

Utjecaj glacijacija na taloženje lesa

Francem, Rene

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:240427>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek

Rene Francem

Utjecaj glacijacija na taloženje lesa

Prvostupnički rad

Mentor: prof. dr. sc. Anita Filipčić

Ocjena: _____

Potpis: _____

Zagreb, 2024.

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek

Prvostupnički rad

Utjecaj glacijacija na taloženje lesa

Rene Francem

Izvadak: Les ili prapor je pleistocenski sediment nastao djelovanjem vjetra na periglacialnim prostorima. Različit horizontalni i vertikalni razvoj lesa je rezultat mnogih čimbenika. Porijeklo lesa se najprije traži u istraživanom području, a onda i u širim okolnim područjima. Kriofrakcija, glacijalna i fluvijalna erozija te prijenos i padinski procesi modeliranja su dali osnovnu masu prašinstog materijala iz kojeg se kasnije dijagenozom razvio les i njemu slični sedimenti. Akumulaciju prašinstog materijala eolskog porijekla su izvršili prvenstveno sjeverni te sjeveroistočni vjetrovi tokom razdoblja maksimuma posljednjeg glacijala. Les je vrlo važan jer se nakon posljednjeg glacijala, na njemu razvio debeli sloj izuzetno plodna tla. Radi se o laganim, poroznim tlima koja su kasnije, u neolitiku, s početkom poljoprivrede bila vrlo povoljna za razvoj poljoprivrede. Neolitske su zajednice, zbog primitivnih tehnika, ovisile o prirodnoj osnovi koja je direktno utjecala na geografsku raspodjelu stanovništva i naseljenosti. Upravo iz tih razloga je neolitska poljoprivreda bila najrazvijenija na lesnim zaravnima s plodnim tlom. Također, lesne zaravni imaju izuzetnu važnost i vrijednost za današnju poljoprivredu.

35 stranica, 14 grafičkih priloga, 0 tablica, 14 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: Les, glacijalni les, prapor, glacijal, virm, lesni sedimenti, glacijacija

Voditelj: prof. dr. sc. Anita Filipčić

Tema prihvaćena: 8. 2. 2024.

Datum obrane: 19. 9. 2024.

Rad je pohranjen u Središnjoj geografskoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19, Zagreb, Hrvatska.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geography

Undergraduate Thesis

The influence of glaciations on loess deposition

Rene Francem

Abstract: Loess is a Pleistocene sediment formed by the action of wind in periglacial areas. The different horizontal and vertical development of loess is the result of many factors. The origin of loess is first sought in the studied area, and then in the wider surrounding areas. Cryofracturing, glacial and fluvial erosion, as well as transport and slope processes, provided the basic mass of dusty material from which loess and similar sediments later developed through diagenesis. The accumulation of dusty material of aeolian origin was primarily caused by northern and northeastern winds during the peak of the last glacial period. Loess is very important a thick layer of extremely fertile soils developed on it after the last ice age. These are light, porous soils which later, in the Neolithic period, with the beginning of agriculture, were very favorable for the development of farming. Neolithic communities were dependent on the natural base due to their primitive techniques, which had a direct impact on geographical distribution of the population and settlements. For these reasons, Neolithic agriculture was most developed on loess plateaus with fertile soil. Loess plateaus are also of extraordinary importance and value for today's agriculture.

35 pages, 14 figures, 0 tables, 14 references; original in Croatian

Keywords: loess, glacial loess, glaciation, last glacial period, Würm

Supervisor: Anita Filipčić, PhD, Full Professor

UndergraduateThesis title accepted: 08/02/2024

Undergraduate Thesis defense: 19/09/2024

Thesis deposited in Central Geographic Library, Faculty of Science, University of Zagreb,
Marulićev trg 19, Zagreb, Croatia

Sadržaj:

1. Uvod	1
2. Glacijacije.....	3
2.1. Uzroci glacijacija.....	3
2.2. Evolucija ledenog pokrova.....	4
2.3. Kvartarne (kenozojska ili pleistocenska) glacijacija	7
2.3.1. Geografska rasprostranjenost kvartarne glacijacije.....	7
2.4. Obilježja klime posljednjeg glacijala	8
2.4.1. Rekonstrukcija paleoklimatskih uvjeta posljednjeg glacijala	8
2.4.2. Posljednji glacijalni maksimum i njegov utjecaj na primjeru Europe.....	10
3. Obilježja lesa	14
3.1. Mineralna svojstva lesa	14
3.2. Podjela lesa prema postanku	14
3.3. Podrijetlo hladnog lesa	15
4. Geografska važnost lesnih površina	19
5. Geografska rasprostranjenost lesa	22
6. Zaključak	26
Literatura:	29
Izvori:	30

