	3,99E+0 5	1,50E-01	3,39E-07	9,41E+05	3,55E-01
	2,0-2,5	0,40	0,00	8,92E-06	1,83E+0 5	6,92E-02	3,68E-06	2,86E+05	1,08E-01

	3,0	0,18	0,00	2,01E-05	1,22E+0 5	4,61E-02	1,11E-05	1,65E+05	6,21E-02
IPB-7	1,0-3,0	0,35	0,03	8,73E-06	1,85E+0 5	7,00E-02	3,69E-06	2,85E+05	1,08E-01
	3,5	0,12	0,00	2,51E-05	1,09E+0 5	4,12E-02	1,45E-05	1,44E+05	5,43E-02
	4,0	0,25	0,00	1,55E-05	1,39E+0 5	5,24E-02	7,37E-06	2,02E+05	7,62E-02
	4,5	0,12	0,00	2,51E-05	1,09E+0 5	4,12E-02	1,45E-05	1,44E+05	5,43E-02
IPB-8	1,0	0,78	0,00	2,19E-06	3,70E+0 5	1,40E-01	5,43E-07	7,44E+05	2,81E-01
	1,5-2,0	0,57	0,03	3,87E-06	2,79E+0 5	1,05E-01	1,16E-06	5,09E+05	1,92E-01
	2,5	0,68	0,05	2,24E-06	3,66E+0 5	1,38E-01	5,25E-07	7,56E+05	2,85E-01
	3,0-4,5	0,40	0,02	7,77E-06	1,96E+0 5	7,41E-02	3,20E-06	3,06E+05	1,15E-01
IPB-9	1,0-1,5	0,08	0,00	2,92E-05	1,01E+0 5	3,83E-02	1,71E-05	1,32E+05	4,99E-02
	2,0	0,38	0,00	9,61E-06	1,77E+0 5	6,67E-02	4,09E-06	2,71E+05	1,02E-01
IPB-10	1,0	0,60	0,00	4,26E-06	2,65E+0 5	1,00E-01	1,36E-06	4,69E+05	1,77E-01
	1,5	0,60	0,04	3,23E-06	3,05E+0 5	1,15E-01	8,53E-07	5,93E+05	2,24E-01
	2,0	0,55	0,10	2,57E-06	3,42E+0 5	1,29E-01	5,85E-07	7,16E+05	2,70E-01
	2,5	0,55	0,18	1,48E-06	4,50E+0 5	1,70E-01	2,44E-07	1,11E+06	4,18E-01
	3,0-3,5	0,45	0,03	6,03E-06	2,23E+0 5	8,42E-02	2,09E-06	3,79E+05	1,43E-01
	4,0	0,50	0,18	1,78E-06	4,11E+0 5	1,55E-01	3,18E-07	9,72E+05	3,67E-01
	4,5	0,10	0,00	2,71E-05	1,05E+0 5	3,97E-02	1,63E-05	1,36E+05	5,13E-02
	5,0	0,05	0,00	3,26E-05	9,60E+0 4	3,62E-02	2,06E-05	1,21E+05	4,55E-02
IPB-11	1,0	0,38	0,00	9,61E-06	1,77E+0 5	6,67E-02	4,13E-06	2,69E+05	1,02E-01
	1,5-4,5	0,50	0,07	3,80E-06	2,81E+0 5	1,06E-01	1,13E-06	5,15E+05	1,94E-01
	5,0	0,03	0,00	3,51E-05	9,25E+0 4	3,49E-02	2,33E-05	1,14E+05	4,28E-02
IPB-12	1,0	0,60	0,03	3,46E-06	2,94E+0 5	1,11E-01	1,04E-06	5,38E+05	2,03E-01
	1,5	0,57	0,08	2,74E-06	3,31E+0 5	1,25E-01	6,85E-07	6,62E+05	2,50E-01

	2,0-5,0	0,62	0,17	1,22E-06	4,95E+0 5	1,87E-01	2,01E-07	1,22E+06	4,62E-01
IPB-13	2,5	0,75	0,10	1,23E-06	4,95E+0 5	1,87E-01	2,01E-07	1,22E+06	4,61E-01
	3,0	0,65	0,27	5,49E-07	7,39E+0 5	2,79E-01	4,85E-08	2,49E+06	9,38E-01
	3,5	0,42	0,10	4,16E-06	2,69E+0 5	1,01E-01	1,15E-06	5,12E+05	1,93E-01
	4,0-4,5	0,08	0,00	2,92E-05	1,01E+0 5	3,83E-02	1,70E-05	1,33E+05	5,01E-02
	1,0	0,70	0,05	2,08E-06	3,80E+0 5	1,43E-01	4,87E-07	7,85E+05	2,96E-01
IPB-14	1,5	0,48	0,50	2,11E-07	1,19E+0 6	4,50E-01	5,58E-09	7,33E+06	2,77E+0 0
	2,0	0,43	0,42	4,40E-07	8,25E+0 5	3,11E-01	2,16E-08	3,73E+06	1,41E+0 0
	2,5-3,5	0,54	0,00	5,32E-06	2,38E+0 5	8,96E-02	1,82E-06	4,06E+05	1,53E-01
	4,0	0,47	0,43	3,54E-07	9,20E+0 5	3,47E-01	1,26E-08	4,88E+06	1,84E+0 0
	4,5-5,0	0,25	0,70	1,24E-07	1,55E+0 6	5,87E-01	8,64E-10	1,86E+07	7,03E+0 0
	Prema granulometrijskim analizama uzoraka prapora iz bušotina na glinokopu ciglane								
I.B1	2,8-3,0	0,73	0,10	1,32E-06	4,77E+0 5	1,80E-01	2,11E-07	1,19E+06	4,50E-01
	6,0	0,70	0,17	9,10E-07	5,74E+0 5	2,17E-01	1,16E-07	1,61E+06	6,06E-01
	12,0-18,75	0,70	0,13	1,20E-06	5,00E+0 5	1,89E-01	2,15E-07	1,18E+06	4,46E-01
	15,0-15,25	0,73	0,15	9,35E-07	5,66E+0 5	2,14E-01	1,67E-07	1,34E+06	5,06E-01
	18,5-18,75	0,72	0,14	1,04E-06	5,37E+0 5	2,03E-01	1,87E-07	1,27E+06	4,79E-01
	24,2-24,45	0,63	0,17	1,18E-06	5,04E+0 5	1,90E-01	1,73E-07	1,32E+06	4,97E-01
	34,0	0,73	0,17	8,14E-07	6,07E+0 5	2,29E-01	9,81E-08	1,75E+06	6,60E-01
I.B2	3,5-3,75	0,68	0,12	1,38E-06	4,66E+0 5	1,76E-01	2,33E-07	1,13E+06	4,28E-01
	9,5-9,75	0,62	0,18	1,14E-06	5,13E+0 5	1,93E-01	1,48E-07	1,43E+06	5,38E-01
	19,0-19,25	0,73	0,13	1,07E-06	5,29E+0 5	2,00E-01	1,68E-07	1,34E+06	5,04E-01
	23,0-23,25	0,72	0,17	8,45E-07	5,96E+0 5	2,25E-01	1,07E-07	1,67E+06	6,32E-01
	25,50- 25,75	0,74	0,16	8,41E-07	5,97E+0 5	2,25E-01	9,52E-08	1,78E+06	6,70E-01
	32,0	0,75	0,15	8,68E-07	5,88E+0 5	2,22E-01	9,83E-08	1,75E+06	6,59E-01

					5				
I.B3	2,0	0,77	0,07	1,40E-06	4,63E+0 5	1,75E-01	2,68E-07	1,06E+06	3,99E-01
	10,0-10,25	0,76	0,07	1,45E-06	4,54E+0 5	1,71E-01	2,78E-07	1,04E+06	3,92E-01
	20,0	0,77	0,09	1,22E-06	4,96E+0 5	1,87E-01	1,96E-07	1,24E+06	4,67E-01
	30,0	0,70	0,11	1,38E-06	4,67E+0 5	1,76E-01	2,24E-07	1,16E+06	4,36E-01
II.B3	13,0-13,25	0,67	0,17	1,02E-06	5,43E+0 5	2,05E-01	1,39E-07	1,47E+06	5,55E-01
	21,0-21,25	0,71	0,16	9,40E-07	5,65E+0 5	2,13E-01	1,27E-07	1,53E+06	5,79E-01
	25,0-25,25	0,67	0,17	1,02E-06	5,43E+0 5	2,05E-01	1,39E-07	1,47E+06	5,55E-01
	18-20	0,76	0,10	1,18E-06	5,04E+0 5	1,90E-01	1,99E-07	1,23E+06	4,64E-01
	26-28	0,65	0,14	1,35E-06	4,72E+0 5	1,78E-01	2,08E-07	1,20E+06	4,53E-01
II.B5	6,0	0,75	0,14	9,30E-07	5,68E+0 5	2,14E-01	1,18E-07	1,60E+06	6,02E-01
	10,75-11,0	0,76	0,13	9,60E-07	5,59E+0 5	2,11E-01	1,22E-07	1,57E+06	5,93E-01
	16,8-17,05	0,81	0,08	1,13E-06	5,16E+0 5	1,95E-01	1,91E-07	1,25E+06	4,73E-01
	24,0	0,58	0,14	1,74E-06	4,15E+0 5	1,56E-01	3,36E-07	9,45E+05	3,57E-01
	30,0	0,66	0,16	1,13E-06	5,15E+0 5	1,94E-01	1,67E-07	1,34E+06	5,06E-01
III.B3	3,0	0,80	0,08	1,17E-06	5,06E+0 5	1,91E-01	2,03E-07	1,22E+06	4,59E-01
	12,0-12,25	0,78	0,08	1,26E-06	4,88E+0 5	1,84E-01	2,32E-07	1,14E+06	4,29E-01
	17,4-17,65	0,79	0,07	1,30E-06	4,80E+0 5	1,81E-01	2,39E-07	1,12E+06	4,22E-01
IV.B2	8,0-8,25	0,76	0,11	1,10E-06	5,22E+0 5	1,97E-01	1,68E-07	1,34E+06	5,04E-01
IV.B3	7,0	0,70	0,11	1,38E-06	4,67E+0 5	1,76E-01	2,38E-07	1,12E+06	4,23E-01
	18,0	0,69	0,12	1,33E-06	4,74E+0 5	1,79E-01	2,26E-07	1,15E+06	4,34E-01
	26,0	0,73	0,14	1,00E-06	5,47E+0 5	2,07E-01	1,40E-07	1,47E+06	5,53E-01

Tablica 6. Rezultati laboratorijskih analiza Attebergovih granica, gustoće uzorka te ocjena mineralnog sastava glinenih čestica prema Skamptonovoj klasifikaciji za uzorke sitnoklastičnih pripovršinskih tvorevina na lokaciji bazena

Položaj uzorka		Vlažnost %				Gustoća			Rezultat ispitivanja hidrauličke vodljivosti	Odredbe			
Bušotina	Dubina d (m)	Prirodna	Attebergove granice			Prirodna ρ	Krutine ρ_z	Suhoga uzorka ρ_s		AC oznaka	Težinski sadržaj $W_{0,002}$ %	Učinak gline $A = \frac{IP}{W_{0,002}}$	Klasifikacija mineralnoga sastava glinovitih
			Granica tečenja W_L	Plastičnosti W_p	Indeks plastičnosti IP								
I: B-2	3,5-3,75	17,9	33,8	23,9	9,9					ML	12	0,825	Ilitne i podređeno kaolinitne
	19,0-19,25	23,3	37,5	23,4	14,1					CL	13	1,08	Ilit i kalcijski montmori lonit
	23,0-23,25	24,4	42,5	24,5	18					CI	17	1,06	Ilit i kalcijski montmori lonit
	28,0-28,5	27,2	49,0	29,3	19,7					CL			
I. B-3	3,0-3,25								$3 \cdot 10^{-8}$				
	5,7-5,95								$2 \cdot 10^{-8}$				
	10,0-10,25	15,5	30,5	17,7	12,8	1,94		1,69		CL	7	1,83	Kalcijski montmori lonit
	13,0-13,25								$3 \cdot 10^{-9}$	CL			
	21,0-21,25						2,02	1,66			9		
III. B-3	1,0-1,25					1,94		1,63					
	3,0	22,6	35,4	21,3	14,1					CI	8	1,75	Kalcijski montmori lonit
	4,20-4,45								$2 \cdot 10^{-8}$				
	7,0-7,25						2,01	1,68					
	12,0-12,25								$7 \cdot 10^{-9}$		8		
	17,40-17,65	16,3	32,5	20,7	11,8	2,03		1,74			7	1,69	Kalcijski montmori lonit
IV. B	3,0-3,25					1,98		1,69					

	7,0	16, 1	31, 5	20,9	10, 5					CL	11	0,95	ilitne
	9,0-9,25					1,96		1,67					
	14,0-14,25							$3 \cdot 10^8$					
	19,0-19,25					1,99		1,67			12		

17 RECENTNI GEOLOŠKI STRUKTURNI SKLOP I TEKTONSKA AKTIVNOST

Obuhvaćeno područje istočne Slavonije i Baranje pripada Panonskom bazenu. Područje je recentno tektonski aktivno. Tomu svjedoče dvije činjenice. Najprije to su različiti položaji najmlađih kvartarnih naslaga u ravničastom i brdovitom reljefu, te njihovo boranje i razlomljenost. Rasjedi većinom dopiru do površine, te presijecaju i najmlađe kvartarne naslage. Na prisutnu tektonsku aktivnost izravno upućuju i pojave potresa. Litološki sastav stijena i njihov položaj na i blizu površine, te njihova znatna razlomljenost upućuju da u proučavanjima obuhvaćenog područja zasebnu cjelinu predstavljaju najvažnije strukturno-geološke osobitosti. Pri tom je najprije važno prikupiti podatke o recentnom strukturnom sklopu i tektonskoj aktivnosti.

U proučavanju strukturnih odnosa naglasak je stavljen na upoznavanje recentne dinamike obuhvaćenog područja, klasificiranje struktura i rasjeda, te posebice na recentnu tektonsku aktivnost i odnose endogenetskih i eksogenetskih procesa zbog uočavanja njihovog utjecaja na prisutne hidrogeološke odnose.

U radu su korišteni dosadašnji podaci relativno brojnih objavljenih i najnovijih stručnih radova. Posebno je provedeno strukturno-geološko kartiranje zbog prikupljanja podataka o rasjedima i njihovima aktivnim dionicama, te veličini i pomacima struktura. Detaljno uočavanje odnosa rasjeda izvršeno je pomoću obrade avionskih i satelitskih snimaka, zatim strukturno-geomorfološkom obradom reljefa, te dodatno odredbom strukturnih odnosa u dubini pomoću geofizičkih refleksijskih profila i korelacijskih profila između plitkih bušotina.

Najprije se izdvajaju ishodišni podaci o naslagama na površini i strukturnim odnosima sadržanima u Osnovnoj geološkoj karti listova Bačka Palanka (Čičulić-Trifunović & Galović, 1984) i Osijek (Magaš, 1987). Pojedini dopunski podaci uključeni su u geološku kartu sjeverne Hrvatske (Benček, 1992). Izvršene su i detaljne obrade naslaga neogenske i posebice kvartarne starosti (Babić i dr., 1978; Sokač i dr., 1982; Velić i dr., 1985; Pamić, 1997). Kvartarne naslage opisane su i uz najvažnije hidrogeološke radove (Urumović, 1973; 1982; Urumović i dr., 1994; 2003; Miletić i dr., 1973). Posebno su važni podaci koji su doprinijeli klasifikaciji struktura i rasjeda, te odredbi prostornih

strukturnih odnosa (Zagorac, 1975; Hernitz, 1983; Pandžić, 1986; Lučić i dr., 2001; Prelogović i dr., 1981; 1984; 1995). Iste su važnosti podaci o postanku struktura, tektonskoj aktivnosti i režimu stresa (Prelogović & Cvijanović, 1983; Royden & Horvath, 1988; Grünthal & Stromejer, 1992; Tari i dr., 1992; Horvath, 1993; Decker, 1996; Bada, 1999). Naposljetku su korišteni i najvažniji geomorfološki, seizmološki i seizmotektonski podaci (Bognar, 1990; Cvijanović, 1969/70; Cvijanović i dr., 1979; Prelogović & Cvijanović, 1983; Kuk & Prelogović, 2003; Prelogović & Kuk, 2004; Prelogović i dr., 1998).

17.1 REGIONALNE ODLIKE STRUKTURNOG SKLOPA

Obuhvaćeno područje nalazi se u Panonskom bazenu. Osnovna značajka jest prisutnost recentne tektonske aktivnosti, koja je uzrokovana kompresijom prostora i stvaranjem reversnih uzdignutih i spuštenih struktura. Kompresija prostora osobito je naglašena, jer se obuhvaćenim područjem pruža granica dviju regionalnih strukturnih jedinica Centralnog dijela i Južnog rubnog dijela Panonskog bazena. Neposrednu granicu predstavljaju zone Dravskog rasjeda (3 u prilogu 1) i rasjeda Vukovar – Novi Sad (5). Paralelno s granicom pružaju se strukturne jedinice: Papuk – Krndija – Đakovački ravnjak (7) i Vukovarski ravnjak – Fruška gora (3). U obuhvaćenom području one su generalnog pružanja Z-I.

U Centralnom dijelu Panonskog bazena izdvajaju se dvije strukturne jedinice (prilog 1): Meczek – Villany – Baranja (1) i u nastavku prema istoku Sombor – Apatin (2), te Dravski bazen (4) i Bački bazen (5). Između strukturnih jedinica pružaju se: rasjed Meczek – Villany – Baranja (1) i njegov nastavak Apatinski rasjed (2). Zbog kompresije prostora unutar strukturnih jedinica oblikuju se dvije velike i niz lokalnih uzdignutih struktura. Velika uzdignuta struktura Bansko brdo (1) promjenljivog je pružanja Z-I do JZ-SI. Struktura Erdutsko brdo – Osijek (3) nalazi se unutar Dravskog bazena (4) i ima pružanje Z-I. Lokalne strukture uglavnom imaju isto pružanje. Unutar bazena postoje četiri velike spuštene strukture (prilog 1): Kopački rit (1), Najdublji dio Dravskog bazena (2), Najdublji dio Bačkog bazena (3) i Mladenovo – Bačka Palanka (4).

U obuhvaćenom Južnom rubnom dijelu Panonskog bazena izdvajaju se tri velike uzdignute strukture: Fruška gora (2), Đakovački ravnjak (4) i Vukovarski ravnjak (5). Između njih i Slavonsko-srijemskog

bazena (6), koji predstavlja strukturnu jedinicu, pružaju se zone rasjeda Slavonski Brod – Vinkovci (12) i u nastavku rasjed Vinkovci – Fruška gora (4).

Na recentnu dinamiku strukturnog sklopa upućuju odnosi stijena veće gustoće u dubini. Njih izravno odražavaju minimumi i maksimumi Bouguerovih i rezidualnih gravimetrijskih anomalija (prilog 1). Pri tom oni označavaju položaje i pružanja kompleksa stijena veće gustoće bliže ili dalje od površine. Podudaraju se s izdvojenim velikim i lokalnim uzdignutim i spuštenim strukturama. To znači da su njihove deformacije ključne u oblikovanju strukturnih odnosa obuhvaćenog područja. Nizanje minimuma i maksimuma gravimetrijskih anomalija upućuje na boranje stijena u dubini i recentnu kompresiju prostora. Pri tom je najvažnije da se između nizova oblikovanih struktura uvijek pružaju reversni rasjedi. Zone većih gravimterijskih gradijenata označavaju dionice rasjeda gdje postoje znatni skokovi stijena u njihovim krilima.

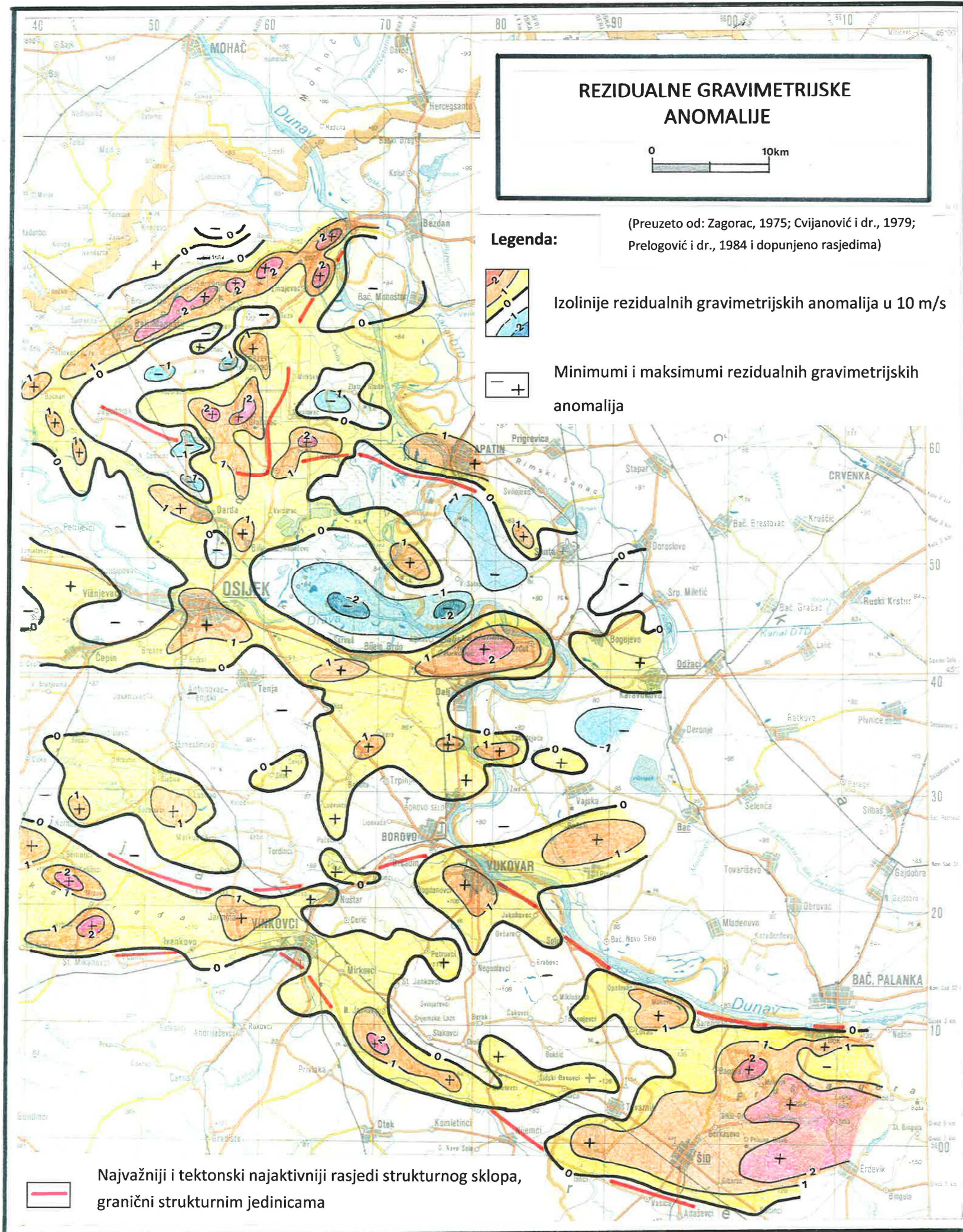
Najbolji prikaz položaja stijena različite gustoće i osobito rasjeda u prostoru razabire se u priloženim dubokim seizmičkim refleksijskim profilima (slike 1 i 2). Najprije treba naglasiti da se na površini posvuda nalaze kvartarne naslage. Starije stijene samo mjestimice dopiru do površine. Podaci iz bušotina pokazuju da se ispod kvartarnih nalaze neogenske, mezozojske i paleozojske stijene. Najstariji jesu različiti paleozojski škriljavci i graniti. Manjih izdanaka ima na površini u Fruškoj gori (2). Poznati su nalazi u bušotinama i to: kloritni škriljavci na dubini -1912 m kod Čepinskih Martinaca, zatim gnajsi na dubinama. -927 m do -1047 m kod Darde (profil A-A', slika 1a) i gnjasi i graniti na dubinama -1034 m do -1333 m kod Osijeka. Od mezozojskih stijena spominju se pretežito klastiti i karbonati trijasa i jure. Najviše ima krednih karbonatnih stijena i to pretežito gornjokrednih vapnenaca i mjestimice magmatskih stijena. Izdanaka ima u Villanyu i Fruškoj gori (2). Kod Belog Manastira blizu površine nabušeni su vapnenci, a u jezgri Erdutskog brda (3) na dubini -500 m prisutne su gornjokredne klastične naslage (profil B-B', slika 1b). Zanimljivi su položaji paleozojskih i mezozojskih stijena idući od Fruške gore (2) prema Vukovaru. Tonu prema zapadu. Oko Mikluševaca se nalaze na dubini oko -1800 m (profil D-D', slika 2b). Kod Vukovara se ponovno uzdižu do dubine oko -1000 m, pa i -500 m (profil C-C', slika 2a). To upućuje na izraženu kompresiju prostora.

Neogenske naslage u bazenima relativno su većih debljina. Pretežu lapori i pješčenjaci, u manjoj mjeri konglomerati i vapnenci, te andezit-bazalti u Banskom brdu (1) na površini i dijabaz-spiliti na dubini oko -225 m u Erdutskom brdu (3) kod Aljmaša (slika 3). Najveće debljine neogenskih naslaga

jesu: u Dravskom bazenu (5) južno od Osijeka – preko 3000 m, u Slavonsko-srijemskom bazenu (6) – do 3000 m, te oko Darde do 1300 m.

Kvartarne naslage jesu gline i pijesci, mjestimice šljunci i laporovite gline, te na površini prapor. Najbolje su proučene zahvaljujući brojnim plitkim bušotinama. Duž Erdutskog brda poznati su i detaljni nalazi fosila (slika 3). Pojedine plitke bušotine raspoređene su i u krilima najvažnijih rasjeda strukturnog sklopa. Između bušotina bilo je moguće izvršiti korelaciju sastava naslaga, te uočiti facijelne promjene i razlike debljina slojeva (npr. slike 3, 4 i 5). Posebno je bila važna korelacija bušotina smještenih u krilima rasjeda zbog moguće ocjene aktivnosti rasjeda i odredbe vremena pomaka naslaga duž rasjeda. U prilogu 1 označene su debljine kvartarnih naslaga. U pojedinim dijelovima bazena one su veće od 200 m, pa i 300 m.

Još je potrebno naglasiti da na recentnu tektonsku aktivnost izravno upućuju potresi (prilog 1). U čitavom području uglavnom se pojavljuju potresi manjeg intenziteta. Međutim, postoje i dva veća epicentralna područja, koji pokazuju da se najveća tektonska aktivnost izazvana pomacima stijena veće gustoće u dubini događa u Baranji i Fruškoj gori. Najjači potres u Baranji dogodio se 1922. godine između Grabovca i Kneževih Vinograda, intenziteta VII-VIII° MCS ljestvice, magnitude 5,1 na dubini 18 km. U Fruškoj gori poznati su potresi iz osamnaestog stoljeća intenziteta VIII° i IX° MCS ljestvice.



17.2 STRUKTURE I RASJEDI

U razlučivanju tektonskih pokreta bilo je potrebno detaljno razraditi odnose rasjeda i struktura u području prikazanom u prilogima 1 i 3. Pri tom je važna činjenica da tektonski pokreti obuhvaćaju čitav prostor litosfere. U strukturnom sklopu posebno su važni rasjedi koji dijele veće komplekse stijena u dubini i dopiru do površine. Pomaci tih kompleksa stijena uvjetuju oblikovanje recentnog strukturnog sklopa i struktura koje se odražavaju na površini. Razrada rasjeda prema položaju i važnosti u sklopu omogućava razlučiti pojedine strukturne jedinice, velike i lokalne strukture i odrediti njihove granice na površini i u dubini. U provedenim istraživanjima stalno se vodilo računa o rasprostranjenosti i odnosima stijena, te posebice o odlikama kvartarnih naslaga koje prevladavaju na površini i njihovim mogućim deformacijama.

Navažniji strukturni podaci dobiveni su terenskim kartiranjem. Otkriveno je 43 izdanaka rasjeda i pukotina, od kojih je u priloženim slikama posebno prikazano 25 najvažnijih. Položaji točaka motrenja prikazani su u prilogu 3. U izdancima su provedena potrebna mjerenja strukturnih elemenata. Mjereni su podaci koji poglavito označavaju tip, genezu i položaj rasjeda u sklopu, vrstu pomaka krila, te odnose stresa i deformacije struktura.

17.2.1 Odražavanje struktura i rasjeda u reljefu

Izdvajanjem geomorfoloških odlika reljefa odmah se razabire izravno odražavanje struktura u rasjeda u reljefu. S obzirom da se na gotovo čitavoj površini reljefa nalaze izdanci kvartarnih naslaga navedeni odnosi svjedoče o prisutnosti recentnih tektonskih pokreta. Primjerice, uzdignute strukture odražavaju se u reljefu istaknutim ravnjacima, nižim izduženim brdima ili manjim uzvisinama, a jedino je Fruška gora (2) predstavljena brdovitim reljefom. Krilima ali i unutar struktura pružaju se rasjedi. U reljefu su osobito predstavljeni terasnim odsjecima, strmim obroncima, strmcima, usiječenim i često ravnocrtnim dolinama. Velike spuštene strukture predstavljene su zaravljenim reljefom. Pojedini primjeri odražavanja struktura i rasjeda u reljefu prikazani su u slikama 6-13. Detaljnim proučavanjem reljefa ustanovljeno je postojanje niza strukturno-geomorfoloških podataka koji izravno upućuju na položaje pojedinih struktura i rasjeda. Stoga je bilo potrebno podatke posebno prikazati u prilogu 2.

Najprije se ukazuje na oblike reljefa koji su povezani s položajem i aktivnošću struktura (prilog 2). Zapaža se u istaknutom reljefu znatna raščlanjenost. Pri tom se izdvaja centrifugalni tip erozijske mreže. Nastaje duž uzdignutih lokalnih, ali i velikih struktura. Najuzdignutijim dijelovima reljefa pružaju se razvodnice. Različite duljine dolina u krilima tog tipa erozijske mreže označavaju asimetrične strukture. Kraće doline i strmi obronci nastaju u krovinskim krilima osobito aktivnih rasjeda (npr. slika 12). Važne su i deformacije dolina u obliku luka kada dolina obilazi najuzdignutiji dio strukture. Posebno se ističu takve deformacije toka Dunava kod Batine, Erduta i Borovo Sela. Također se zapažaju lučni oblici starih meandri i odvojaka Dunava u Baranji. Promjena toka rijeke prema uzdignutim velikim strukturama najčešće je uzrokovana silom teže koja se povećava duž struktura u čijoj se unutrašnjosti stijene veće gustoće približavaju površini. Primjerice, to je tok Dunava prema Aljmašu i zaobilaženje strukture Erdutsko brdo – Osijek (3), također i tok Drave uz istu strukturu, te usmjerenost Dunava prema Vukovarskom ravnjaku (5) i Fruškoj gori (2) duž kojih teče paralelno sa zonom rasjeda Vukovar – Fruška gora (5). U spuštenim strukturama nastaje centripetalni tip erozijske mreže. Osobito se ističe u ravničastom reljefu najdubljeg dijela Dravskog bazena (2) između Tenje, Vere i Dalja, te kod Pačetina (6). U raščlanjenom reljefu vrlo je uočljiv centripetalni tip erozijske mreže unutar Vukovarskog ravnjaka (5) između Bereka i Mikluševaca duž istoimene lokalne spuštene strukture (7). U spuštenim strukturama na površini se pojavljuju močvare i bare. To je osobito prisutno u velikoj spuštenoj strukturi Kopački Rit (1).

U obuhvaćenom području postoji relativno velik broj geomorfoloških podataka koji ukazuju na položaje aktivnih rasjeda. Najuočljiviji su strmi obronci i strmci u zonama najvažnijih rasjeda strukturnog sklopa (slike 6-13). Duž zona pojedinih rasjeda nastaju terasni odsjeci npr. duž rasjeda Berek – Lovas – Bapska – Beočin (10) južno od Iloka, zatim rasjeda Vinkovci – Fruška gora (4), te graničnih rasjeda velikim strukturama Bansko brdo (1) i Erdutsko brdo – Osijek (3). Posvuda u zonama rasjeda nastaju koljenučaste anomalije dolina ili se pojavljuje spajanje više dolina (prilog 2). Rasjedi u čijim krilima postoji horizontalna komponenta pomaka krila pomiču pojedine razvodnice na mjestima presijecanja. U zonama većih rasjeda najčešće sustava SSZ-JJI do SSI-JJZ nastaju duboko usiječene doline (slike 8, 10, 11 i 13). Kratke paralelne usiječene doline pojavljuju se u zonama rasjeda koji su paralelni s orijentacijom kompresijskog stresa (slike 9, 11, 12 i 13). Duž velikih uzdignutih struktura u reljefu izgrađenom iz prapora na površini nastaju uleknine i plitke ponikve. Učestale su u dijelovima struktura koji se naglo uzdižu. Zbog uzdizanja u praporu nastaju sustavi gusto raspoređenih pukotina (slike 10, 11 i prilog 2). Pri tom oblici ponikava ukazuju na pružanje pukotina. Naglašeno nizanje ponikava stvara se u zonama aktivnih rasjeda, primjerice oko

Šarengrada (slika 11b). Svakako položaji, oblici i nizovi ponikava i uleknina pomažu uočavanju razlomljenosti struktura. Važno je istaknuti da nizovi pukotina i rasjeda znatno doprinose intenzivnoj eroziji obronaka i osobito strmaca uz pojavu odrona i klizišta (prilog 2). Još se napominje da na više mjesta postoje izvori, koji se uvijek pojavljuju u zonama rasjeda.

Na temelju iznesenih geomorfoloških podataka bilo je potrebo okonturiti položaje uzdignutih i spuštenih morfostruktura. Time su dobiveni položaji i označena pružanja pojedinih uzdignutih i spuštenih velikih i lokalnih struktura koje se izravno očitavaju u reljefu. Brojnost geomorfoloških podataka ukazuje da pojedini oblici reljefa stalno nastaju zbog prisutne tektonske aktivnosti.

