

# Prostorna raspodjela i značajke lesa u Republici Hrvatskoj

---

**Horvatić, Nives**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:436947>

*Rights / Prava:* [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-01**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Nives Horvatić**

**Prostorna raspodjela i značajke lesa Republike Hrvatske**

**Završni rad**

**Rijeka, 2023.**

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Sveučilišni prijediplomski studij**

**Primijenjena geologija**

**Nives Horvatić  
JMBAG: 0114032437**

**Prostorna raspodjela i značajke lesa Republike Hrvatske**

**Završni rad**

**Rijeka, rujan 2023.**

## IZJAVA

Završni/Diplomski rad izradio/izradila sam samostalno, u suradnji s mentorom/mentoricom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

---

Horvatić Nives

U Rijeci, 19. rujna 2023.

## **SAŽETAK:**

Ovim radom istraživane su značajke lesa Republike Hrvatske, ali i prostorna raspodjela lesa i lesu sličnih naslaga koje pronalazimo na državnom području. U ovom radu na osnovu Osnovnih geoloških karti bivše Savezne Federativne Republike Jugoslavije, koje su izrađene u mjerilu 1:100 000, a koje su i danas važeće i na osnovu kojih se provode sva geološka istraživanja pa tako i ovo. Prikazana je prostorna raspodjela lesa na način da je les Republike Hrvatske podijeljen na kontinentalnu i primorsku Hrvatsku. Kontinentalna Hrvatska prikazana je kroz 5 listova Osnovne geološke karte i na osnovu tumača istih, detaljno su prikazane karakteristike i litološka obilježja lesa za odabrana područja. Primorska Hrvatska prikazana je jednim listom OGK jer ipak je les karakteristično tlo kontinentalne Hrvatske, ali s obzirom da ga pronalazimo i u primorju, bilo je potrebno prikazati i istražiti ga na području na kojem i ne očekujemo ovakvu vrstu tla. Osim prostorne raspodjele i litoloških obilježja radom je obrađena problematika ponašanja lesnog tla i tala koja spadaju u skupinu lesu sličnih naslaga, istraženi su geomorfološki procesi i inženjerski problemi koji se javljaju u lesnom tlu i tlu lesu sličnih karakteristika, kao što su erozija, pojava klizišta, ali i jedno od karakterističnih geomorfoloških procesa za lesna tla, a to je jaružanje.

**KLJUČNE RIJEČI:** les, les Republike Hrvatske, lesu slične naslage, Osnovna geološka karta SFRJ, les kontinentalne Hrvatske, les primorske Hrvatske, erozijski procesi, klizišta, jaružanje

## **ABSTRACT:**

Trough this work it was investigated the loess characteristics of the Republic of Croatia, as well as the spatial distribution of loess and loess-like deposits found on the state territory. In this paper, on the basis of the Basic geological maps of the former Federal Republic of Yugoslavia, which were made on a scale of 1:100,000, and which are still valid today and on the basis of which all geological research is carried out, including this one. The spatial distribution of loess is shown in such a way that the loess of the Republic of Croatia is divided into continental and coastal Croatia. Continental Croatia is shown through 5 sheets of the Basic Geological Map and based on their interpretation, the characteristics and lithological features of the loess for the selected areas are shown in detail. Coastal Croatia is shown with one sheet of OGK because loess is a characteristic soil of continental Croatia, but considering that it is also found on the coast, it was necessary to show and research it in an area where we do not expect this type of soil. In addition to the spatial distribution and lithological characteristics, the work deals with the behavior of loess soil and soils that belong to the group of loess-like deposits, geomorphological processes and engineering problems that occur in loess soil and loess-like soil, such as erosion, occurrence of landslides, but also one of the characteristic geomorphological processes for loess soils, which is dredging.

**KEY WORDS:** loess, loess of the Republic of Croatia, loess-like deposits, basic geological map of SFRY, loess of continental Croatia, loess of coastal Croatia, erosion processes, landslides, dredging.

## SADRŽAJ :

1. UVOD.....	1
2. OPĆENITO O LESU .....	2
3. LES U REPUBLICI HRVATSKOJ .....	4
3.1. Genetski tipovi lesa i lesu sličnih naslaga .....	6
3.1.1. Les i lesu slične naslage eolskog porijekla.....	6
3.1.2. Lesu slične naslage derazijskog porijekla .....	7
3.1.3. Lesu slične naslage fluvijalnog porijekla .....	7
3.1.4. Izmijenjene naslage lesa .....	7
4. PROSTORNA RASPODJELA I LITOLŠKA OBILJEŽJA LESA I LESU SLIČNIH NASLAGA U HRVATSKOJ.....	8
4.1. Kontinentalna Hrvatska.....	9
4.2. Primorska Hrvatska.....	19
5. GEOMORFOLOŠKI PROCESI I INŽENJERSKI PROBLEMI U NASLAGAMA LESA.....	21
5.1. Erozijski procesi .....	21
5.1.1. Riječna erozija .....	21
5.1.2. Jaružanje i spiranje .....	22
5.2. Klizišta u lesnim naslagama .....	24
5.3. Korozijsko-sufozijski procesi .....	26
5.4. Antropogeni procesi .....	26
5.4.1. Eskavacijski morfološki oblici.....	26
5.4.2. Reljefne forme nastale umjetnim nasipavanjem .....	27
6. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK.....	28
7. POPIS LITERATURE .....	30

## **POPIS SLIKA:**

Slika 1: Praporni profil s prikazanim paleotlima (tragovi zatopljenja). Preuzeto iz [5].....	3
Slika 2: Presjek prapornih naslaga kod Vukovara. Preuzeto iz [5] .....	3
Slika 3: Profil lesnih naslaga na području Iloka.....	5
Slika 4: Osnovna geološka karta SFRJ ; Bačka Palanka. Preuzeto iz [8] .....	14
Slika 5: Osnovna geološka karta SFRJ ; Osijek. Preuzeto iz [10] .....	15
Slika 6: Osnovna geološka karta SFRJ ; Našice. Preuzeto iz [12].....	16
Slika 7: Osnovna geološka karta SFRJ , Virovitica. Preuzeto iz [14] .....	17
Slika 8: Osnovna geološka karta SFRJ ; Zagreb. Preuzeto iz [16] .....	18
Slika 9: Osnovna geološka karta SFRJ ; Lošinj. Preuzeto iz [18] .....	20
Slika 10 Tip lesnog strmog odsjeka direktno erodirano rijekom Dunav, Preuzeto iz [21].....	22
Slika 11 Prikaz jaruga (a) List Bačka Palanka, (b) prikaz područja na Google Earth-u, (c) List Našice, (d) prikaz područja Našica na Google Earth-u. Preuzeto iz [8] i [12] .....	23
Slika 12 Rotacijska (stepeničasta) klizišta. Preuzeto iz [21] .....	24
Slika 13 a) odron lesnog tla na području grada Iloka. Preuzeto iz [22], b) sanacija klizišta na području istočne Slavonije. Preuzeto iz [23] .....	25



## **POPIS TABLICA:**

Tablica 1 : Osnovne karakteristike lesa i lesnih naslaga kontinentalne Hrvatske .....	13
Tablica 2: Osnovne karakteristike lesa i lesnih naslaga primorske Hrvatske .....	19

## 1. UVOD

Republika Hrvatska obilježena je vrlo raznolikom geološkom građom terena, iako površinom mala zemlja kada je u pitanju geološka građa terena i raznolikost vrsta tala koje se mogu pronaći, može se reći kako je bogata zemlja. Jedno od mnogih vrsta tala, koje pronalazimo na teritoriju Republike Hrvatske, je lesno tlo i lesu slične naslage. Les Republike Hrvatske te lesu slične naslage koje pronalazimo na ovom području upravo su tematika ovog rada. Za sam početak rada pobliže je opisan les kojeg pronalazimo na području Republike Hrvatske, njegova prostorna raspodjela te osnovne karakteristike.

Rad je koncipiran na način da je njegova srž upravo prostorna raspodjela lesa i lesu sličnih naslaga u Republici Hrvatskoj, a pitanje koje se navodi je koje su to karakteristike i litološka obilježja lesa i njemu sličnih naslaga istraživanih područja. Kako bi se dobili odgovori na ovo pitanje bilo je potrebno detaljno proučiti Osnovnu geološku kartu SFRJ i pripadajuće joj tumače na osnovu kojih su odabrana karakteristična područja. Najprije je napravljena osnovna podjela na kontinentalnu Hrvatsku i primorsku Hrvatsku. S obzirom da je les karakteristično tlo kontinentalne Hrvatske upravo taj dio bilo je potrebno podrobnije i detaljnije razraditi kako bi se dobio uvid u to kakav les se može pronaći na tim područjima. Kontinentalna Hrvatska podijeljena je na 5 karakterističnih područja, ta područja opisana su pomoću listova Osnovne geološke karte. Listovi koji su detaljno istraživani su list Bačka Palanka, list Osijek, list Našice, list Virovitica i list Zagreb. Na osnovu istraživanja i proučavanja listova donesen je zaključak kakva vrsta lesnog tla se nalazi na području kontinentalne Hrvatske. Iako je les tlo koje nije karakteristično za primorsku Hrvatsku ipak ga ondje pronalazimo te je bilo potrebno također istražiti i to područje. Jednako kao i kontinentalna, tako je i primorska Hrvatska opisana pomoću OGK, a list koji je detaljnije proučavan je list Lošinj.

Osim prostorne raspodjele i litoloških obilježja istražena je i predstavljena problematika ovog tla u vidu geomorfoloških procesa i inženjerskih problema koji se mogu očekivati u lesu i lesu sličnim naslagama. Koji su to sve procesi koji se mogu očekivati, problemi na koje kao inženjeri možemo naići te na što je potrebno obratiti pozornost prilikom gradnje na ovakvom tlu, ovim je radom istraženo i opisano.

## 2. OPĆENITO O LESU

Les ili prapor je kopneni sediment sastavljen pretežno od vrlo sitnog praha te sitnozrnastog pijeska blijedožute boje [1]. Taložen je za vrijeme pleistocena djelovanjem vjetra, što ga čini eolskim sedimentom, tako što se taložio na tlo i pretaloženjem u vodi na periglacialnim područjima. U mineralnom sastavu naslaga prevladavaju kvarc i feldspati, a može sadržavati i značajnije količine kalcita. U sastavu lesa u manjim količinama može biti još i gline, limonita, epidota, muskovita, cirkona i ostalih minerala .

Riječ „les“ dolazi od njemačke riječi koja u svom prijevodu znači „labav“ [2] što ukazuje na jedno od glavnih svojstava ovog tla, a to je da reagira u kontaktu s vodom. Les ju u suhom stanju čvrst, no u kontakt s većom količinom vode postaje nestabilan. Poroznost lesa te sadržaj vode u tlu ovisi o tome je li les bogatiji glinom ili pijeskom.

Približno 4% kontinentalne površine Zemlje, a 7% Europe [3], pokriveno je lesnim naslagama. One se protežu od Francuske do Kine, gdje dosežu debljinu od nekoliko stotina metara, a nastale su nanosom praha iz azijskih pustinja. Europski les znatno je tanji.

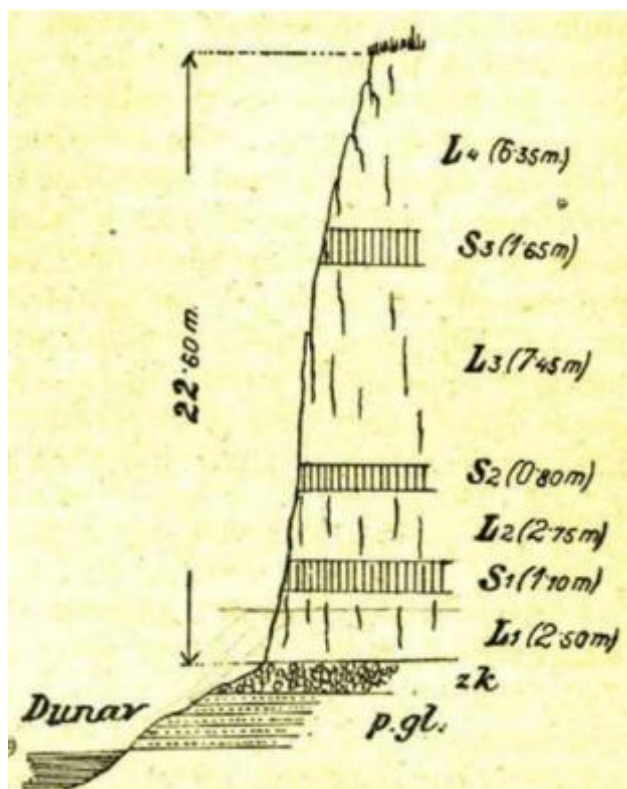
Jedan od fenomena lesnih naslaga je pojava karbonatnih konkrecija takozvanih „prapornih lutki“ ili „patuljaka“ [1] . Nastanak ovih pojava tumači se djelovanjem vode, točnije zbog djelovanja voda u poroznom lesu nastaju šupljine i pukotine u kojima nastaju konkrecije različitih oblika, zbog izlučivanja kalcijevog karbonata oko zrna unutar samih pukotina.