1. Uvod

Jedan od najsloženijih procesa na Zemlji jest proces glacijacije. Upravo taj proces glacijacije s obzirom na vrijeme njegova trajanja u odnosu s dimenzijama i utjecajima na sredinu u kojoj nastaje, nadilazi sve poznate procese sličnog ili istog reda veličine. Složenost glacijacije proizlazi i iz činjenice da ona unosi u prirodu velike promjene, ona mijenja prostorni odnos kopna i mora, uzrokuje izdizanje i spuštanje kopna, regulira fluktuacije razine mora, mijenja fizička i kemijska svojstva svjetskog mora, a time još i cijeli niz komponenata koje su uzročno-posljedično vezane uz to, nadalje, definira sistem morskih struja, modificira ili stvara specifičnu atmosfersku cirkulaciju i pri tome mijenja vrijednost svih meteoroloških elemenata, silno ubrzava ili pak usporava sve geomorfološke procese. Za posljednju glacijaciju, odnosno oledbu je važno naglasiti kako je unijela goleme promjene u organski svijet pa je tako u izvjesnoj mjeri utjecala i na evoluciju čovjeka (Šegota, 1963).

Budući da je posljednji glacijal tek nedavno završio i to prije samo 10 000 godina, ostali su očuvani brojni tragovi njegova postojanja prema kojima se može rekonstruirati tijek promjena klime u posljednjem hladnom razdoblju kvartarne ili, točnije, kenozojske glacijacije.

U hladnim fazama posljednjeg glacijala (u Europi virm) je bio taložen upravo les ili prapor, pleistocenski, eolski sediment nastao na periglacialnim prostorima, dok su u toplijim i vlažnijim interstadijalima nastajale smeđe zone, odnosno fosilna tla (paleosoli). Međutim, odnos klimatskih promjena i razdoblja taloženja lesa nije jednostavan i shematičan (Šegota i Filipčić, 1996). Les je vrlo važan eolski sediment, posebno iz posljednjeg glacijala jer ga je iz prethodnih glacijala ostalo vrlo malo. Velika prostranstva Zemlje su pokrivena lesom, ali postoje regionalne razlike u mineralnom sastavu, debljini, starosti te postanku.

Les (sl. 1.) je karakterističan periglacialni sediment površinskog sastava Srednjedunavskog bazena (Karpatska zavalu, panonski prostor). Istraživanja lesa u Hrvatskoj započinju u drugoj polovici 19. stoljeća (Bognar, 1978). Autori izvor lesa Hrvatske smještaju u Alpe i sjevernu Europu odakle je kriofrakcijom, glacijalnom te fluvioglacialnom erozijom i transportom nastao

prašinski materijal (silt) koji je potom vjetrom pretaložen na prostor Hrvatske. Les i njemu slični sedimenti zauzimaju oko 20 000 kvadratnih kilometara, što je nekih 35,7 % površine Hrvatske. Težište njegove rasprostranjenosti je u kontinentalnom dijelu Hrvatske gdje prevladava na 66% površine. Nasuprot tomu, primorje obilježava fragmentarna, oazna rasprostranjenost lesa (Bognar, 1978). Les i lesu slični sedimenti u Hrvatskoj su poligenetskog porijekla, odnosno do akumulacije prašinstog materijala je došlo raznim procesima,



Sl. 1. Gorjanovićev lesni profil, Vukovar (Panopticum, 2021)

što je rezultiralo, ovisno o okolišu sedimentacije, da su se dijagenozom razvile razne vrste lesa i njemu sličnih sedimenata.

Gledajući prostorno i vremenski, u pleistocenu nisu svugdje postojali jednaki uvjeti za razvoj lesa. Nastale praporne ili lesne zaravni tj. naslage debljine nekoliko desetaka metara su postale povoljna podloga za nastanak vrlo plodnog tla, crnice. Iz tih razloga su takva područja izuzetno važna za razvoj poljoprivrede.

Približno je 6% kopnene površine Zemlje prekriveno lesom (Li i dr., 2020). Proteže se skoro u kontinuiranu pojasu od Francuske do Kine, gdje doseže debljinu od nekoliko stotina metara i nastao je nanosom prašine iz pustinja Azije. Europski je les znatno tanji (prapor. Hrvatska enciklopedija, 2024).