17.2.2 Klasifikacija struktura i rasjeda

U strukturnom sklopu najvažniji je rasjed Vukovar – Novi Sad (5). Nastavak je Dravskog rasjeda (3). Pruža se duž sjevernog krila strukturne jedinice Vukovarski ravnjak – Fruška gora (3). Također, on odvaja Centralni od Južnog dijela Panonskog bazena. Važan je i zbog toga, jer se cijelom duljinom pruža uz Dunav (prilog 3). Predstavljen je zonom paralelnih reversnih rasjeda vergencije prema S. U krovinskom krilu rasjeda oblikovan je strmec u reljefu izgrađen iz kvartarnih naslaga, najvećim dijelom prapora. U izdancima u točkama motrenja mjereni su položaji 200/80/reversni (Vukovar, T14, slika 14), 200/75/reversni (Opatovac, T10, slika 15) i 180/75/reversni (Šarengrad, T4, slika 16). U krovinskom krilu rasjeda na više mjesta duž strmca uočava se boranje naslaga, posebice slojeva fosilne zemlje koja se nalazi unutar prapora. Zbog recentne tektonske aktivnosti u zoni promatranog rasjeda uočene su pukotine na kućama (T6, slika 17). Također duž strmca stalno se uočavaju odroni naslaga. Njih pospješuju promjene nivoa Dunava, te gusto razmještene zone i nizovi pukotina i rasjeda koji se nalaze u zoni. Za izdvajanje dijelova strmca u reljefu duž kojih su najvjerojatnije pojave odrona i klizanja naslaga potrebno je i detaljno poznavanje sastava kvartarnih naslaga. U slikama 18 i 19 prikazan je primjer koleracije naslaga u bušotinama koje se nalaze u krilima rasjeda Vukovar – Novi Sad (5). Korelacija naslaga pomaže i u odredbi veličine skoka naslaga u krilima promatranog rasjeda. Primjerice kod Vukovara skok iznosi oko 40 m (slika 18), a kod Iloka 30 do 40 m (slika 19).

Paralelno promatranj zoni rasjeda pružaju se dva njegova glavna ogranka koji su odmaknuti od strmca u reljefu. Prvi ogranak osobito je izražen u reljefu. S glavnim rasjedom čini zonu širine 100-

500 m. Zona Dravskog rasjeda (3) široka je kod Vukovara 1300 m. Odnosi glavne zone rasjeda Vukovar – Novi Sad (5) i glavnih ogranaka u prostoru vidljiv je u dubokim seizmičkim refleksijskim profilima C-C' i D-D' (slika 2). Najbolji izdanci prvog glavnog ogranka nađeni su u T2 kod Iloka položaja 160/70/reversni (slika 18) i T8 kod Mohova položaja 180/75/reversni (slika 19a). Dobar izdanak drugog glavnog ogranka izdvojen je u T5 kod Šarengrada. Predstavljen je zonom paralelnih rasjeda položaja 230/75/reversni (slika 19b).

Strukturalna jedinica Vukovarski ravnjak – Fruška gora (3) pruža se pravcem Z-I, ali između Vukovara, Vinkovaca i Nijemaca postoji lokalno svijanje pružanja u pravac ZSZ-IJI (prilozi 1 i 3). Duž južnog krila strukturalne jedinice pruža se zona reversnog rasjeda Vinkovci – Fruška gora (4) vergencije prema J i JJI. Predstavlja nastanak rasjeda Slavonski Brod – Vinkovci (12). Rasjed čini zonu širine do 800 m. Kod Nijemaca kut nagiba rasjeda iznosi 65°. Njegov položaj u prostoru prikazan je u profilu D-D' (slika 2b). Unutar strukturalne jedinice izdvajaju se dvije velike uzdignute strukture: Fruška gora (2) i Vukovarski ravnjak (5). Razdvaja ih reversni rasjed Berek – Lovas – Bapska – Beočin (10), vergencije prema S i srednjeg nagiba 70°. Njegov položaj u prostoru razabire se seizmičkom profilu D-D' (slika 2b). Paralelno s pružanjem tog rasjeda niže se četiri prateća rasjeda sve do najistaknutijeg dijela Fruške gore (2). Duž južnog krila najistaknutijeg dijela velike strukture pruža se reversni rasjed vergencije prema J. Predstavljen je zonom širine 100-500 m. Između Šida i Vizića postoji još jedna strukturalna jedinica unutar Fruške gore (2), koja je također predstavljena svojim najistaknutijim dijelom. U strukturalnom sklopu vrlo je uočljiva zona reversnog rasjeda Stari Jankovci – Tovarnik – Šid – Čalma (11). Zajedno s glavnim ogranakom zona dosiđe širinu 600 m kod Šida. Njegov ogranak vjerojatno predstavlja i prije spomenuti rasjed koji odvaja dva najistaknutija dijela Fruške gore (2). To se razabire i u seizmičkom profilu D-D' (slika 2b).

Unutar velike strukture Vukovarski ravnjak (5) izdvajaju se tri lokalne uzdignute strukture pružanja Z-I: Vukovar (8), Negoslavci (9) i Lovas (10). Njihovim krilima pružaju se reversni rasjedi suprotnih vergencija. Granični rasjedi ističu se u rejefu. Pojedini su predstavljeni širim zonama. Unutar strukturalna jedinice izdvajaju se i prateći rasjedi. Neki su i ogranci graničnih rasjeda. Najviše pratećih rasjeda ima unutar lokalne strukture Vukovar (8). To je i znak prisutne veće kompresije prostora.

U najvažnije rasjede strukturalnog sklopa ubrajaju se: rasjed Meczek – Villany – Baranja (1) i njegov nastavak Apatinski rasjed (2). Pružaju se granicom strukturalnih jedinica Meczek – Villany – Baranja (1), Sombor – Apatin (2) i Dravskog bazena (4). Rasjed Meczek – Villany – Baranja (1) odražava se u

reljefu terasnim odsjekom (prilozi 1 i 2). Zbog erozije na površini nema otvorenih izdanaka. Njegov položaj u prostoru prikazan je u seizmičkom profilu A-A' (slika 1a). Predstavljen je zonom reversnih rasjeda širine do 1000m i vergencije prema J. Srednji nagib iznosi oko 70°. U korelacijskom profilu između Mece i Grabovca uočavaju se zadebljanja i skokovi najmlađih naslaga kvartara u zoni rasjeda (slika 22). Postoji i glavni ogranak zone tog rasjeda koji se pruža između Čeminca i Apatina. Istih je odlika kao i glavna zona.

Unutar strukturne jedinice Meczek – Villany – Baranja (1) najvažnija je velika struktura Bansko brdo (1) pružanja Z-I do JZ-SI. Asimetrična je s pružanjem glavne razvodnice blizu zone rasjeda Beli Manastir – Batina (6). On se pruža duž S, SZ krila strukture. Taj se rasjed odražava u reljefu izraženim strmcem. Predstavljen je zonom reversnih rasjeda vergencije prema S i širine 70 m do 250 m. Nagib rasjeda iz zone kod Batine iznosi oko 60°. Najbolji izdanak otkriven je u T24 kod Batine. U izdanku andezit-bazaltnih stijena neogenske starosti nalaze se tri rasjeda u zoni položaja 135/60/reversni (slika 23a). Duž J, JI krila strukture Bansko brdo (1) pruža se rasjed Berement – Kneževi Vinogradi – Batina (7). U krovinskom krilu nastala je izražena terasa, pa i strmac u reljefu. Uočavaju se i odsječeni obronci između Kneževih Vinograda i Batine. Rasjed je predstavljen zonom reversnih rasjeda vergencije prema J i JI i širine 50-450 m. U izdanku u T41 kod Batine otkrivena je zona reversnih rasjeda promjenljivog nagiba. Sijeku andezit-bazaltne stijene. Mjeren je položaj 280/60/reversni. U izdanku u T25 u Zmajevcu rasjed iz zone presijeca naslage prapora. Mjeren je položaj 300/80/reversni (slika 23b).

Neposredno sjeverno od Banskog brda (1) nalaze se dvije uske, izdužene lokalne strukture duž čijih se krila pružaju reversni rasjedi suprotnih vergencija. Kod Kneževa je dotaknuta lokalna uzdignuta struktura Kneževo – Topolje (1). Vrlo je znakovito nizanje lokalnih uzdignutih struktura između Banskog brda (1) i zone rasjeda Meczek – Villany – Baranja (1). Radi se o tri relativno veće lokalne uzdignute strukture. Duž njihovih krila pružaju se reversni rasjedi. Pojedini se odražavaju u reljefu najčešće terasnim odsjecima i deformacijama dolina. Unutar struktura uzdiže se reljef, stvaraju se doline i razvodnice osobito između Čeminca, Luga i Grabovca sve do Kneževih Vinograda. To su strukture: Mitrovac – Zlatna Greda (2), Čeminac – Grabovac – Apatin (3) i Lug (4). Dvije potonje strukture pružaju se neposredno uz zonu rasjeda Meczek – Villany – Baranja (1) i njegovog ogranka. Položaj, pružanje i veličina spomenutih lokalnih uzdignutih struktura upućuje na naglašenu kompresiju prostora.

Unutar Dravskog bazena (4) prevladavaju velike i lokalne strukture. Međutim, zbog prisutne kompresije prostora između Osijeka i Erduta nastaje vrlo istaknuta velika uzdignuta struktura Erdutsko brdo – Osijek (3). Krilima strukture pružaju se dva rasjeda koji se pridružuju grupi najvažnijih rasjeda strukturnog sklopa. Spomenuta struktura asimetrična je i osobito se ističe u reljefu između Bijelog Brda i Erduta. U tom su prostoru stijene veće gustoće bliže površini. Rasjed Petrijević – Osijek – Erdut (8) pruža se sjevernim krilom strukture. Predstavljen je zonom rasjeda različitog nagiba. Širina zone doseže 450 m. Izdvajaju se tri izdanka rasjeda iz zone. Najprije zapadano od Erduta rasjed u T18 ima položaj 180/70/reversni i u T19 položaj 20/60/reversni (slika 25). Kod Aljmaša nađen je veći izdanak snopa rasjeda iz zone različitog nagiba: 170/85 i 350/85 (T21, slika 26a). Rasjed Osijek – Dalj (9) pruža se duž južnog krila velike strukture Erdutsko brdo – Osijek (3). Predstavlja je zajedno s glavnim ogrankom zonu širine 100 m do 1000 m. Najbolji izdanak nalazi se kod Dalja, gdje je otkrivena paraklaza rasjeda položaja 15/85/reversni (T15, slika 26b). Položaji oba opisana rasjeda u prostoru vide se u seizmičkom profilu B-B' (slika 1b). Posebno su detaljno prikazane naslage srednjeg i gornjeg kvartara u korelacijskom profilu E-F (slika 27). Uočava se skok naslaga u zoni rasjeda Osijek – Dalj (9). Skok iznosi oko 40 m.

Još je potrebno naglasiti da se unutar Dravskog bazena (2) izdvajaju i tri uzdignute lokalne strukture: Darda – Bilje – Jelenski otok (5), Martinci – Čepin – Tenja (6), te Borovo Selo (7). Duž struktura stvaraju se uzvisine u reljefu, a izdvajaju se i rubni reversni rasjedi.

Unutar pojedinih struktura uočeno je pojavljivanje rasjeda različitih sustava i geneze. Navedeni rasjedi ne sijeku granične rasjede pojedinih struktura ili se pružaju paralelno s njima. Njihov nastanak ovisi o tektonskim pokretima, uvjetima kompresije prostora i pomacima struktura ili njihovih dijelova. Najprije se izdvajaju rasjedi koji se pružaju paralelno s graničnim rasjedima velikih i lokalnih struktura. Rasjedi su reversni, suprotnih vergencija. U primjerima su poglavito izdvojeni rasjedi koji se nalaze oko toka Dunava.

Najprije se izdvaja rasjed kod Aljmaša. Pruža se duž najistaknutijeg dijela velike uzdignute strukture Erdutsko brdo – Osijek (3). U zoni paralelnih rasjeda mjeren je položaj 220/80/reversni (T20, slika 28). Slične značajke pokazuje rasjed koji se pruža duž južnog krila iste strukture, samo ima vergenciju prema J. Mjeren je položaj 170/85/reversni (T16, slika 29a). U T17 kod Erduta u dobro otkrivenom izdanku nalaze se paralelni rasjedi koji čine zonu položaja 220/80/reversni (slika 29b). Unutar pojedinih struktura zbog kompresije prostora i uzdizanja nastaju rasjedi paralelni pružanju osi

strukture. Rasjedi su najčešće normalni. U primjeru u T23 kod Batine mjeren je položaj 185/55/normalni. Presijeca sloj fosilne zemlje (slika 30a). Još je bolje otkriven izdanak rasjeda u T12 u Sotinu. Odmah je uočljiv normalni pomak fosilne zemlje u krilima rasjeda položaja 210/85/normalni (slika 30b). Još je važno izdvojiti rasjede čije je pružanje paralelno orijentaciji kompresijskog stresa. Zbog kompresije u njihovim zonama uvijek dolazi do otvaranja prostora, što je u izdancima i vidljivo. Izdvajaju se dva primjera: u T9 u Opatovcu položaja 310/85 (slika 31a) i u T13 u Vukovaru položaja 240/85 (slika 31b). U reljefu se takvi rasjedi odmah prepoznaju, jer u njihovim zonama nastaju kratke, duboko usiječene doline npr. u zonama rasjeda Beli Manastir – Batina (prilog 2), Petrijevcima – Osijek – Aljmaš – Erdut (8, slika 12) i osobito rasjeda Vukovar – Novi Sad (5, slike 8, 10, 11, prilog 2). Uočljiva je široka dolina (Divlja dolina) unutar velike strukture BANSKO BRDO (1) kod Suze (prilog 3). Pojedini rasjedi sigurno su paralelni orijentaciji lokalnog kompresijskog stresa koji se, zbog nedostatka podataka, nije mogao odrediti u točkama motrenja. Pretpostavlja se da je duboko usiječena ravnocrtna dolina Vučedola nastala u zoni takvog rasjeda (prilozi 2 i 3).

Posebna odlika obuhvaćenog strukturnog sklopa jest pojavljivanje rasjeda s prevladavajućom horizontalnom komponentom pomaka krila. Dominantni su rasjedi sustava SSZ-JJI do S-J i samo mjestimice SI-JZ. Rasjedi su normalni i reversni. Odlika jest nizanje rasjeda na malim razmacima. Predstavljani su zonama različite širine. Jasno se odražavaju u reljefu usiječenim, često ravnocrtnim dolinama, oblicima i nizovima uleknina i plitkih ponikava u reljefu. I u njihovim zonama dolazi do otvaranja prostora, pa pojedine široke, duboko usiječene doline predstavljaju zone rasjeda. To je osobito prisutno unutar strukturne jedinice Vukovarski ravnjak – Fruška gora (3). Pojedini rasjedi presijecaju jedinicu, ali i sve reversne rasjede granične velikim i lokalnim strukturama, te njima prateće rasjede. Duž krila rasjeda pomiču se strukturni blokovi. Uočava se desna horizontalna komponenta pomaka krila. Pomaci su vidljivi i u zonama rasjeda Vukovar – Novi Sad (5) i Vinkovci – Fruška gora (4). Treba naglasiti da se rasjedi promatranog sustava ne pružaju izvan strukturne jedinice Vukovarski ravnjak – Fruška gora (3). U velikoj uzdignutoj strukturi BANSKO BRDO (1) uočljivi su rasjedi, često i zone rasjeda pružanja S-J. Prevladava lijeva horizontalna komponenta pomaka krila. Pormjenljivo pružanje rasjeda upućuje da su pojedine dionice tih rasjeda paralelne orijentaciji maksimalnog kompresijskog stresa. U promatranj strukturi izdvojeni su i rasjedi sustava SZ-JI s desnim pomacima krila. U velikoj uzdignutoj strukturi Erdutsko brdo – Osijek (3) nalaze se veći rasjedi s desnim pomacima krila sustava SSZ-JJI oko Erduta i jedan veći rasjed sustava SI-JZ kod Bijelog Brda s očitim lijevim horizontalnim pomacima krila.

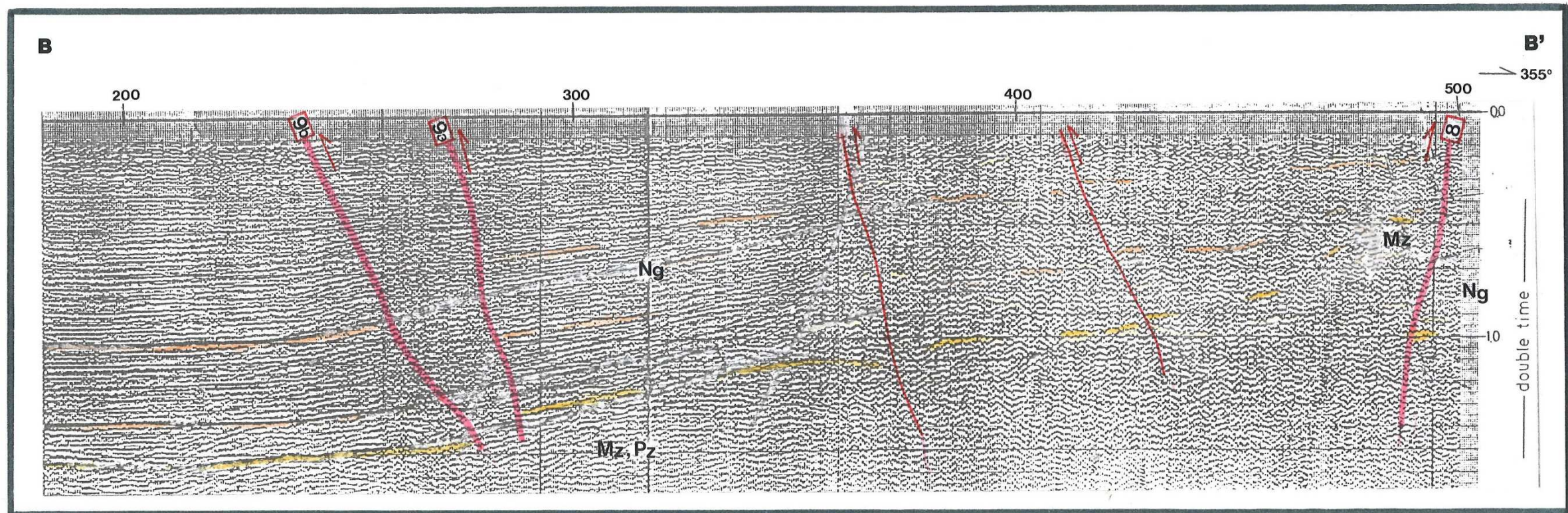
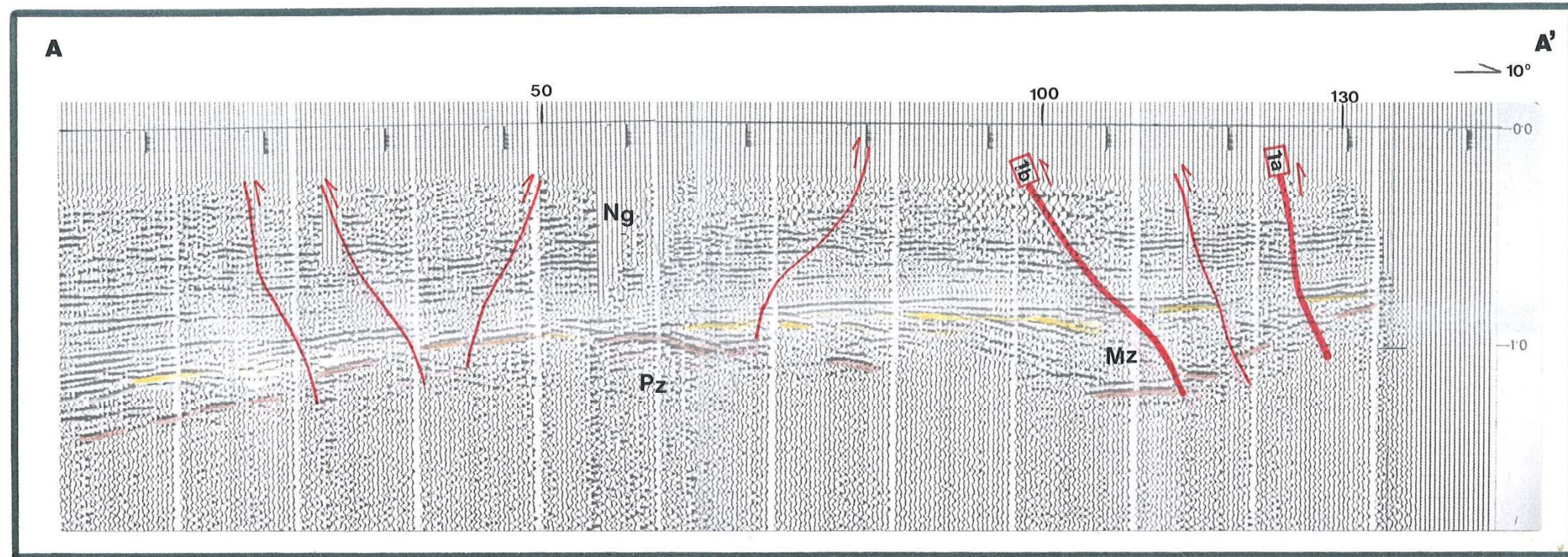
Postoje relativno brojni izdanci rasjeda. Najprije se izdvaja široka zona paralelnih rasjeda iz sustava SSZ-JJI otkrivena u izdanku u T3 kod Šarengrada. Mjeren je položaj 60/75/normalni (slika 32). Kroz široku duboko usiječenu dolinu pruža se zona predstavljena paralelnim rasjedima položaja 90/85/normalni (T9, slika 33a). Izdanak se nalazi u Opatovcu. Osobito se ističu dva izdanka rasjeda koji presijecaju i pomiču slojeve najmlađe fosilne zemlje taložene unutar prapora. Mjereni su položaji: u Mohovu 80/85/normalni (T7, slika 33a) i u Opatovcu 90/80/normalni (T9, slika 34). U Vukovarskom ravnjaku (5) izdvojena su još dva izdanka. U Vučedolu je mjereno položaj 65/85/normalni (T11, slika 35a) i u Sotinu položaj 220/45/normalni (T12, slika 35b).

Od rasjeda sustava S-J izabran je primjer rasjeda koji presijeca veliku strukturu Bansko brdo (1). U izdanku prapornih naslaga kod Suze uočavaju se tri paralelna rasjeda položaja 170/85/normalni (T22, slika 36a). Ovaj rasjed kao i još tri rasjeda paralelnog pružanja kod Kneževih Vinograda predstavljaju, prema Lugu i Vardarcu, široku zonu. Presijecaju reversne rasjede, pa i rasjed Meczek – Villany – Baranja (1) i njegov glavni ogranak. Odražavaju se u reljefu terasnim odsjekom. Taj se odsjek može pratiti do Kopačeva i Bilja. Spomenuta zona pomiče još i granični rasjed koji se pruža duž lokalne uzdignute strukture Darda – Bilje – Jelenski otok (5). To znači da taj rasjed i lokalnu strukturu treba priključiti strukturalnoj jedinici Meczek – Villany – Baranja (1), jer su nastali zbog pomaka jedinice u uvjetima kompresije prostora. Još se ukazuje i na rasjed iz sustava SSZ-JJI kod Bogojeva koji je reversan. U T16 mjereno je položaj 290/70/reversni (slika 36b).

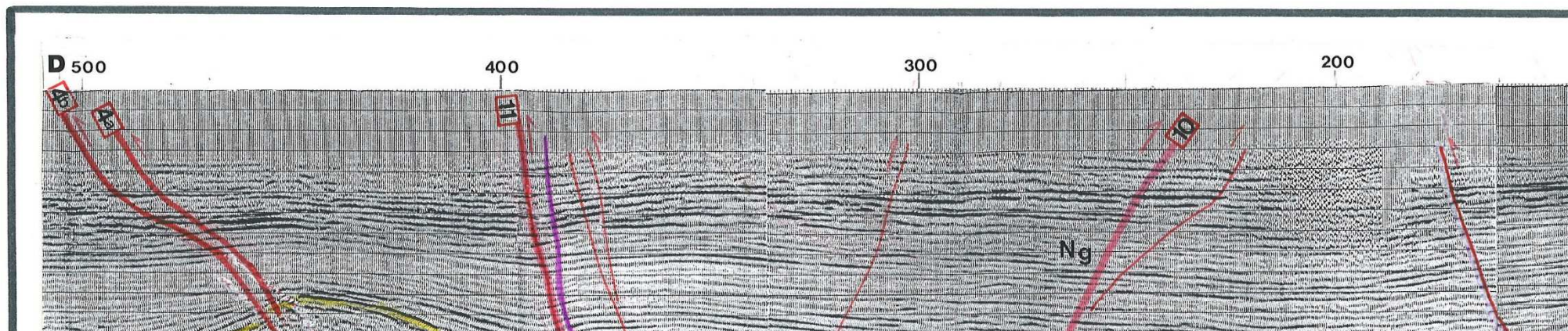
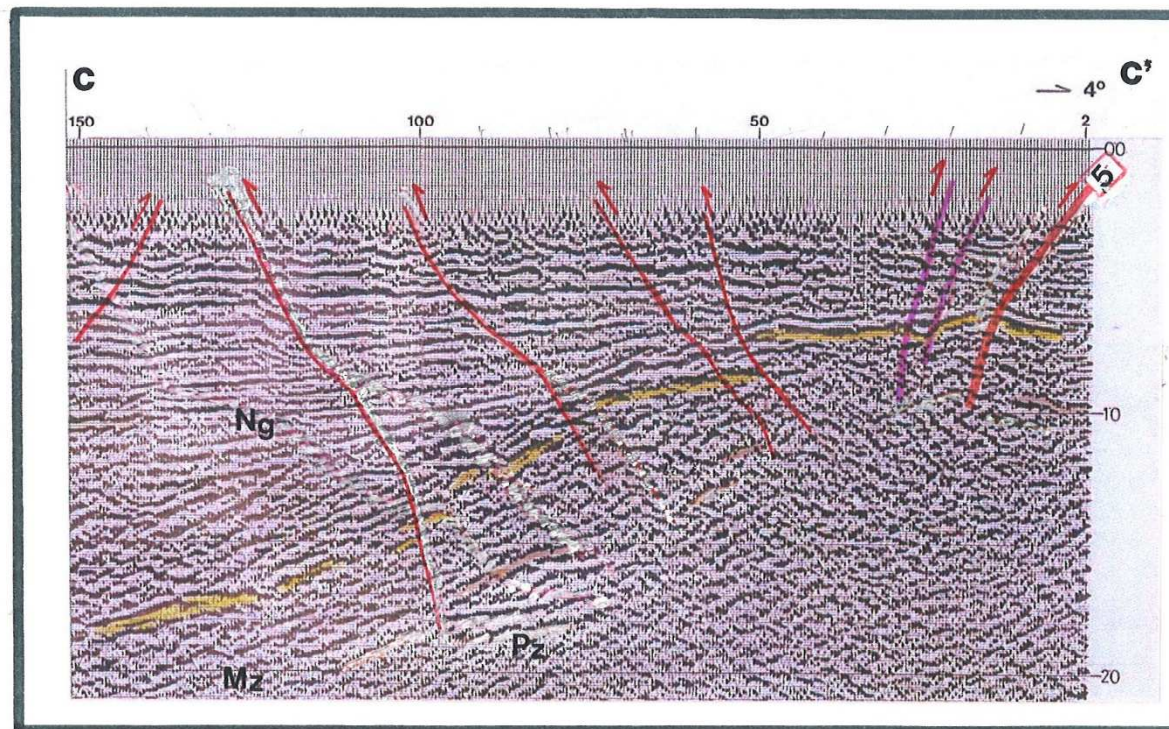
Osim rasjeda u strukturalnom sklopu mogu se izdvojiti i pukotine. Osobito su brojne u naslagama prapora. Nastaju zbog sastava naslaga u uvjetima naglog uzdizanja dijelova struktura. Također pomaci struktura pospješuju nastanak pukotina paralelno s pružanjem najistaknutijih njihovih dijelova. Orientacija kompresijskog stresa može biti uzrok nastanka pukotina, kao i pomaci struktura duž zona rasjeda kod kojih prevladava horizontalna komponenta pomaka krila. Na površini reljefa zbog gusto raspoređenih pukotina nastaju uleknine ili plitke ponikve (prilog 2, slike 10 i 11). Izdvojena su četiri primjera. Najprije se ukazuje na izgled nizanjanja pukotina u prapornim naslagama u izdanku kod Mohova u T7 (slika 37). Naravno, u pojedinim izdancima bilo je moguće mjeriti i njihove položaje. Pukotine su česte u zonama najvažnijih rasjeda strukturalnog sklopa. Dobar primjer je otkriven u T19 kod Erduta. Pukotine su položaja 350/80 (slika 38a). U Sotinu u T12 nađene su pukotine s vidljivim širenjem prostora paralelno orijentaciji kompresijskog stresa. Mjeren je položaj 300/80 (slika 38b). U T2 kod Iloka nađen je veliki izdanak paralelnih pukotina u zoni glavnog ogranka rasjeda Vukovar –

Novi Sad (5). Pukotine presijecaju sloj fosilne zemlje, ali bez pomaka krila. Mjeren je položaj 70/85 (slika 39).

Zbog prisutnosti recentnih tektonskih pokreta potrebno je ukazati na boranje naslaga. Pri tom je najvažnije boranje slojeva fosilne zemlje koje se talože unutar prapornih naslaga. Bore su uočene u relativno velikom broju točaka motrenja. Najčešće se pojavljuju u krilima rasjeda. Izdanci većih bora prikazani su u tri primjera u slikama 40a i b i 41.