U Republici Hrvatskoj naslage lesnog tla pronalazimo na području Panonske nizine ,danas područje Slavonije i Srijema [1] , u okolici Zadra te na otocima Mljetu, Susku, Unijama i Srakanama. Dragutin Gorjanović-Kramberger, kao jedan od najpoznatijih hrvatskih prirodoslovaca, proveo je prvo istraživanje lesnih naslaga u Hrvatskoj, opisujući profil lesnih naslaga koji se smjestio na desnoj obali Dunava u samom centru grada Vukovara (Slika 1.) , koji se još naziva i prvi geološki spomenik prirode. Ovaj profil predstavlja jedan od najpoznatijih i najreprezentativnijih izdanaka lesa u Hrvatskoj, koji je za vrijeme tadašnjeg Gorjanovićevog istraživanja dostizao visinu od 22,5m ,danas je nešto niži kao posljedica

zatrpanja urušenim materijalom te kao posljedica nasipavanja šljunka zbog uređenja današnje šetnice. [5]



Slika 1: Praporni profil s prikazanim paleotlima (tragovi zatopljenja). Preuzeto iz [5]



Legenda: p.gl. – žuta pjeskuljasta glina; zk – zona konkrecija; L1-L4 – prapor; S1-S3 – strošne zone prapora.,

Slika 2: Presjek prapornih naslaga kod Vukovara. Preuzeto iz [5]

### 3. LES U REPUBLICI HRVATSKOJ

U Republici Hrvatskoj lesne naslage zauzimaju oko 35% kopnene površine [2], pronalazimo ih najviše u kontinentalnoj Hrvatskoj na području istočne Slavonije, Srijema i Baranje, gdje ovakvo tlo prevladava. U primorju su najpoznatije naslage lesa na otoku Susku, gdje prekrivaju gotovo cijelu njegovu površinu i dosežu debljinu do 90m. [2] Debljina lesa procjenjuje se između 0,5m i 60m, u kontinentalnom dijelu Republike Hrvatske. Na Čarkovu brdu debljina doseže i do 100m.

Debljina lesnih naslaga veća je tamo gdje su postojali optimalni preduvjeti za taloženje prahovitog materijala. To su tektonski stabilniji i zaravnjeni dijelovi današnjih lesnih zaravni, starije riječne terase i platoi, pobrđa i prigorja. Na lesnim zaravnima ovisno o snazi i trajnosti djelovanja taložnih i erozijskih procesa, debljina lesnih naslaga kreće se od 20 m do 50 i više metara. [6]

Les se po svojim granulometrijskim osobinama razlikuje u zapadnom i istočnom dijelu kontinentalne Hrvatske. [6] U zapadnom dijelu veća reljefna dinamika, odnosno jača izraženost denudacijskih procesa, te veći postotak vlažnosti uvjetovali su lesno tlo veće zbijenosti i zaglinjenost (povećava se udio gline u sastavu idući prema zapadu) nego lesno tlo u istočnom dijelu gdje je manje izražena reljefna energija i manji postotak vlažnosti što je pogodovalo akumulacijskim procesima i stvaranju pretežno tipskih naslaga lesa. Upravo zbog različitih fizičko-geografskih osnova i klimatskih i reljefnih osobina imamo podjelu lesnih zaravni na Baranjsku lesna zaravan, Erdutsku, Đakovačku i najpoznatiju Vukovarsku lesnu zaravan. [7]

Kemijski sastav lesnih naslaga u Republici Hrvatskoj je prilično ujednačen. Međutim udio kalcijevog karbonata ( $\text{CaCO}_3$ ) razlikuje od istoka prema zapadu kontinentalne Hrvatske. Istočni dio, zbog svoje zaravnjenosti i veće suhoće, pogodovao je stvaranju lesnih naslaga veće koncentracije karbonata, dok su lesovi središnje Hrvatske, zbog vlažnosti i dinamičnijeg reljefa, manjeg udjela karbonata ili gotovo nikakvog. [6]

Mineralni sastav lesa i njemu sličnih naslaga uglavnom je jednolik za sve sedimente. Mijenja se lokalno ovisno o porijeklu primarnog materijala. Dominantan je kvarc (33-72%), zatim feldspati (10-35%), te muskovit (8-20%) [6]. Dobar pokazatelj porijekla primarnog materijala je sastav teških minerala, koji su najčešće minerali metamorfnih i vulkanskih stijena kao što su granat, amfibol, piroksen, epidot, staurolit i drugi. Izvore primarnog prašnog materijala najprije treba potražiti unutar proučavanog prostora, a potom u Alpama i Dinaridima.



*Slika 3: Profil lesnih naslaga na področju Iloka*

### 3.1. Genetski tipovi lesa i lesu sličnih naslaga

Na području Republike Hrvatske uz naslage lesa eolskog porijekla, kao što je to karakteristično za nastanak lesnih naslaga, pronalaze se i lesne naslage različitog porijekla ne samo eolskog. U skladu sa geološkim osobinama područja razlikujemo genetske tipove lesa.

Do akumulacije prahovitog materijala došlo je različitim procesima, što je rezultiralo, da su se dijagenozom razvile različite vrste lesa i lesu sličnih sedimenata. U skladu s prirodno-geografskim osobinama istraživanog prostora, gledajući prostorno i vremenski, tokom pleistocena nisu postojale svugdje jednake prilike za razvoj lesa i lesu sličnih sedimenata. [6]

Poznati su slijedeći genetski tipovi lesa i lesu sličnih naslaga [6]:

- Les i lesu slične naslage eolskog porijekla
- Lesu slične naslage derazijskog porijekla
- Lesu slične naslage fluvijalnog porijekla
- Epigenetski izmijenjene naslage lesa i lesu sličnih sedimenata

#### 3.1.1. Les i lesu slične naslage eolskog porijekla

Les i njemu slične naslage eolskog porijekla predstavljaju slojeve tipskog lesa, pjeskovitog lesa i lesolikog pijeska [6], koje se nalaze u dijelovima Istočne Hrvatske, te naslage smeđeg lesa. Tipski les je neuslojen, svjetlo žute boje i porozan, udio kalcijevog karbonata ( $\text{CaCO}_3$ ) varira između 15 do 20%. Pored tipskog lesa pronalaze se i naslage pjeskovitog lesa i lesolikog pijeska koji ima veliku poroznost, čak do 60%. Udio  $\text{CaCO}_3$  razlikuje se od udjela istog minerala u tipskom lesu. Naslage tipskog lesa u kombinaciji s pjeskovitim lesom i lesolikim pijeskom pronalaze se u površinskom sastavu sjeverne i južne baranjske lesne zaravni, u Vukovarskoj i Đakovačkoj lesnoj zaravni, na Erdutskom brijegu te na virmskoj terasi Drave kod Osijeka. Također, naslage ovog lesa karakteristične su za sjeverni dio hrvatskog primorja, otok Susak, Velika i Mala Srakana, Unije, ali i dijelove sjeverozapadne Istre kod Savudrije.

U krajnjem zapadnom dijelu Đakovačke lesne zaravni, na terasama rijeka Drave i Save pronalaze se naslage glinovitog lesa koje su kompaktnije od tipskog, što označava kako je i poroznost manja do 50%. Udio glinovite frakcije je između 15 i 35% , a zbog veće izloženosti glinovitog lesa i veće vlažnosti smanjuje se i udio  $\text{CaCO}_3$ . [6]

Naslage smeđeg lesa rasprostiru se na zaravnjenim dijelovima prigorja i ravnicama Središnje Hrvatske, na području Posavine zapadno od rijeke Orpljave. Ovakve naslage su beskarbonatne i neuslojene, udio glinenih čestica varira između 20 i 30%. Na područjima južno od Save i na prigorju Žumberačke gore, gdje godišnje u prosjeku ima više padalina, pojavljuju se naslage sa većim udjelom glinene frakcije koji prelazi i 30%, ovakve naslage još se mogu okarakterizirati i kao lesu slična ilovača. [6]

### ***3.1.2. Lesu slične naslage derazijskog porijekla***

Derazijski les i njemu slične naslage nastale su derazijskim i linearno erozijskim procesima koji su uvjetovani padinama kao dominantnim reljefom prigorja, podgorja i pobrđa. Ovakav les pronalazimo u okviru padinskih naslaga koji mogu biti uslojene i neuslojene. Uslojene naslage padine pokrivaju poput plašta, ovisno o nagibu i snazi destruktivskih procesa, debljina im varira, uglavnom su to tanki slojevi, ovisno je li zastupljenija pjeskovita frakcija ili glinovita. Ukoliko se radi o pjeskovitijim varijantama sedimenta, tada se radi o krionovalnom spiranju, a u slučaju povećanja udjela glinovitih čestica, radi se o laminarnoj soliflukaciji. Udio CaCO<sub>3</sub> manji je nego kod tipskog lesa, a u većini slučajeva i potpuno izostaje. Neuslojene naslage najčešće su taložene amorfnom soliflukacijom, na ovakav način taloženja ukazuje prisutnost kršja, leća, pijeska i semipedolita. Udio CaCO<sub>3</sub> ne prelazi 20%. [6]

### ***3.1.3. Lesu slične naslage fluvijalnog porijekla***

Naslage lesa i lesu sličnih sedimenata fluvijalnog porijekla se po svojim osobinama znatno razlikuju od lesnih naslaga koje prekrivaju zaravni i brežuljkasta područja. Prema [6] ustanovljeno je kako te naslage imaju tipičnu lesnu strukturu samo u površinskim slojevima, dok idući prema dubljim slojevima pokazuje karakterističnu fluvijalnu akumulaciju. Također da su ove naslage fluvijalnog porijekla govori i to da pijesak koji se nalazi u podlozi postepeno prijelazi su les, da se često izmjenjuju udjeli glinovitih siltnih i pješćanih čestica i da je slaba sortiranost. Naslage lesa fluvijalnog porijekla u literaturi pronalazimo pod nazivom močvarni ili barski les.

### ***3.1.4. Izmijenjene naslage lesa***

Osim prethodno opisanih naslaga u Hrvatskoj su zastupljene i takozvane izmijenjene naslage lesa i lesu sličnih sedimenata. To su naslage koje su, pod utjecajem podzemne vode ili kompakcijom debljih pokrovnih naslaga, izmijenile svoje prvobitne osobine.



#### **4. PROSTORNA RASPODJELA I LITOLOŠKA OBILJEŽJA LESA I LESU SLIČNIH NASLAGA U HRVATSKOJ**

U ovom poglavlju dan je pregled prostorne raspodjele i litoloških obilježja lesa i lesu sličnih naslaga na području Republike Hrvatske, podijeljene na kontinentalnu i primorsku. Raspodjela je napravljena prema podacima iz Osnovne geološke karte (OGK). U tu svrhu analizirani su listovi Bačka Palanka, Osijek, Našice, Virovitica i list Zagreb kojima se opisuje les i lesu slične naslage na području kontinentalne Hrvatske i list Lošinj na osnovu kojeg je prikazan les i njemu slične naslage na području primorske Hrvatske.