U ovom će radu biti istraženi klimatskih čimbenici nastanka lesnih sedimenata, pri čemu je u središtu interesa taloženje tzv. hladnog, odnosno glacijalnog ili ledenjačkog lesa. Budući da postoji malo podataka o starijim glacijacijama, naglasak će biti na istraživanju utjecaja posljednjeg glacijala kenozojske glacijacije. Lesne naslage su bile važne za razvoj poljoprivrede još od neolitika. U radu će se istražiti i geografska rasprostranjenost i geografsko značenje te dinamika nastajanja lesnih sedimenata u ovisnosti o promjenama klime. Također, bit će govora i o lesu u Hrvatskoj.

2. Glacijacije

Proučavanje posljedica posljednje glacijacije je započelo u alpskim krajevima zbog čega većina radova i pretpostavki nose snažan pečat „alpocentrizma“, jer se gotovo sve promatra iz sjevernohemisferske perspektive (Šegota, 1963). Postojanje ogromnog kontinuiranog ledenog pokrova te specifična morska te atmosferska cirkulacija navodi na zaključak da su procesi koji se vezani uz sve ledene pokrove u prošlosti, vjerojatno u svojim temeljima slični današnjima na južnoj hemisferi.

2.1. Uzroci glacijacija

Glacijacija će nastupiti samo u slučaju kada na kopnu (ili kopnima) kontinentskih razmjera ili u početku razvoja ledenog pokrova barem na jednom dijelu kontinenta, odnos temperature i padalina bude takav da u nekom uzastopnom nizu godina jedan dio snijega ostane neotopljen. Dakle, važno je stvaranje geografske sredine koja će omogućiti najpovoljniju kombinaciju temperature i padalina. Primarni uzrok glacijacija prema mišljenju većine autora leži u uzročno-posljedičnoj vezi između visoko razvijenog reljefa i glacijacija. Naime, orogeneze uzrokuju važne promjene u horizontalnom i vertikalnom razmještaju kopna i mora. Topografske i s njima vezane klimatske promjene (povećanje naoblake) izazivaju opće sniženje temperature pa ako su prisutne visoke planine na njima se mogu razviti ledenjaci koji će eventualno prerasti u ledene pokrove. Kada govorimo o orogenezama i epirogenezama kao važnim uzrocima glacijacije, onda se to odnosi na vremenski i prostorno ograničene procese, naime, dolaze u obzir samo pokreti u visokim geografskim širinama, koji omogućuju stvaranje planinskih ledenjaka. Takvi planinski ledenjaci, ako postoje i drugi uvjeti mogu prerasti u pijedmontske ledenjake, odnosno u ledene pokrove (Šegota, 1963).

Također, za postanak glacijacije je važan geografski razmještaj kopna i mora. To se odnosi na takav položaj koji će omogućiti dovoljno ohlađenje kopna u zimskoj polovici godine, a veličina i konfiguracija kopna je takva da je moguće pritjecanje vlažnih maritimnih masa. Nadalje, odnos kopna i mora je složen sustav pod kojim se razmatra i sustav morskih struja koje su također vrlo važne za evoluciju ledenog pokrova.

Treći faktor, važan za postanak glacijacija, jest blizina pola koja određuje visinu temperature. To se temelji na činjenici da kopnena masa u nižim geografskim širinama bitno utječe na porast temperature, nasuprot tomu, kopnena masa u višim geografskim širinama utječe na sniženje temperature. Odnos između ledenih pokrova i blizine pola ne treba doslovno shvatiti jer kad se

govori o blizini pola onda se misli da je dovoljno da se ledeni pokrov nalazi i 2000 kilometara od pola (Šegota, 1963). Pod polom se ne misli na jednu točku već na šire područje. Kretanje polova se povezuje sa promjenama međusobnog odnosa između kontinenata, odnosno s plutanjem kontinenata.