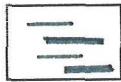


SLIKA 1

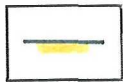


SEIZMIČKI REFLEKSIJSKI PROFILI

Legenda:



REFLEKSI STIJENA U DUBINI



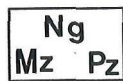
VJEROJATNO PODINSKA PLOHA NEOGENSKIH STIJENA



VJEROJATNO PODINSKA PLOHA MEZOZOJSKIH STIJENA



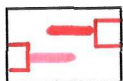
REFLEKSI UNUTAR NEOGENSKIH STIJENA



Ng – NEOGENSKE STIJENE, PRETEŽITO LAPORI, PJEŠČENJACI, KONGLOMERATI I VAPNENCI, TE DIJABAZ-SPILITI U ERDUTSKOM BRDU

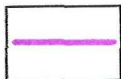
Mg – MEZOZOJSKE STIJENE, PRETEŽITO KARBONATNE STIJENE I KLASTITI

Pz – PALEOZOJSKE STIJENE, PRETEŽITO RAZNOVRNI ŠKRILJAVCI



NAJVAŽNIJI RASJEDI STRUKTURNOG SKLOPA:

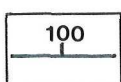
1 – RASJED MECZEK – VILLANY – BARANJA; 5 – RASJED VUKOVAR – NOVI SAD; 8 – RASJED PETRIJEVCI – OSIJEK – ALJMAŠ – ERDUT; 9 – RASJED OSIJEK – DALJ; 10 – RASJED BEREK – LOVAS – BAPSKA – BEOČIN; 11 – RASJED STARI JANKOVCI – TOVARNIK – ŠID - ČALMA



GLAVNI OGRANCI NAJVAŽNIJIH RASJEDA



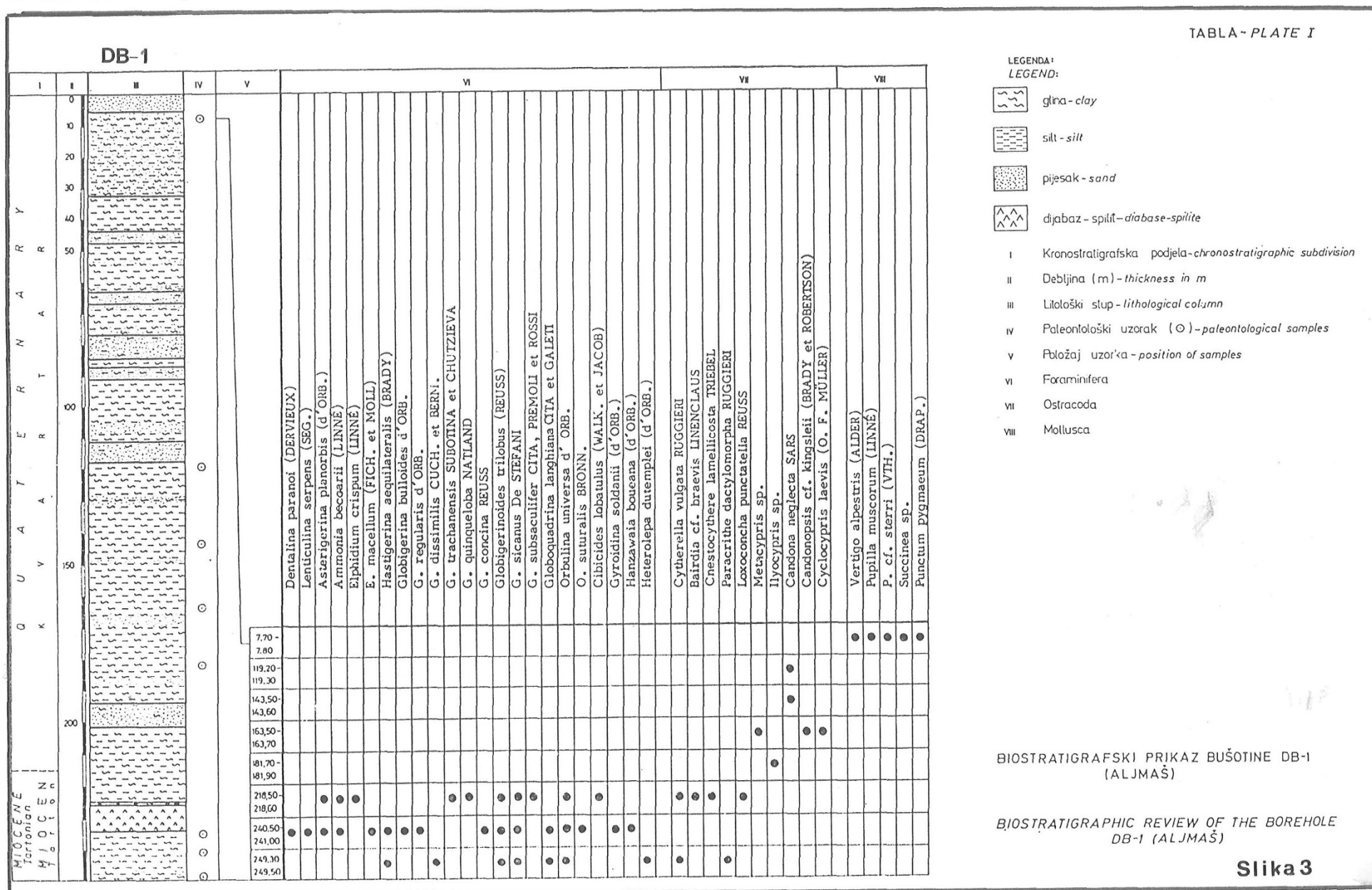
RASJEDI GRANIČNI LOKALNIM UZDIGNUTIM I SPUŠTENIM STRUKTURAMA, NJHOVI OGRANCI I PRATEĆI RASJEDI



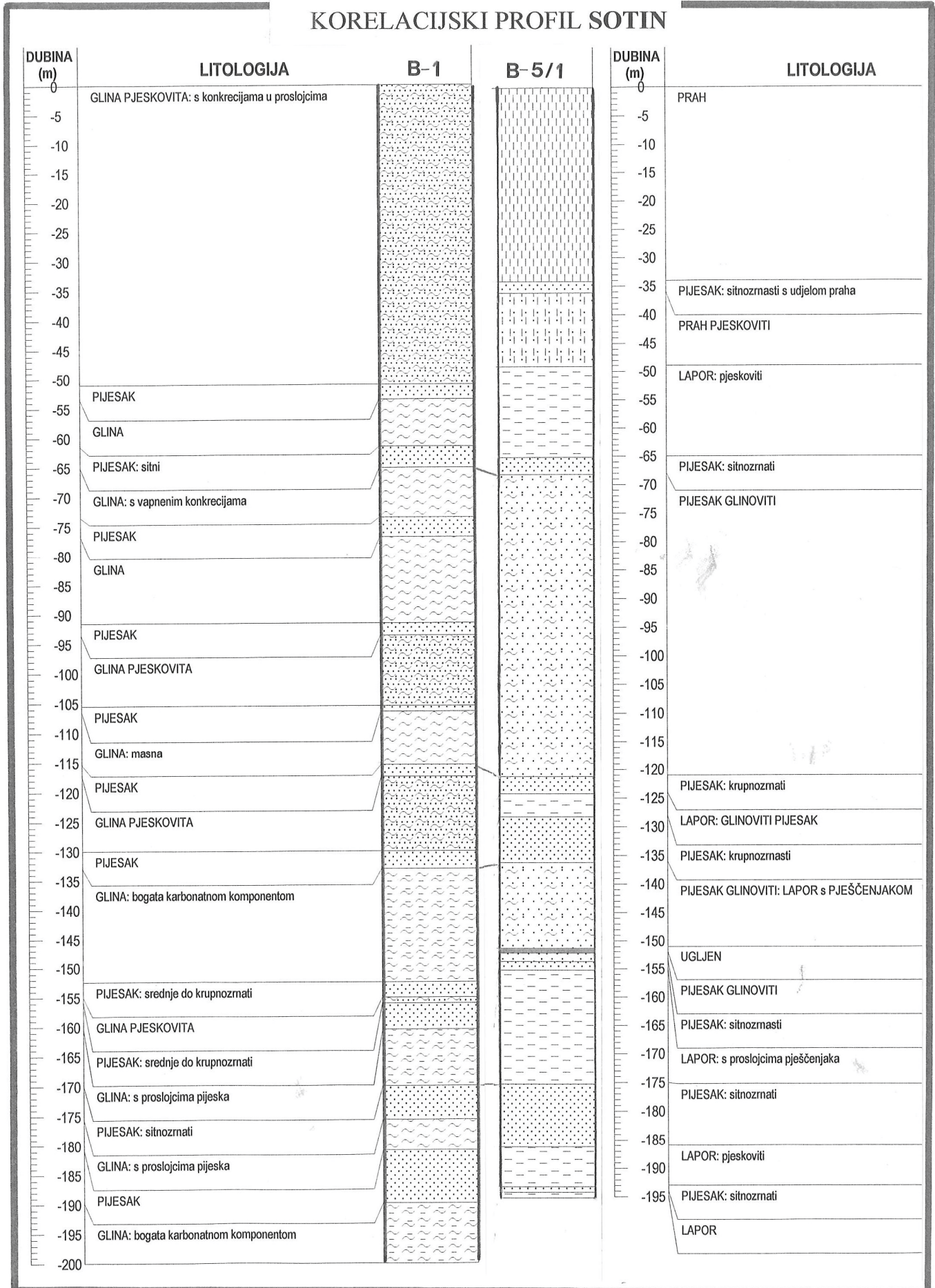
TOČKA PROFILA

A. Sokač & al.: Biostratigrafske i litološke odlike

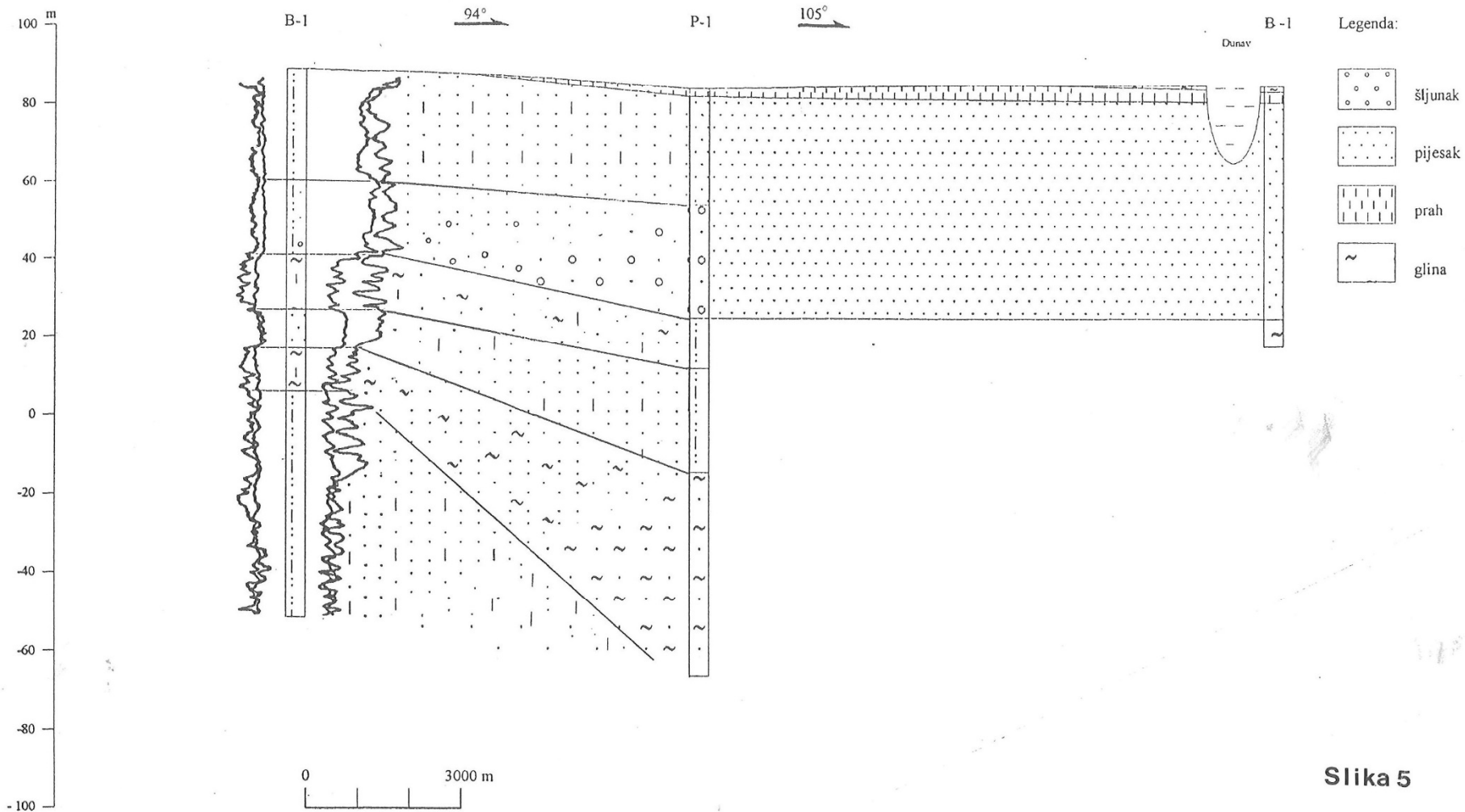
Geološki vjesnik, 35, Zagreb 1982



KORELACIJSKI PROFIL SOTIN



KORELACIJSKI PROFIL Grabovac - Tikveš - Apatin



Slika 5

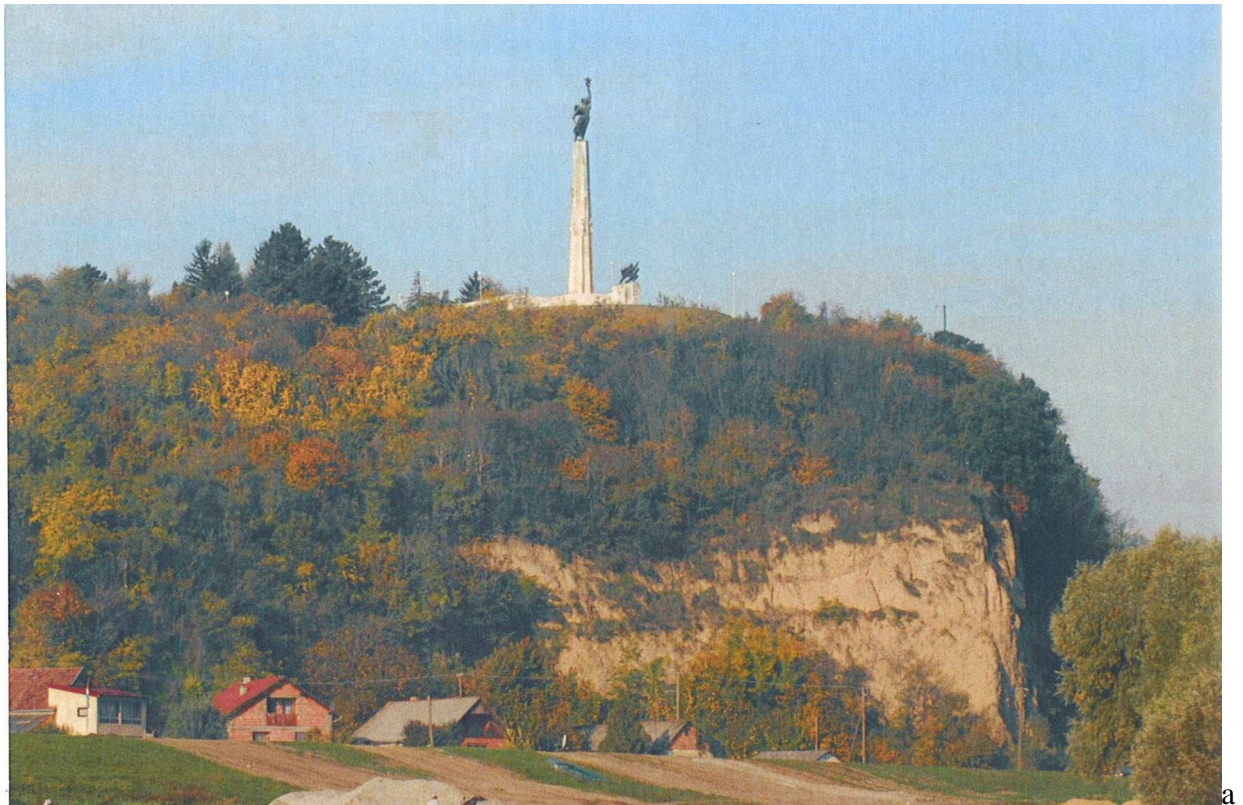


Slika 6.

PRIMJERI ODRAŽAVANJA STRUKTURA I RASJEDA U RELJEFU

Uzdignute strukture odražavaju se u reljefu istaknutim ravnjacima, nižim izdužnim brdima ili manjim uzvisinama, a jedino je Fruška gora (12) predstavljena raščlanjenim brdovitim reljefom. Krilima struktura pružaju se rasjedi. U reljefu su predstavljeni terasnim odsjecima, strmim obroncima, pa i strmcima. Unutar struktura u zonama rasjeda nastaju usječene, često ravnocrtne doline. Izravno odražavanje struktura i rasjeda u reljefu znak su prisutne tektonske aktivnosti.

U slici je prikazan strmec u reljefu kod Vukovara koji je nastao u krovinskom krilu rasjeda Vukovar – Novi Sad (5). Strmac izgrađuje prapor. Tamniji slojevi predstavljaju tzv. fosilne zemlje nastale na toplom razdoblju oledbenog ciklusa.



a



b

Slika 7

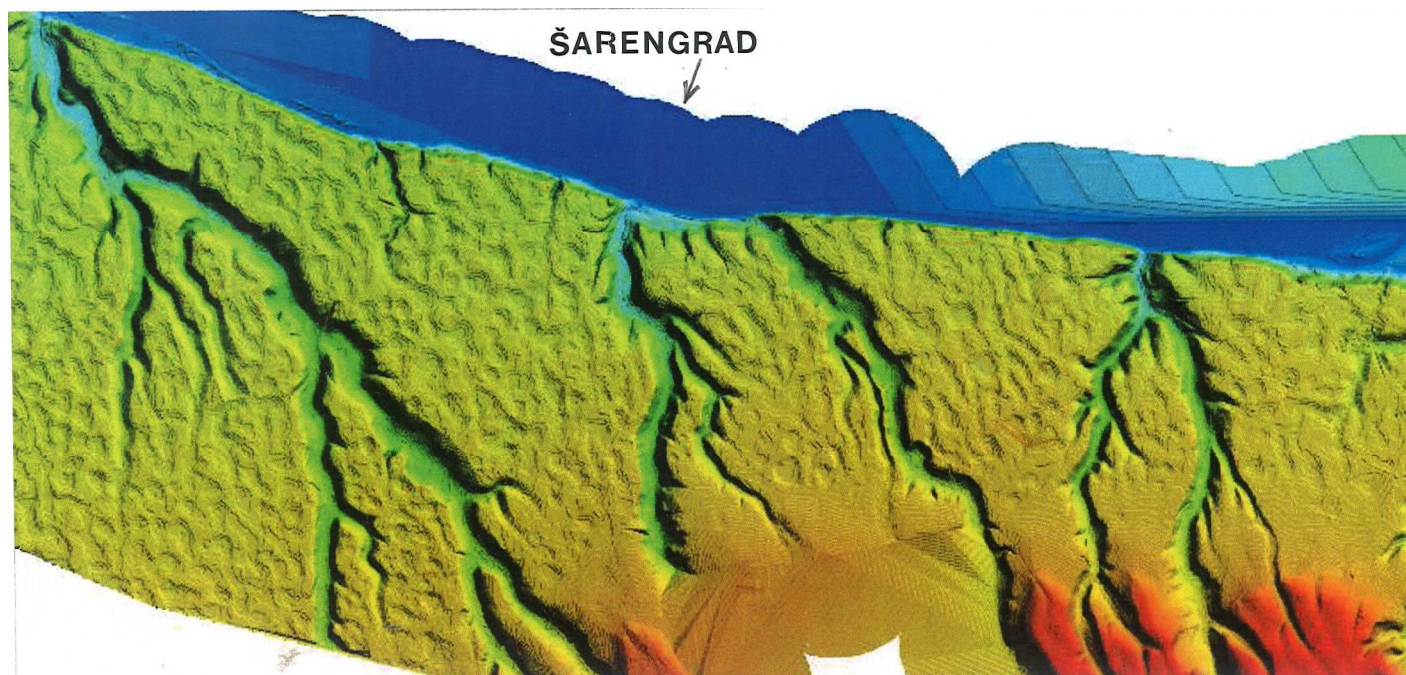
- a) Pogleda na strmac u reljefu nastao u zoni rasjeda Berement – Kneževi Vinogradi – Batina (7), koji se pruža duž velike uzdignute strukture BANSKO BRDO (1).
- b) Relativno visok strmac u reljefu nastao je u krovinskom krilu rasjeda OSIJEK – DALJ (9) kod Erduta.



Slika 8. Između Iloka i Šarengrada u zoni rasjeda Vukovar – Novi Sad (5) osobito je izražen strmac u reljefu. Dosiže visinu 40 – 50m. U reljefu se jasno odražavaju i duboko usječene doline koje sijeku ravnjak. Nastaju u zonama rasjeda sustava SSZ – JJI do SZ – JI.



Slika 9. I kod Vukovara postoji strmec u reljefu u zoni rasjeda Vukovar – Novi Sad (5). U slici se zapažaju i dvije kratke duboko usječene doline. Nastaju u zonama rasjeda koji su paralelni orijentaciji kompresijskog stresa. U uvjetima kompresije u njihovim zonama nastaje širenje prostora



Slika 10. Reljef između Iloka i Šarengrada pruža tri važna podatka. Najprije se uočava izraziti strmac u reljefu u zoni rasjeda Vukovar – Novi Sad (5). Nadalje u reljefu izgrađenom iz prapora na površini nastaju uleknine i plitke ponikve u zonama pukotina i rasjeda. Naposljetku su vrlo uočljive duboko usječene i ravnocrtne doline koje nastaju u zonama rasjeda sustava SSZ – JJI do SZ – JI.

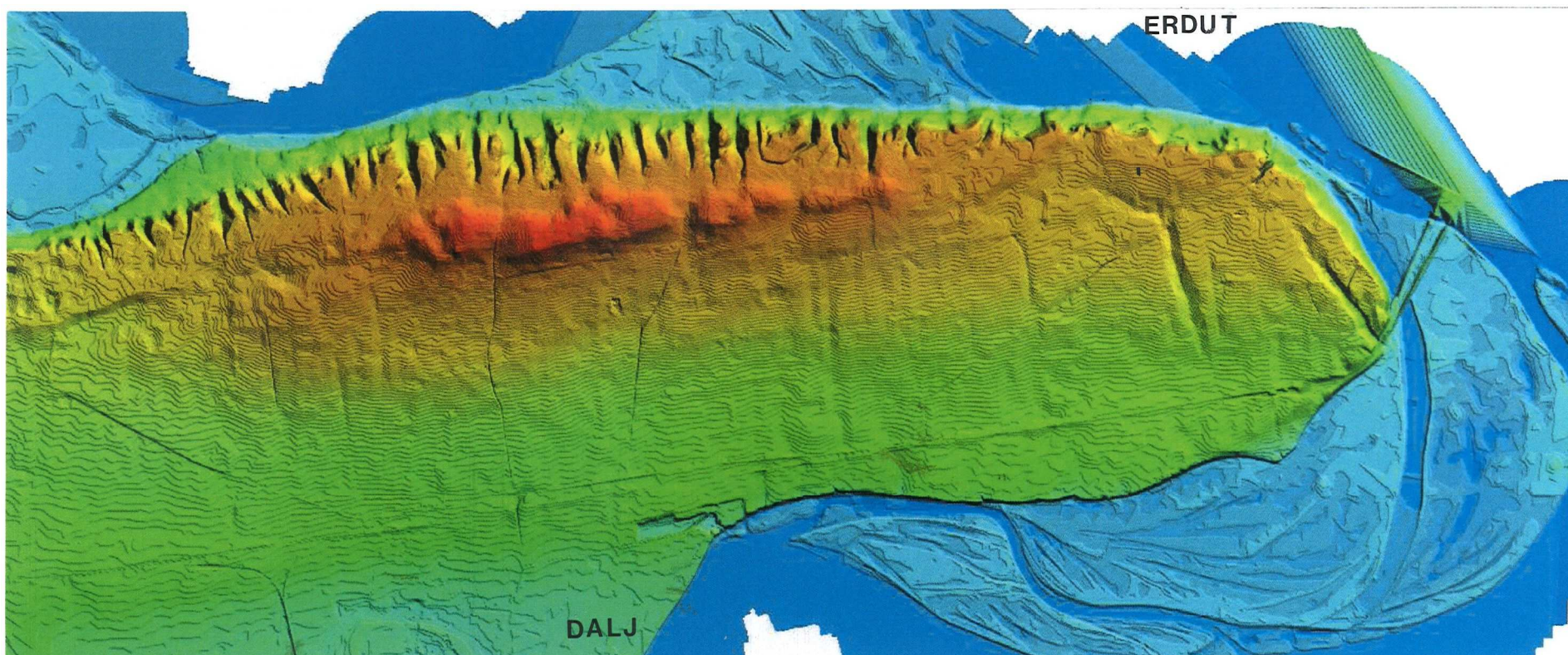


Slika 11.

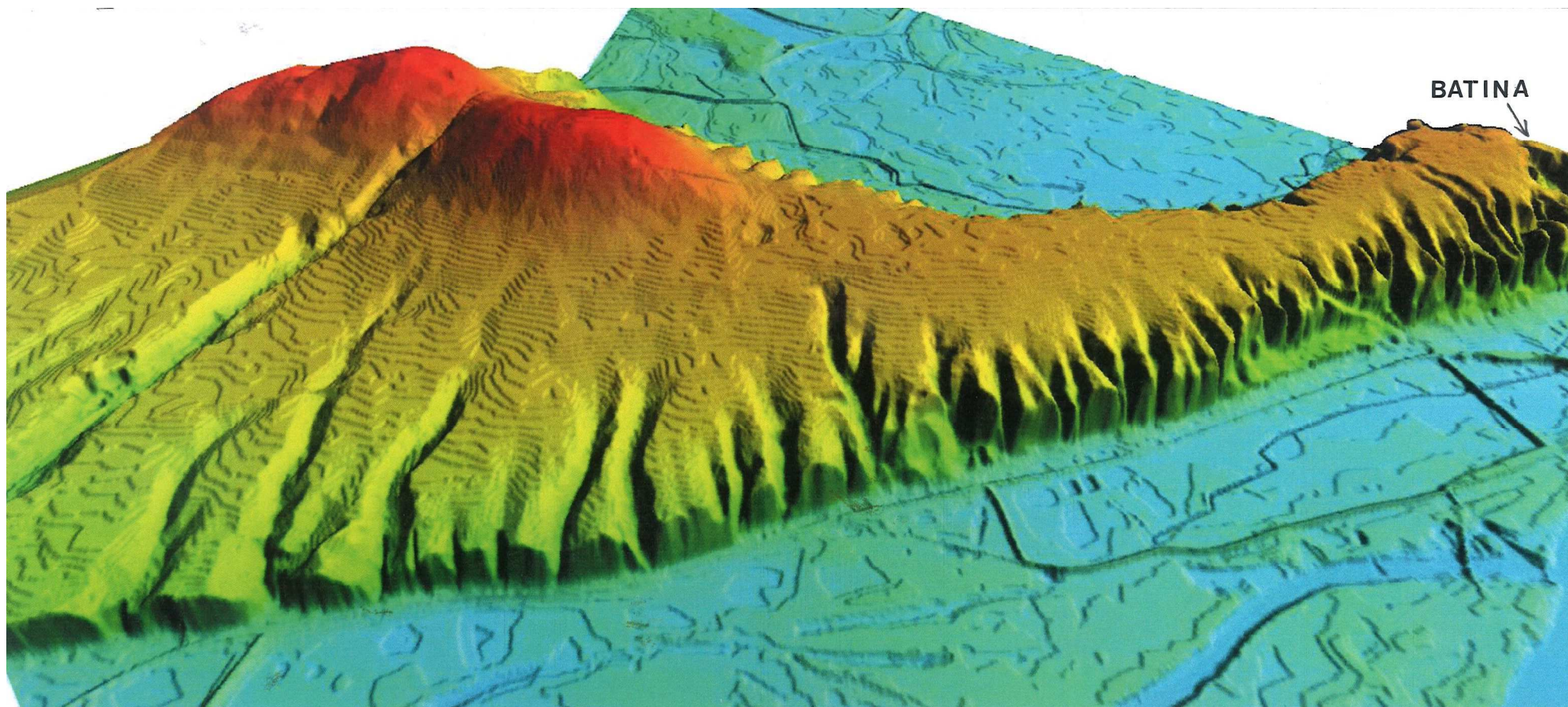
PRIMJERI PONAVLJANJA ULEKNINA ILI PLITKIH PONIKVI U RELJEFU OKO ILOKA I ŠARENGRADA IZGRAĐENOM IZ PRAPORA

Legenda:

1 – ULEKNINE U RELJEFU ILI PLITKE PONIKVE; 2 – MALA UZVIŠENJA RELJEFA; 3 – VEĆE DOLINE SA STALNIM VODOTOCIMA; 4 – MANJE DOLINE; 5 - RASJEDI



Slika 12. Reljef Erdutskog brda (3) je asimetričan. Izraženi su strmi obronci, mjestimice i strmci uz Dunav. To ukazuje na aktivnost rasjeda Petrijevc – Osijek – Aljmaš – Erdut (8). Kratke duboko usječene doline nalaze se u krovinskom krilu rasjeda i poprečne su na njegovo pružanje. Vjerojatno nastaje u zonama rasjeda koji su paralelni orijentaciji kompresijskog stresa.



Slika 13. Bansko brdo (1) vrlo je raščlanjeno. Jasno se uočavaju odsječeni obronci i strnci u reljefu u zoni rasjeda Berement – Kneževi Vinogradi – Batina (7). Raščlanjenost reljefa osobito je uvjetovana nizom usječenih, često ravnocrtnih dolina koje nastaju u zonama rasjeda sustava SSZ – JJI, S – J do SSI – JJI. Duž njihovih krila prevladava horizontalna komponenta pomaka krila.



Slika 14.

PRIMJERI NAJVAŽNIJIH RASJEDA STRUKTURNOG SKLOPA RASJED VUKOVAR – NOVI SAD (5)

Granični strukturnoj jedinici Vukovarski ravnjak – Fruška gora (3). Izdvaja se u strukturnom sklopu, jer se cijelom duljinom pruža uz Dunav. Duž strmca uz reljefu postoji niz izdanaka koji ukazuju na recentne tektonske pokrete i aktivnost u prostoru strukturne jedinice.

Dobar izdanak rasjeda otkriven je u T14 u Vukovaru. Predstavljen je zonom paralelnih rasjeda vergencije prema S i položaja 200/80//reversni.



Slika 15. T10. Opatovac. Glavni rasjed iz zone Vukovar – Novi Sad (5) pruža se podnožjem strmca koji nastaje reversnim uzdizanjem Vukovarskog ravnjaka (5) duž krovinskog krila rasjeda. Položaj rasjeda iznosi 200/75/ reversni. U izdanku se razabire i antiklinalno boranje slojeva laporovitih glina koje se nalaze u podini prapora. Boranje slojeva ukazuje na reversne pomake krila rasjeda.



Slika 16. T4. Šarengrad. Veliki izdanak jednog od rasjeda koji se uključuje u glavnu zonu Vukovar – Novi Sad (4). Rasjed je paralelan izdanku, pa mu je trasa gotovo horizontalna. U krovinskom krilu zapaža se antiklinalno boranje prapornih naslaga. Mjeren je položaj 180/75/reversni.

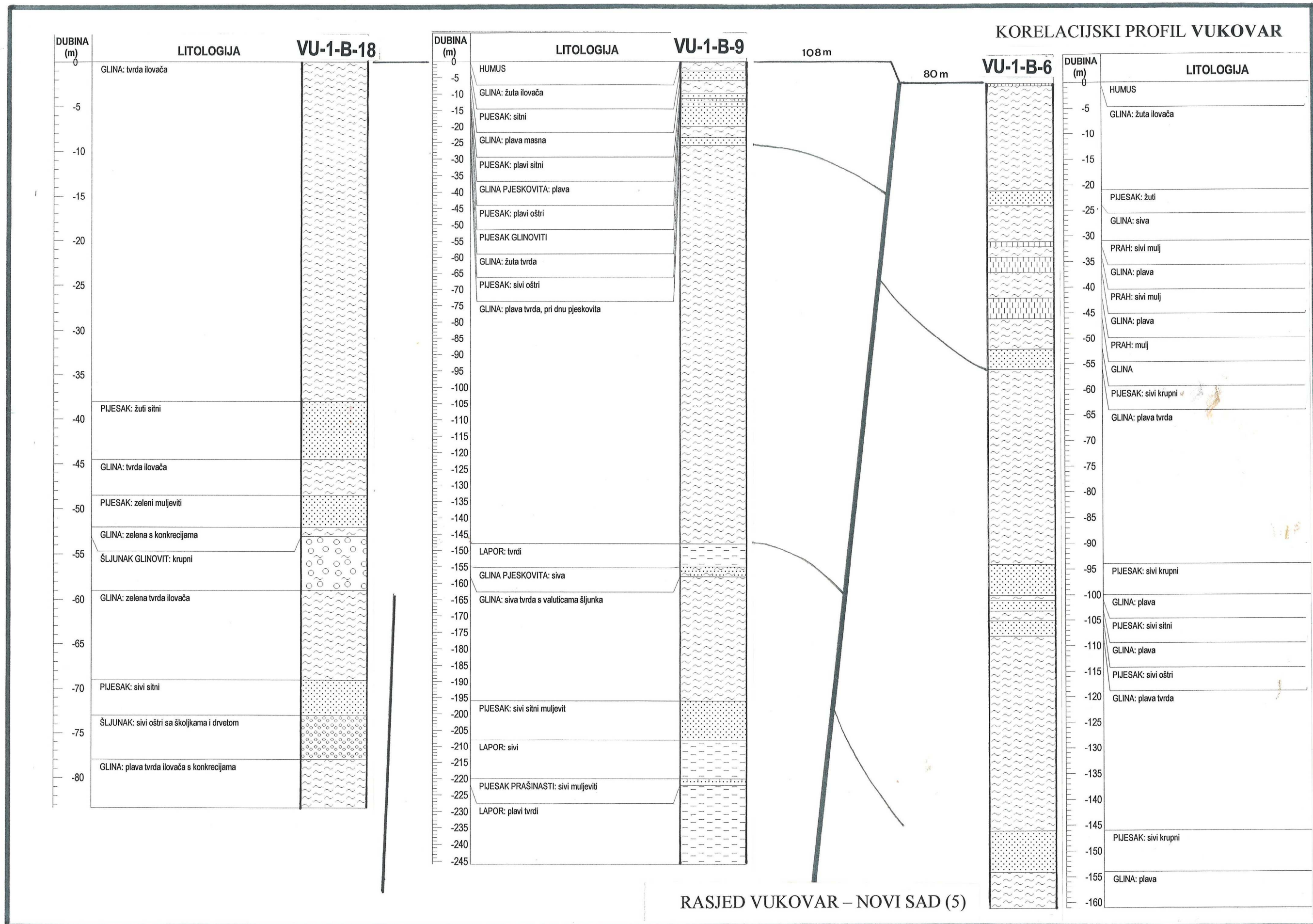


a



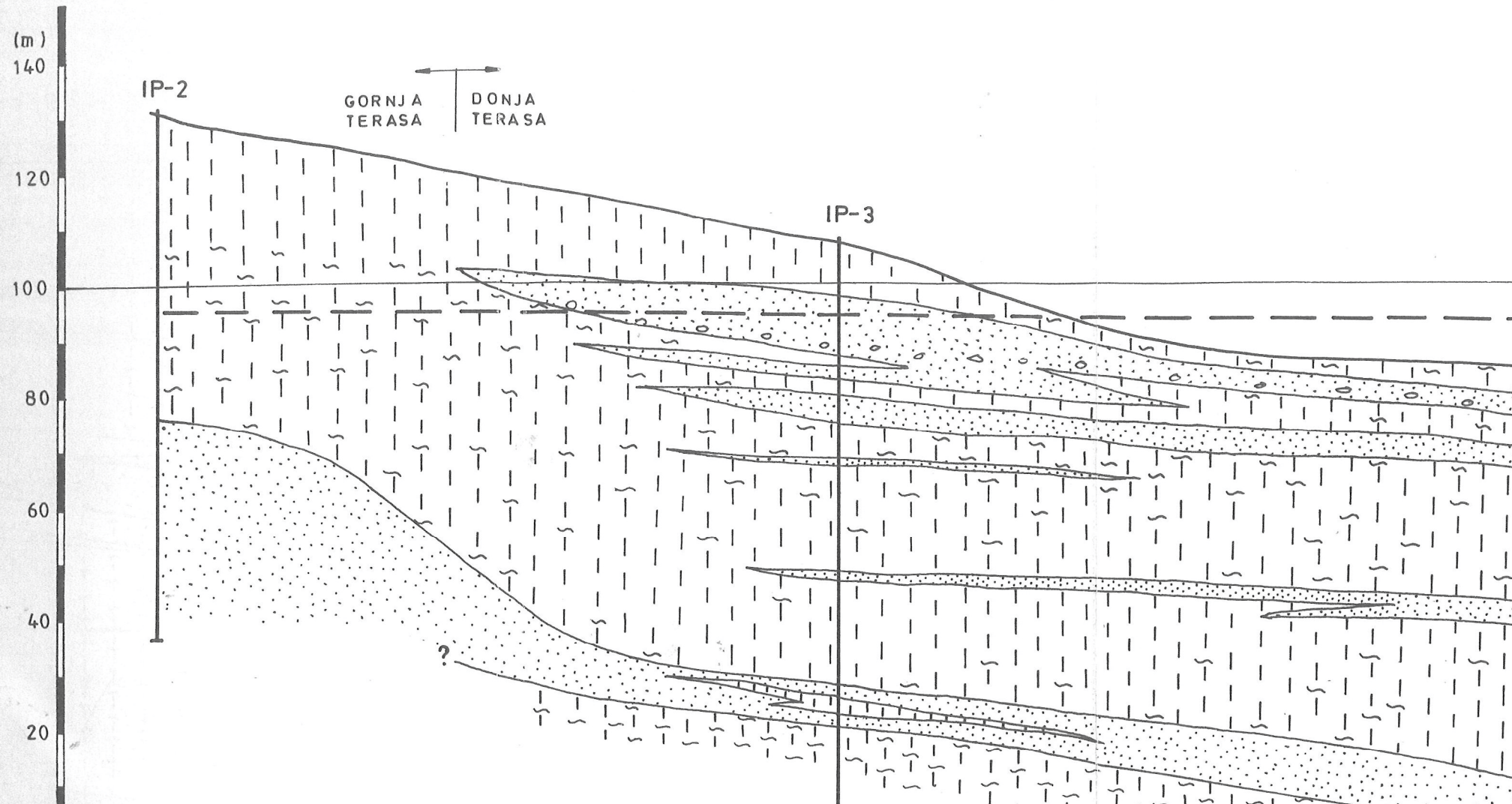
b

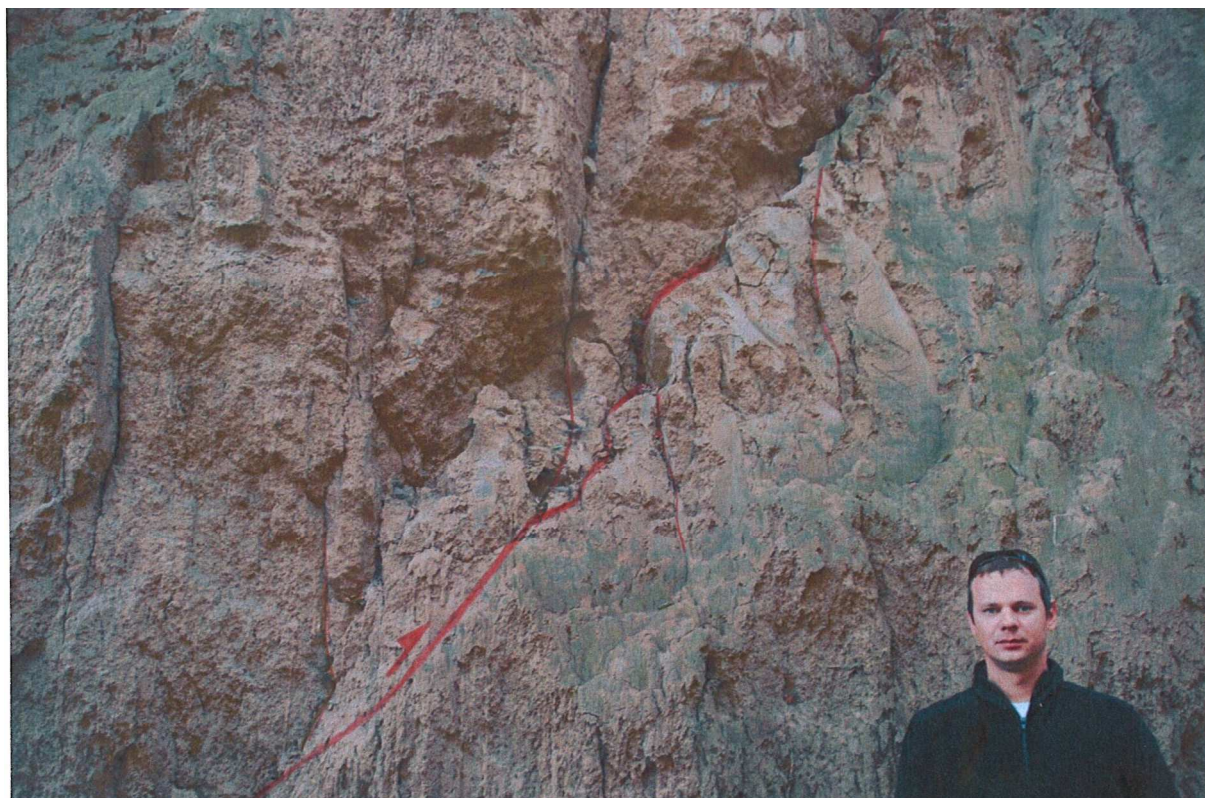
Slika 17. Zbog recentne tektonske aktivnosti stalno su prisutni pomaci krila promatranog rasjeda. U kućama smještenima u zoni glavnog rasjeda nastaju pukotine na kućama. Učestali primjeri nalaze u Šaregradu na T 6



Slika 18

KORELACIJSKI PROFIL ILOK





Paralelno pružanju glavnog rasjeda Vukovar – Novi Sad (5) pružaju se dva njegova glavna ogranka koji su odmaknuti od rubnog strmca u reljefu. Oba ogranka spajaju se s glavnim rasjedom u dubini.