Osnovna geološka karta (OGK) predstavlja grafički prikaz geološke građe promatrano terena, njegove starosti, njegovog sastava i sve potrebne geološke podatke tog područja. Na osnovu Osnovnih geoloških karata izrađenih za područja oko većih gradova Republike Hrvatske, ali i nekadašnje SFRJ, tablično su prikazana sva litološka obilježja terena na kojima je zastupljen les i lesu slični sedimenti koji prekrivaju većinu površine prikazane na kartama.

Područja su prikazana na način idući od istoka prema zapadu kako bi se prikazale razlike lesnih i lesu sličnih naslaga koje prekrivaju gotovo cijelu kontinentalnu hrvatsku, ali se razlikuju promatra li se les na istočnom ili zapadnom dijelu kontinentalne hrvatske, jednako tako vrijedi i za lesne naslage koje pronalazimo i na primorju.

#### 4.1. Kontinentalna Hrvatska

Prostorna raspodjela lesa i njegove litološke značajke kontinentalne Hrvatske prikazane su pomoću pet listova iz OGK i na osnovu tumača listova [9], [11], [13], [15], [17] razrađeno u Tablici 1. To su redom listovi Bačka Planka ( Slika 4.) , Osijek ( Slika 5.), Našice ( Slika 6.), Virovitica ( Slika 7.) i Zagreb ( Slika 8.)

List OGK	Područje rasprostiranja naslaga	Opis prema Tumaču OGK
Bačka Planka [8]	Zapadni dio Fruške gore i duž desne obale Dunava do Šarengra ( Hrvatska)	<p>Na ovom listu nalaze se lesovi u sklopu srijemske lesne zaravni (l-w) i lesovi na površini Fruške gore (l-w). Lesovi pronađeni u sklopu ovog lista predstavljeni su sa jednim nivoom akvatičnog lesa i 4 nivoa kopnenog lesa.</p> <p>Pogrebene zemlje kojih ima 4 do 5, dijele lesne slojeve. Osnovne karakteristike ovog lesa su teksturna obilježja, veliki sadržaj frakcije kao što je prašina od 64-83%, kao i visoki sadržaj CaCo<sub>3</sub> (kalcijev karbonat). Na poligeno porijeklo kopnenog lesa ukazuje i mjestimična pojava sitnog pijeska i sitnog šljunka. Uz eolski materijal nanesen iz periglacialnih područja, nalazi se i prašinsti te drugi pjeskoviti materijal iz napuštenih riječnih i lesnih područja. Kopneni les je svjetlo žute boje, homogena sastava i slabije vertikalne cjepljivosti. Po svojim granulometrijskom sastavu naslage kopnenog lesa odgovaraju pjeskovito-glinovitom alevritu dobro sortiranog zrna ( So= 1,67-1,71). Sadržaj CaCo<sub>3</sub> je promjenjiv i kreće se između 15,0-20,0 %. Odlikuje se granat-epidot-amfibol metalnim mineralima. Najzastupljeniji su granat( 19,3 %), zatim epidot (18,5 %), amfibol ( 15,2 %) ,cirkon, rutil, turmalin i drugi. U lakoj frakciji pored kvarca lesovi sadrže i muskovit, karbonat i alterirana zrna ( 17,0-54,4 %). Debljina lesa na riječnoj terasi u okviru srijemske zaravni iznosi 25-30 m. Kopneni lesovi koji se nalaze na zapadnom dijelu Fruške gore te na njezinim padinama javljaju se u vidu pokrivača u rasponu od 150-200 m apsolutne visine. Naslage leže preko različitih razina starijih stijena, te preko jezersko-barskih i proluvijalno deluvijalnim sredinama. Po svojim teksturnim obilježjima, i minerološkom sastavu les i lesne površine mogu se jedino shvatiti kao tipska eolska tvorevina. Obično se stubasto, vertikalno cijepaju i imaju strme odsjeke. Pod utjecajem vode imaju veliku propustljivu i veću frakcijsku sposobnost u vertikalnom nego u horizontalnom pravcu. Sve lesne naslage bogate su karbonatnim konkrecijama. [9]</p>

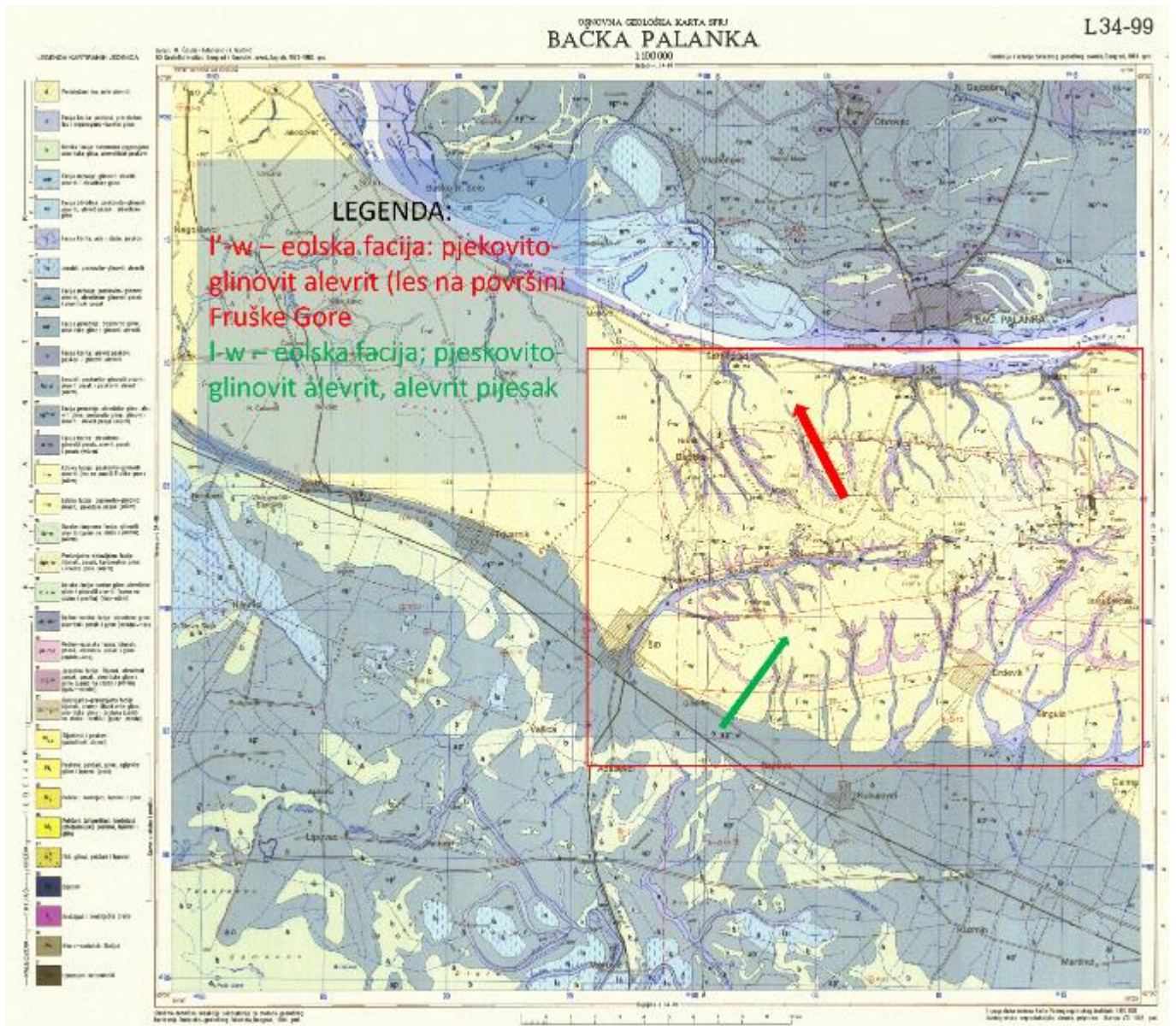
<p><b>Osijek</b> <b>[10]</b></p>	<p>BARSKI LES: Južno do Osijeka i Sarvaša JEZERSKO-BARSKI LES : centralni dio lista Osijek BARSKO-KOPNENI LES: U prostoru lista nalazi se na južnoj i zapadnoj strani Erdutskog brda, kod Dalja i Sarvaša, te na sjevernoj padini Đakovačko-Vinkovačkog platoa . KOPNENI LES: Erdutsko brdo, Đakovačko-Vinkovački plato i Vukovarski plato</p>	<p>BARSKI LES: Naslage lesa na ovom listu se nalaze na tektonski izdignutom prostoru, koji je za vrijeme virma zadržavao znatno pliće i manje stacionare vode, u odnosu na područje koje ga okružuje. Zbog čega dolazi do stvaranja posebnog genetskog tipa, koji prema svim litološkim obilježjima ima osobine barskog lesa. Na području Darda u okolici Osijeka pronalazimo intenzivnu eroziju barskih lesova. Prosječna debljina iznosi 6-7 m, a maksimalno 10-12m. Klimatske promjene jasno su se odrazile i na boju sedimenata. Na najmlađem dostupnom dijelu sedimentacija počinje relativno čistim pjeskovitim siltovima sive boje, debljine 50 do 250 cm, postepen prijelaz prema glinovitim siltovima, dok je karbonatnih konkrecija znatno manje. U ovim naslagama šljunak je zapostavljen, ali ipak značajna osobina fluvijalnih prostora. Slaba sortiranost zrna, karbonatni sastav varira od 10-12 %. Prevladava granat, kao predstavnik teških minerala, a pronalazi se u velikim količinama u talozima pijeska i šljunkovitog pijeska, zatim su prisutni epidot, amfibol, a nešto manje zastupljeni su disen, turmalin, cirkon i titanit.</p> <p>JEZERSKO-BARSKI LES: proces akumulacije bio je znatno brži što je rezultiralo da je naglaše litološka izmjena pjeskovitog silta i pijeska sa glinovito-željezovitim siltom. Debljine se kreću između 20 i 25m. Sadržaj CaCO<sub>3</sub> varira od 6-28%. Dolomit i kalcit javljaju se kao deterična monomineralna zrna. Dominacija minerala teške frakcije granat, epidot i amfibol. Udio granata je znatno veći u odnosu na epidot i amfibol.</p> <p>BARSKO-KOPNENI LES: Pripada prijelaznoj genetskoj jedinici koja se nalazi između kopnenog i akvatičnog lesa, predstavlja produkt semiterestrične zone koje su povremeno bile plavljene barskim ili jezersko-barskim vodama. Karakteristično za ovu genetsku jedinicu jest intenzivna vertikalna i horizontalna izmjena barskog i kopnenog lesa. Debljina mu iznosi 4-5 m do najviše 12m. Granulometrijski i mineralni sastav identičan je barskom, odnosno kopnenom lesu. To su uglavnom naslage silta, koji su u vlažnijim dijelovima obogaćene komponentom sa pjeskovitim karakteristikama.</p> <p>KOPNENI LES: Debljina sloja kopnenog lesa varira ovisno o podlozi paleoreljefa. U manjem dijelu Đakovačko-Vinkovačkog platoa obuhvaćenog ovim listom najveća debljina iznosi 10-12m, a na sjevernom dijelu Vukovarskog platoa najviše 20m. U središnjem i zapadnom dijelu Erdutskog brda debljina mu se kreće u rasponu od 30-50m. Po svom osnovnom sastavu je silt u najvećem dijelu, sa primjesama pjeskovite i glinovite komponente. Zonalne nakupine kalcijevog karbonata odnosno vapnene konkrecije najvidljivija su dijagenetska pojava u ovim naslagama. Mineralni sastav se ne razlikuje puno od drugih genetskih podtipova lesa. Uglavnom je izgrađen od kvarca i alkalijskih feldspata. Glavni porozni materijali su granat, epidot i amfibol od kojih je granat dominantan. [11]</p>
--------------------------------------	--	--