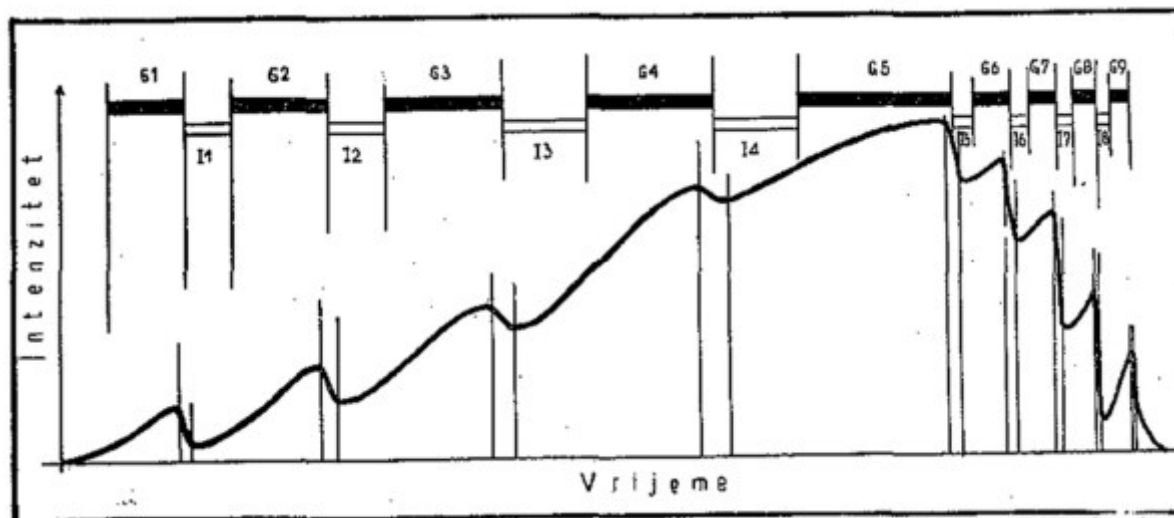
Nikako se ne smiju izdvajati pojedini faktori pa samo u njima tražiti uzrok glacijacija. Ledeni pokrovi mogu se razviti samo onda kad se kombinacijom svih triju spomenutih faktora stvore za to najpovoljniji uvjeti. Upravo zato što takva kombinacija nastaje vrlo rijetko, glacijacije su iznimno rijetko prirodni procesi. Geografski faktori stvaraju ledene pokrove, odnosno goleme sustave koji se dalje razvijaju u skladu s procesima koje će sami stvoriti, dok istovremeno ovi početni geografski uzroci gube vrijednost. Sa stvaranjem ledenog pokrova oni su odigrali svoju ulogu (Šegota, 1963).

2.2. Evolucija ledenog pokrova

Virmski je glacijal bio samo jedan u nizu od nekoliko takvih hladnih razdoblja u redosljedu sličnih promjena klime u posljednjih nekoliko stotina tisuća godina. Ta duga hladna razdoblja u kojima su nastajali, razvijali se i nestajali ledeni pokrovi u umjerenim geografskim širinama na sjevernoj hemisferi, tj. periodi u kojima je Antarktički ledeni pokrov prekrivao kopno i šelf oko Antarktika te Grendlandski ledeni pokrov zatrpao ledom i obalni pojas koji danas nije u ledu, se nazivaju glacijalima. Klima je između tih glacijala bila topla ili relativno toplija nego danas. Ti topli periodi se nazivaju interglacijalima. Dakle, evolucija ledenog pokrova nije kontinuiran proces, nego se sastoji od niza povremenih širenja (glacijala) i povlačenja (interglacijala).

Nakon maksimuma počelo je povlačenje ledenih pokrova koje je teklo mnogo brže nego njihovo površinsko širenje. Ledeni pokrovi su nestali za oko 10 000 godina (osim antarktičkog i grenlandskog). Dakle, postoji izražena razlika, a to je relativno spora ekspanzija i vrlo nagli nestanak. Širenje i povlačenje je bilo isprekidano kraćim zastojećima, tj. suprotnim razvojem od općenite tendencije razvoja, a to su tzv. stadijali (faze širenja praćene padom temperature) i interstadijali (faze povlačenja praćene rastom temperature). Klimatske promjene su se podudarale s površinskim razvojem ledenih pokrova što je posljedica utjecaja snijega i leda na bilancu radijacije (veći albedo snijega i leda). Svaki stadijal je imao sušniju i hladniju klimu, a interstadijal nešto topliju i vlažniju u odnosu na prethodno razdoblje. Zato je u hladnim fazama posljednjeg glacijala (u Europi virm) bio taložen les ili prapor, eolski sediment, dok su u

toplijim i vlažnijim interstadijalima nastajale smeđe zone, odnosno fosilna tla (Šegota i Filipčić, 1996).