Dobar primjer prvog ogranka nađen je u izdanku T2 zapadno od Iloka. Jedan od rasjeda iz njegove zone siječe naslage prapora. Mjeren je položaj 160/70/reversni. U krilima rasjeda razabire se svijanje pukotina zbog reversnih pomaka.

Slika 20



a

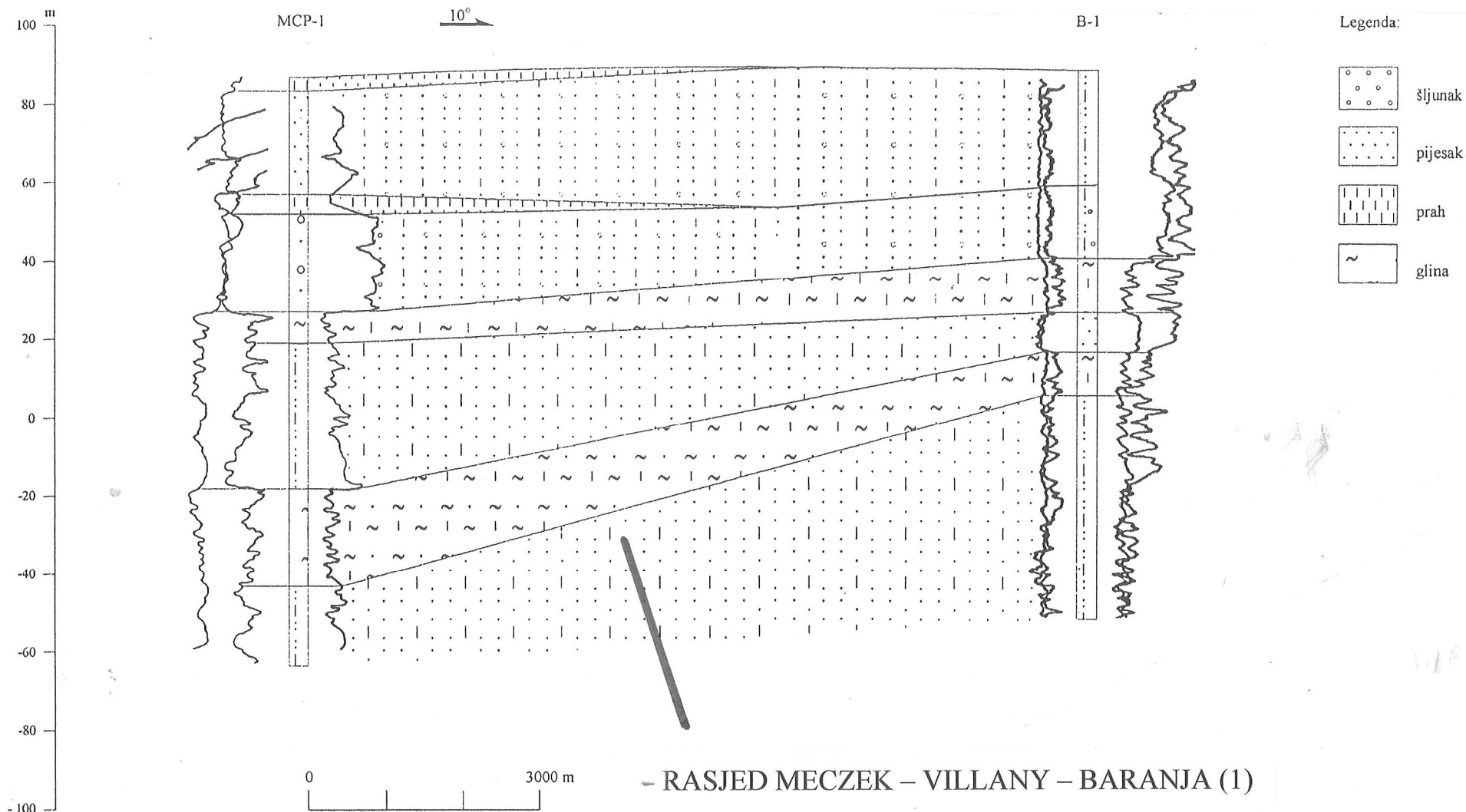


- a) T 8. Mohovo. Izdanak prvog ogranka promatranog rasjeda. Najvažniji je pomak fosilne zemlje u praporu od nekoliko metara. Mjeren je položaj 180/75/reversni (rasjed se dijagonalno pruža preko izdanka).
- b) T 5. Dolina južno od Šarengrada. Najbolji izdanak drugog ogranka rasjeda Vukovar – Novi Sad (5). Razabire se zona paralelnih rasjeda položaja 230/75/reversni.

Slika 21

KORELACIJSKI PROFIL Mece - Grabovac

Rasjed graniči strukturnoj jedinici. Predstavljen je zonom rasjeda vergencije prema J. Zbog erozije površine oko Darde nema otvorenih izdanaka. U profilu se uočavaju zadebljanja i pomaci naslaga kvartarne starosti.



- RASJED MECZEK - VILLANY - BARANJA (1)

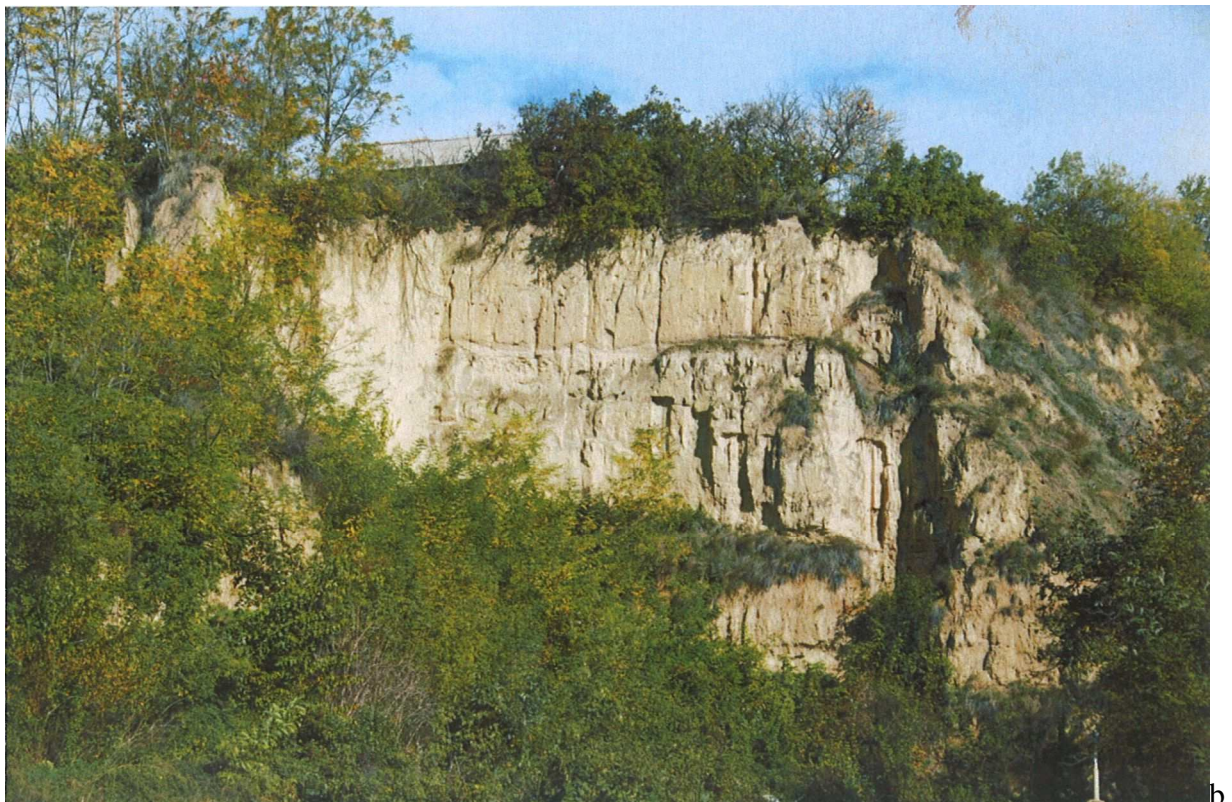
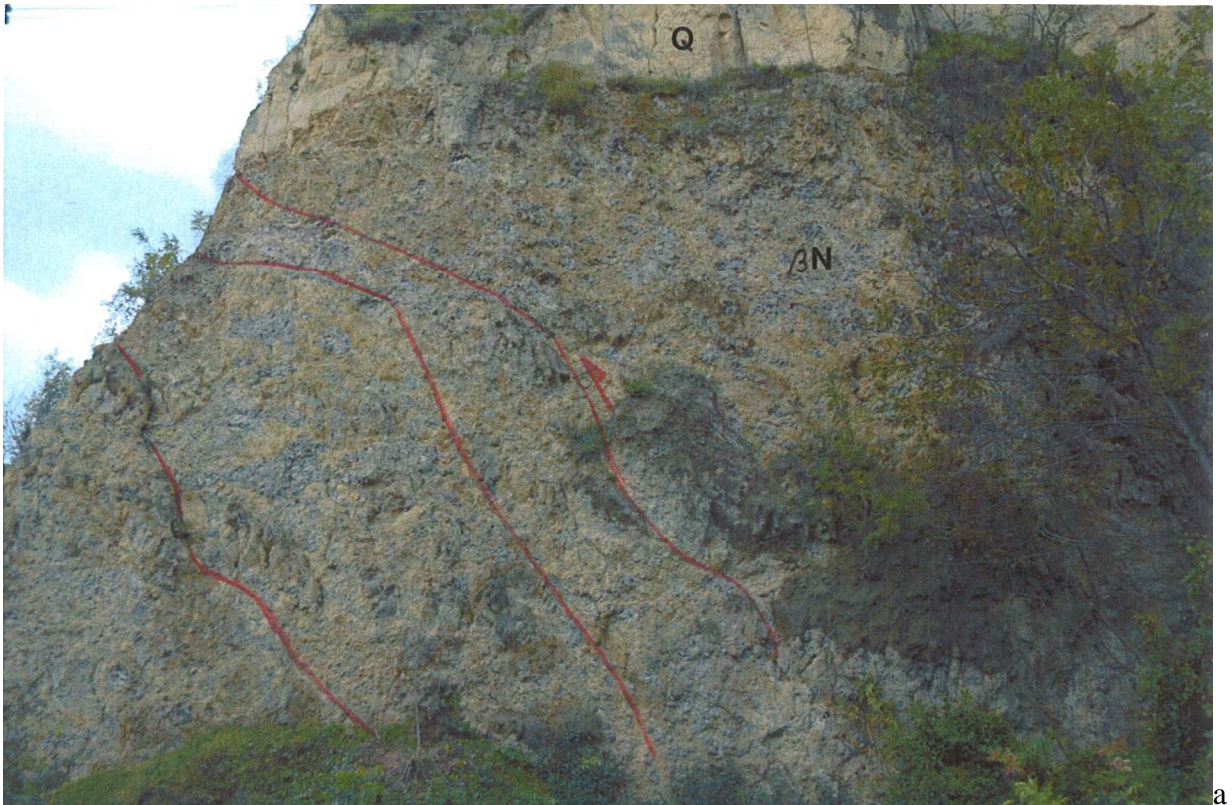


- RASJED BELI MANASTIR – BATINA (6)

Rasjed se pruža duž sjevernog – sjeverozapadnog krila velike uzdignute strukture Bansko brdo (1). Rasjed je predstavljen zonom paralelnih reversnih rasjeda.

Dobar primjer zone otkriven je u velikom izdanku u T 24 kod Batine. Izdanak se sastoji iz andezit-bazalta neogenske starosti (β N). Mjeren je položaj 135/60/reversni.

Slika 23



- RASJED BEREMENT – KNEŽEVI VINOGRADI – BATINA (7)

Rasjed se pruža duž južnog-jugoistočnog krila velike uzdignute strukture Bansko brdo (1)

- a) T 41. Batina. Unutar andezit – bazalta (β N) razabire se zona paralelnih rasjeda. Pružaju se duž strmca u reljefu. Mjeren je položaj 280/60/reversni. Na vrhovima strmca taložen je prapor (Q).
- b) T 25. Zmajevac. Dobar izdanak promatranog rasjeda položaja 300/80/reversni. Razabire se i antiklinalno boranje fosilne zemlje u krovinskom krilu rasjeda.

Slika 24





- RASJED PETRIJEVCI – OSIJEK – ALJMAŠ – ERDUT (8)

Rasjed se pruža duž sjevernog krila velike strukture Erdutsko brdo – Osijek (3). Predstavljen je zonom reversnih rasjeda vergencije prema S. U krovinskom krilu zone duž Erdutskog brda nastaje strmac u reljefu, a kod Osijeka terasni odsjek.

- a) T 18. Zapadno od Erduta. U izdanku se uočavaju dva paralelna rasjeda položaja 180/70/reversni.
- b) T 19. Zapadno od Erduta. U izdanku zone rasjeda izdvajaju se rasjedi iz glavne zone položaja 180/70/reversni (a) i ogranci položaja 20/60/reversni (b). Pojava ogranaka dokaz je da se promatrana zona sastoji iz snopa rasjeda istog pružanja, ali različitog nagiba.

Slika 25



a



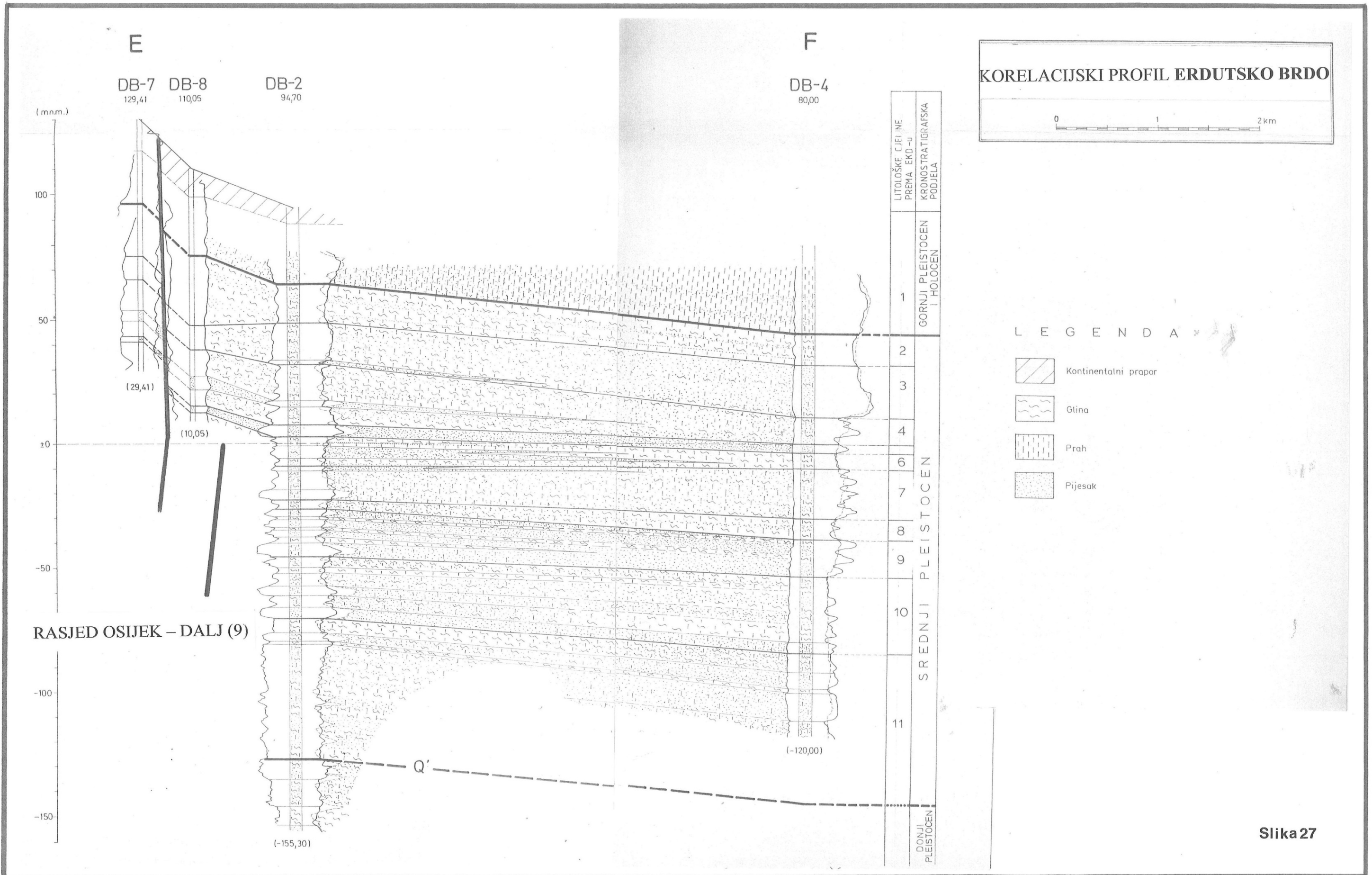
b

- a) U izdanku kod Aljmaša u T 21 (slika a) također je prisutan snop rasjeda. Položaji su slijedeći:
glavni rasjed: a – 170/85/reversni,
ogranak b – 350/85/reversni.

- RASJED OSIJEK – DALJ (9)

- b) Rasjed se pruža duž južnog krila velike strukture Erdutsko Brdo – Osijek (3). U reljefu se odražava terasnim odsjekom, pa su izdanci slabije otkriveni. Najbolji izdanak otkriven je u T 15 kod Dalja. Mjeren je položaj 15/85/reversni

Slika 26



Slika 27



PRIMJERI RASJEDA KOJI SE NALAZE UNUTAR VELIKIH UZDIGNutih STRUKTURA

Najprije se izdvajaju rasjedi koji se pružaju paralelno s graničnim rasjedima velikih struktura. Rasjedi su reversni, suprotnih vergencija. Pojedini rasjedi mogu biti ogranci najvažnijih rasjeda strukturnog sklopa. Izdvojeni su izdanci rasjeda duž struktura koje se nalaze oko toka Dunava.

Najprije se izdvaja izdanak rasjeda kod Aljmaša u T 20. Rasjed se nalazi u velikoj strukturi Bansko brdo (1) i pruža se paralelno zoni rasjeda Beli Manastir – Batina (6). Mjeren je položaj 160/80/reversni.

Slika 28



a



b

- a) T 16. Most Bogojevo. Dobar izdanak rasjeda koji se pruža duž najistaknutijeg dijela velike uzdignute strukture Erdutsko brdo – Osijek (3). Uz rasjed se pojavljuje klizište (strijelica). To je dokaz aktivnosti rasjeda. Mjeren je položaj 170/85/reversni.
- b) T 17. Erdut. Rasjed se pruža duž najistaknutijeg dijela velike uzdignute strukture Erdutsko Brdo – Osijek (3). U zoni paralelnih rasjeda mjeren je položaj 220/80/reversni.

Slika 29



a



b

Unutar velikih uzdignutih struktura nastaju rasjedi paralelni pružanju osi struktura ili duž najistaknutijih dijelova u krovinskim krilima graničnih rasjeda. Rasjedi su najčešće normalni.

- a) T 23. Batina. Rasjed položaja 185/55 presijeca sloj fosilne zemlje uz normalni pomak
- b) T 12. Sotin. Dva paralelna rasjeda u izdanku naslaga prapora imaju položaj 210/85/normalni.

Slika 30



Unutar velikih uzdignutih struktura nastaju i rasjedi paralelni orijentaciji kompresijskog stresa. Zbog kompresije prostora uvijek u njihovim zonama dolazi do otvaranja prostora. Izdvajaju se dva primjera:

- a) T 9. Opatovac. Zamjetno je širenje prostora u zoni rasjeda položaja 310/85.
- b) T 13. Vukovar. U najmlađem dijelu naslaga prapora uočen je rasjed položaja 240/85 u čijoj se zoni očito recentno širi prostor.

Slika 31

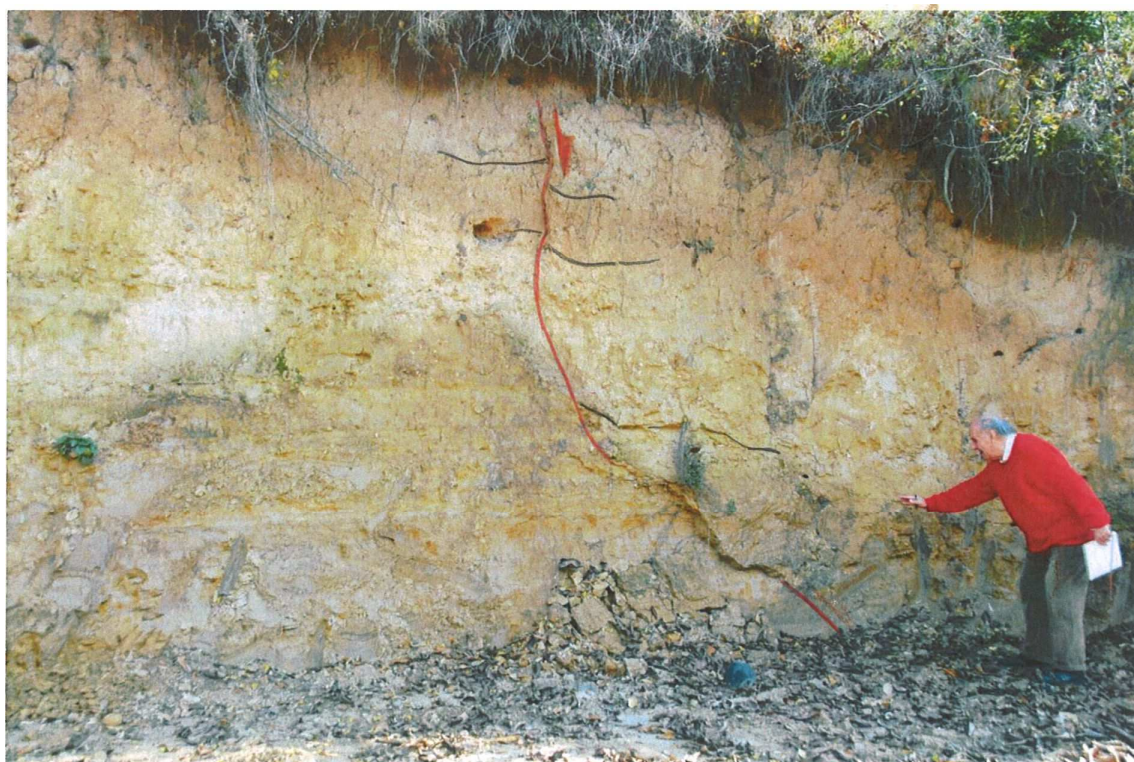
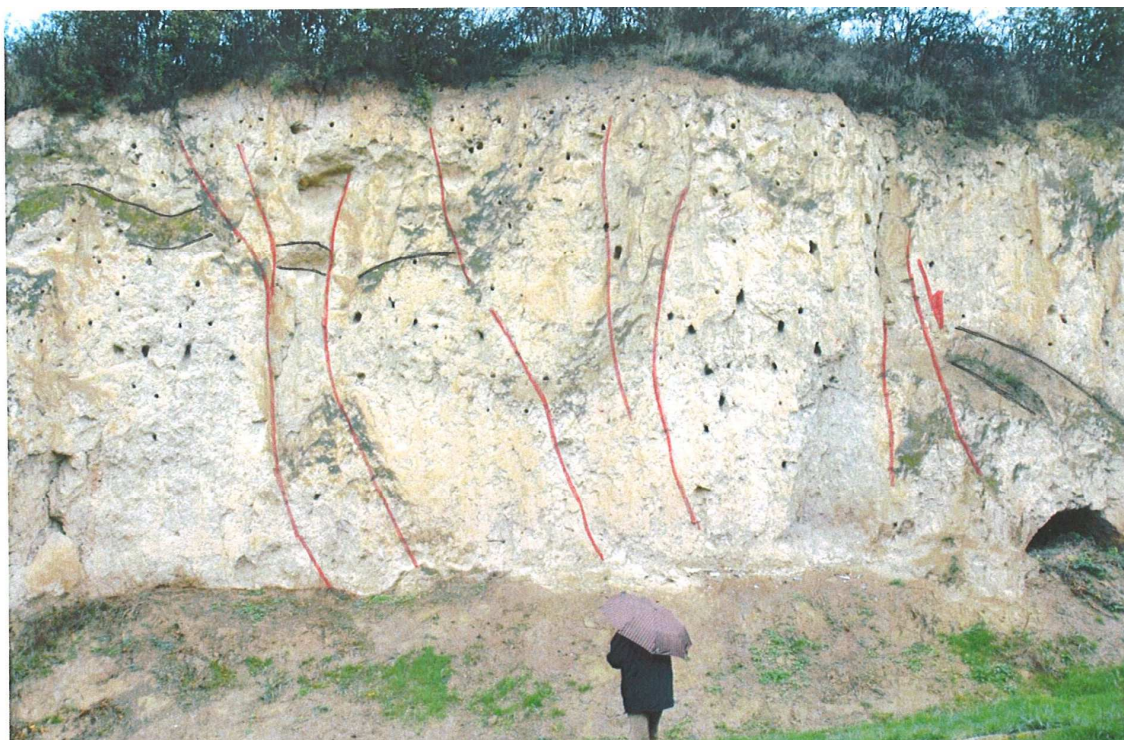


Slika 32

PRIMJERI RASJEDA DUŽ ČIJIH ZONA PREVLADAVA HORIZONTALNA KOMPONENTA POMAKA KRILA

U obuhvaćenom strukturnom sklopu učestalo se izdvajaju rasjedi sustava SSZ – JJI do S-J i samo mjestimica SI . JZ. Uvijek su predstavljeni zonama i nizovima rasjeda na manjim razmacima. Rasjedi su normalni i reversni. Presijecaju pojedine strukturne jedinice i velike uzdignute strukture. Duž njihovih zona horizontalno se pomiču pojedine strukture i njihovi dijelovi.

Od brojnih izdanaka najprije se izdvajaju široke zone paralelnih rasjeda u T 3 u Šarenggradu položaja 60/75. Rasjed je normalan i presijeca zonu Vukovar – Novi Sad (5).



- a) Opatovac kod T 9 uz dolinu Banjara. Zona rasjeda se pruža širokom, duboko usječenom dolinom. Uočljiva je zona paralelnih rasjeda srednjeg nagiba 90/85/normalni. Pojedini rasjedi svijaju se duž nagiba. Postoje i pomaci najmlađeg sloja fosilne zemlje.
- b) T 7. Mohovo. Izdanak pratećeg rasjeda zoni koja se pruža kroz dolinu Razmanov dol. Mjeren je položaj 80/85/normalni. Zamjetni su i pomaci slojeva u krilima rasjeda.



T 9. Opatovac. Dobar izdanak rasjeda iz zone sustava SSZ – JJI. Rasjed je gotovo paralelan pružanju izdanka. Razabire se boranje i normalni pomaci dva sloja fosilne zemlje. Mjeren je položaj 90/80/normalni.



a



b

- a) T 11. Vučedol. Rasjed je posve paralelan cesti i zato je u izdanku horizontalan makar je mjereno položaj 65/85/normalni. Nalazi se u zoni sustava SSZ – JJI. Presijeca niz pukotina koje su poprečne na rasjed.
- b) T 12. Sotin. Izdanak zone dva paralelna rasjeda koji se u primjeru također pružaju paralelno izdanku. Imaju položaj 220/45/normalni. Osobito su izražene pukotine položaja 300/85, koje su poprečne na rasjede.

Slika 35



a



b

- a) T 22. Suza. Primjeri rasjeda sustava S – J koji presijeca veliku strukturu Bansko brdo (1). U zoni rasjeda ustanovljeni su prevladavajući lijevi horizontalni pomaci krila. Mjeren je položaj 170/85/normalni. Rasjedi istog sustava s lijevim pomakom krila prevladavaju u prostoru između Belog Manastira i Suze. Pojedini dopiru do zone rasjeda Meczek – Villany – Baranja (1).
- b) T 16. Most Bogojevo. Primjer reversnog rasjeda sustava SSZ – JJI u velikoj strukturi Erdutsko brdo – Osijek (3) i položaja 290/70/reversni.

Slika 36



Slika 37

PRIMJERI PUKOTINA I BORA

Zbog sastava naslaga prapora u uvjetima uzdizanja struktura stvaraju se pukotine. One mogu biti vrlo gusto raspoređene. Najčešće su to nizovi pukotina paralelni s pružanjem najistaknutijih dijelova struktura ili paralelni orijentaciji kompresijskog stresa i osobito, zbog rotacije dijelova struktura, paralelno s rasjedima duž čijih krila prevladava horizontalna komponenta pomaka. Na površini reljefa zbog gusto raspoređenih pukotina nastaju uleknine i plitke ponikve.

Primjer gustog nizanja pukotina otkriven je kod Mohova pokraj T 7. Pukotine su gotovo paralelne rasjedu koji presijeca zonu Vukovar – Novi Sad (5).



a



b

- a) U širokim zonama najvažnijih rasjeda strukurnog sklopa u praporu nastaju pukotine. Primjer je nađen u T 19 zapadno od Erduta. Položaj pukotina je 350/80.
- b) T12. Sotin. Primjer pukotina položaja 300/80 širenjem prostora. Očito su paralelne orijentaciji kompresijskog stresa.

Slika 38



Slika 39. T 2. Zapadno od Iloka. Dobar primjer pojavljivanja niza paralelnih pukotina položaja 70/85. pukotine presijecaju sloj fosilne zemlje.



a



Zbog kompresije prostora i reversnih pomaka duž krila najvažnijih i njima pratećih rasjeda strukturnog sklopa naslage se boraju. Bore se pojavljuju posvuda. Boranje naslaga prapora i to najmlađih slojeva fosilne zemlje ukazuju na recentno prisutne tektonske pokrete.

- a) T 21. Primjer boranja slojeva fosilne zemlje u zoni rasjeda Petrijevc – Osijek – Aljmaš – Erdut (8) u Aljmašu.
- b) T 6. Šarengrad. Primjer antiklinale fosilne zemlje u krovinskom krilu rasjeda Vukovar – Novi Sad (5).

Slika 40



Najbolji primjeri boranja naslaga prapora osobito slojeva fosilne zemlje nalaze se duž strmca u reljefu u zoni rasjeda Vukovar – Novi Sad (5). Primjer izdanka nalazi se u T 13 u Vukovaru.

Slika 41

18 TEKTONSKA DINAMIKA, ODNOSI I POMACI STRUKTURA

Oblikovanje i deformacije strukturnog sklopa izazvani su regionalnim tektonskim pokretima. Intenzitet pokreta ovisi o položaju obuhvaćenog područja u regionalnom sklopu. Pri tom je bitan razmještaj, veličina i položaj prisutnih velikih kompleksa stijena u dubini koje se odupiru regionalnim tektonskim pokretima. Zbog tektonskih pokreta u strukturnom sklopu uspostavlja se polje stresa. O orijentaciji stresa ovise deformacije i pomaci pojedinih strukturnih jedinica. Stoga je bilo potrebno odrediti recentni odnos kompresijskog stresa i mogućih deformacija strukturnog sklopa. Za ocjenu djelovanja stresa važni su uspostavljeni odnosi i pružanja velikih i lokalnih struktura, te položaji i pružanja najvažnijih rasjeda sklopa i rasjeda unutar struktura. Svakako su osobito bitni prikupljeni podaci u točkama motrenja o pomacima struktura u krilima rasjeda. Orijentacija maksimalnog kompresijskog stresa i pomaci dijelova strukturnih jedinica i struktura prikazani su u priložima 1 i 3. Naglašava se da orijentacija maksimalnog kompresijskog stresa utječe na osnovne odnose i pomake pojedinih struktura.