<p><b>Našice</b> [12]</p>	<p><b>KOPNENI LES:</b> Đakovački plato i izdignuti dijelovi Valpovačkog praga</p>	<p><b>KOPNENI LES:</b> Ove naslage sačinjene su od siltova čije su se čestice transportirale djelovanjem vjetra. Na Đakovačkom platou nalazi se ilustrativan primjer razvoja lesa ( stup visine 15 metara). Razvoj se odvijao sukcesivno na slijedeći način: podloga izgrađena od smeđeg pijeska, zatim smeđi isprani les, koji u sebi ne sadrži kalcijev karbonat, dominantan je do visine od 10 m. Na toj visini prekinut je slojem debljine jednog metra od žutog silta koji ima lesni izgled sa vapnenim konkrecijama i bez makrofosila, nakon tog sloja silt nastavlja svoj razvoj do 12 metara, u posljednjem sloju dominira tipičan kontinentalni les s brojnim vapnenim konkrecijama do visine od 15 metara. Radi se o karbonatnom lesu, kojeg se pronalazi kao 3 metra debeo erozijski ostatak preko smeđeg bezkarbonatnog lesa. Niži dijelovi ovog stupa odgovaraju lesu vlažnih facijesa, dok viši dijelovi lesu suhog facijesa. U smjeru istoka povećava se udio karbonatne komponente, dok područje đakovačkog platoa pripada klimatski prijelaznom razdoblju između sušnog istočnog dijela i vlažnijeg zapadnog. Kopneni les kontinuirano leži na barskom lesu te se pronalazi u obliku erozijskih ostataka debljina ne većih od 4m. Najprije se odvija taloženje sedimenata i popunjavanje vlažnijih površina, a zatim se odlaže „pravi“ kopneni les suhих površina. Sedimenti kopnenog lesa slabije su vezane stijene s malim koeficijentom sortiranja . Laku frakciju čine minerali kvarca, feldspata, karbonatne čestice i listići muskovita. Teški minerali su granat i epidot. <b>BARSKI LES:</b> U barski les uvršteni su eolsko-močvarni sedimenti koje se pronalaze na području dravske depresije. Nadmorske visine barskog lesa ne prelaze 100 m. Barski les izgrađuje prostranu zaravan, ograničenu padinskim zastorom na južnoj strani uz đakovački plato, dok je na sjevernoj strani morfološki oštro odsječena terasnim odsjekom. Na tom odjseku definirano se vidi razvoj naslaga te njihov odnos s podlogom. Na paleoreljefu izgrađenom od pijeska nalazi se 0,5 metara smeđe pjeskovitog silta sa velikim brojem nakupina željeznog oksida i hidroksida. Sediment postaje svjetliji i na vrhu profila prelazi u sive siltova sa karbonatnim konkrecijama. Sediment ne mijenja litološke karakteristike sve do kopnenog lesa koji se nalazi na njemu. Za razliku od kopnenog lesa čestice ovog sedimenta taložile su se u nekadašnjim močvarnim područjima. [13]</p>
<p><b>Virovitica</b> [14]</p>	<p><b>BARSKI LES:</b> Južne padine planine Bilogore , u jarcima i dolinama kontinentalnog lesa u području doline Ilove, kod Munije i Turčević polja, te u području Rastovca,</p>	<p><b>BARSKI LES:</b> Na osnovu mikrofaune pronađene u ovom lesu poznato je da je mjesto sedimentacije vodeno , odnosno da je dolazilo do zasipavanja vodenih površina eolskom prašinom, nakon zapunjavanja bara nastavlja se nasipavanje kopnenog lesa. Boja ovog lesa je zeleno-tamnosiva pa do plave, spada u glinoviti prah sa preko 85% praha. Na područje tadašnjih stepa s vodenim prostorima donesen je vjetrom. Karakteristike su mu da ima veći</p>

	<p>Trojeglava, Dapčevica, Velike Peratovice, Šibenika i Zrinske, također su utvrđene naslage i u Dravskoj nizini u Virovitici</p> <p>LES: Prekriva najveći dio Bilogore, područje Ilove, Rastovca, Dapčevica, V.Petrovice, Šibenika i Zrinske</p> <p>LESOIDNE GLINE: sjeverno od Bilogore na Dravskoj terasi, od Suhog polja preko Virovitice do Otrovanaca i Kloštra.</p>	<p>udio minerala gline, a manji udio CaCO<sub>3</sub>, uvjetovano sredinom u kojoj se taložio.</p> <p>Srednja veličina zrna iznosi od 16-30 mikrona, a sortiranje od 1,79 do 2,52.</p> <p>Laku frakciju ovih naslaga izgrađuje kvarc (72%), feldspati (10%), čestice stijena (4%) i muskovit (14%). Sadržaj teške frakcije iznosu 4-16%. Dok se teška frakcija sastoji od opakih zrna (40%) i prozirnih minerala (do 60%). Među prozirnim teškim mineralima prevladava epidot (30%). Pronalazi se još i titanit (14%), klorit, biotit, apatit, granat, dok su rjeđi turmalin i rutil, cirkon, amfibol i staurolit.</p> <p>LES: Debljina na obroncima Bilogore varira od 1-10m, najčešće je 2-3m, dok je u području Grubišnog polja i Pavlovca veća. U naslagama lesa na ovom području nisu utvrđeni slojevi pogrebene zemlje to jest fosilnog tla. Les je na ovom području okarakteriziran kao glinoviti prah (glinoviti silit) svijetlo žute boje, eolskog porijekla, nevezan i porozan, prema padini se poroznost smanjuje. U naslagama su česte pojave karbonatnih konkrecije (lesnih lutki).</p> <p>Koeficijent sortiranja varira između 0,87-2,81, dok je sadržaj CaCO<sub>3</sub> nizak.</p> <p>Sastoji se od zrna kvarca (50-72%), feldspata (10-20%), čestica stijena (2-10%), karbonatnih zrna (0-6%), listića muskovita (11-22%) i teških minerala (od 4-14%). Kvarc se pronalazi u nepravilnim angularnim, subangularnim i poluzaobljenim zrnima, i kao djelomično obljepljen Fe hidroksidom.</p> <p>Teška frakcija se kao i kod barskog lesa sastoji od teških ili takozvanih „opakih“ zrna i od lake frakcije ili takozvanih „prozirnih“ zrna. Od „opakih“ zrnima izdvajaju se magnetit, ilmenit, limonit, pirit i leukoksen. U „prozirnim“ zrnima prevladava granat, zatim epidot, amfibol, apatit, rutil, turmalin i cirkon. Na ovom području debljina lesnih naslaga iznosi oko 20m.</p> <p>LESOIDNE GLINE: Ove naslage karakteriziraju glinovite, ali i pjeskovite leće unutar sedimentata koje su nepravilne. S obzirom da je povremeno dolazilo do poplava rijeke Drave, voda je na nekim dijelovima erodirala les, a velikim dijelom ga pretaložila i donosila svoj sediment. U ovim naslagama prevladavaju prašnaste i glinovite čestice kojih ima i do 90%. U geomorfološkom pogledu ovaj litološki član odlikuje se izrazitom razvijenošću tla. Debljina iznosi do 10 metara i smanjuje se prema Dravi. [15]</p>
<p><b>Zagreb [16]</b></p>	<p>BARSKI LES: Na području današnjih dolina Save, Sutle i Krapine, kao ina centralnom dijelu</p>	<p>BARSKI LES: Nastao je miješanjem silta nanesenog vjetrom sa organogeno-barski sedimentima. Za vrijeme glacijala taložio se les, dok su se za vrijeme interstadijal i interglacijala taložile barske gline, treset i fluvijalni sedimenti. Najveći je udio barskog lesa koji je prekriven mlađim aluvijalnim sedimentima.</p>

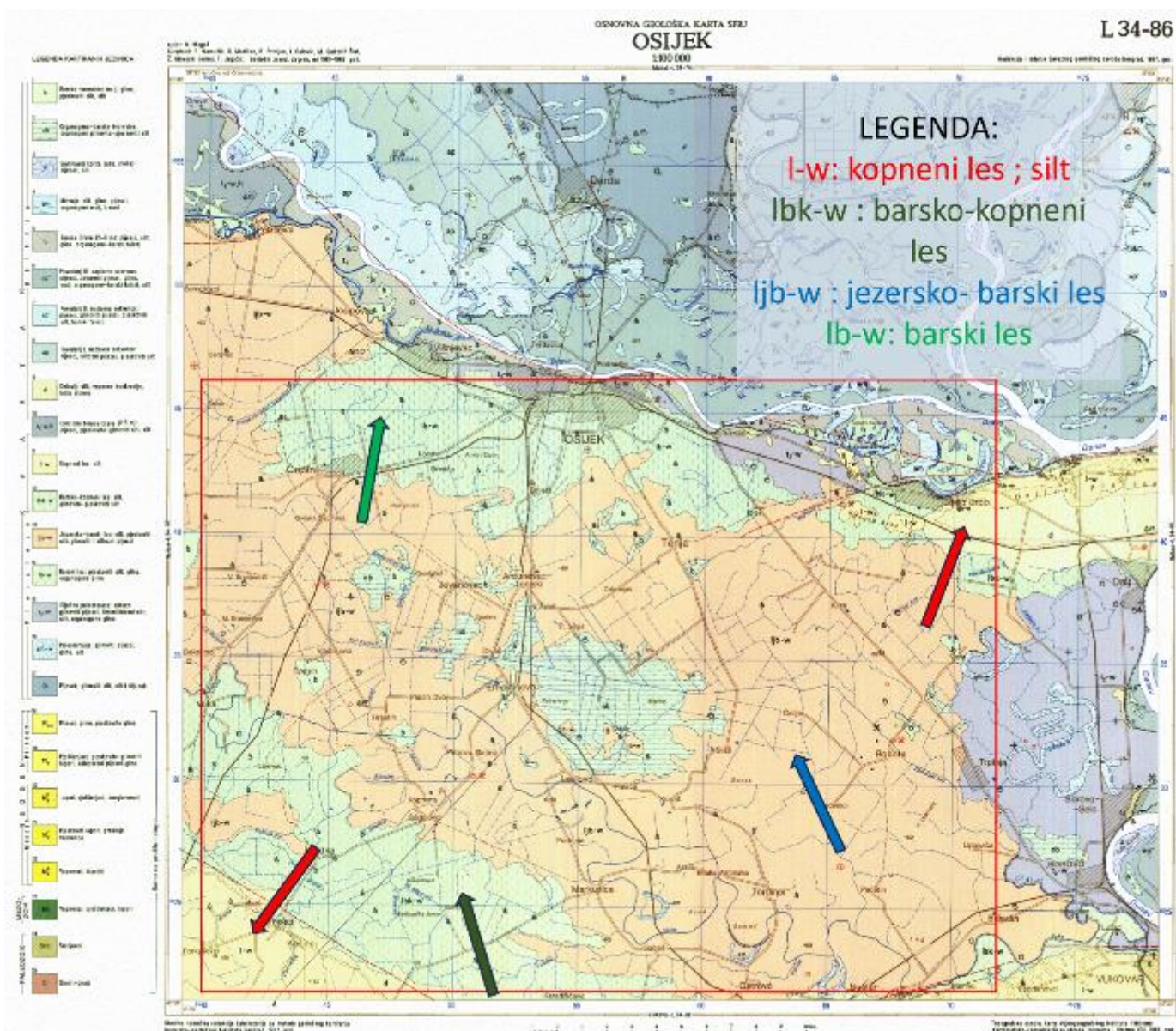
	<p>sinklinale Brezine-Veliko Trgovišće, te u središnjem dijelu stupničke „terase“.</p> <p><b>KOPNENO BESKARBONATNI LES:</b></p> <p>Jugozapadni dio sinklinale Brežina-Veliko Trgovišće, na sjevernim i južnim padinama Brežičko-Samoborskog polja, na niskim obroncima Medvednice uz dolinu rijeke Krapine, na stupničkoj tektonsko-erozioni „terasi“, te na južnim obroncima Žumberka.</p>	<p>Boja barskog lesa je plavo-siva i zeleno-siva. Od kopnenog lesa po granulometrijskom sastavu ne razlikuje se puno. Analizama je utvrđeno da prevladava silt (50-70 %), dok odnos čestica veličine gline i sitnog pijeska varira. Značajna karakteristika barskog lesa je veliki postotak CaCO<sub>3</sub>, koji se kreće od 9-24%. Također je utvrđeno da u ovim naslagama prevladava epidot, granat i amfibol, prisutni su još i saturolit, disten i apatit. Debljina ovih naslaga nije utvrđena, međutim prema spomenutim bušotinama ona ponegdje prelazi i 120 metara pa se može procijeniti kako je 1/3 te debljine barski les dok su ostatak fluvijalni i čisto barski sedimenti.</p> <p><b>KOPNENI BESKARBONATNI LES:</b></p> <p>Pod ove naslage izvdajaju se sedimenti lesnog porijekla, koji su pod utjecajem ponegdje podzemnih voda, ali najviše atmosferilija, pretrpjeli pedogenetske promjene. Ono što karakterizira ove naslage je vrlo mali postotak kalcijevog karbonata. Beskarbonatni les u literaturi još se navodi i kao pseudoglej, oglinjeni les i „mramorne ilovine“.</p> <p>Ove naslage karakterizira žuta, sivožuta i žutosmeđa boja, često prošarane glinovitim prugama. Vapnenih kongrecija gotovo nema ili su jako rijetke, dolaze u većim količinama samo blizu nepropusne podloge, ali se ponekad izlučuju siltne kongrecije koje su impregnirane limonitom ili manganom.</p> <p>Beskarbonatni les se prema sedimentološkim podacima sastoji od 50-70% silta i 10-30% čestica veličine gline. Primjesa sitnog pijeska variraju od 5-15%. Mineralni je sastav beskarbonatnog lesa ujednačen u čitavom području. Od prozirnih teški minerala prevlada epidot, zatim granat i amfibol u najmanjoj količini. U lakoj frakciji pronalazi se kvarc, dok u manjem udjelu dolaze feldspati i muskovit.</p> <p>Debljina kopnenog beskarbonatnog lesa, koja je taložena u izraženom reljefu, nije poznata. [17]</p>
--	---	--