Sl. 2. Intenzitet, odnosno površinski razvoj glacijacije sa superponiranim oscilacijama drugog reda (glacijali G1, G2, itd., i interglacijali I1, I2, I3 itd.) (Šegota, 1963)

Trajanje ciklusa, odnosno glacijala i interglacijala, nije jednako, ono raste od samog početka glacijacije prema njezinom maksimumu, a opada od maksimuma prema kraju glacijacije. Postoje i ciklusi još nižeg reda veličine koji se nazivaju stadijali i interstadijali te predstavljaju prve reakcije ledenog pokrova na porast ili smanjenje akumulacije ili ablacije. Glacijali će u etapi širenja glacijacije (G1, G2, G3...) biti sve dulji, a u etapi recesije (G6, G7...) sve kraći. Najduži interglacijal bit će između maksimalnog glacijala i glacijala neposredno prije njega, a svi ostali interglacijali bit će kraći od njega. Isto pravilo vrijedi za stadijale i interstadijale, sve su dulji od početka prema maksimalnoj fazi glacijala, a sve su kraći od maksimuma glacijala ili interglacijala prema njihovu kraju. Iz krivulje se vidi (sl. 2) da pulsiranjem dolazi do relativno malih promjena površine i volumena ledenog pokrova u jednom ciklusu, odnosno najveći dio ledenog štita ostaje izvan procesa u toku jednoga ciklusa pa se ne može govoriti o potpunom nestanku ledenog pokrova u interglacijalima i stvaranju novog ledenog pokrova u glacijalima (Šegota, 1963).

Svaka glacijacija je specifičan slučaj. Reljef, ako je dovoljno razvijen, može u značajnijoj mjeri utjecati na razvoj ledenog pokrova. No, morfologija ledenog pokrova je posljedica prije svega temperature i smjera vjetra, tj. količine padalina jer uglavnom ovi faktori određuju visinu i radijus ledenog pokrova. (Šegota, 1963).

Iako je glacijacija složen proces u kojem svaki ledeni pokrov ima specifične osobine, ipak se glacijaciju kao cjelinu može staviti u određene okvire te se može odrediti opća zakonomjernost koja vrijedi za svaku glacijaciju, bez obzira na njezin tip ili dimenzije. Cijeli proces bi se mogao ovako skratiti. Povoljnom kombinacijom razmještaja kopna i mora, blizine pola te orogeneze i epirogeneze nastaje glacijacija. Ledeni pokrov (ili pokrovi) u početku je posljedica tog uzročno-posljedičnog odnosa. S rastom dimenzija, ledeni pokrov postaje aktivnim faktorom koji mijenja prirodu oko sebe te postaje geografskim faktorom te s tim trenutkom prva tri faktora gube svoju važnost za daljnji razvoj glacijacije. U daljnjem razvoju glacijacija je posljedica četiriju kompleksa faktora, a to su: broj i dimenzije ledenog pokrova, kopno (važnost vegetacijskog pokrova te visina i smjer pružanja reljefa), ocean (struje i zaleđenost mora) te atmosferska cirkulacija. Dolazi do beskrajno složenog odnosa i uzajamnog djelovanja sva četiri kompleksa faktora. Primjerice, ledeni pokrov može djelovati na pad temperature oceana, a on smanjenjem isparavanja počne djelovati na razvoj ledenog pokrova, ledeni pokrov definira atmosfersku cirkulaciju, a ona isto tako djeluje na razvoj ledenog pokrova te na morsku cirkulaciju itd. Promjena jednog faktora će djelovati na promjene u ostalim procesima. Relativna važnost pojedinih faktora se mijenja tokom čitave evolucije glacijacije. Tako, površinskim razvojem ledeni pokrov postaje važnijim faktorom, no, paralelno s njegovim razvojem, važnija je i uloga izmijenjene glacijalne atmosferske cirkulacije, koja u nekom trenutka nadvlada važnost ledenog pokrova. Ona prijeđe granicu optimuma te počne negativno djelovati na razvoj ledenog pokrova pa iz toga slijedi da je deglacijacija zapravo posljedica prejakog razvoja glacijalne atmosferske cirkulacije. Veliko zahlađenje svjetskog mora je jedan od uvjeta za nastupanje glacijacije, ali preniska temperatura mora oko ledenog pokrova je jedan od uzroka njegovog povlačenja. Glacijacija nestaje djelovanjem faktora koje je ona sama stvorila. Deglacijacijom nestaje ledeni pokrov, no posljedice njegova postojanja se još dugo osjećaju. Glacijacija nestaje te se u normalnim okolnostima ne ponavlja, ona je ireverzibilna (Šegota, 1963).