Najvažnije jest postojanje kompresije prostora obuhvaćenog strukturnog sklopa. Rasjedanje najmlađih kvartarnih naslaga i njihov položaj na površini duž najistaknutijih dijelova struktura ukazuje na recentnu prisutnost tektonskih pokreta. Pri tom su tektonski najaktivniji prostori dodira strukturnih jedinica. Tektonska aktivnost pojedinih jedinica razabire se iz orijentacije maksimalnog kompresijskog stresa. Općenito se razabire da je orijentacija kompresijskog stresa pretežito poprečna ili gotovo poprečna na pružanje struktura i rasjeda. Takav odnos rezultira stvaranjem reversnih struktura i pretežito poprečnih pomaka struktura ili njihovih dijelova duž krila najvažnijih rasjeda sklopa. Međutim, zapažaju se promijene pružanja tih rasjeda, što ukazuje i na različite pomake dijelova strukturnih jedinica. Zbog toga je potrebno uočiti tektonski najaktivnije dionice rasjeda i prostore veće kompresije.

Unutar strukturne jedinice Vukovarski ravnjak – Fruška gora (3) zapaža se da je orijentacija maksimalnog kompresijskog stresa promjenljiva. U pojedinim dijelovima jedinice uočava se postupna promjena orijentacije stresa u lijevo. Primjerice to su slijedeći potezi:

Šid 15-195°, Lovas 10-190°, Opatovac 7-187° i Ilok – Šaregrad 5-185°;
Slakovci 15-195°, Čakovci 3-183°, Petrovci 355-175° i Vukovar 350-170°.

Promjena orijentacije maksimalnog kompresijskog stresa uvjetuje i različite pomake struktura i što je najvažnije retrogradnu rotaciju strukturne jedinice Vukovarski ravnjak – Fruška gora (3). Posljedica jest nastajanje sustava rasjeda SSZ-JJI s prevladavajućim desnim pomakom krila. Presijecaju strukturnu jedinicu. Veće zone se izdvajaju između Bogdanovaca i Orolika, Sotina i Šida, Opatovca i Šida, te Mohova, Šaregrada i Sota. Pomaci dijelova struktura u krilima graničnih rasjeda strukturne jedinice jesu poprečni na pružanje rasjeda i reversni strmog kuta zakosa. Dijagonalna orijentacija stresa uočava se duž rasjeda Vukovar – Novi Sad (5) na dionici između Vučedola i Sotina. To uvjetuje dijagonalne pomake krila rasjeda.

Rotacija strukturne jedinice izaziva i njezine pomake prema Vukovaru. Posljedica jesu promjena pružanja graničnih rasjeda u pravac SZ-JI i osobito stvaranje izraženog prostora kompresije između Vinkovaca, Negoslavca i Vukovara. Nastaju lokalne uzdignute reversne strukture pružanja gotovo Z-I unutar kojih se stijene veće gustoće u dubini približavaju površini (profil C-C', slika 2a). Pomaci strukturne jedinice prema Dravskom bazenu (4) rezultiraju i stvaranjem lokalnih uzdignutih struktura između Bršadina i Vukovara, Trpinje i Borovo Sela, te Vukovara i Bača (prilozi 1 i 3).

Unutar strukturne jedinice Meczek – Villany – Baranja (1) postoji znatna promjena orijentacije maksimalnog kompresijskog stresa. U zapadnom obuhvaćenom dijelu jedinice zamjetno je skretanje orijentacije stresa u lijevo na potezu:

Darda 18-198°, Beli Manastir 344-164°.

Međutim, ispred zone rasjeda Beremend – Kneževi Vinogradi – Batina (7) orijentacija maksimalnog kompresijskog stresa znatno odstupa. Kod Kneževih Vinograda iznosi 335-155° i kod Grabovca 328-148°. Još su zamjetne dvije činjenice. Najprije to je promjena pravca pružanja velike strukture Bansko brdo (1) i njezinih graničnih rasjeda. Kod Belog Manastira pravac je Z-I, a prema Batini SI-JZ. Također, unutar spomeute velike strukture pojavljuju se rasjedi sustava gotovo S-J duž čijih krila prevladava lijeva horizontalna komponenta pomaka krila. Ti rasjedi se između Suze i Kneževih Vinograda skupljaju prema Grabovcu, Lugu i Vardarcu u jednu široku zonu.

Navedeno upućuje da se u obuhvaćenom području događaju pomaci strukturne jedinice Meczek – Villany – Baranja (1) prema JI. Unutar strukturne jedinice Sombor – Apatin (2) kompleksi stijena veće gustoće smještene relativno blizu površine odupiru se tim pomacima. Nastaje promjena orijentacije stresa u prostoru veće kompresije. Mijenja se pružanje velike strukture Bansko brdo (1), a dijelovi promatrane strukturne jedinice pomiču se prema J, JJI umjesto prema JI (prilozi 1 i 3). Zbog toga nastaje sustav rasjeda gotovo S-J duž kojeg se strukturni blokovi pomiču prema J i JJI. U prostoru nastanka veće kompresije prostora tektonske pokrete prati znatna seizmička aktivnost uz učestalo pojavljivanje potresa.

Kompresija prostora prisutna je i duž krovinskih krila rasjeda Meczek – Villany – Baranja (1) i njegovog glavnog ogranka. Stvaraju se lokalne uzdignute reversne strukture. Pomaci krila rasjeda su prema J i JJI. To upućuje da dijelovi strukturne jedinice Sombor – Apatin (2) također retrogradno rotiraju.

Tektonski pokreti u strukturnim jedinicama Meczek – Villany – Baranja (1) i Vukovarski ravnjak – Fruška gora (3) očito suzuju prostor Dravskog bazena (4). Odijeljuje se najdublji dio Dravskog bazena (2) od Kopačkog Rita (1). Između njih uzdže se izdužena reversna struktura Erdutsko brdo – Osijek (3). U južnom dijelu bazena i uz zonu rasjeda Meczek – Villany – Baranja (1) povećava se kompresija prostora i nastaju lokalne strukture. Orijentacija maksimalnog kompresijskog stresa također je promjenljiva i to: Pačetin 10-190°, Klisa – Bijelo Brdo 20-200°, Erdut 355-175° i Bilje 355-175°. Promjena orijentacije stresa između Dalja i Erduta, te pojava

izraženog rasjeda kod Bijelog Brda duž kojeg prevladavaju lijevi horizontalni pomaci krila ukazuju na rotaciju dijelova velike strukture Erdutsko brdo – Osijek (3).

Na temelju prikupljenih podataka o tektonskoj dinamici obuhvaćenog strukturnog sklopa izdvojene su najaktivnije dionice najvažnijih rasjeda sklopa u prilogu 1. Uz tok Dunava najaktivnije jesu: dionica rasjeda Petrijevcima – Osijek – Aljmaš – Erdut (8) između Aljmaša i Erduta, zatim osobito dvije dionice rasjeda Vukovar- Novi Sad (5) oko Vukovara i između Opatovca i Neština, te dionica rasjeda Osijek – Dalj (9) kod Dalja. Duž tih dionica na površini se nalaze naslage prapora. Zbog uzdizanja duž krovinskih krila tih rasjeda stvaraju se nove pukotine i rasjedi. Nastaju pogodni uvjeti za djelovanje eksogenetskih procesa duž strmih obronaka i strmaca u reljefu i pomicanja toka Dunava prema njima. Te činjenice treba uzeti u obzir kod daljnjih istraživanja.

19 POSTANAK STRMACA U ZONAMA NAJVAŽNIJIH RASJEDA STRUKTURNOG SKLOPA I NJIHOV POLOŽAJ U ODNOSU NA KORITO DUNAVA

Najprije treba istaknuti da se strmci u reljefu uvijek nalaze u zonama rasjeda. Uzrok njihovog pojavljivanja su tektonski pokreti. U uvjetima kompresije prostora, koja prevladava u recentnom strukturnom sklopu, osobito su tektonski aktivni rasjedi koji graniče strukturnim jedinicama i velikim uzdignutim strukturama (prilozi 1 i 3). Bitni su reversni pomaci u krovinskim krilima rasjeda. Reljef se izdiže a paralelno pružanju rasjeda na površini nastaje strmec. Visina i oblik strmca ovise o intenzitetu tektonskih pokreta, ali i razlomljenosti pretežito prapornih naslaga koje izgrađuju površinu terena i strmce. Potonje izravno utječe na mogućnosti stvaranja odrona naslaga niz različito nagnute strmce.

Za uočavanje položaja strmca bitna je činjenica da se glavni rasjed, u čijem krovinskom krilu nastaje strmec, pruža njegovim podnožjem. Na to izravno upućuju slijedeći podaci: izabrani dubinski seizmički refleksijski profili (slike 1 i 2), plitki korelacijski profili (slike 18, 19, 22, 27), zatim odražavanje i prepoznavanje trasa rasjeda u satelitskim snimkama (npr. slike 43, 45, 46 i 47), brojni strukturno-geomorfološki podaci prikazani u prilogu 2 i u slikama 6-13, te osobito mjerenja rasjeda u izdancima primjerice u točkama motrenja 14, 15, 16, 23, 24 i 25. Još je potrebno istaknuti da su najvažniji rasjedi strukturnog sklopa uvijek predstavljeni rasjednim zonama različite širine u koje su uključeni pojedini ogranci i prateći rasjedi. Zbog toga se unutar prapornih naslaga oblikuju brojne pukotine. Njihova brojnost i izgled najbolje se uočavaju u slikama 37,38 i 39.

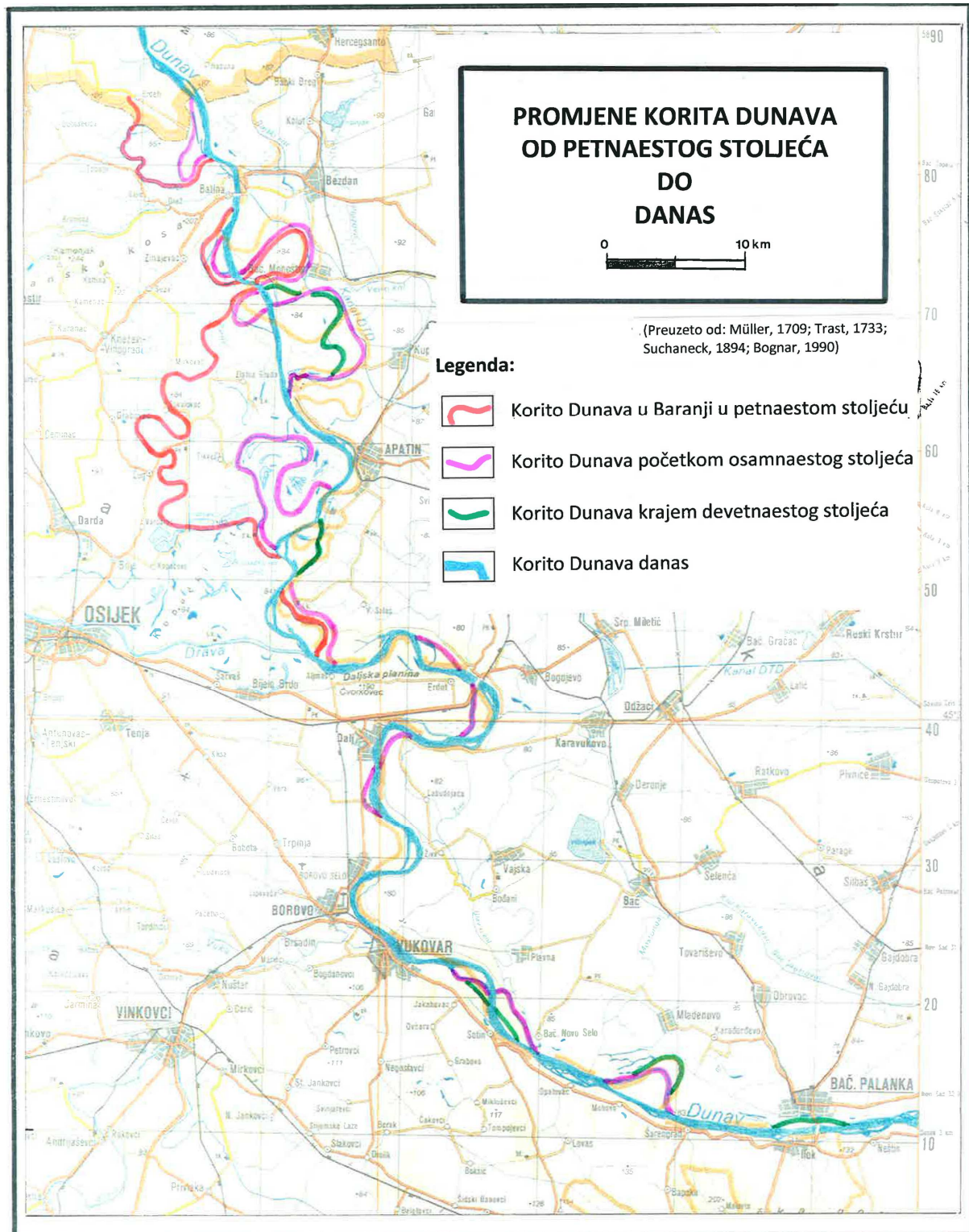
Zbog pružanja korita Dunava mjestimice gotovo izravno prema strmcu ili osobito paralelno s njim postavlja se pitanje mogućeg djelovanja toka Dunava na eroziju pojedinih strmca. To se osobito odnosi na dionicu između Vukovara i Iloka. Na toj dionici strmec doseže visinu 45-55 m, a korito Dunava se pruža neposredno paralelno sa strmcem. U rješenju postavljenog pitanja prije svega treba naglasiti da se korito Dunava neprestano mijenja. Na temelju povijesnih topografskih karata uočavaju se u slici 42 položaji korita Dunava u petnaestom stoljeću, početkom osamnaestog i

krajem devetnaestog stoljeća (Müller, 1709; Trast, 1733; Suchaneck, 1894; Bognar, 1990).

U rješavanju pitanja promjene korita Dunava, važno je istaknuti najvažniji uzrok koji se odnosi i na tokove svih rijeka. Taj uzrok je promjena sile teže. Naime, tektonskim pokretima dolazi do pomaka i uzdizanja kompleksa stijena veće gustoće koje se nalaze ispod površine duž velikih struktura. Primjerice, na Banskom brdu su čak na površini andezit-bazalti. Time se u određenom prostoru povećava sila teža prema kojoj se ustremkuje tok rijeke. Korito Dunava iz Mađarske usmjereno je prema Banskom brdu, zatim skreće prema Batini gdje lučno obilazi veliku uzdignutu strukturu BANSKO BRDO (1 u prilogima). Isto se ponavlja oko uzdignute strukture ERDUTSKO BRDO (3). Za Baranju je još važno istaknuti da korito Dunava u petnaestom stoljeću skreće prema zapadu (slika 42). Između Luga, Grabovca i Markovca dopire do trase rasjeda Lug-Batina (13). To upućuje na tektonsku aktivnost i pomake u graničnom dijelu strukturne jedinice Meczek-Villany-Baranja (1). Od Dalja preko Vukovara do Iloka korito Dunava se mijenja samo lokalno. Kod Borova postoji manje zaobilaženje lokalne recentno tektonski aktivne strukture. Kod Vukovara korito se prislanja uz Vukovarski ravnjak i Frušku goru (3) te se pruža paralelno zoni rasjeda Vukovar-Noví Sad (5). Manje razlike u pružanju korita od osamnaestog stoljeća do danas upućuju da se tok Dunava lokalno nastoji približiti zoni rasjeda Vukovar-Noví sad (5), primjerice kod Sotina, Šarengrada i Iloka. To ukazuje na postojanu prisutnost veće sile teže unutar Vukovarskog ravnjaka (5) i Fruške gore (2), te zapravo stalnu tektonsku aktivnost koja je osobito izražena duž zone rasjeda Vukovar-Noví sad (5). Pri tom se ponovno naglašava da se duž glavnog rasjeda duž te zone stalno oblikuje strmac u reljefu koji dolazi u dodir s koritom i tokom Dunava. Prati li se korito Dunava od Batine do Iloka zamjećuje se da je moguća erozija obale ili istaknutih strmaca poglavito na mjestima gdje je tok Dunava usmjeren na njih pod nekim kutom. Duž pojedinih dionica korita prisutno je odlaganje taložina donesenih Dunavom. Moguća erozija obale i strmaca, te odlaganje taložina najbolje se uočava na satelitskim snimcima (slike 43-47).

Najprije se naglašava da se duž korita Dunava od Batine do Aljmaša uglavnom nakupljaju taložine. Ipak, na dionicama gdje korito Dunava prelazi preko lokalnih uzdignutih struktura zamjećuje se usijecanje i suženje korita, primjerice južno od Bačkog Monoštora i oko Apatina.

Prvo primjetno djelovanje na obalu uočava se između Aljmaša i Erduta, tek od Dalja i sjeverno od Borova (strjelice u slikama 43 i 44). Erozijska obala zaustavljena je gradnjom nasipa kod Aljmaša i Dalja. Zapadno od Erduta korito Dunava dotiče zonu rasjeda Petrijevcji-Osijek-Aljmaš-Erdut (8) (u priložima i slici 43). Strmac u reljefu postoji duž glavnog ogranka tog rasjeda. Odroni djelomice prekrivaju trasu glavnog rasjeda i dopiru do obale Dunava. Kod Vukovara Dunav zasijeca obalu, međutim, postavljen je nasip tako da je izražen strmac nastao u krovinskom krilu rasjeda Vukovar-Novu Sad (5) (u priložima i slikama 45-47) odmaknut od korita Dunava (slika 45). Između Vukovara i Sotina tok Dunava odmiče se od strmca tako da postoji izražena akumulacija taložina. Kod Sotina tok Dunava usmjeren je prema pružanju rasjeda i strmca, pa postoji izravna mogućnost djelovanja Dunava na stabilnost obale (slika 45). Slično se zapaža kod Šarengrada. U povijesti je Dunav tekao u velikom luku između Mahova i Šarengrada pa je riječni tok gotovo pod pravim kutom bio usmjeren na pružanje rasjeda Vukovar-Novu Sad (5) i nastali strmac u njegovom krovinskom krilu (slika 46). Oko Opatovca i Mahova duž recentnog korita izraženo je odlaganje taložina donesenih Dunavom. Još je izraženije odlaganje taložina kod Iloka, jer trasa spomenutog rasjeda mijenja pružanje (slika 47).





Slika 43. Aljmaš-Erdut



Slika 44. Dalj



Slika 45. Vukovar-Sotin



Slika 46. Opatovac-Mohovo-Šarengrad



Slika

47.

Mala

Ilovka-Ilok.

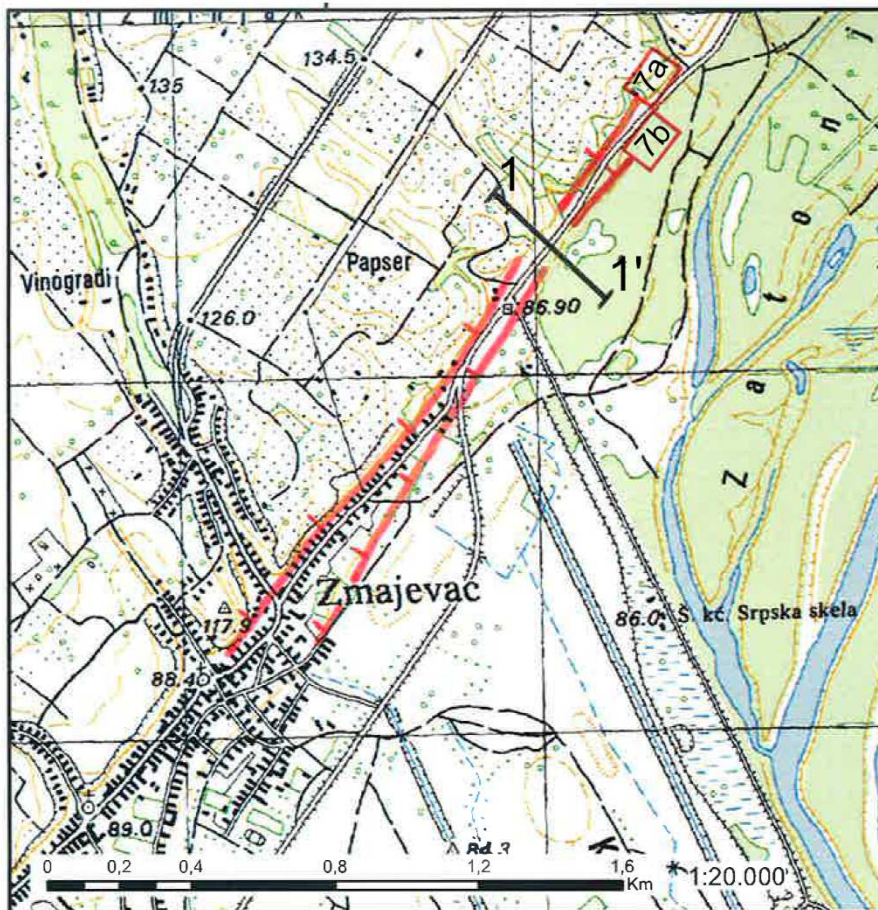
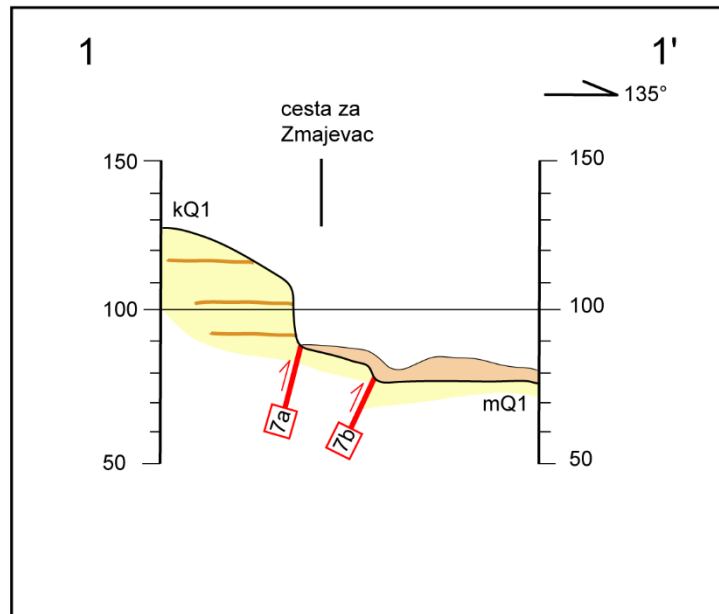
Na temelju prikupljenih podataka na terenu i njihovom usporedbom s osnovnim odlikama recentnog strukturnog sklopa, poglavito tektonskom aktivnošću duž trasa najvažnijih rasjeda i pomacima njihovih krila, te razradi sastava i razlomljenosti prapornih naslaga bilo je moguće detaljnije razlučiti pojedine strmce, njihov postanak, odrone prapornih naslaga i položaje prema mogućem djelovanju toka Dunava. Pojedini obrađeni primjeri svrstani su u šest grupa označenih slovima od A do F.

19.1 Primjeri strmaca u zonama rasjeda udaljeni od korita Dunava (A)

Najvažnije je naglasiti da strmci uvijek nastaju u krovinskim krilima rasjeda. Tektonski pomaci naslaga kao i visina strmca izravno ukazuju na veličine i vrijeme pomaka. Iz priloženih podataka jasno se razabire da tektonska aktivnost stalno traje. Najbolji dokaz njihove recentne prisutnosti su pojave potresa (prilog 1). Najizraženiji strmci prate zone najvažnijih i tektonski najaktivnijih rasjeda strukturnog sklopa. Najbolji dokaz da su pojave strmaca u reljefu posljedica tektonskih pomaka naslaga u krilima rasjeda jest postojanje strmaca udaljenih od korita Dunava.

Izdvajaju se primjeri strmaca nastalih u zoni rasjeda Berement-Kneževi Vinogradi-Batina (7). Profil 1-1' (slika 48) presijeca zonu tog rasjeda kod Zmajevca. Visina nastalog strmca iznosi oko 40 m. U izdanku strmca u slici 49 uočavaju se odrone prapornih naslaga, koji su označeni i u profilu. U krovinskom krilu rasjeda taložene su naslage kopnenog prapora, a u podinskom krilu je izdvojen močvarni prapor. Profil 2-2' presijeca spomenuti rasjed u Polju kod Batine (slika 50). Strmci su nastali u krovinskim krilima oba glavna rasjeda (7a i 7b), a visina je sljedeća: uz rasjed 7a – oko 35 m, a uz rasjed 7b – 10 do 15 m.

1) ZMAJEVAC, RASJED BEREMENT-KNEŽEVI VINOGRADI-BATINA (7)

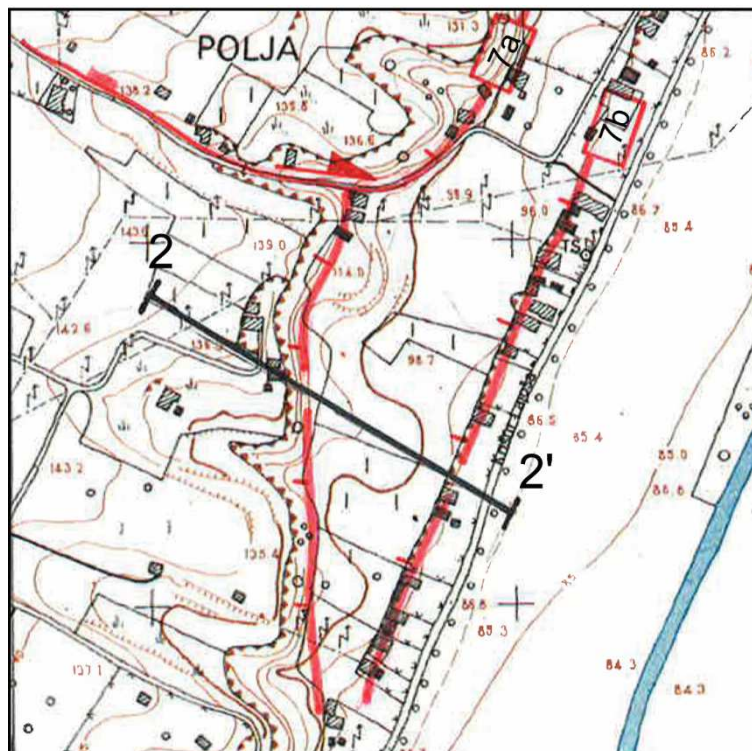
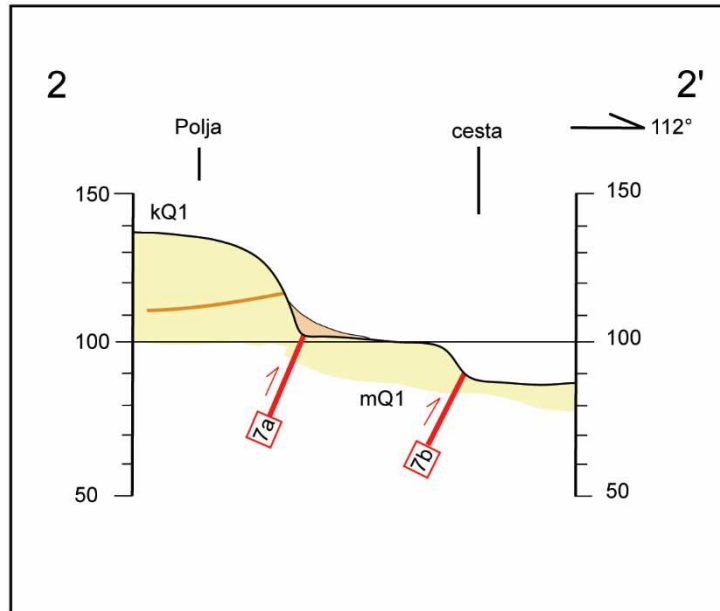


Slika 48.



Slika 49. Strmac u zoni rasjeda Berement-Kneževi Vinogradi-Batina (7) kod profila 1-1'.

2) POLJA KOD BATINE, RASJED BELI MANASTIR-KNEŽEVI VINOGRADI-BATINA (7)

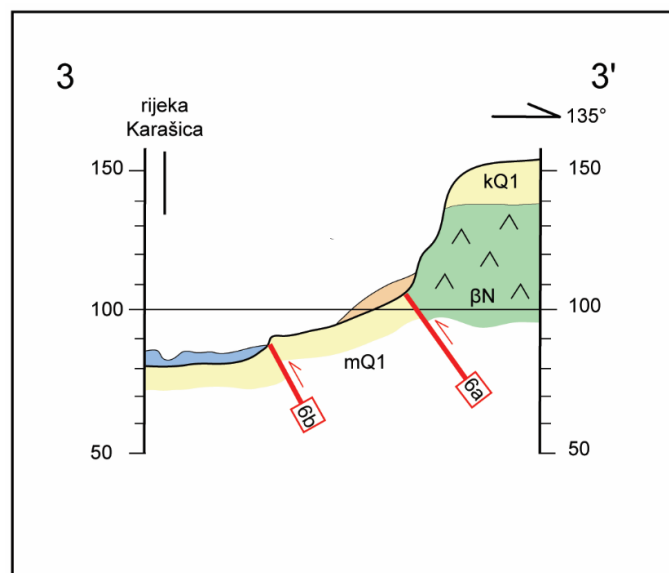


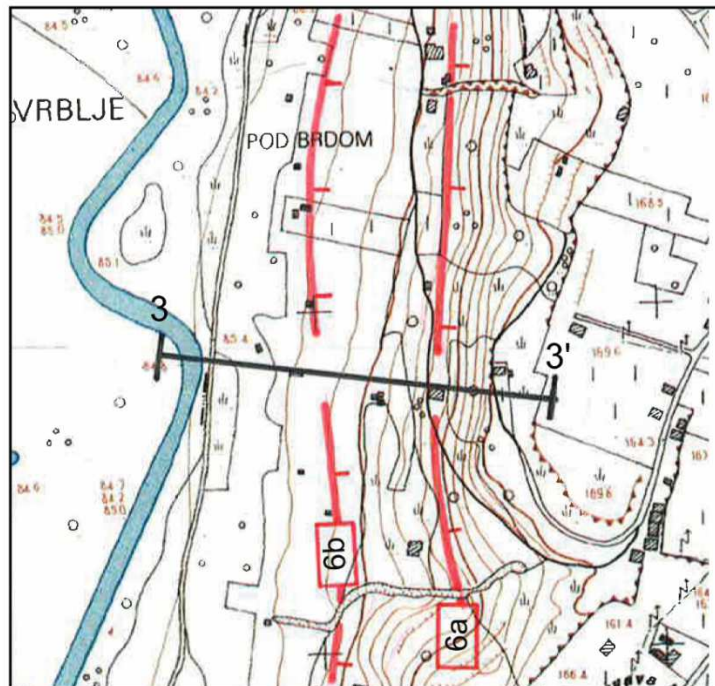
Slika 50.

19.2 Primjer strmca udaljenog od korita Dunava nastalog u krovinskom krilu rasjeda Beli Manastir-Batina (6) gdje se na površini nalaze eruptivne stijene (B)

Posebno je izdvojen primjer strmca udaljenog od korita Dunava nastalog u krovinskom krilu rasjeda Beli Manastir-Batina (6) gdje se na površini nalaze eruptivne stijene. U slici 51 označen je položaj izabranog profila 3-3'. Jasno se uočava strmca visine oko 70 m. U podnožju manjeg i većeg strmca nalaze se izdanci glavnih rasjeda iz zone. Trasu rasjeda 6a prekriva na površini odron stijena. Izdanci stijena i strmca prikazani su u slici 52.

3) BATINA, RASJED BELI MANASTIR-BATINA (6)





Slika 51.



Slika 52. a) kamenolom istočno od profila 3-3'. Strmac izgrađen od eruptivnih stijena nastao u krovinskom krilu rasjeda Beli Manastir-Batina (6). Uz strmac je zbog erozije nastao konus.



Slika 52 b) Oko profila 3-3' strmec je izrazito izražen u reljefu.

19.3 Primjeri strmaca u zonama rasjeda duž kojeg nastaju odroni i konusi prapornih naslaga koji su izloženi izravnom djelovanju Dunava (C)

Vrlo učestalo se duž strmaca događaju odroni prapornih naslaga. Uzorci su: izražena razlomljenost, stvaranje pukotina u zonama rasjeda te djelovanje egzogenih procesa i stalne promjene nagiba strmaca zbog prisutne tektonske aktivnosti. Najvažnije je istaknuti da odroni u obliku konusa dopiru do obale Dunava gdje su izloženi njegovom izravnom djelovanju. Prvi primjer je profil 4-4' izdvojen na lokaciji Bišket zapadno od Iloka (slika 53). Rasjed Vukovar-Noví Sad (5) pruža se neposredno uz obalu Dunava. Niz strmec visine oko 55 m odranjaju se praporne naslage. Nastali konusi su malih dimenzija (slika 53a, b). Postojanje odrona razabire se na satelitskoj snimci po valovitoj crti gornjeg ruba strmca (slika 54).