*Tablica 1 : Osnovne karakteristike lesa i lesnih naslaga kontinentalne Hrvatske*



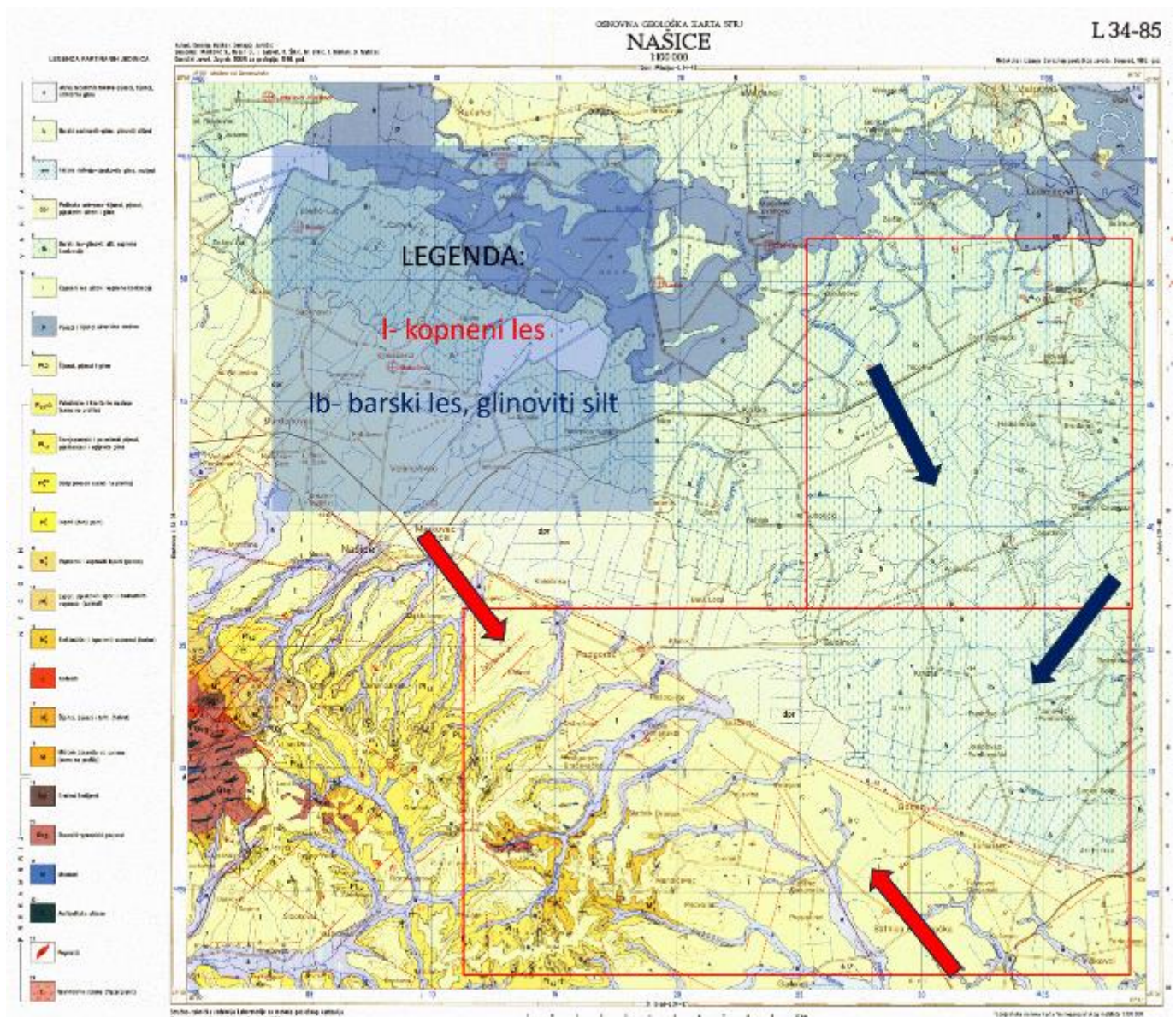
Slika 4: Osnovna geološka karta SFRJ ; Bačka Palanka. Preuzeto iz [8]





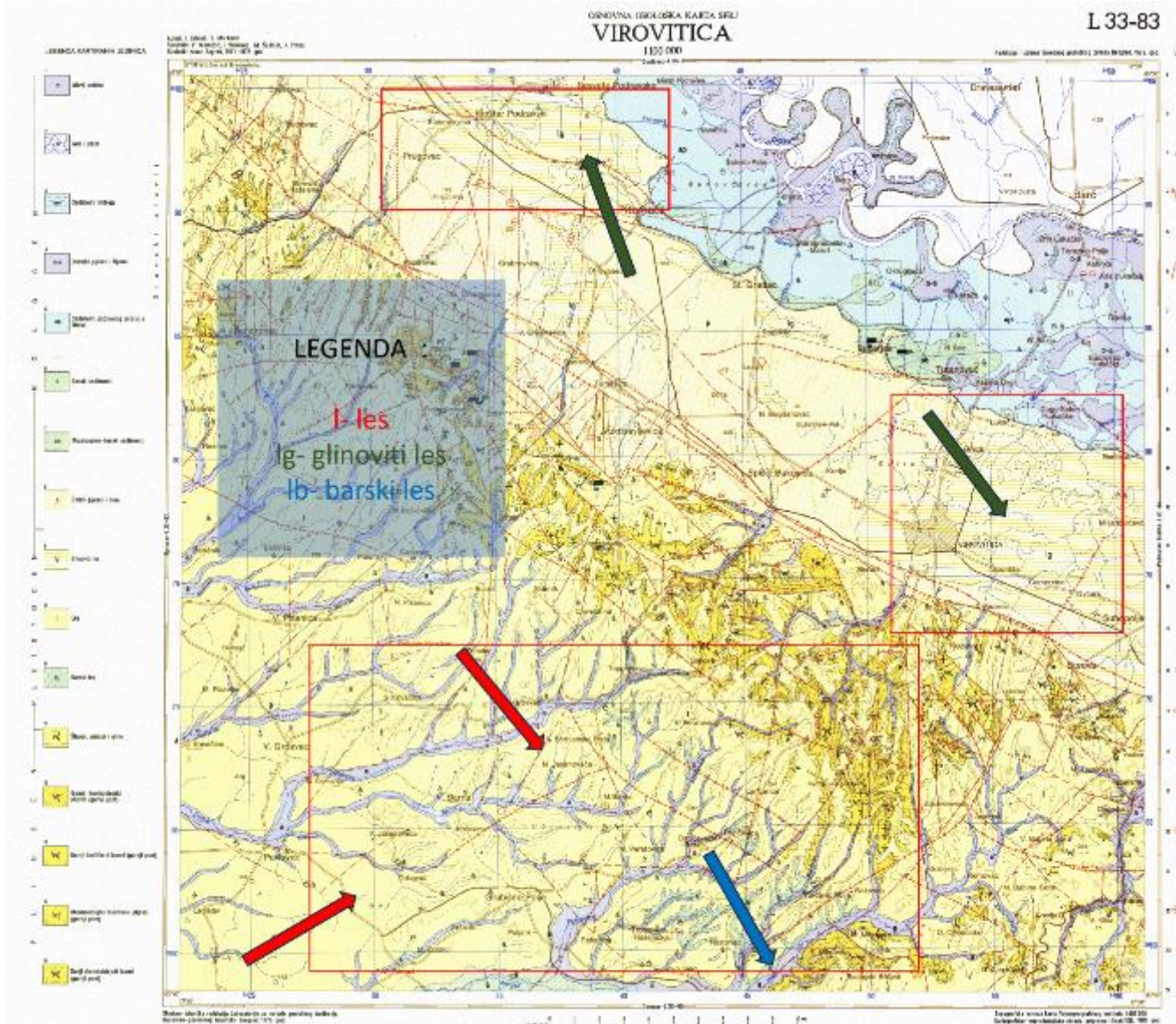
Slika 5: Osnovna geološka karta SFRJ ; Osijek. Preuzeto iz [10]





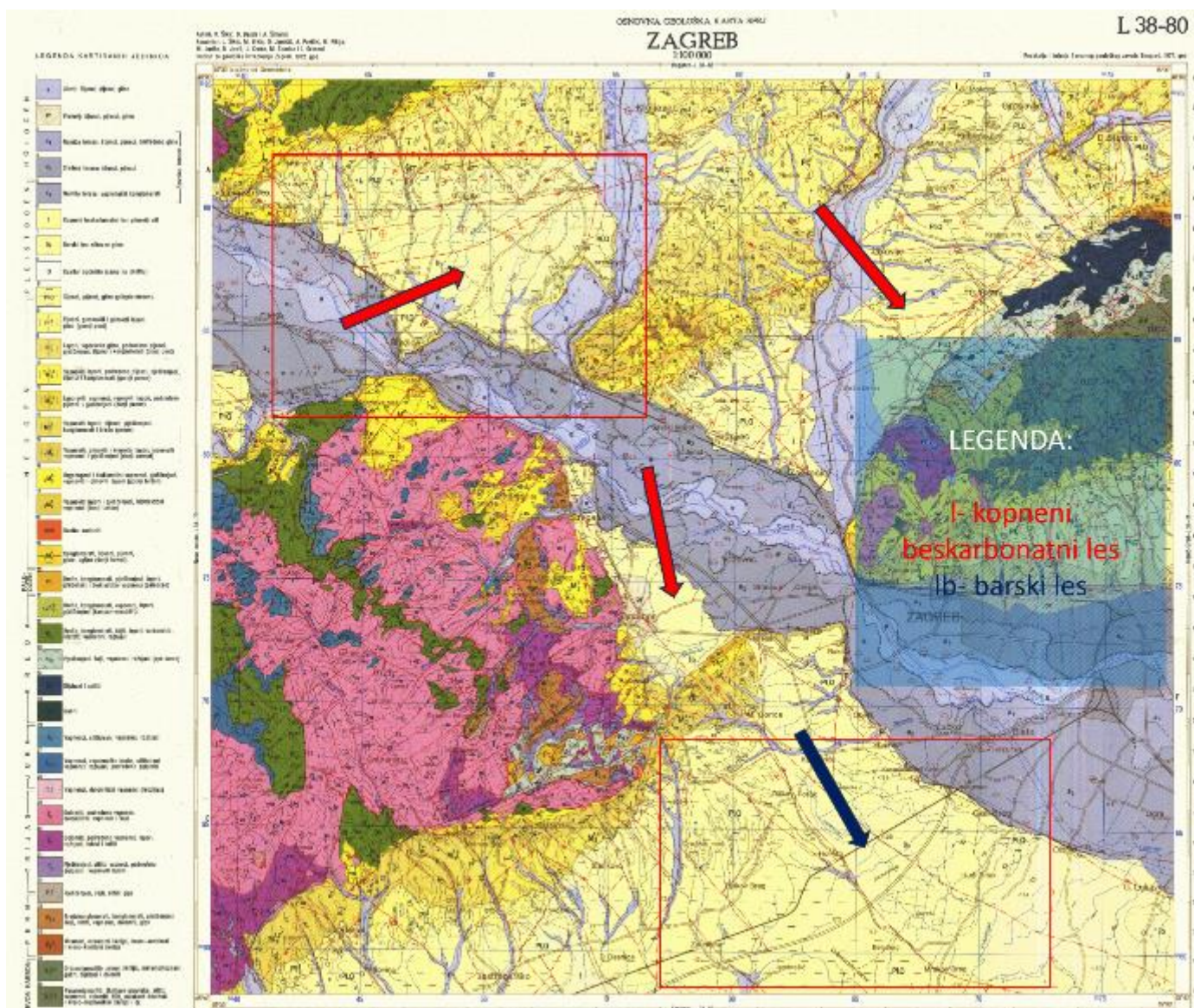
Slika 6: Osnovna geološka karta SFRJ ; Našice. Preuzeto iz [12]





Slika 7: Osnovna geološka karta SFRJ, Virovitica. Preuzeto iz [14]





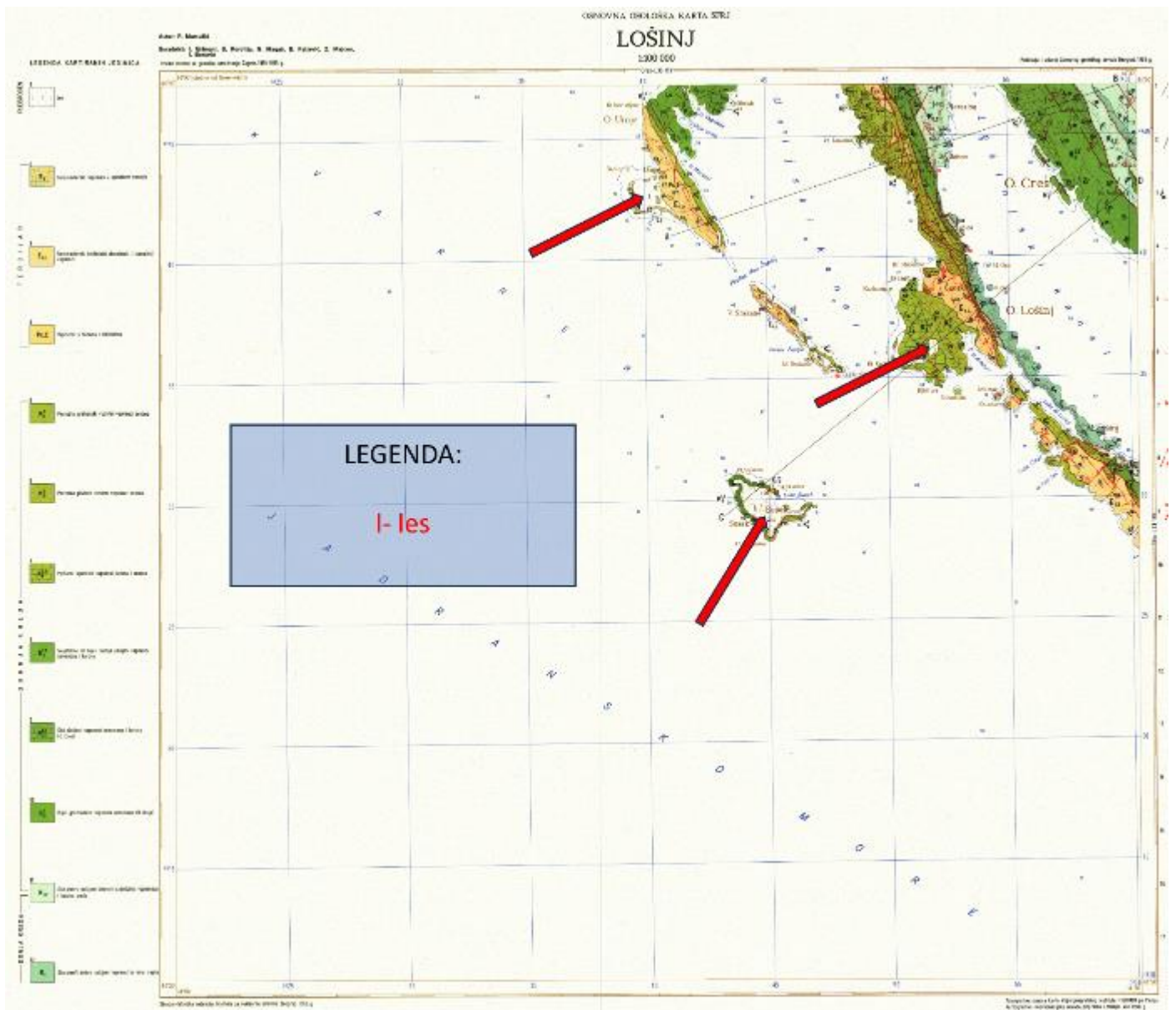
Slika 8: Osnovna geološka karta SFRJ ; Zagreb. Preuzeto iz [16]

## 4.2. Primorska Hrvatska

Prostorna raspodjela lesa primorske Hrvatske te litološka obilježja lesa na ovom području prikazana su Tablicom 2. List OGK na osnovu čijeg tumača je razrađena raspodjela lesa primorske Hrvatske prikazan je Slikom 9.

List OGK	Područje rasprostiranja naslaga	Opis prema Tumaču OGK
Lošinj [18]	Naslage pijeska finog zrna lesnog tipa se rasprostiru na otoku Susku, Unijama, Srakanima i na zapadnom dijelu otoka Lošinja	<p>LES: naslage lesa na ovom području karakteriziraju se kao naslage sitnozrnastog pijeska, žuto-sive do smeđe boje. Ovaj je pijesak sitnozrnati sediment, veličina čestica varira između vrlo finog pijeska, gline i silta još se naziva i dobro sortirani pjeskoviti silt. Matične stijene su kristalaste škriljce, ambibolite, zelene škriljice. Formiranje ovih sedimenata je eolskog porijekla i s obzirom na pojavu glaukofana i kloritoida upućuje na alpsko porijeklo materijala. Na to da ovakva vrta tla pripada lesu ukazuju karakteristične lesne lutke, slaba stratifikacija, zidovi koji su okomiti i debljina sedimenata koja u lesnim naslagama varira između 30 i 90 metara. Na osnovu svih ovih karakteristika znatno se podudara s lesom srijemske ravnice od Vukovara do Petrovaradina.</p> <p>Starost ovih pijesaka ,za razliku od vukovarskog lesa na kojem su jasno vidljivi tragovi i zone trošenja, nije utvrđena. Za vukovarski les smatra se da je taložen za vrijeme Wurma-Rissa , za ove pijeske ne može se jasno utvrditi da je nastao u to doma, ali može se pretpostaviti ,s obzirom da je u to vrijeme ovakav materijal stvaran na širem alpskom području, da je također nastao u to doba.</p> <p>Debljina naslaga lesa na otoku Susku iznosi 90 metara, dok na Srakanima i Unijama ne prelazi 5m ,na Lošinju 2-3 metra. [19]</p>

Tablica 2: Osnovne karakteristike lesa i lesnih naslaga primorske Hrvatske



Slika 9: Osnovna geološka karta SFRJ ; Lošinj. Preuzeto iz [18]

## **5. GEOMORFOLOŠKI PROCESI I INŽENJERSKI PROBLEMI U NASLAGAMA LESA**

Problemi u naslagama lesa javljaju se u strmim lesnim odsjecima koji predstavljaju specifične vrste reljefnih oblika. Ovakvi reljefni oblici uvelike utječu na izgradnju priobalnih naselja na lesnom tlu. Problematika stabilnosti strmih lesnih odsjeka usko je vezana uz hidrološke prilike kao što su režimi podzemnih voda, padaline te tipovi izvora. Tome treba dodati da lesni strmi odsjeci česti i ponekad uvjetju poplave katastrofalnih razmjera. Stoga je potrebno obratiti veliku pažnju prilikom istraživanja i gradnje na lesnim strmim odsjecima. [21]

Najveći utjecaj imaju morfološki procesi fluvijalne erozije i akumulacije, derazijski i korozijsko- sufozijski procesi. [21] Svi ovi procesi mogu biti prirodno pokrenuti ili inicirani čovjekovim djelovanjem. Aktivnosti čovjeka i društva poput radova na vodotocima, kao što su prosijecanje meandra, izgradnja nasipa i brana, kanaliziranje korita, izgradnja prometnica te poljoprivredne i građevinske djelatnosti, značajno utječu na oblikovanje stabilnosti lesnih terena.

### **5.1. Erozijski procesi**

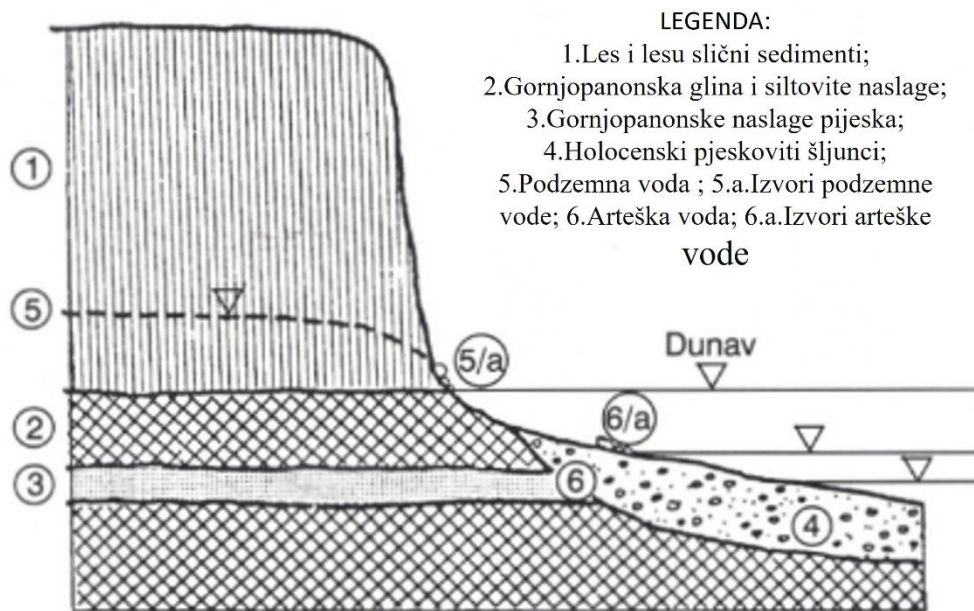
Erozijski procesi mogu se podijeliti na eroziju uzrokovanu tečenjem rijeka i na eroziju uzrokovanu površinskim tečenjem voda. Razlika između ove dvije vrste erozija je ta da je riječna erozija stalna, s obzirom da ju uzrokuju rijeke koje su tekućice i neprestano teku, dok je erozija uzrokovana površinskim tečenjem djelovanjem oborina ili povremenih velikih voda. Takvi procesi u lesnim naslagama nazivaju se spiranje i jaružanje.

#### **5.1.1. Riječna erozija**

Erozija ima veliki utjecaj u oblikovanju strmih lesnih odsjeka. Les je vrlo podložan eroziji, voda u vidu rijeka i oborine razaraju čestice tla, degradiraju ga i odnose. U slučaju jačeg djelovanja voda i velikih oborina mogu se formirati jaruge, što može dovesti do pojave klizišta. Erozija nastala djelovanjem velikih voda naziva se fluvijalna erozija koja u lesnom tlu ima veliki značaj, uzrokuje urušno-klizne procese. Na primjer, govorimo li o obali rijeke Dunav, gdje pronalazimo najviše lesnih naslaga, i po nekoliko stotina metara ova rijeka direktno erodira lesne odsjeke ( Slika 10 ). Bočna erozija rijeka u ovom slučaju ima odlučujuću važnost s obzirom da je njenim izrazitim potsjecanjem vrlo jak gubitak materijala u podnožju odsjeka, materijal se istovremeno transportira nizvodno pod utjecajem snažne erozije Dunava. Ukoliko u podnožju odsjeka izražena je akumulacija nanosa, formira se naplavna ravnic, te efekt riječne



erozije na ovaj način pozitivno utječe na stabilnost samih odsjeka, odnosno kako navodi [21] erozijska djelatnost rijeke Dunava i Tise stimulira mobilnost lesnih odsjeka, a njihova akumulacijska aktivnost ih sprječava.