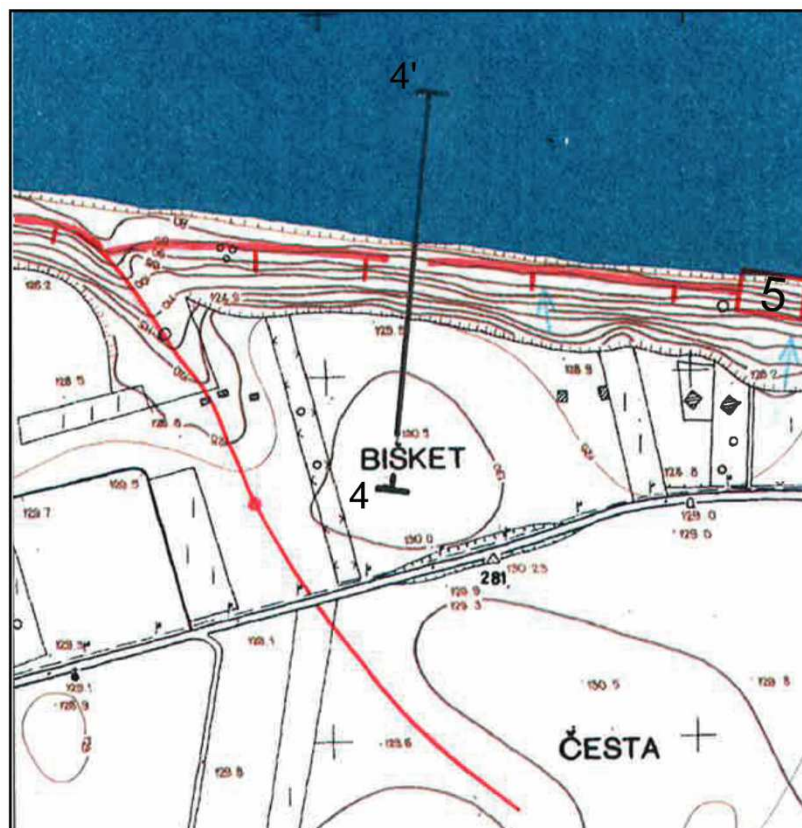
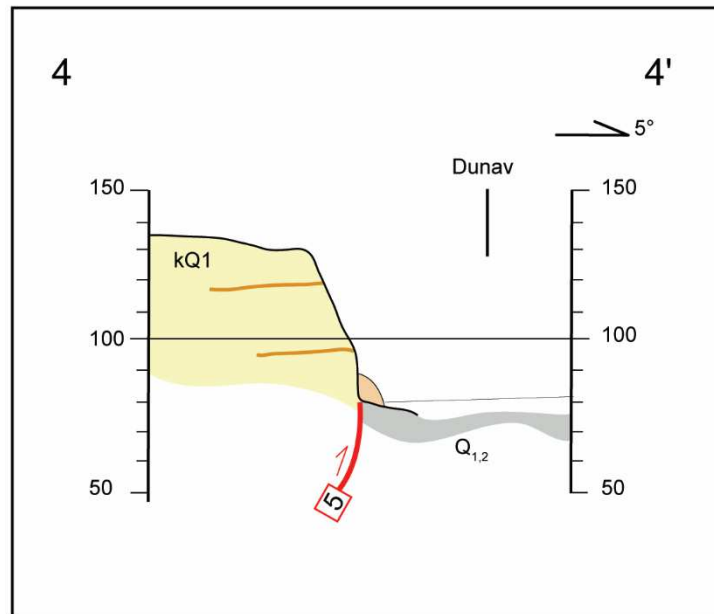
Osobito dobar primjer konusa i odrona prapornih naslaga niz strmec predstavljen je profilom 5-5' kod Šarengrada (slika 55). Strmec je relativno blažeg nagiba visine oko

40 m. Konusi duž strmca prepoznatljivi su po izohipsama u slici 55 b. Konusi prekrivaju trasu rasjeda Vukovar-Noví Sad (5). To se osobito dobro razabire na satelitskoj snimci (slika 56a). Neposredno uz profil snimljen je odron prapornih naslaga (slika 56b).

Kod Male Ilovke, zapadno od Iloka otkriven je relativno veliki odron i u podnođu strmca, stvaranje konusa (slika 57). Konusi oko profila prekrivaju trasu rasjeda Vukovar-Noví Sad (5). Strmac na profilu 6-6' ima visinu oko 50 m. Konus je vidljiv i na satelitskoj snimci (slika 58a). Osobito je izražen izdanak konusa u slici 58b. Od strmca koji se pružaju paralelno koritu Dunava još se izdvaja primjer prikazan profilom 7-7' kod Vučkovice zapadno od Erduta (slika 59). Strmci manje visine nalaze se uz glavne rasjede iz zone Petrijevcí-Osijek-Aljmaš-Erdut (8). Veći strmac visine oko 30 m pruža se duž krovinskog krila pratećeg rasjeda. Ovdje je važno istaknuti konuse koji se pojavljuju duž glavnih rasjeda i pratećeg rasjeda na relativno širem prostoru.

Zbog dobivanja što cjelovitije spoznaje o relativno učestalom nastajanju odróna i konusa duž pojedinih strmca izdvojena su četiri vrlo izražena primjera iz okolice Zmajevca, Sotina (slika 60) i Vukovara (slika 61).

4) BIŠKET, ZAPADNO OD ILOKA, RASJED VUKOVAR-NOVI SAD (5).

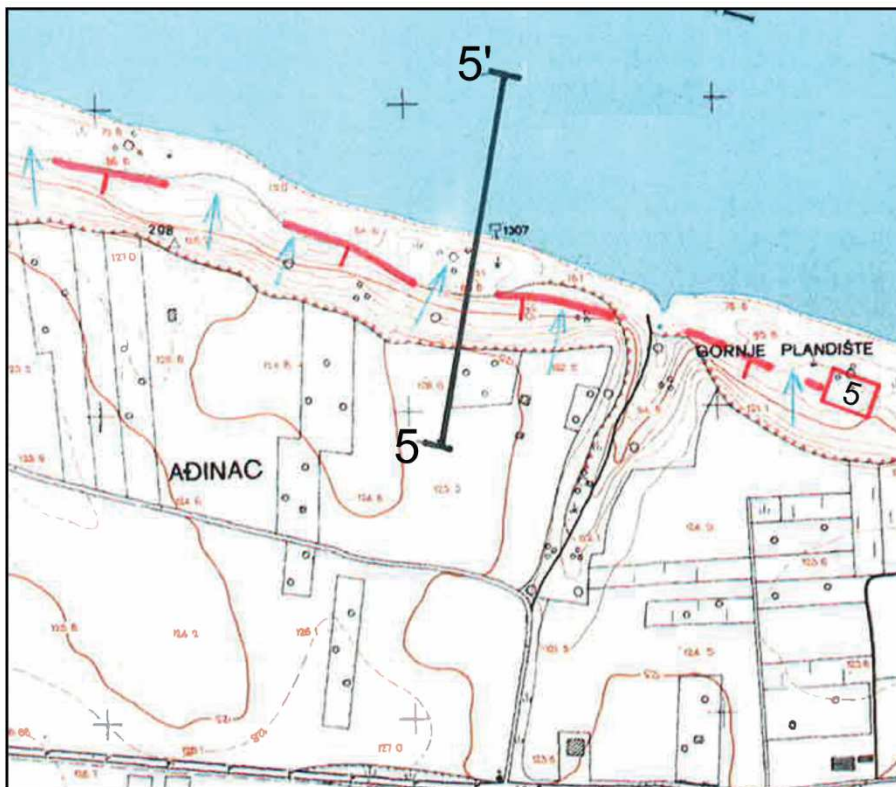
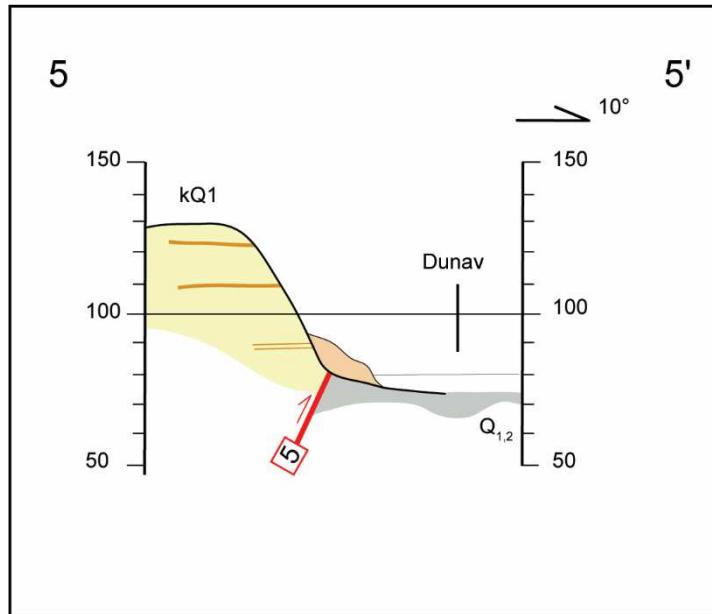


Slika 53.



Slika 54. Oko profila 4-4', rasjed Vukovar-Novi Sad (5) _____.

5) ŠARENGRAD, RASJED VUKOVAR-NOVI SAD (5)



Slika 55.

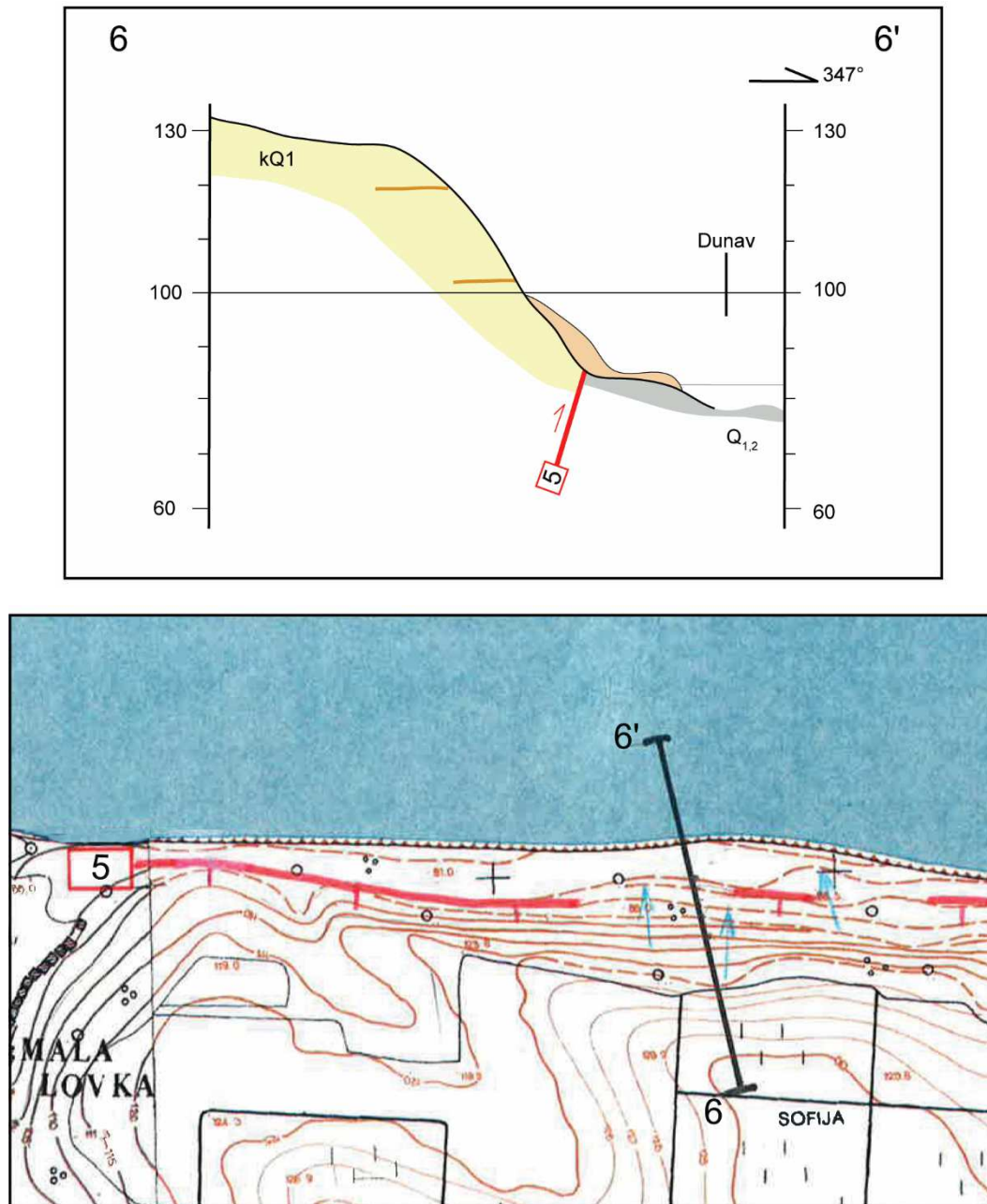


Slika 56 a) Na satelitskoj snimci duž strmaca nije vidljivo pružanje glavnog rasjeda Vukovar-Noví Sad (5), jer su pojedine dionice rasjeda prekrivene odronima prapornih naslaga i nastalim konusnim oblicima.



Slika 56 b) Izdanak relativno većeg odrona prapornih naslaga.

6) MALA ILOVKA, ZAPADNO OD ILOKA, RASJED VUKOVAR-NOVI SAD (5)



Slika 57.

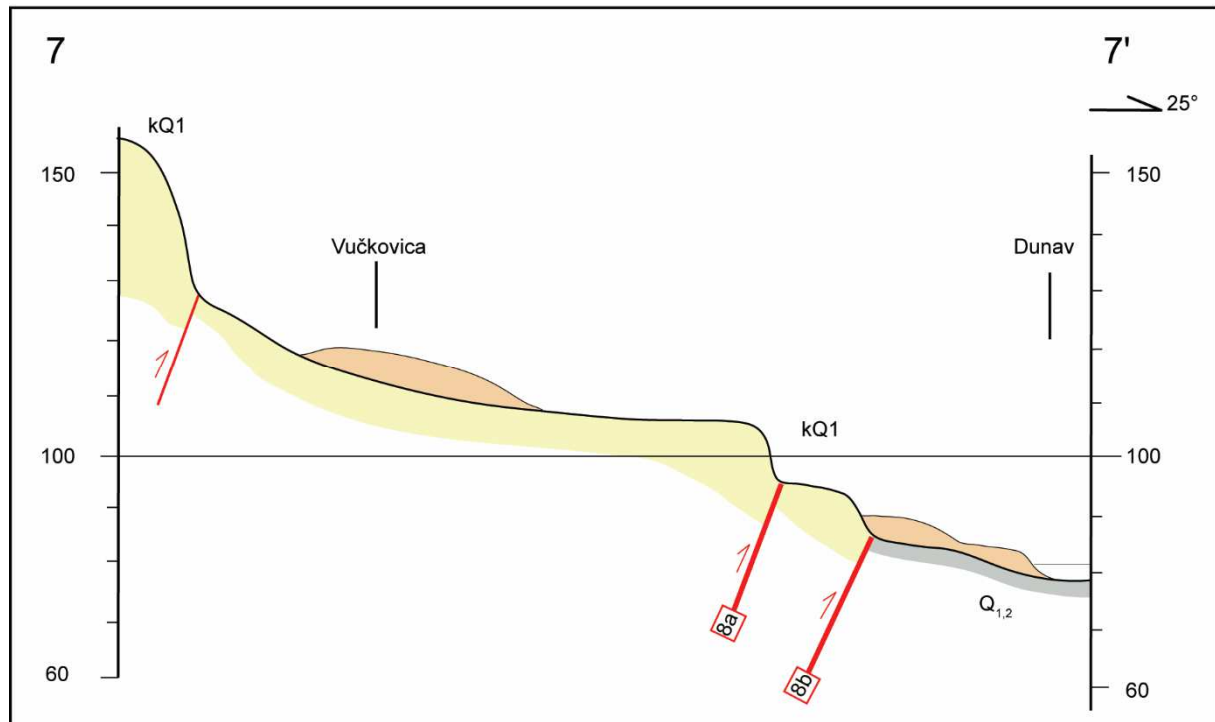


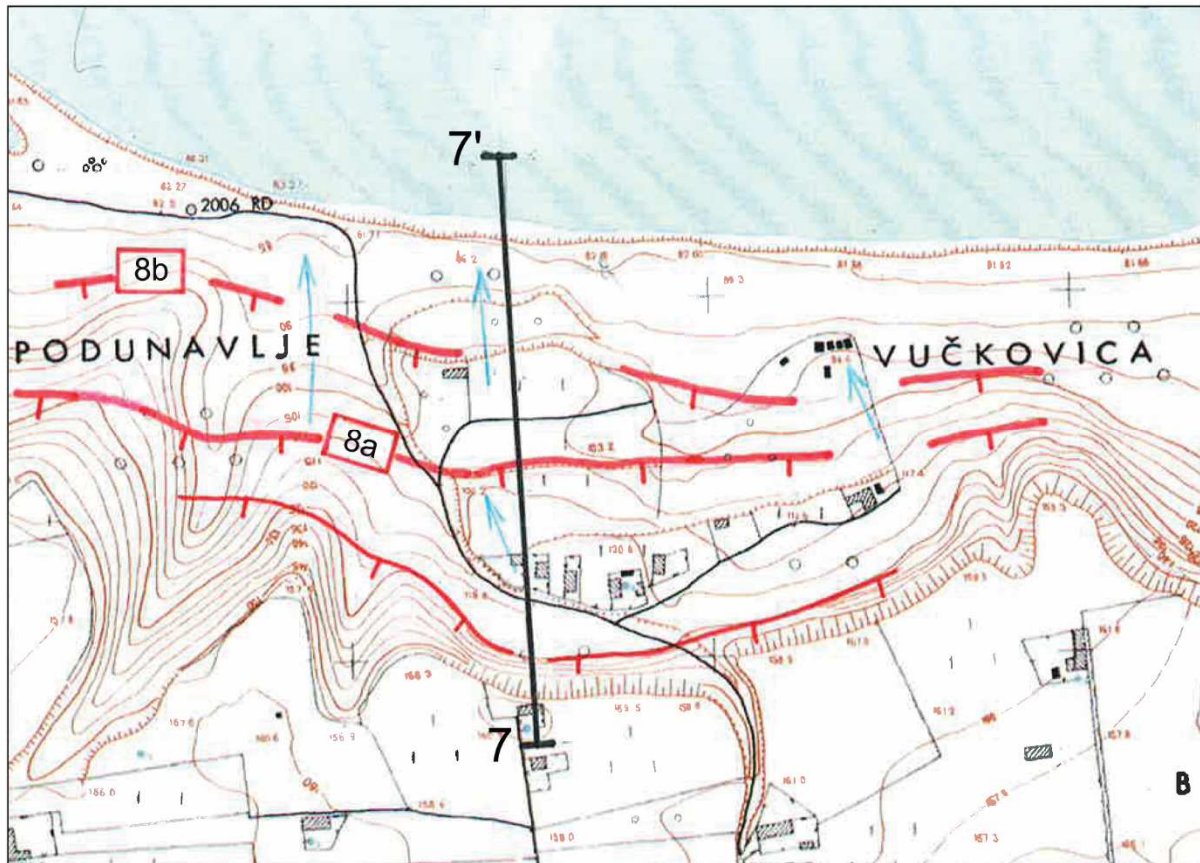
Slika 58 a) Zbog znatnijeg odrona prapornih naslaga duž strmca zamjetno je da nastali konusi dopiru do Dunava.



Slika 58 b) Vrlo istaknuti primjer konusa erodiranih prapornih naslaga nedaleko od trase profila.

7) VUČKOVICA, ZAPADNO OD ERDUTA, RASJED PETRIJEVCI-OSIJEK-ALJMAŠ-ERDUT (8)





Slika 59.



Slika 60 a) Zmajevac. Odron u zoni rasjeda Berement-Kneževi Vinogradi-Batina (7)



Slika 60 b) Sotin. Konus duž strmca u zoni rasjeda Vukovar-Noví Sad (5)



Slika 61 a) Vukovar. Vrlo izraženi odron i nastanak konusa duž zone rasjeda Vukovar-Noví Sad (5)



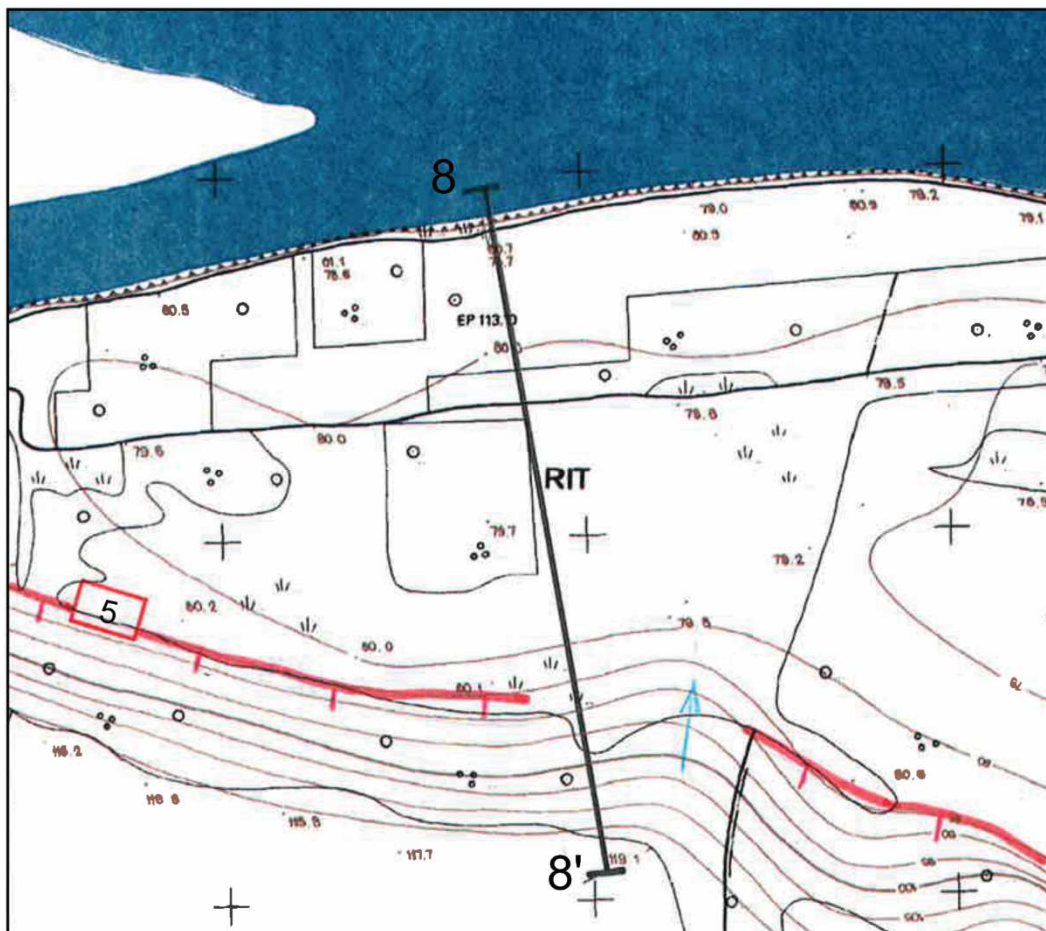
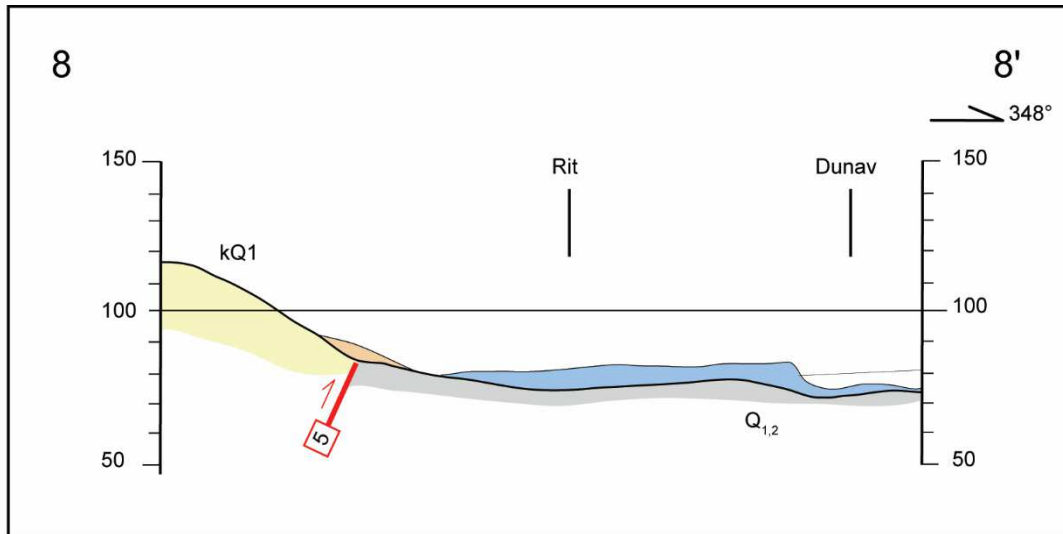
Slika 61 b) Vukovar. Relativno veći konus duž zone rasjeda Vukovar-Noví Sad (5)

19.4 Primjeri strmaca u zonama rasjeda duž kojih Dunav taloži naslage (D)

Duž korita Dunava učestalo postoji taloženje naslaga donesenih Dunavom. Izdanci tih taložina obično su dodatno odvojeni kanalima različite širine, a mogu se pojaviti i ade. Taložine obično dopiru do rasjeda i strmaca u njihovom krovinskom krilu. Raspoloživi podaci u plitkim bušotinama ukazuju na debljine taložina Dunava, primjerice kod Vukovara oko 20 m (slika 18), Iloka 5-10 m (slika 19) i Dalja oko 10 m (slika 27). Najprije se izdvaja primjer prikazan profilom 8-8' kod lokacije Rit, istočno od Opatovca (slika 62). Uz rasjed Vukovar-Noví Sad (5) postoji strmec blagog nagiba visine oko 35 m. Taložine Dunava dopiru do rasjeda čija je trasa na površini prekrivna manjim konusom vidljivim u profilu. Površina uz obalu Dunava prekrivena naplavinama dobro se uočava na satelitskoj snimci (slika 63a). Razabire se pružanje

kanala i pojava ade koja je posebno prikazana slikom 63b. Daljnji primjer taloženja naslaga Dunava uz strmca koji se pruža paralelno rasjedu Vukovar-Novu Sad (5) uočava se u profilu 9-9' kod Sotina (slika 64). Profilom je dotaknut samo dio prostrane površine prekrivne nanosima Dunava. Odlaganje taložina uslijedio je zbog promjene pružanja spomenutog rasjeda i toka Dunava. U primjeru taložine dopiru do istaknutog strmca visine oko 40 m. Još je izdvojen profil 10-10' (slika 65) preko strmca u zoni rasjeda Osijek-Dalj (9). Duž južnog krila velike strukture Erdutsko brdo (3) prisutno je relativno veće odlaganje taložina Dunava. Profilom su presječeni rukavac i ada Dunava. U krovinskom krilu spomenutog rasjeda postoji strmca visine oko 20 m. Neposredno na profilu trasa rasjeda je prekrivena manjim konusom.

8) RIT, ISTOČNO OD OPATOVCA, RASJED VUKOVAR-NOVI SAD (5)



Slika 62.

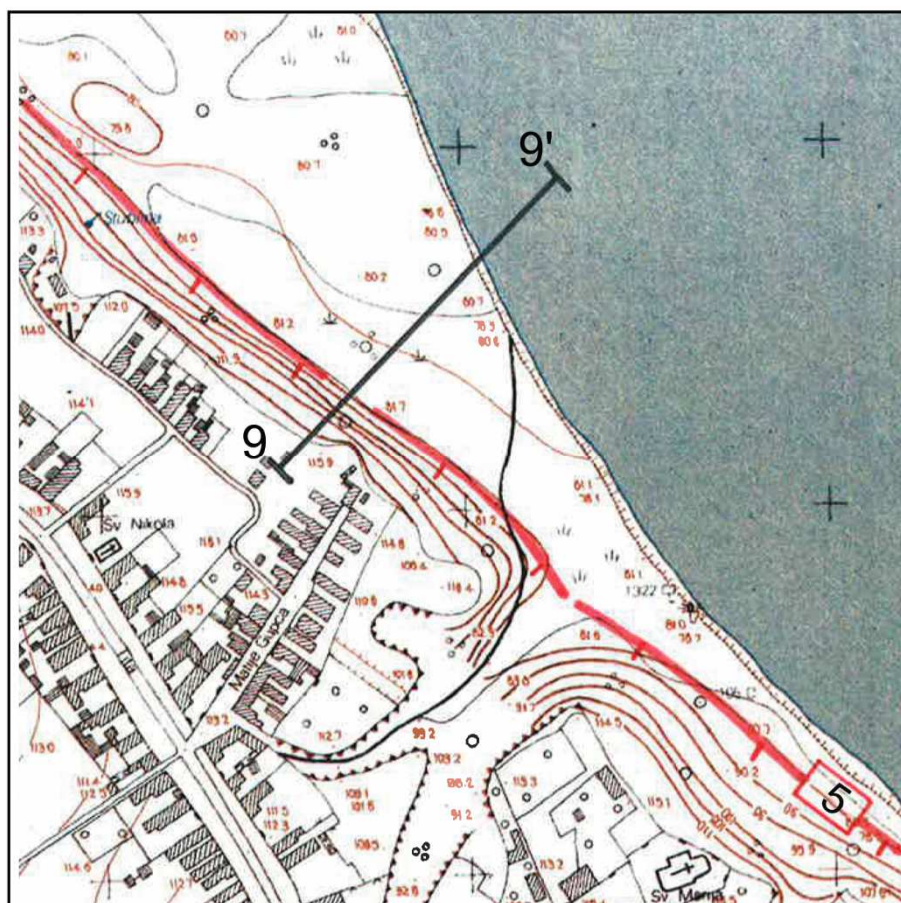
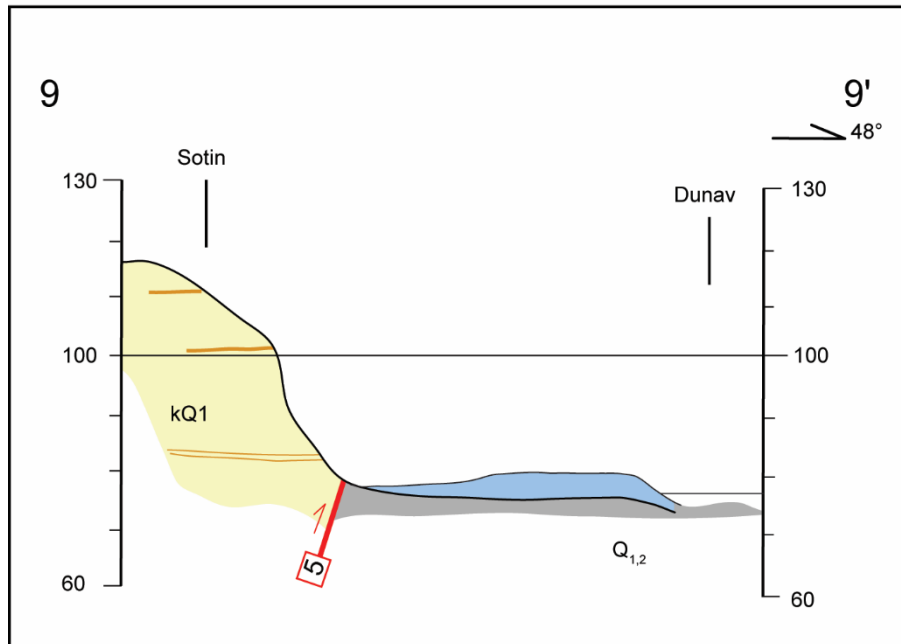


Slika 63 a) Paralelno strmcu u zoni rasjeda Vukovar-Novisad (5) zapaža se značajno taloženje naslaga donesenih Dunavom.



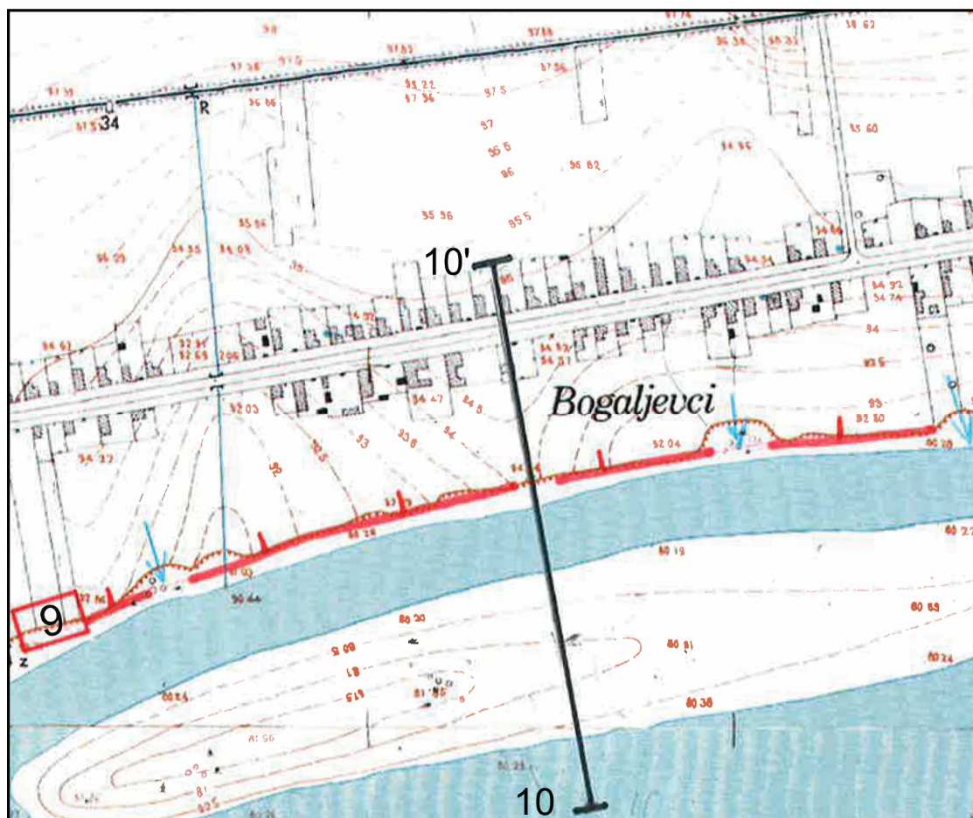
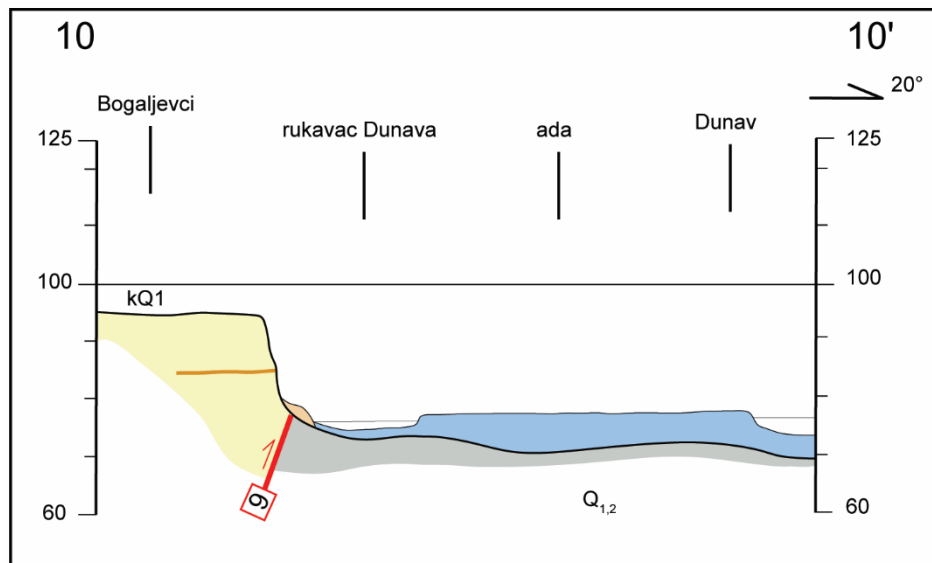
Slika 63 b) U glavnom koritu Dunava nastaju rukavci i ade od istaloženog materijala.