Slika 10 Tip lesnog strmog odsjeka direktno erodirano rijekom Dunav, Preuzeto iz [21]

### 5.1.2. Jaružanje i spiranje

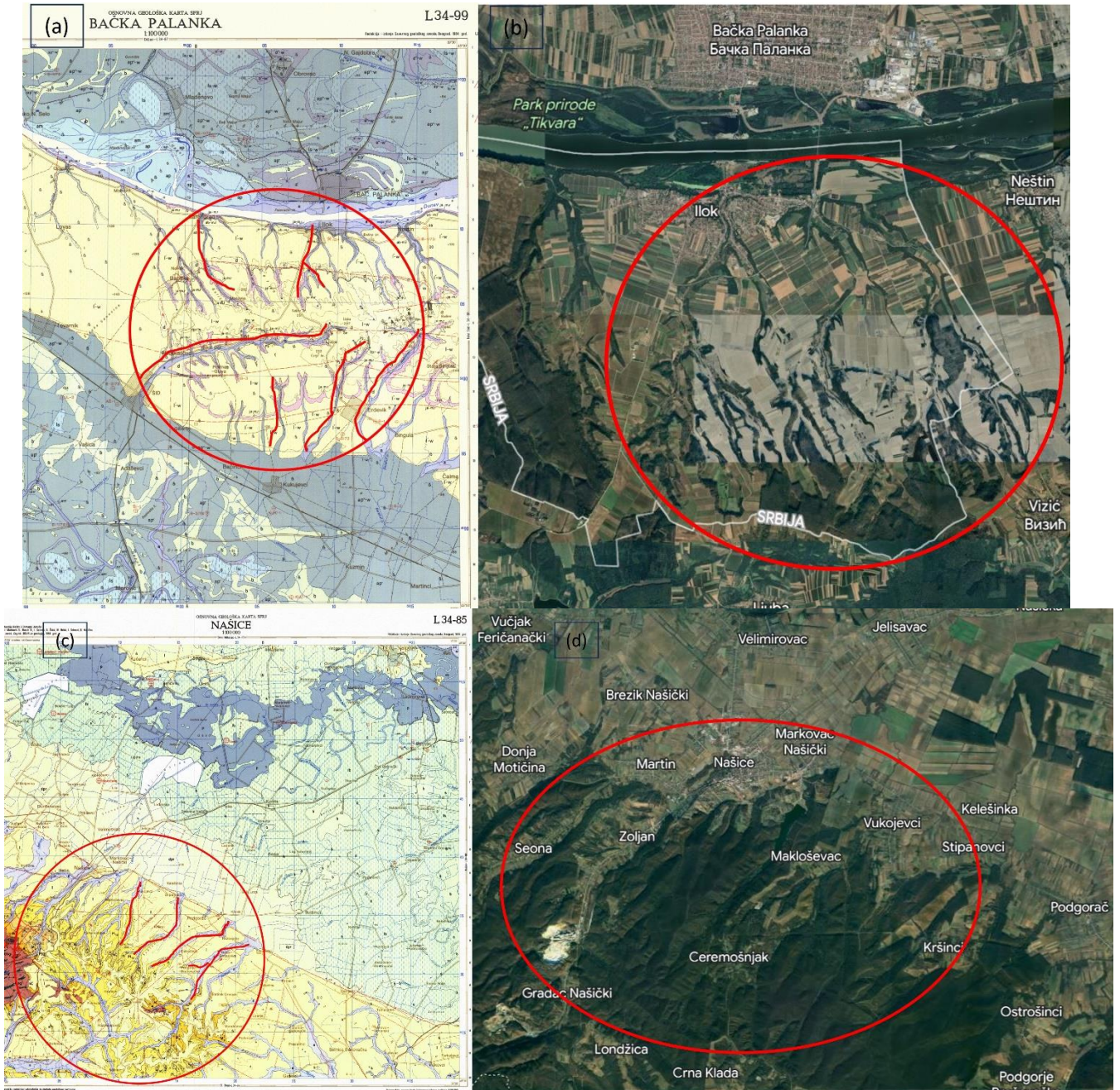
Spiranje lesnih odsjeka i strmih padina desne obale rijeke ponajviše je izraženo za vrijeme topljenja snijega i u rano proljeće, te za vrijeme ljetnih kišnih oluja, za to vrijeme panonski prostor ima maksimum padalina. Naglašeno destruktivno djelovanje spiranje ima na strmim padinama, izazivajući snažnu eroziju tla i eroziju osnovne stijene, koja je u ovim naslagama isključivo les ili lesu slični sedimenti. Proces spiranja odvija se na način da se kapi na padinama ujediniju u mlazove, a mlazovi u bujične tokove koji uzrokuju pojavu vododerina i jaruga. Jaruge se bočnom erozijom šire stvarajući derazijske doline ovalnog ili koritastog oblika. Pojava jaruga povećava površine strmih padina i uvjetuje, zbog horizontalnog filtriranja bujičastih voda u lesne naslage (koje su i inače karakterizirane smanjenim kapacitetima bočne filtracije), lokalna ispuščenja podzemne vode, što pogoduje razvoju klizno-urušnih pokreta. [21].

Zbog povećanih nagiba spiranje i jaružanje kao posljedicu ima snažnu eroziju tla [21], s obzirom da su jaruge istovremeno i lokane baze padalina koje uvijek otječu prema lesnim odsjecima ili niz strane jaruga i derazijskih dolina, gdje dolazi do povećanja kinetičke energije



i erodiranja tla , erodirajući pri tome i matičnu stijenu to jest les. Kako bi se spriječilo daljnje erodiranje i onemogućio razvoj procesa jaruženja i spiranja potrebno je takve površine pošumiti .

Na listovima Osnovnih geoloških karata na područjima na kojima je zastupljen les jasno je uočljiva pojava jaruga i njihova velika zastupljenost ( Slika 11 ).

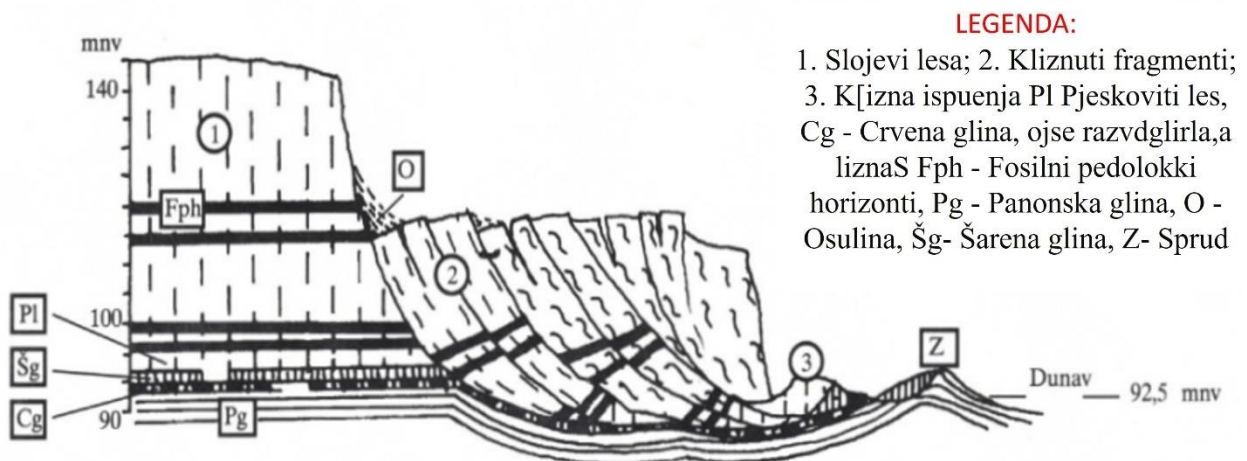


*Slika 11 Prikaz jaruga (a) List Bačka Palanka, (b) prikaz područja na Google Earth-u, (c) List Našice, (d) prikaz područja Našice na Google Earth-u. Preuzeto iz [8] i [12]*



## 5.2. Klizišta u lesnim naslagama

Klizišta, kao morfološka pojava koja nastaje kao posljedica procesa klizanja tla, predstavljaju jedne od najopasnijih destruktivskih procesa tla. Kao takva predstavljaju opasnost za naselja, građevinske objekte koji se nalaze uz strme lesne odsjeke i prometnice. Klizišta podrazumijevaju kretanje tla niz padinu na kliznoj plohi pod utjecajem gravitacije. Dva su tipa klizišta, na osnovu klizne plohe koja prema svom obliku može biti zaobljena ili ravna, razlikuju se: rotacijska i translacijska klizišta. Klizišta u lesnim naslagama najčešće su rotacijska ( Slika 12 ), takva klizišta nastala su kao posljedica klizanja materijala po zakrivljenoj kliznoj plohi [20]. Često se lesne naslage stepeničasto gravitacijski gibaju sa izraženom glavnom vertikalnom pukotinom klizišta.



Slika 12 Rotacijska (stepeničasta) klizišta. Preuzeto iz [21]

Naglo djelovanje velikih voda ,odnosno podizanja vodostaja rijeka, ali i veće količine padalina, potapaju izvore i uvjetuju upor podzemnih voda. Također uvjetuju povećanje hidrostatskog pritiska i prirodnog tlaka u okviru vodosnosnih horizonata, koji se nalaze u podini lesnih naslaga, dok se za vrijeme naglog snižavanja vodostaja povećava brzina otjecanja podzemnih voda ka rijeci. Ovakav proces uvjetuje formiranje depresijske površine i gubitak materijala, što sukladno rezultira i poremećajem stabilnosti lesnih naslaga i na kraju dovodi do urušavanja i kliznih pokreta u ovakvom tipu klizišta na lesnim strmim odsjecima ( Slika 13). Lesna tla podložna su proklizavanju i do klizišta u ovakvim naslagama najčešće dolazi zbog velikih oborinskih voda. Kada su u pitanju rotacijska, stepeničasta klizišta kao osnovni faktor izdvajaju se morfološke karakteristike terena i erozijska aktivnost rijeke, svi ostali faktori, kao što su

hidrološke osobine, fizička obilježja lesa, ali i antropogeni utjecaji, mogu utjecati na poremećaj stabilnosti, no ipak glavnu ulogu imaju navedeni osnovni faktori.

Klizišta na primorju vezana su za les i lesu slične sedimente otoka Suska, kao i u kontinentalnoj Hrvatskoj tako i u primorju, klizišta su rotacijska. [21]



*Slika 13 a) odron lesnog tla na području grada Iloka. Preuzeto iz [22], b) sanacija klizišta na području istočne Slavonije. Preuzeto iz [23]*

### 5.3. Korozijsko-sufozijski procesi

U oblikovanju lesnih strmih odsjeka značajan udio imaju korozijsko-sufozijski procesi [21]. Najveći problem kod ovih procesa predstavlja otapanje karbonate ovojnice oko kvarcnih zrna te ispiranje čestica, uzrokovano djelovanjem podzemne vode i padalina. U ovisnosti od udjelu kalcijevog karbonata ( $\text{CaCO}_3$ ), udjelu gline, tektonskoj predispoziciji, stupnju propusnosti, te kretanju vode na lesnim zaravnima, koje završavaju već spomenutim strmim odsjecima, razvili su se korozijsko sufuzijski (pseudokrški) i heterogeni pseudokrško-derazijski reljefni oblici. Lesne ponikve i lesne doline predstavljaju pseudokrške oblike, ipak puno veću važnost imaju pseudokrško-derazijski oblici, kao što su lesne provalije, lesni bunari, lesni surdoci i lesne piramide, redovito su po svom mjestu nastanka vezani za lesne strme odsjeke. Lesne provalije, bunari i surdoci od velikog su značaja s obzirom da svojom genezom znatno narušavaju stabilnost lesnih odsjeka, a samim time i ugrožavaju naselja, te sve ostale građevinske objekte izgrađene upravo na takvim odsjecima.