9) SOTIN, RASJED VUKOVAR-NOVI SAD (5)



Slika 64.

10) BOGALJEVCI KOD DALJA, RASJED OSIJEK-DALJ (9)

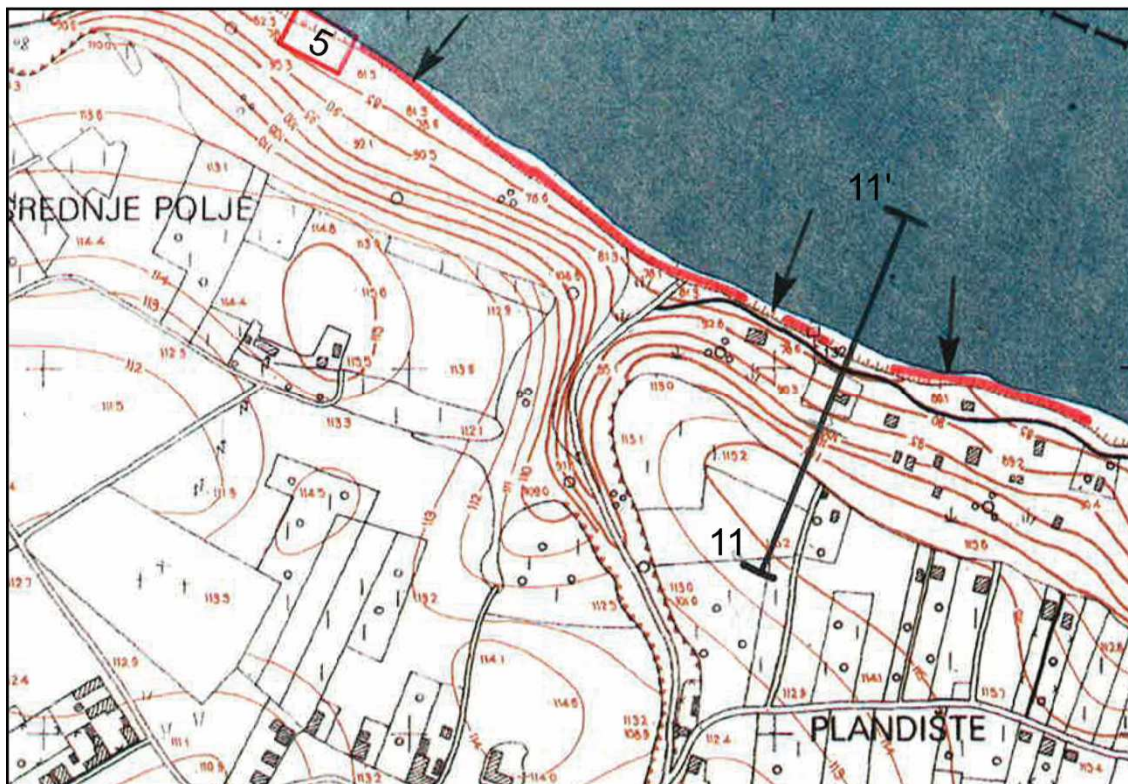
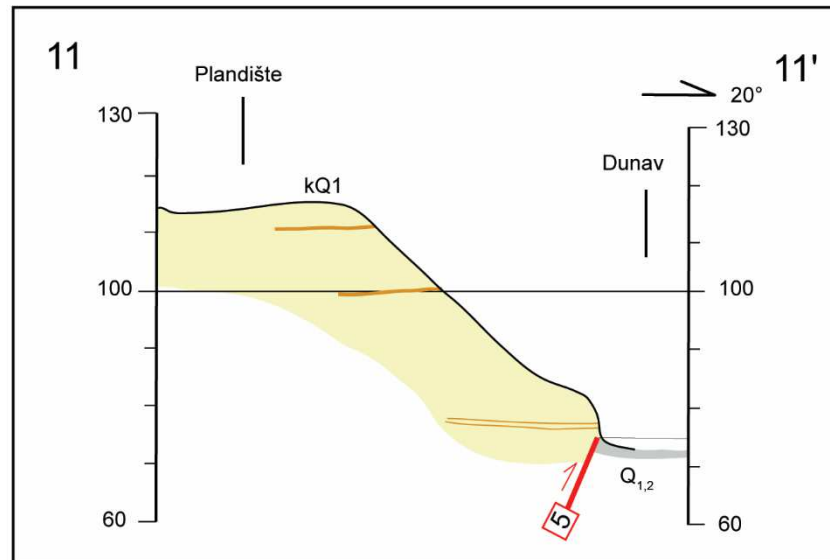


Slika 65.

19.5 Primjeri strmaca u zonama rasjeda koji su izloženi izravnoj eroziji Dunava (E)

Najbolji primjeri nalaze se duž dionice Dunava između Vukovara i Iloka. Izraženi strmci duž rasjeda Vukovar-Noví Sad (5) osobito su pogodni za uočavanje djelovanja Dunava. Izravna erozija Dunava prisutna je poglavito na mjestima gdje tok Dunava pod nekim kutom nadire prema strmcu i tamo gdje se trasa rasjeda Vukovar-Noví Sad (5) i strmca u njegovom krovinskom krilu pružaju neposredno uz obalu. Navedeno je uočljivo u prilogima 2 i 3, te u satelitskim snimcima u slikama 45 i 46. Osobito uočljiv primjer izdvojen je na lokaciji Plandište kod Sotina (slika 66b). Rasjed Vukovar-Noví Sad (5) pruža se neposredno paralelno obali. To je uočljivo i na satelitskoj snimci (slika 67). Strmca na profilu 11-11' visok je oko 40 m. Najprije je relativno blago nagnut, a neposredno uz obalu gotovo vertikalno odsječen. Upravo taj dio strmca visine oko 10 m ukazuje na izravnu eroziju Dunava. Vrlo sličan odnos Dunava i pružanja strmca nalazi se u Šaregradu (slika 68). Ovdje je dodatno u nagib strmca i izgled profila osim glavnog rasjeda iz zone Vukovar-Noví Sad (5) uključen i njegov ogranak. Strmca u profilu 12-12' visok je oko 50 m. Uočljiv je odsječen dio strmca koji se pruža neposredno paralelno obali. Najvažnije za odredbu prisutne erozije strmca jest njegova mjestimice izraženija oštećenost i osobito uleknuće obale u Šaregradu. Navedeno se osobito razabire u satelitskoj snimci (slika 69).

11) PLANDIŠTE U SOTINU, RASJED VUKOVAR-NOVI SAD (5)

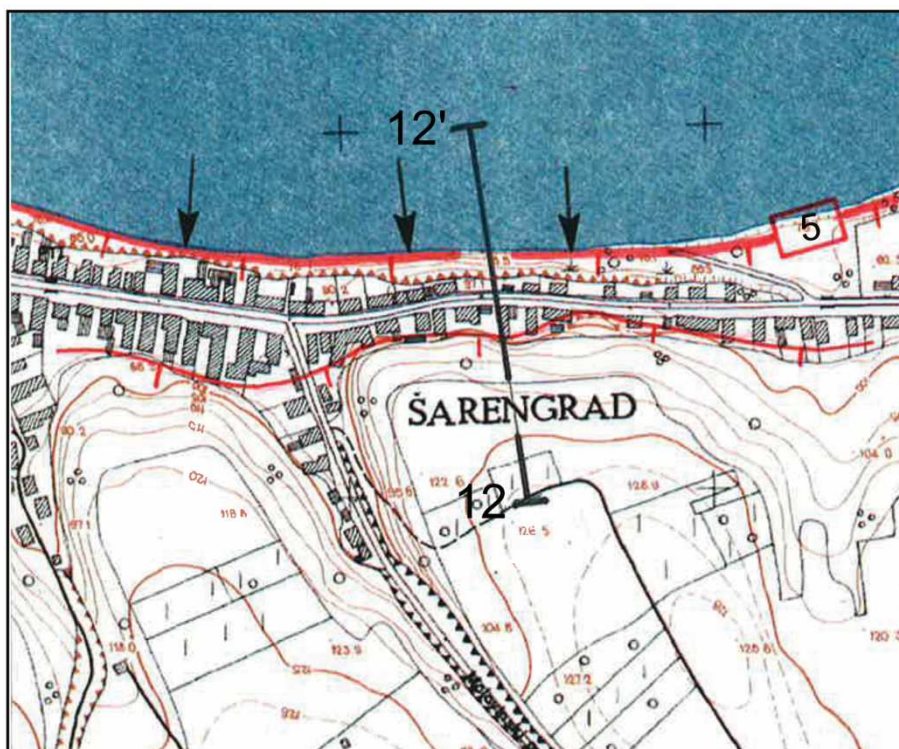
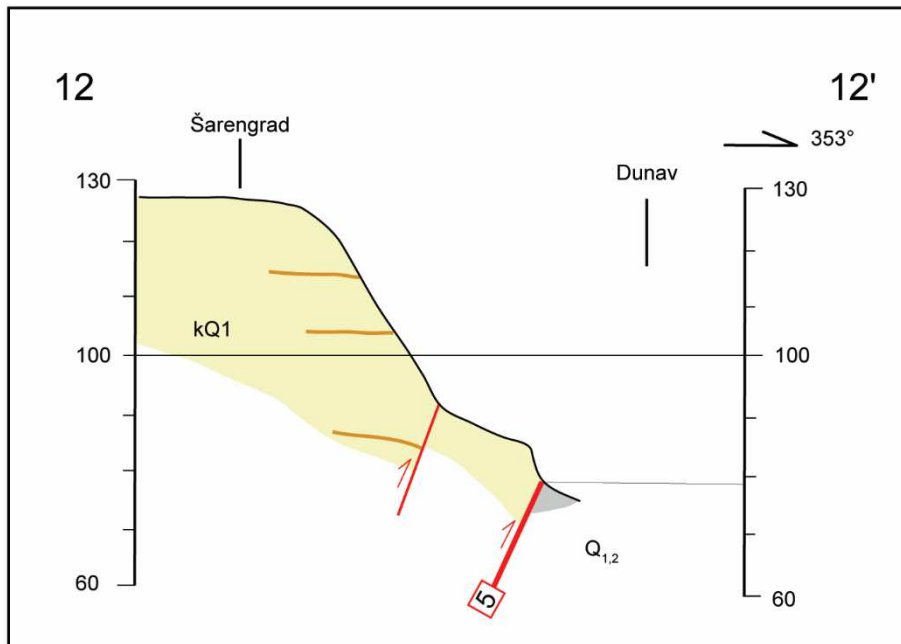


Slika 66.



Slika 67. Izravna erozija Dunava prepoznatljiva je po usijecanju obale u strmac i pružanju rasjeda neposredno paralelno obali. U snimci rasjed ostavlja crni trag u podnožju strmca.

12)ŠARENGRAD, RASJED VUKOVAR-NOVI SAD (5)



Slika 68.



Slika 69. Dobar primjer erozije strmca u Šarengradu. Erozijskim djelovanjem Dunava, strmec je značajno oštećen.

19.6 Primjeri postanaka strmaca zbog tektonskih pokreta u zonama najvažnijih rasjeda strukturnog sklopa (F)

Zbog uočavanja stalno prisutne recentne tektonske aktivnosti i njezinog utjecaja na oblikovanje strmaca u zonama najvažnijih rasjeda strukturnog sklopa nastojalo se, iz raspoloživih podataka, razlučiti pojedine važne faze njihovog nastanaka. U obzir su uzeti podaci o dosadašnjim odredbama starosti pojedinih nivoa taloženja koje se uvijek nalaze u sastavu pojedinih strmaca. Pri tome su za reperne horizonte uzeti u obzir slojevi tzv. fosilne zemlje koja je nastala u toplim razdobljima najmlađe kvartarne oledbe.

Najprije je potrebno istaknuti da se u nekim izdancima na Banskom brdu (1) razlikuju tri sloja fosilne zemlje: najstarija, starija i mlađa. U Erdutskom brdu (3) i na Vukovarskom ravnjaku (5) u otkrivenim izdancima postoje samo dva sloja, starije i mlađe fosilne zemlje (npr. slike 6 i 9). Međutim, u bušotini kod Vukovara nađena je najstarija fosilna zemlja (Gorjanović-Kramberger, 1922). Neposredno ispod nje izdvojeni su slojevi pijesaka. Upravo potonji dobro uslojeni fluvijalni pijesci otkriveni su na pojedinim izdancima duž strmca u zoni rasjeda Vukovar-Novi Sad (5). Najvažnije je da ti pijesci ukazuju na zaravnjen reljef, dotok vode i u to vrijeme nepostojanje strmca. U usporedbi s bušotinama u Vukovaru pretpostavlja se da gotovo istovremeno s odlaganjem pijeska nastaje u uzdignutim dijelovima fosilna zemlja.

Na temelju dosadašnjih odredbi pojedinih autora o starosti fosilne zemlje i uslojenih pijeska bilo je moguće razlikovati četiri faze nastanaka strmaca u zonama tektonski najaktivnijih rasjeda strukturnog sklopa (Gorjanović-Kramberger, 1922; Brogner, 1976; Galović-Mutić, 1984; Poje, 1985; Wacha & Frechen, 2011):

faza „a“: položaj nivoa fluvijalnog uslojenog pijeska taloženog prije oko $80\ 000 \pm 5\ 000$ - $8\ 000$ godina:

faza „b“: postanak starije fosilne zemlje nastale prije $60\ 000 \pm 5\ 000$ - $8\ 000$ godina;

faza „c“: postanak mlađe fosilne zemlje nastale prije $20\ 000 \pm 5\ 000$ - $8\ 000$ godina;

faza „d“: recentni profil strmca.

Najprije se prikazuje strmec u zoni rasjeda Beli Manastir-Batina (6) u Batini (slika 70). U izdanku kod profila 13-13' razabire se da je veći dio strmca izgrađen iz bazalt-

andezitskih stijena ($N\beta$), a samo u gornjem dijelu nalazi se kopneni prapor i jedan vjerojatno mlađi sloj fosilne zemlje. U rekonstrukciji nastanka strmca jasno je da u prvoj fazi već postoji strmca izgrađen od bazalt-andezitskih stijena. Taloženje prapora moguće počinje prije oko 60 000 godina u fazi „b“ razvitka. Današnji strmca visok je oko 60 m. Mlađa fosilna zemlja je borana (slika 71). To ukazuje i na recentnu tektonsku aktivnost.

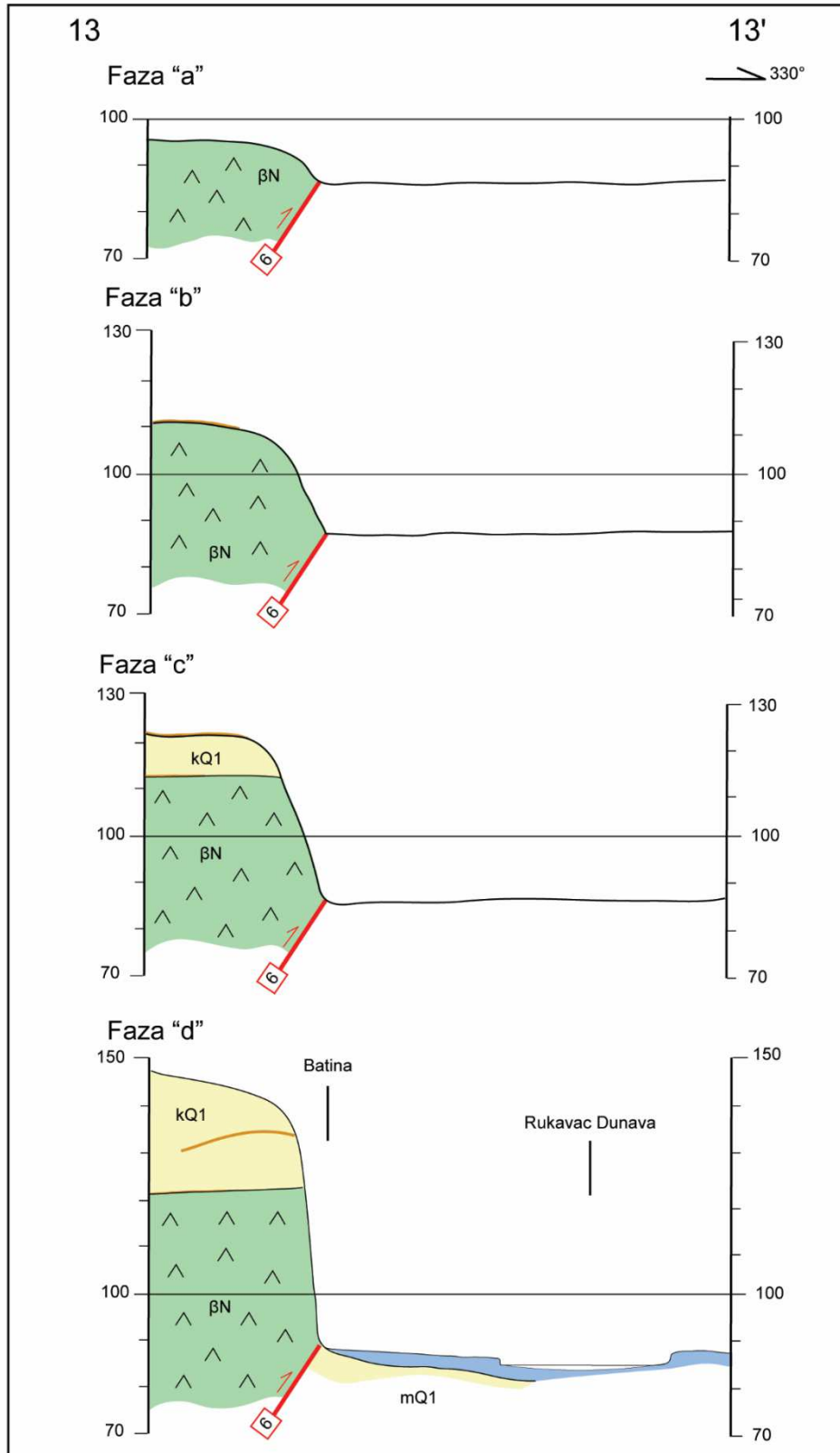
Posebno je odvojena rekonstrukcija postanka strmca u zoni rasjeda Petrijevci-Osijek-Aljmaš-Erdut (8). Pri tom bitnu važnost imaju otkriveni slojevi fluvijalnog pijeska (slika 74 a). Uočeni su u izdanku neposredno u krovinskom krilu ogranka glavnog rasjeda iz promatrane zone. Dva sloja fosilne zemlje nalaze se iznad tih slojeva (slika 74 a, b). Na temelju otkrivenih uslojenih pijesaka zaključeno je da u prvoj izdvojenoj fazi, rasjed Petrijevci-Osijek-Aljmaš-Erdut (8) nije aktivan. U recentnom profilu razabiru se dva strmca blagog nagiba. Trasa glavnog rasjeda pokrivena je u Aljmašu konusnim nanosom. Skokovi u promatranoj zoni rasjeda iznose oko 50 m, a današnji položaj uslojenih pijeska ukazuje na ukupno uzdizanje reljefa oko 80 m nakon faze „a“.

Pozornost se obraća na profil 15-15' u Vukovaru, koji se može usporediti s klasičnim profilom Gorjanović-Krambergera iz 1922 godine (slika 75). Pružanje strmca nastalog u krovinskom krilu rasjeda Vukovar-Noví Sad (5) te položaj starije i mlađe fosilne zemlje predočen je u slikama 77a i b. Postojanje dobro uslojenih naslaga pijesaka nađenih u bušotinama ukazuje da je reljef u prvoj fazi „a“ zaravnjen, a prvo izdizanje događa se u krovinskom krilu ogranka spomenutog rasjeda (slika 76). Izdizanje glavnog strmca slijedi u fazama „b“ i „c“, najprije blagog a potom sve strmijeg nagiba. U recentnom profilu uočavaju se položaju fosilnih zemlja i uslojenog pijeska. Visina strmca iznosi oko 35 m. Na prisutnu tektonsku aktivnost izravno upućuju odroni prikazani u slikama 61 a i b. Ističe se da visina strmca ujedno pokazuje amplitude izdizanja u zadnjih oko 80 000 godina. Slični odnosi i razvitak strmca uočeni su još i u primjeru postanka strmca u Opatovcu (slika 78). I ovaj strmca se nalazi u krovinskom krilu rasjeda Vukovar-Noví Sad (5). U rekonstrukciji postanka strmca duž profila 16-16' znatno doprinosi položaj uslojenih pijesaka čiji je izdanak prikazan u slici 79 b nedaleko od profila 16-16'. Na relativno kraćim razmacima iza glavnog rasjeda Vukovar-Noví Sad (5) slijede trase na površini pratećeg rasjeda i njegovog glavnog ogranka (slika 79 a). U rekonstrukciji postanka strmca, razabire se da su u prvoj fazi „a“, izdizanja prisutna uz spomenuti prateći rasjed i glavni ogranak. Međutim, već u

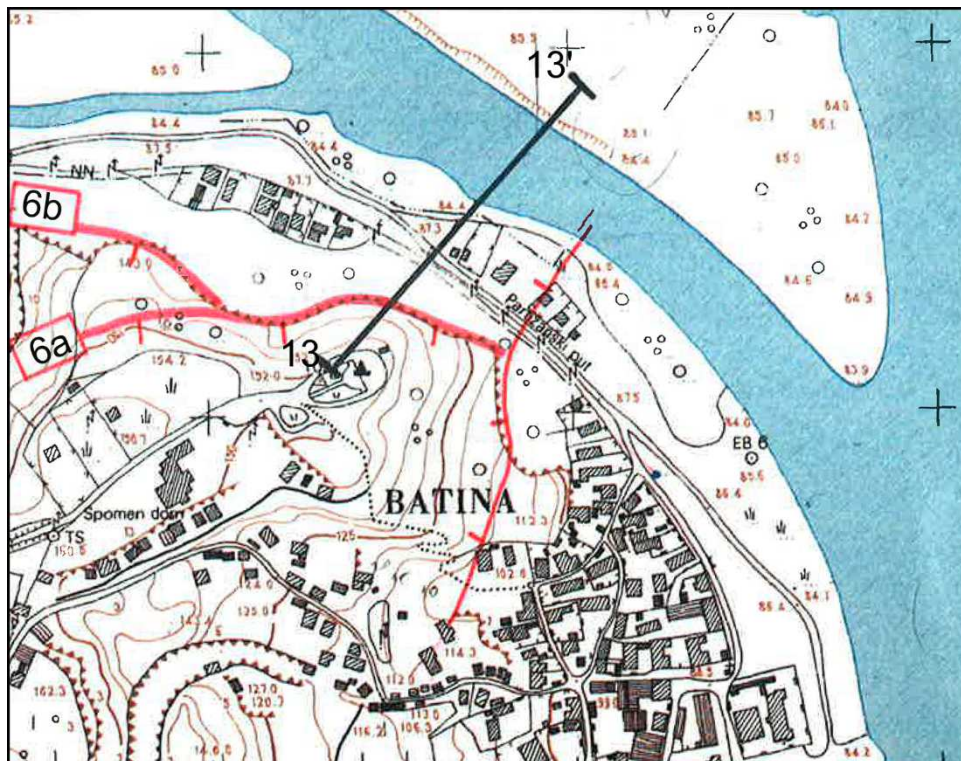
fazi „b“ slijedi značajnija aktivnost glavnog rasjeda pa u trećoj fazi „c“ postoji već izdignut reljef i uočljivi strmac. U recentnom profilu strmac je vrlo strm i visok 30-35 m te su fosilne zemlje i slojevi pijesaka borani. To ukazuje na prisutnu tektonsku aktivnost i reversne pomake u krilima rasjeda Vukovar-Noví Sad (5).

Na kraju se sa sigurnošću može utvrditi da je postanak strmaca izravno povezan s tektonskim pokretima i reversnim pomacima stijena u krovinskim krilima najvažnijih rasjeda strukturnog sklopa. Položaj korita Dunava, promjene tijekom povijesti i osobito smjerovi toka rijeke uvjetuju na pojedinim dionicama odnošenje odronjenih naslaga, te osobito oko Vukovara, Sotina i Šarengrada i izravnu eroziju strmaca. Međutim, stalna tektonska aktivnost i pomaci u krilima rasjeda neposredno uzrokuju obnavljanje strmaca i stvaranje novih odrona. Uz to Dunav na nekoliko značajnijih dionica taloži pretežito mulj i pijesak te stvara ade koje mijenjaju smjerove glavnih tokova Dunava. Stalna tektonska aktivnost uvjetuje promjene sile teže što stalno privlači tok Dunava prema zoni rasjeda Vukovar-Noví Sad (5).

13)BATINA, RASJED BELI MANASTIR-BATINA (6)



Slika 70 a)

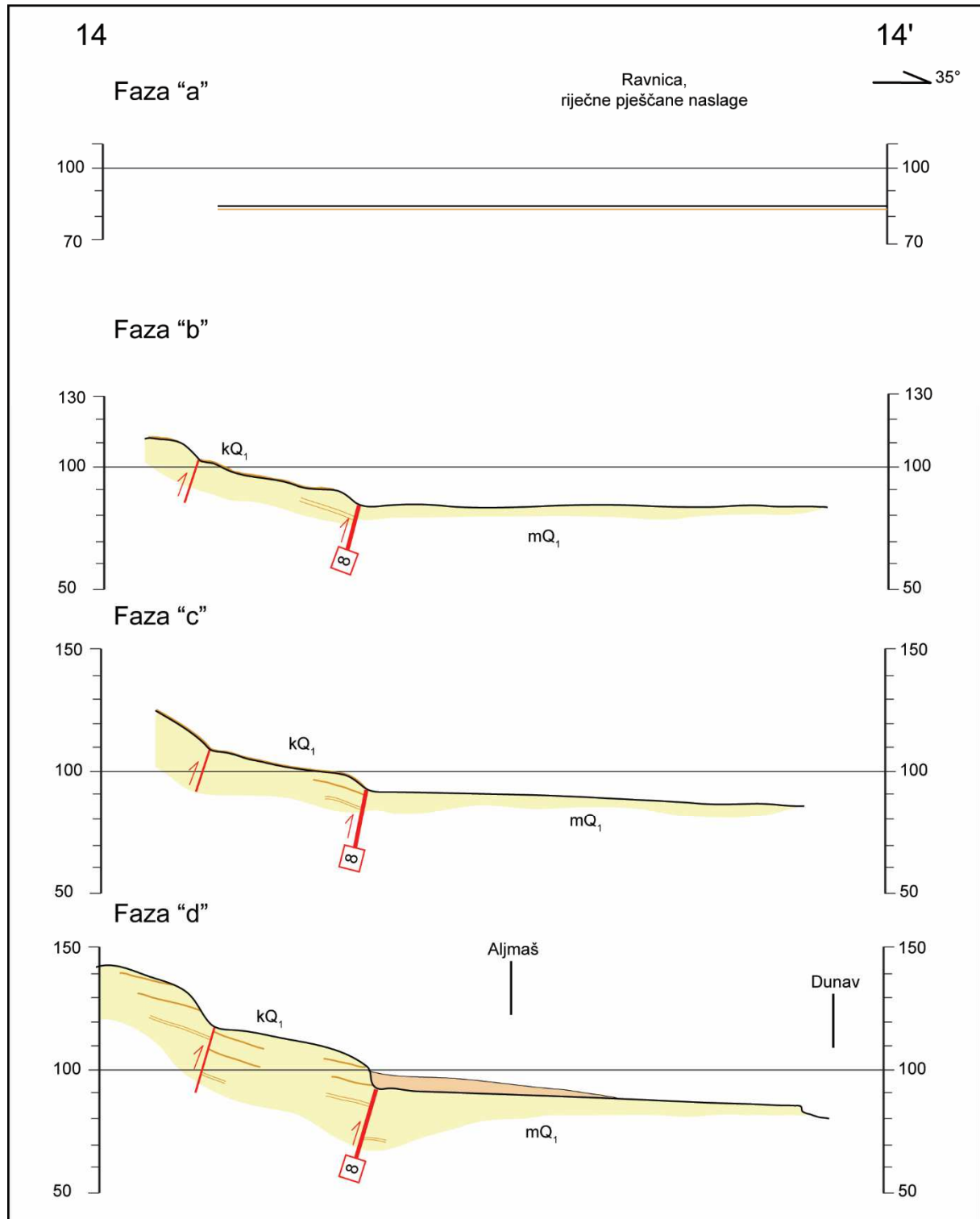


Slika 70 b)



Slika 71. U izdanku strmca u blizini profila 13-13', razabire se da kopnene praporne naslage izravno prekrivaju bazalt-andezitne stijene neogenske starosti. Trasa rasjeda Beli Manastir-Batina (6) pruža se podnožjem strmca.

14) ALJMAŠ, RASJED PETRIJEVCI-OSIJEK-ALJMAŠ-ERDUT (8)



Slika 72.



Slika 73.

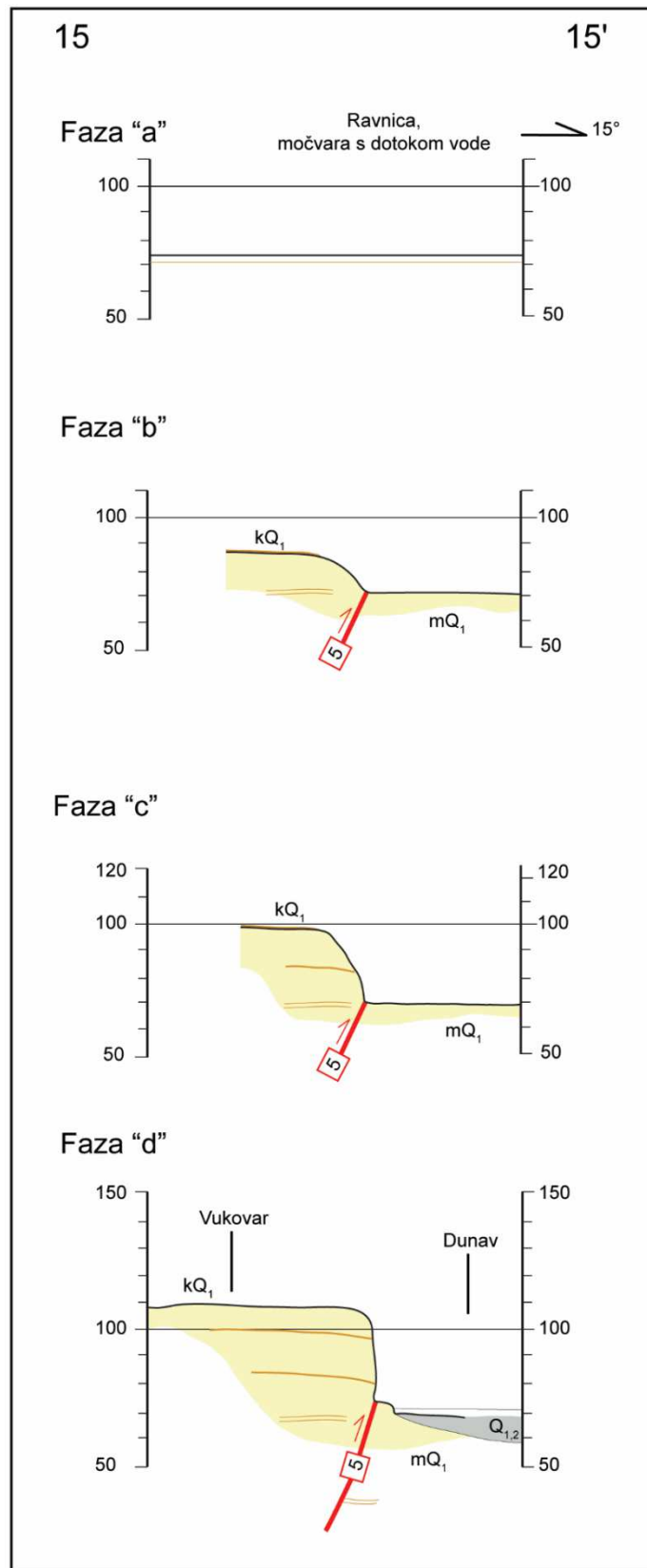


Slika 74 a) Izdanak prapornih naslaga uz glavnu cestu na ulazu u Aljmaš. U izdanku su otkriveni slojevi pijeska fluvijalnog porijekla. Slojevi fosilne zemlje nalaze se iznad tih slojeva.

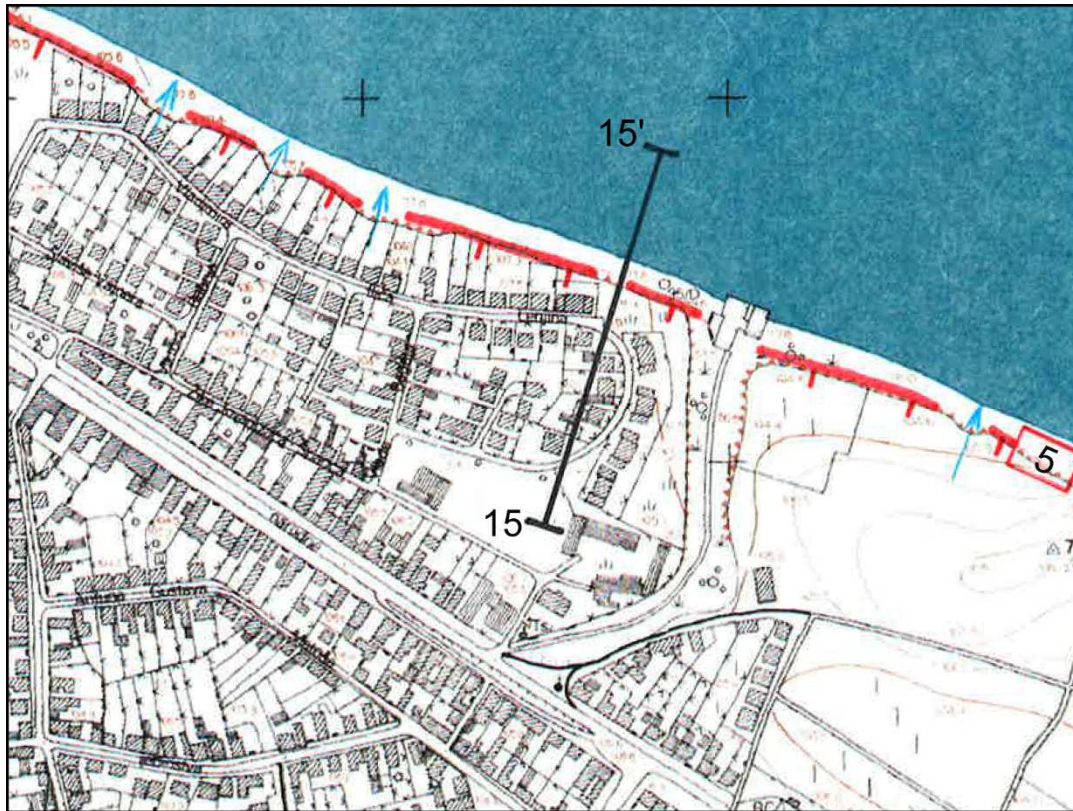


Slika 74 b) Na drugoj strani ceste osobito je uočljiva starija fosilna zemlja koja je nastala prije oko $60\ 000 \pm 5\ 000$ - $8\ 000$ godina.

15) VUKOVAR, RASJED VUKOVAR-NOVI SAD (5)



Slika 75.



Slika 76.

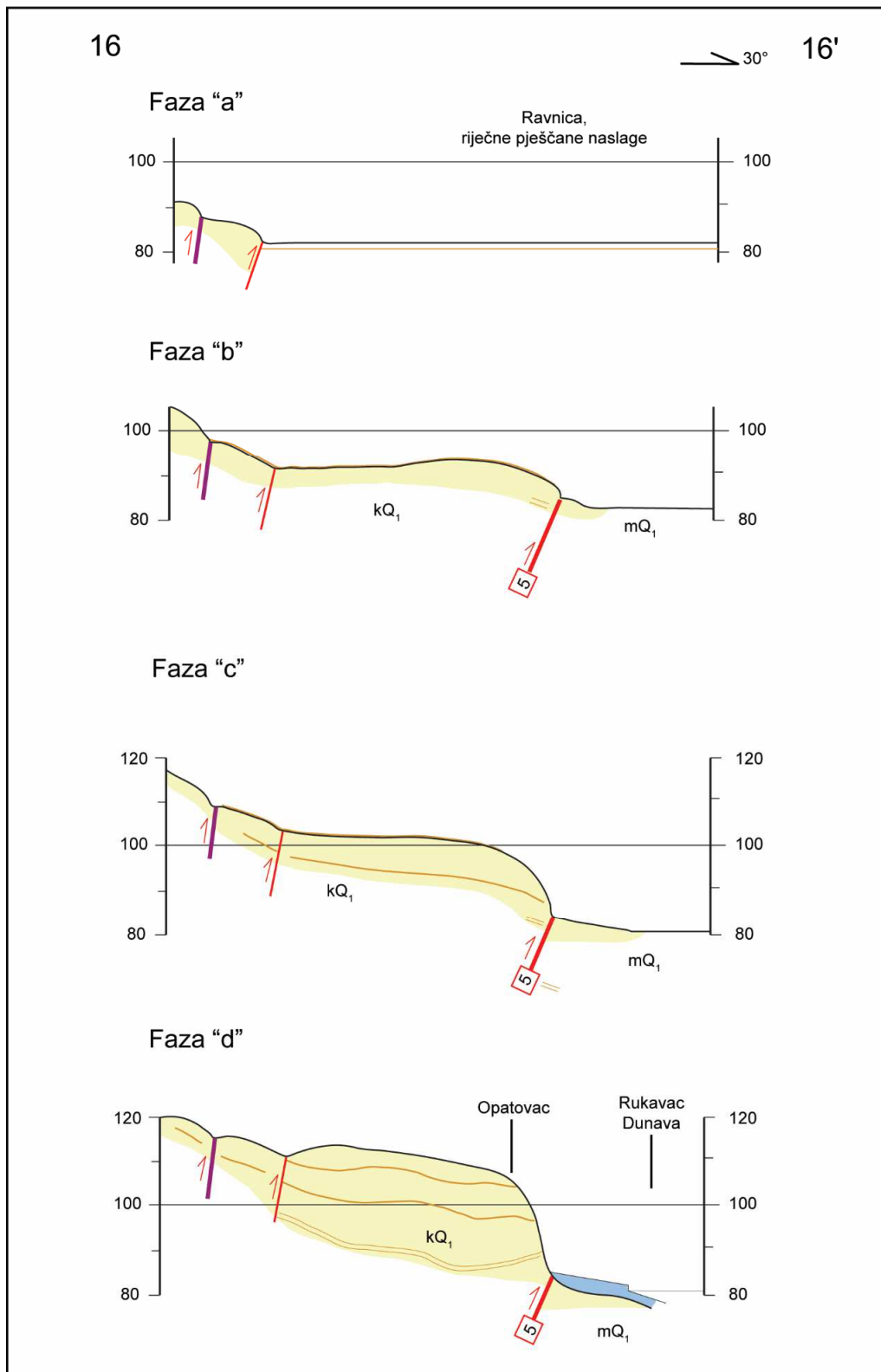


Slika 77 a) Dio strmca kod Vukovara kao i naslage prapora _____.

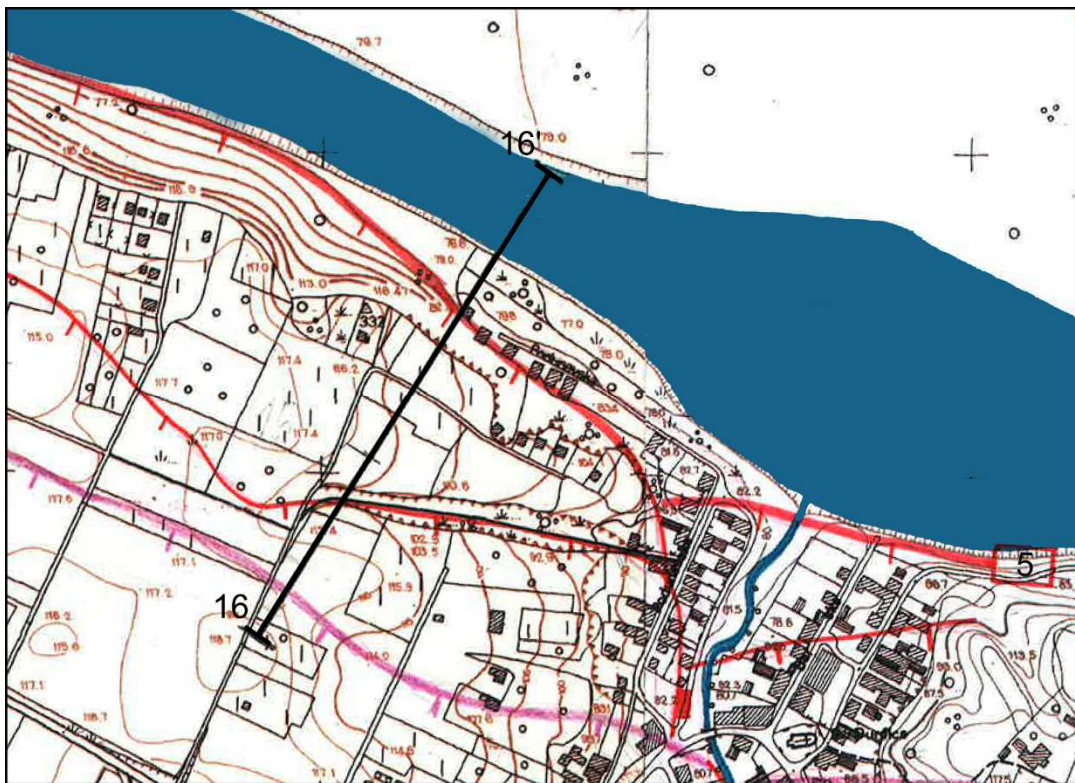


Slika 77 b) Izdanak strmca nedaleko od trase profila. Razabiru se dvije fosilne zemlje unutar kopnenih kvartarnih naslaga. Profil se podudara s lokacijom profila detaljno proučavanog iz Gorjanović-Kramberger, 1922.

16) OPATOVAC, RASJED VUKOVAR-NOVI SAD (5)



Slika 78.



Slika 79 a)



Slika 79 b) Uz trasu profila strmec u krovinском krilu rasjeda Vukovar-Novog Sada (5) predstavlja značajan izdanak. Uočljivi su slojevi fluvijalnog pijeska koji ukazuju da u vrijeme njihovog taloženja strmec još nije postojao. Slojevi starije

i mlađe fosilne zemlje unutar kopnenih prapornih naslaga nalaze se podno šumom obraslog dijela strmca.

20 EROZIJA, UZROCI EROZIJE I POSLJEDICE EROZIJE

Erozija je uvjetovana prije svega stalnom tektonskom aktivnošću i vrlo vidljivim morfološkim oblicima koji su rezultat erozije i tektonske aktivnosti.

20.1 UZROCI EROZIJE

Uzroci erozija su višestruki. Prvenstveno je napred spomenuta recentna tektonska aktivnost (rasjedi i pukotinski sustavi), mehanička, erozijska snaga Dunava, Coriolisova sila, ljudska aktivnost u regulaciji korita Dunava, raznovrsni egzogeni geološki čimbenici od kojih se ističu voda, led, snijeg, biljni pokrivač, odnosno korjenje bila (slike ____).

20.2 POSLJEDICE EROZIJE

Najjače se očituju u sljedećem: nastanak vrlo razvedenih geomorfoloških oblika, strmci uz rasjede, uz samu obalu Dunava ali i i dalje od Dunava što govori o tome da Dunav neposredno utječe na eroziju.

21 PRIJEDLOG DALJNJIH ISTRAŽIVAČKIH RADOVA.

LITERATURA

Babić, Ž; Čakarun, I., Sokač, A. Mraz, V. (1978): O geologiji kvartarnih naslaga porječja rijeke Drave. Geol. Vjesnik, 30/1, 13 – 57, Zagreb.

Bada, G. (1999): Cenozoic stress field evolution in the Pannonian basin and surrounding orogens. Inferences from kinematic indicators and finite element modelling. Ph. D. Thesis, Vrije Universitet Amsterdam, 204 pp.

Benček, Đ., Eds. (1992): Geološke karte sjeverne Hrvatske. Inst. Geol. Istraž., Zagreb.

Bognar, A. (1990): Geomorfologija Baranje. "Ognjen Prica", 1-312, Zagreb.

Cvijanović, D. (1969/1970): Seizmičnost Slavonije. Vesnik Zav. Geol. I Geofiz. Istraž., C, 10-11, Beograd.

Cvijanović, D., Prelogović, E., Kranjec, V., Skoko, D., Zagorac, Ž., Bahun, S. & Oluić, M. (1979): Seizmotektonska karta Hrvatske i susjednih područja. Geofizički zavod, Zagreb.

Čičulić – Trifunović, M. & Galović, I. (1984): Osnovna geološka karta, list Bačka Palanka 1:100 000, L 34-99. Inst. Geol. Istraž., Zagreb, Sav. Geol. Zavod, Beograd.

Decker, K. (Ed.), (1996): PANCARDI Workshop 1996. Dynamics of the Pannonian-Carpathian-Dinaride system. Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., Wien, 41, 148.

Grünthal, G. & Stormeyer, D. (1992): The recent crustal stress field in Central Europe: Trajectories and finite element modeling. – Journ. Geophys. Res., 97/B8, 11.805-11.820.

Hernitz, Z. (1983): Dubinski strukturno-tektonski odnosi u području istočne Slavonije. Jug. Kom. Svjetskih kongresa za naftu, Nafta, 1-221. Zagreb.

Horváth, F. (1993): Towards a kinematic model for the formation of the Pannonian basin. Tectonophysics, 226, 333-357.

Kuk, V. & Prelogović, E. (2003): Most Osijek. Seizmološka i seizmotektonska studija. Prir. Mat. Fak., RGN fak., Zagreb.

Lučić, D., Saftić, B., Krizmanić, K., Prelogović, E., Britvić, V., Mesić, I. & Tadej, J. (2001): The Neogene evolution and hydrocarbon potential of the Pannonian Basin in Croatia. Marine and Petroleum Geology, 18. 133-147.

Magaš, N. (1987): Osnovna geološka karta, list Osijek 1: 100.000. Inst. Geol. Istraž., Zagreb, Sav. Geol. Zavod, Beograd.

Miletić, K., Urumović, K. & Blaković, I. (1973): Bilanca podzemnih voda sjevernozapadne Baranje. Geol. Vjesnik, 26, 241-254, Zagreb.

Pamić, J. (1997): Volcanic rocks from the Sava-Drava interfluve and Baranja in the South Pannonian Basin (Croatia) (192 pp). Nafta Journal Special Publication, Zagreb (in Croatian with English summary).

Pandžić, J. (1986): Pretercijar jugozapadnog dijela Panonskog bazena. Izs. INA-Naftaplin, 1-183, Zagreb.

Prelogović, E. & Cvijanović, D. (1983): Prikaz neotektonske aktivnosti dijela Slavonije, Baranje i Bačke. Geol. Vjesnik, 36, 241-254, Zagreb.

Prelogović, E., Zagorec, Ž., Krajec, V., Hernitz, Z. & Velić, J. (1981): NE Slavonija, geološka geofizička, neotektonska, geomorfološka i seizmotektonska istraživanja. Arh. RGN fak, Zagreb.

Prelogović, E., Velić, J., Dragičević, I. & Sokač, A. (1984): NE Slavonija, geološka, geofizička, neotektonska i seizmološka istraživanja, 2. Faza. Arh, RGN fak., Zagreb.

Prelogović, E., Jamičić, D., Aljinović, B., Velić, J., Saftić, B. & Dragaš, M. (1995): Dinamika nastanka struktura južnog dijela Panonskog bazena. Zb. 1. Hrv. Geol. Kongres, Opatija 18-21.10.1995., Vol.2 , 481-486, Zagreb.

Prelogović, E., Saftić, B., Kuk, V., Velić, J., Dragaš, M., & Lučić, D. (1998): Tectonic activity in the Croatian part of the Pannonian Basin. Tectonophysics, 297, 283-293.

Sokač, A., Dragičević, I. & Velić, J. (1982): Biostratigrafske i litološke odlike neogenskih i kvartarnih sedimenata nekih bušotina okolice Osijeka. Geol. Vjesnik, 35, 9-20, Zagreb.

Prelogović, E. & Kuk, V. (2004): Brana Opatovac, seizmološka i seizmotektonska istraživanja. Elektroprojekt, Zagreb.

Royden, L. H. & Horváth, F. (1988): The Pannonian basin. A study in basin evolution. Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem., 45, 394.

Tari, G., Horváth, F. & Rumpler, J. (1992): Styles of extension in the Pannonian basin. Tectonophysics, 298, 203-219.

Urumović, K. (1982): Hidrogeološke značajke Baranje. Geol. Vjesnik, 26, 247-256, Zagreb.

Urumović, K. (1982): Hidrogeološke značajke istočnog dijela Dravske potoline. Disertacija. Rud.-geol. Fak., Beograd.

Urumović, K., Tadić, Z., Hlevnjak, B. & Petrović, M. (1994): Groundwater budget of Quaternary deposits in Drava valley in Croatia. XVII Conf. of the Danube Coast. Ru Hidrolog. Force. And Hidrolog. Baris. Of water Menag. Proc. A 45- A 50, Graz.

Urumović, K., Duić, Ž. & Prelogović, E. (2003): Hidrogeološki uvjeti oblikovanja Kopačkog rita. Zb. Hrv. Vode u 21. stoljeću, 131-141, Zagreb.

Vulić, J., Dragičević, I. & Prelogović, E. (1985): Geološki odnosi kvartarnih naslaga okolice Erduta. Geol. Vjesnik, 38, 87-100, Zagreb.

Zagorac, Ž. (1975): Interpretacija gravimetrijskog reziduala i njena primjena u području Savske i Dravske potoline. Disertacija. RGN fak., 1-86, Zagreb.

BABIĆ, Ž., ČAKARUN, I., SOKAČ, A. i MRAZ, V. (1978): O geologiji kvartarnih naslaga područjarijeke Drave.-Geol. vjesnik, 30/1,43-61, Zagreb.

BOGNAR, A. (1990): Geomorfologija Baranje. Znanstvena monografija. Ognjen Prica,1-312,Zagreb.

ČULINOVIĆ, D. (1998): Vodozahvatni radovi –Zdenac Ilok. Fond stručnih dokumenata Drill Co.d.o.o., Zagreb.

DELLA MARINA, S. (1971): Bušeni bunari u Iloku. Fond stručnih dokumenata Geotehnike, Zagreb.

GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, D. (1920): "Morfološke i hidrografske prilike srijemskog lesa". Glasnik geogr. Društva 5, 17-53, Beograd.

GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, D. (1922): "Morfološke i hidrografijske prilike prapornih predjela Srijema, te pograničnih česti županije virovitičke". Glasnik hrv. Prirod. Društva, 34, 2, 111-164, Zagreb.

URUMOVIĆ, K. (1973):Hidrogeološke značajke Baranje. Geol. vjesnik, 26, 247-255,Zagreb.

URUMOVIĆ, K., MADŽARAC, A., TIŠLJAR, J., TRELEC, D., DUJMOVIĆ, J., (1978): Prethodna hidrogeološka istraživanja za vodoopskrbu Šarengrada. Fond dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K., MADŽARAC, A., TIŠLJAR, J., DUKARIĆ, F. (1978): Hidrogeološka istraživanja za vodoopskrbu Bapske. Fond dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K., MADŽARAC, A., TRELEC, D., DUJMOVIĆ-VITEZIĆ, J., TIŠLJAR, J. (1979): Hidrogeološka istraživanja za vodoopskrbu Šarengrada i Mohova. Fond dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K., MADŽARAC, A., TRELEC, D. (1979): Prethodna hidrogeološka istraživanja za vodoopskrbu Mohova. Fond dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K., VITEZIĆ, J. i MADŽARAC, A. (1979): Istraživanja nuklearnih sirovina u SR Hrvatskoj. Hidrogeološka studija Baranje. Fond stručnih dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K., MADŽARAC, A., DUJMOVIĆ-VITEZIĆ, J., TRELEC, D., TIŠLJAR, J., SOKAČ, A., DUJMIĆ, D I DULIĆ, I. (1979): Hidrogeološka studija za rješavanje vodoopskrbe Belog Manastira, 1978/79). Fond stručnih dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K., MADŽARAC, A., TRELEC, D., TIŠLJAR, J., SOKAČ, A., (1981): hidrogeološka istraživanja za vodoopskrbu Dalja. Fond stručnih dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K., MADŽARAC, A., TRELEC, D., TIŠLJAR, J., SOKAČ, A., (1981): Prethodna hidrogeološka istraživanja crpilišta Bršadin. Fond stručnih dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

SOKAČ., A., DRAGIČEVIĆ. I. i VELIĆ, J. (1982): Biostratigrafske i litološke odlike neogenskih i kvartarnih sedimenata nekih bušotina okolice Osijeka.- Geol.vijesnik,35,9-20,Zagreb.

PRELOGOVIĆ, E. & CVIJANOVIĆ, D. (1983): Prikaz neotektonske aktivnosti dijela Slavonije, Baranje i Bačke. Geol. vjesnik, 36, 241-254, Zagreb.

URUMOVIĆ, K., MADŽARAC, A., GOLD, H., HERNITZ, Z., KVATERNIK, R. (1983): Vodoopskrba Vukovara podzemnim vodama. Hidrogeološka studija crpilišta Trpinja. Fond stručnih dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

VELIĆ, J., DRAGIČEVIĆ, I. & PRELOGOVIĆ, E. (1985): Geološki odnosi kvartarnih naslaga okolice Erduta. Geol. vjesnik, 38, 87-100, Zagreb.

URUMOVIĆ, K., MADŽARAC, A., GOLD, H., HERNITZ, Z., KVATERNIK, R., TRELEC, D., HLEVNJAK, B. (1986): Vodoopskrba Vukovara podzemnim vodama. Hidrogeološka studija crpilišta Cerić. Fond stručnih dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K., MADŽARAC, A., GOLD, H., KVATERNIK, R., (1986): Vodoopskrba Vukovara podzemnim vodama. Zaštitne zone crpilišta Cerić. Fond stručnih dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K.,HLEVNJAK, B. (1987): "Hidrogeološka istraživanja crpilišta Skela. Izvještaj o nadzoru radova na izradi bunara B-4". Fond dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K., MADŽARAC, A., GOLD, H., HLEVNJAK, B. i TRELEC, D. (1987): Hidrogeološka studija Baranjskog prapornog ravnjaka. Fond stručnih dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K., MAĐARAC, A., GOLD, H., HLEVNJAK, B., TRELEC, D., BARIĆ, R. (1988): "Hidrogeološka studija iločkog prapornog ravnjaka – Model crpilišta Skela". Fond dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

HLEVNJAK, B., URUMOVIĆ, K. i MADŽARAC, A. (1989): "Crpilište Skela – Ilok. Izrada novog bunara IB-2N. Izvještaj o nadzoru radova". Fond dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K. i HLEVNJAK, B. (1998): Vodoopskrni sustav Vukovara, crpilište Cerić. Hidrogeološko praćenje rada crpilišta i projekcija razvitka. Fond stručnih dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K. i HLEVNJAK, B. (1997): Vodoopskrni sustav Vukovara. Okvirni program sanacije I razvoja crpilišta Cerić. Fond stručnih dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

MIHELČIĆ, D. i URUMOVIĆ, K. (1998): Vodoopskrbni sustav Kneževi Vinogradi, Idejno rješenje- poglavlje 6. Hidrogeološka situacija. Fond dokumenata Hidroprojekt-ing, Zagreb.

URUMOVIĆ, K. i HLEVNJAK, B. (1998): Vodoopskrni sustav Vukovara, crpilište Cerić. Izvedba zdenca Z-1. Fond stručnih dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K. i HLEVNJAK, B. (1998): Vodoopskrni sustav Vukovara, crpilište Cerić. Izvedba zdenca Z-7. Fond stručnih dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K. i HLEVNJAK, B. (1998): Vodoopskrni sustav Vukovara, crpilište Cerić. Revitalizacija zdenaca B-2, B-3, B-4, B-5 i B-6. Fond stručnih dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K., HLEVNJAK, B. (1998): Iločki vodoopskrbni sustav, crpilišta Skela – Zdenac IZ-1. Fond dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K., HLEVNJAK, B. (1998): Vodoopskrbni sustav Iloka, crpilišta Mohovo – Zdenac MZ-1. Fond dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K., HLEVNJAK, B. (1998): Iločki vodoopskrbni sustav. Hidrogeološki radovi na crpilištu Skela u 1998. god. Fond dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Sveučilište u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K., HLEVNJAK, B., (1999): Vodoopskrbni sustav Iloka, crpilišta Babska – Izvedba zdenca BZ-1. Fond dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

URUMOVIĆ, K., HLEVNJAK, B. (1999): Vodoopskrbni sustav Općine Kneževih Vinograda, Crpilište Prosine. Stanje i razvoj crpilišta u 2000. Fond stručnih dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K., HLEVNJAK, B. (1999): Vodoopskrbni sustav Općine Kneževih Vinograda, Crpilište Prosine. Stanje i razvoj crpilišta u 2000. Fond stručnih dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K., HLEVNJAK, B. i DUIĆ, Ž. (2000): Izvorišta vodoopskrbnoga sustava sjeverne Baranje. Grad Beli Manastir te općine Popovac, Draž, Kneževi Vinogradi, Čeminac I Petlovac. Fond stručnih dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K. i HLEVNJAK, B. (2001): Vodoopskrbni sustav Dalj-Erdut Stanje i razvoj crpilišta. Fond stručnih dokumenata Hydroexpert Zagreb.

URUMOVIĆ, K. i HLEVNJAK, B. (2001): Vodoopskrni sustav Dalj-Erdut. Izvedba zdenca Z-1. Fond stručnih dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K. i HLEVNJAK, B. (2001): Vodoopskrni sustav Dalj-Erdut. Stanje crpilišta Dalj i prijedlog vodozaštitnih područja. Fond stručnih dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K., HLEVNJAK, B. i DUIĆ, Ž. (2001): Vodoopskrbni sustav Općine Kneževi Vinogradi, Crpilište Prosine. Izvedba strukturne bušotine PP-1. Fond stručnih dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K., HLEVNJAK, B. i DUIĆ, Ž. (2002): Vodoopskrbni sustav Općine Kneževi Vinogradi, Crpilište Prosine. Rezultati istraživanja i izvedbe zdenca Z-4. Fond stručnih dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K., HLEVNJAK, B. i DUIĆ, Ž. (2002): Vodoopskrbni sustav Općine Kneževi Vinogradi, Crpilište Prosine. Rezultati izvedbe istraživačko-piezometarskih bušotina PP-2, PP-3, PP-4 i PP-5. Fond stručnih dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

URUMOVIĆ, K., HLEVNJAK, B. i DUIĆ, Ž. (2002): Crpilište Prosine. Elaborat o zaštitnim zonama izvorišta. Fond stručnih dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

TUSIĆ, V. (2003): Izvedba istražno piezometarskih bušotina na crpilištu Prosine. Fond dok. Geoistraživanje Osijek.

URUMOVIĆ K, DUIĆ, Ž. I PRELOGOVIĆ E. (2003): Hidrogeološki uvjeti oblikovanja Kopačkoga rita. 3. hrvatska konferencija o vodama, Osijek

URUMOVIĆ K, I PRELOGOVIĆ E. (2003): Park prirode kopački rit, Plan upravljanja, Sektorska studija Geologija. Fond dokumenata Elektroprojekt, Zagreb

HLEVNJAK, B. (2010): Vodopskrbni sustav Iloka, Elaborat organizacije monitoringa i projekt sanacije u okviru vodozaštitnih područja Crpilišta Skela i Mohovo, Fond dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

HLEVNJAK, B. (2010): Vodoopskrbni sustav Iloka, Crpilište skela, Izvedba istraživačkog zdenca IZ-3, Fond dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

HLEVNJAK, B., DUIĆ, Ž. (2012): Vodoopskrbni sustav Dalj-Erdut, Verifikacija rada crpilišta Dalj, I faza radova, Fond dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

HLEVNJAK, B., DUIĆ, Ž. (2012): Vodoopskrbni sustav Dalj-Erdut, Analiza i ustroj monitoringa podzemnih voda crpilišta Dalj, Fond dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

HLEVNJAK, B., DUIĆ, Ž. (2012): Vodoopskrbni sustav Dalj-Erdut, Izvedba zdenca Z-3, Fond dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

HLEVNJAK, B., DUIĆ, Ž. (2012): Vodoopskrbni sustav Iloka, Crpilište Mohovo, Izvedba zdenca MZ-2, Fond dokumenata Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

<http://www.datourway.eu/documents/88-701-9881>

[7_brosura_nacionalne_analize_za_rh_cro_06_03_2012.pdf](#); 10.1.2015.

SELETKOVIĆ, Z. & TIKVIĆ, I. (2005): **Klimatske prilike**. Poplavne šume u Hrvatskoj, s. 86, HŠD, Zagreb.

Bognar, A. (1990): Geomorfologija Baranje. Savez geografskih društava Hrvatske, Zagreb.

Banak, A.(2012) Reconstruction of Late Pleistocene climate change based on loess sedimentology, malacofaunal palaeontology and isotope analysis (Baranja, eastern Croatia).- Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

Banak, A., Mandić, O., Kovačić, M. & Pavelić, D. (2012) Late Pleistocene climate history of the Baranja loess plateau-evidence from the Zmajevac loess-palaeosol section (northeastern Croatia).- Geol. Croat., 65, 411-422.

Banak, A., Pavelić, D., Kovačić, M. & Mandić, O. (2013): Sedimentary characteristics and source of late Pleistocene loess in Baranja (eastern Croatia).- Aeolian Research, doi.: [dx.doi.org/10.1016/j.aeolia.2013.08.002](https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2013.08.002)

Bognar, A. (1979): Distribution, properties and types of loess and loess-like sediments in Croatia.- Acta Geol. Acad. Sci. Hung., 22, 267-286.

Bognar, A. (1990): Geomorfologija Baranje. Znanstvena monografija.- Savez geogr. društava Hrvatske, Posebna izdanja, 7, 1-312, Zagreb.

Bronger, A. (2003): Correlation of loess–paleosol sequences in East and Central Asia with SE Central Europe: towards a continental Quaternary pedostratigraphy and paleoclimatic history.- Quat. Int., 106-107, 11-31.

Galović, L. (2005): Geokemijske i mineraloške značajke paleotala u pleistocenskim praporima istočne Slavonije i Baranje.- Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

Galović, L., Frechen, M., Halamić, J., Durn, G & Romić, M. (2009): Loess chronostratigraphy in Eastern Croatia-A luminescence approach.- Quat. Int., 198, 85-97.

Galović, L., Frechen, M., Peh, Z., Durn, G. & Halamić, J. (2011): Loess/palaeosol section in Šarengrad, Croatia – A qualitative discussion on the correlation of the geochemical and magnetic susceptibility data.- *Quat. Int.*, 240, 22–34.

Gorjanović Kramberger, D. (1922): Morfološke i hidrografijske prilike prapornih predjela Srijema, te pograničnih česti županije virovitičke.- *Glasnik Hrvatskoga prirodoslovnog društva*, XXXIV, 111–164, Zagreb.

Hupuczi, J. & Sümegi, P. (2010): The Late Pleistocene paleoenvironment and paleoclimate of the Madaras section (South Hungary), based on preliminary records from mollusks.- *Cent. Eur. J. Geosci.*, 2(1), 64-70.

Janeković, Gj. (1970): Pedološke karakteristike Slavonije i Baranje.- *Zbornik radova I Znan. sabora Slavonije i Baranje*, 1, 1-22, Osijek.

Janeković, Gj. & Pichler-Sajler, A. (1976): Pedološka slika Djakovištine.- *Zbornik Djakovištine*, 1 Centar za znan. rad Vinkovci. Poseb.izd. 3, Jugosl. akad. znan. umjet., 21-54, Zagreb

Jenko, K. (1959): Geološko snimanje Popovačkog brda (Baranja).- *Fond struč. dok. Inst. za geol. istraž.*, Zagreb.

Malez, M. (1965): O nekim periglacialnim pojavama u pleistocenu Slavonije.- *Geol. vjesnik*, 18, 159-165, Zagreb.

Malez, M. (1973): Kvartarne naslage šire okolice Podravske Slatine i Orahove u Slavoniji.- *Radovi centra za org. naučnoistraž. rada u Vinkovcima*, Jugosl. akad. znan. umjet., 2, 5-55, Zagreb.

Marković, S.B., Bokhorst, M.P., Vandenberghe, J., Mc-Coy, W.D., Oches, E.A., Hambach, U., Gaudenyi, T., Jovanović, M., Zöller, L., Stevens, T. & Machalett, B.

(2008): Late Pleistocene loess-palaeosol sequences in the Vojvodina region, north Serbia.- *J. Quat. Sci.*, 23, 73–84.

Mikulčić Pavlaković, S., Crnjaković, M., Tibljaš, D., Šoufek, M., Wacha, L., Frechen, M. & Lacković, D. (2011): Mineralogical and geochemical characteristics of quaternary sediments from the island of Susak (Northern Adriatic, Croatia).- *Quat. Int.*, 234, 32-49.

Molnar, D., Hupuczi, J., Galović, L. & Sümegi, P. (2010): Preliminary malacological investigation on the loess profile at Zmajevac, Croatia.- *Cent. Eur. J. Geosci*, 2(1), 52-56.

Mutić, R. (1975): Sedimentološka istraživanja naslaga lesa iz okolice Vinkovaca, Našica i Valpova.- *Geol. vjesnik*, 28, 269-286.

Pavelić, D. (2008): Stratigrafska determinacija naslaga iz bušotina BDH-1 i BDH-2.- Knjižnica RGNF, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

Pecsi, M. (1990): Loess is not just accumulation of airborne dust.- *Quat. Int.*, 7, 1-21.

Pecsi, M. (1995): The role of principles and methods in loess-paleosol investigation.- *GeoJournal* 36, 117-131.

Poje, M. (1982): Malakofauna prapornih naslaga istočnog dijela Slavonije.- Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

Poje, M. (1985): Praporne naslage "vukovarskog profila" i njihova stratigrafska pripadnost.-*Geol. vjesnik*, 38, 45-66.

Poje, M. (1986): Ekološke promjene na vukovarskom prapornom ravnjaku proteklih cca 500.000 godina.-*Geol. vjesnik*, 39, 19-42.

Pye, K. (1995): The nature, origin and accumulation of loess.- *Quat. Sci. Rev.*, 14, 653-667.

Rukavina, D. (1983): O stratigrafiji gornjeg pleistocena s osvrtom na topla razdoblja i njihov odraz u naslagama na području Jugoslavije.- *Rad JAZU* 19, 199-221, Zagreb.

Urumović, K., Madžarac, A., Gold, H., Hlevnjak, B. & Trelec, D. (1987): Hidrogeološka studija Baranjskog prapornog ravnjaka.- Knjižnica RGNF, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

Velić, J., Dragičević, I. & Prelogović, E. (1985): Geološki odnosi kvartarnih naslaga okolice Erduta (istočna Slavonija).- *Geol. vjesnik*, 38, 87-100.

Wacha, L & Frechen, M. (2011): The chronology of the Gorjanović loess section in Vukovar, Croatia.- *Quat. Int.*, 240, 87-99.

Wacha, L., Mikulčić Pavlaković, S., Novothny, Á., Crnjaković, M. & Frechen, M. (2011): Luminescence dating of Upper Pleistocene loess from the island of Susak in Croatia.- *Quat. Int.*, 234, 50-61.

Wacha, L., Galović, L., Koloszár, L., Magyari, A., Chikán, G. & Marsi, I. (2013): The chronology of the Šarengrad II loess-palaeosol section (Eastern Croatia).- *Geol. Croat.*, 66, 191-203.