### 5.4. Antropogeni procesi

Antropogeni procesi predstavljaju važan faktor promatramo li inženjerske probleme strmih lesnih odsjeka. Zbog sve veće izgradnje i širenja naselja na lesnim zaravnima u neposrednom priobalju rijeka, antropogeni procesi, izravno ili neizravno, uvelike utječu na stabilnost strmih lesnih odsjeka. Prema [21] razlikuju se dva oblika antropogena procesa, prvi su *eskavacijski morfološki oblici*, a drugi predstavljaju *umjetnim nasipavanjem nastale reljefne forme*.

#### 5.4.1. Eskavacijski morfološki oblici

Ovi oblici predstavljaju površinsku i podzemnu mrežu odvodnih kanala, jame za vađenje pijeska, usjeci za cestovne i željezničke prometnice, što ih čini najraširenijima. Površinska mreža, zaštićena uglavnom samo djelomično umjetnom oblogom, stimulira procese jaružanja i potiče razvoj klizno urušnih procesa, dok podzemni kanali, koji zbog oštećenja propuštaju otpadne vode, uzrokuju formiranje lokalnih ispuščenja podzemnih voda također i gubljenje materijala uslijed sufuzijskih procesa, uzrokuju nastanak podzemnih šupljina koje se nastavljaju širiti. Kako se nivoi podzemnih voda stalno mijenjaju narušava se stabilnost lesnih odsjeka [21].

#### ***5.4.2. Reljefne forme nastale umjetnim nasipavanjem***

Predstavljaju nasipe nastale zbog izgradnje puteva, prometnica te stambenih i poslovnih objekata, također se u ovu kategoriju mogu pribrojiti i zatrpani riječni rukavci i meandri u blizini naseljenih mjesta kako bi se zaustavila i spriječila daljnja bočna erozija strmih lesnih odsjeka ( ovakve primjere pronalazimo u Iloku ). Građevinski objekti kao što su stambene i industrijske građevine, ali i asfaltirane prometnice, značajno utječu na stabilnost lesnih odsjeka na način da u potpunosti prekrivaju površinu terena što bitno utječe na promjenu prirodnih morfoloških procesa. Kako bi se spriječilo urušavanje lesnih odsjeka i održala stabilnost treba izbjegavati izgradnju visokih objekata uz same rubove lesnih odsjeka. Zbog jako izraženog vertikalnog ovlaživanja podzemnim i površinskim vodama , uslijed prekomjernog površinskog opterećenja lesnog tla, može doći do slijeganja terena i urušavanja odsjeka. Ovakvi procesi posebno su izraženi za naselja gdje je asfaltirana velika površina i neadekvatno riješen problem odvodnje otpadnih voda jer su poremećeni prirodni odnosi otjecanja površinskih i podzemnih voda. [21]

## 6. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Na osnovu istraživanja tumača Osnovnih geoloških karti i analiziranih područja uviđaju se i mogu se zaključiti razlike u lesu i lesu sličnim naslagama koje se pronalaze na istraživanim listovima OGK. Idući od samog istoka Hrvatske, koji spada pod list Bačka Palanka, pa sve do zapadnijih dijelova, koje pronalazimo na listu Zagreb, može se zaključiti kako na prostorima oko rijeka dolazi do stvaranja različitih genetskih tipova lesnih naslaga. Na samom istoku pronalazi se jedino kopneni les, već na slijedećim listu dolazi do pojave četiri genetska tipa lesa, a to su barski lesovi, jezersko-barski lesovi, barsko-kopneni lesovi i kopneni lesovi. Ono što se mijenja idući od istoka prema zapadu jest debljina lesnih slojeva, ali i sadržaj  $\text{CaCO}_3$ , kojeg na najzapadnijem promatranom dijelu, točnije na listu Zagreb gotovo niti nema točnije pronalazi se još jedan tip lesnih naslaga, a to su naslage kopnenog beskarbonatnog lesa. Barski les se mijenja na način da gubi pjeskovitu komponentu, na listu Osijek barski les je pjeskoviti silt sive boje uz postepen prijelaz prema glinovitim siltovima, dok je barski les pronađen na listu Virovitica zeleno-tamnosive pa čak i do plave boje koji spada u glinoviti prah sa preko 85% praha. Također sadržaj  $\text{CaCO}_3$  lesnih naslaga barskog lesa pronađenih na istočnijim dijelovima veći je nego u središnjem dijelu kontinentalne hrvatske, na listu Našice pojavljuje se i barski beskarbonatni les, na području lista Virovitica mali je udio  $\text{CaCO}_3$ , a povećava se udio gline, dok se na području lista Zagreb također pojavljuje barski les, ali sa velikim postotkom  $\text{CaCO}_3$ . Kopneni les najistočnijeg područja okarakteriziran je kao pjeskovito-glinoviti alevrit, lesne naslage kopnenog lesa središnjeg područja kontinentalne Hrvatske, prikazana listovima Osijek, Našice i Virovitica, su uglavnom žuti siltovi sa većim udjelom  $\text{CaCO}_3$  i te im je zajednička karakteristična pojava vapnenih konkreција. Kopneni les na najzapadnijem području prikazanom u tablici, a to je područje lista Zagreb, predstavlja beskarbonatni les, žute, sivožute i smeđežute boje, bez vapnenih konkreција, ali se ponekad izlučuju siltne konkreције. Svi genetski tipovi lesa kontinentalne Hrvatske su po svom granulometrijskom i mineralnom sastavu vrlo slični, gotovo jednaki, od teške frakcije prevladavaju granat, epidot i amfibol (ali u različitim omjerima), dok od lake frakcije to su najčešće kvarc i feldspati u najvećim postotcima uz još neke.

Također kao jedan od zaključaka ovog rada je i usporedba lesa koje pronalazimo na primorskom dijelu Hrvatske i onog na kontinentalnom dijelu. Uz pomoć listova OGK i pripadajućih im tumača dolazi se do saznanja kako je les koji se pronalazi na primorskim otocima gotovo identičan onom kojeg pronalazimo na samom istoku Hrvatske, prema svim karakteristikama,

kao što su boja, granulometrijski i mineralni sastav, ali i nekim od karakterističnih pojava kao što je pojava karbonatnih konkreција, može se zaključiti kako je riječ o istoj vrsti tla i kako se bitno ne razlikuje bez obzira na to što se nalazi u potpuno drugačijem podneblju i klimi.

Iako se na osnovu OGK i tumača kojima su prikazane vrste lesa i lesu sličnih naslaga u Hrvatskoj može reći kako postoje razlike u naslagama analiziranih listova, zaključak je taj da, kada su u pitanju geomorfološki procesi i inženjerski problemi, se radi o tlu istih karakteristika ponašanja uslijed djelovanja prirodnih procesa, ali i uslijed antropogenih djelovanja, takvo tlo promatrano je i istraživano ovim radom i jednom riječju naziva se les. Les na području Republike Hrvatske karakterizira se kao „osjetljivo“ tlo uslijed djelovanja opterećenja i raznih procesa kojima je podložno zbog čega je potrebno strogo se pridržavati uvjeta gradnje, definiranih zakonom, u ovakvom tlu kako ne bi došlo do negativnih posljedica za okoliš, ali i za društvo.

## 7. POPIS LITERATURE

- [1] Znatko „Što je prapor?“ . Dostupno: <https://znatko.com/28521/sto-je-prapor>
- [2] *History-hub*, „Lesna zemlja i plodnost tla“ < <https://hr.history-hub.com/lesna-zemlja-i-plodnost-tla> >
- [3] *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. < <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=49952> >.
- [4] *Proleksis enciklopedija online*, „Prapor“ , 22.lipnja 2012. < <https://proleksis.lzmk.hr/42488/> >.
- [5] I. Žeger Pleše, L.Galović, „Gorjanovićeve praporni profil u Vukovaru“ *Stručna podloga za zaštitu u kategoriji geološkog spomenika prirode*. Zagreb, 26.studeni 2014.Dostupno: [https://www.vusz.hr/Cms\\_Data/Contents/VSZ/Folders/dokumenti/javni\\_pozivi/pozivni\\_zi\\_dokumenti/~contents/3FCJDY2MKL97C52U/strucna-podloga-gorjanovic-26-11-14.pdf](https://www.vusz.hr/Cms_Data/Contents/VSZ/Folders/dokumenti/javni_pozivi/pozivni_zi_dokumenti/~contents/3FCJDY2MKL97C52U/strucna-podloga-gorjanovic-26-11-14.pdf) >
- [6] A. Bognar:*Les i lesu slični sedimenti* , *Geografski glasnik (Acta Geographica Croatica)* , str. 21-39, godina 1978. Dostupno: Hrcak, <https://hrcak.srce.hr/file/58823>
- [7] <https://wordwall.net/hr/resource/1445626/geografija/lesne-zaravni-nizinske-hrvatske>
- [8] I. Galović 1983: Osnovna geološka karta 1:100 000, List Bačka Palanka. Beograd: Geološki institut, Zagreb: Geološki zavod
- [9] I. Galović 1983: Osnovna geološka karta 1:100 000, Tumač za list Bačka Palanka. Beograd: Geološki institut, Zagreb: Geološki zavod
- [10] N. Magaš 1986: Osnovna geološka karta Osijek 1:100 000, List Osijek. Zagreb: Geološki zavod
- [11] N. Magaš 1986: Osnovna geološka karta Osijek 1:100 000, Tumač za list Osijek. Zagreb: Geološki zavod
- [12] B. Korolija, D. Jamčić 1988: Osnovna geološka karta Našice 1:100 000, List Našice. Zagreb: Geološki zavod
- [13] B. Korolija, D. Jamčić 1988: Osnovna geološka karta Našice 1:100 000, Tumač za list Našice. Zagreb: Geološki zavod
- [14] I. Galović i S. Marković 1976: Osnovna geološka karta Virovitica 1:100 000, List Virovitica. Zagreb: Institut za geološka istraživanja

- [15] I. Galović, S. Marković i Z. Magdalenić 1976: Osnovna geološka karta Virovitica 1:100 000, Tumač za list Virovitica. Zagreb: Institut za geološka istraživanja
- [16] K. Šikić, O. Basch, A. Šimunić 1972: Osnovna geološka karta Zagreb 1:100 000, List Zagreb. Zagreb: Institut za geološka istraživanja
- [17] K. Šikić, O. Basch, A. Šimunić 1972: Osnovna geološka karta Zagreb 1:100 000, Tumač za list Zagreb. Zagreb: Institut za geološka istraživanja
- [18] P. Mamužić 1965: Osnovna geološka karta Lošinj 1:100 000, List Lošinj. Zagreb: Institut za geološka istraživanja
- [19] P. Mamužić 1965: Osnovna geološka karta Lošinj 1:100 000, Tumač za list Lošinj. Zagreb: Institut za geološka istraživanja
- [20] P. Jagodnik 2019/2020: Klizišta. Primijenjena geologija.
- [21] A. Bognar, GY. Scheuer, F. Schweitzer: *Inžinjersko-geomorfološki problemi strmih lesnih odsjeka uz Dunav i Tisu u Jugoslaviji i Mađarskoj. Geografski glasnik (Acta Geographica Croatica)* , izd. 43, str. 51-72, godina 1981. Dostupno: Hrcak <https://hrcak.srce.hr/file/58785>
- [22] Večernji list.hr; B. Bradarić Odron zemlje u Iloku ugrozio nekoliko kuća.. Dostupno:<https://www.vecernji.hr/vijesti/odron-zemlje-u-iloku-ugrozio-nekoliko-kuca-983529>
- [23] Jutarnji list: Mještani Opatovca: 'Klizište oštetilo cestu i prijeti našim kućama' . Dostupno:<https://www.jutarnji.hr/naslovnica/mjestani-opatovca-kliziste-ostetilo-cestu-i-prijeti-nasim-kucama-3323654>