Glacijali na sjevernoj hemisferi su zbog vrlo velikih dimenzija trajali vrlo kratko pa je trajanje i svih drugih procesa bilo smanjeno. Svaki glacijal je započinjao sa svježom, vlažnom, oceanskom klimom, koja je postepeno postajala sve više kontinentalna te je maksimum bio postignut u trenutku najvećeg površinskog razvoja ledenih pokrova kada je klima bila hladna te suha (Šegota, 1963).

2.3. Kvartarna (kenozojska ili pleistocenska) glacijacija

Posljednja glacijacija na našem planetu je započela krajem tercijara pa mnogi autori smatraju da je najtočnije reći kenozojska glacijacija (umjesto pleistocenska ili kvartarna glacijacija) (Šegota i Filipčić, 1996).

Prema zaključcima istraživanja provedenih pomoću izotopne analize kisika na Antarktiku, posljednji je glacijal počeo otprilike prije 75 000 godina, a prestao prije nekih 11 000 godina, maksimum na Antarktiku je bio prije 17 000 godina. Prema dosadašnjim istraživanjima, može se zaključiti da je posljednji glacijal bio opća pojava na cijelom planetu te da je maksimum bio u približno istom razdoblju te je isto tako istodobno i prestao (Šegota i Filipčić, 1996).

2.3.1. Geografska rasprostranjenost kvartarne glacijacije

Kvartarna glacijacija je vrlo složena. Ona je bipolarna, što znači da se ledeni pokrovi razvijaju na objema hemisferama. Njezina je struktura na sjevernoj hemisferi celularnog, diskontinuiranog tipa, odnosno Arktik je oceanski bazen koji je većim dijelom omeđen kontinentskim masama Euroazije i Sjeverne Amerike, a tek je u jednom užem dijelu između Europe i Sjeverne Amerike omogućena komunikacija s Atlantskim oceanom. Iako je malen to je vrlo važan prostor zbog genetske veze između Atlantskog oceana i glacijacije sjeverne hemisfere. Struktura na južnoj hemisferi je kontinuiranog tipa, tj. Antarktika je zaledeni kontinent sa svih strana okružen dubokim i velikim oceanom te su tu mnogo povoljniji uvjeti za razvoj leda nego na sjevernoj hemisferi. Ledeni pokrovi su postojali i u Sjevernoj Americi (Laurencijski ili Sjevernoamerički ledeni pokrov), sjevernoj Europi (Sjevernoeuropski ili Skandinavski ledeni pokrov) te u Aziji (Sibirski ledeni pokrov).

Do postepenog pada temperature je došlo polaganim približavanjem Južnog i Sjevernog geografskog pola prostorima gdje se oni nalaze danas. Na početku tercijara Južni pol se već jako približio Antarktici, a u eocenu i oligocenu već je bio u blizini njene obale. Antarktika postaje subpolarni kontinent: duga polarna noć u toku zime počinje sve jače utjecati na pad temperature. Slično se dogodilo i na sjevernoj hemisferi. Na početku kenozoika Sjeverni pol ulazi u područje Sjevernog ledenog mora te se kopno na njegovim obalama kao i more počinje postepeno ohlađivati. Dakle, jednaki proces je istovremeno počeo na obje hemisfere. Zato se za pad temperature u kenozoiku može reći da je bio opći. Stoga je opće zahlađenje u kenozoiku bilo posljedica približavanja polova euroazijskom, američkom i antarktičkom kontinentu.

Kvartarnoj je glacijaciji prethodio opći pad temperatura tokom posljednjih 40 milijuna godina. Sudeći po tome, glacijacija nije neki nagli i neočekivani proces. Taj opći pad temperature kao jedan od neophodnih uvjeta za nastup glacijacije je otpočeo davno prije postanka kvartarnih ledenih pokrova. Glacijacija započinje tek kad je temperatura na dovoljno niskoj razini te s prelaskom te kritične granice, uz postojanje nekih drugih uvjeta, ledeni pokrovi se počinju širiti (Šegota, 1963).

Važna je činjenica da je Europski ledeni pokrov u posljednjem, ali i u svakom starijem glacijalu nastao u vlažnoj i svježoj klimi, a nestao u suhoj i hladnoj klimi. Rasprostranjenost ledenih pokrova u posljednjem glacijalu je imala dalekosežne posljedice, utjecala je na čovjekov razvoj te na njegovu rasprostranjenost na Zemlji (Šegota i Filipčić, 1996).

2.4. Obilježja klime posljednjeg glacijala

2.4.1. Rekonstrukcija paleoklimatskih uvjeta posljednjeg glacijala

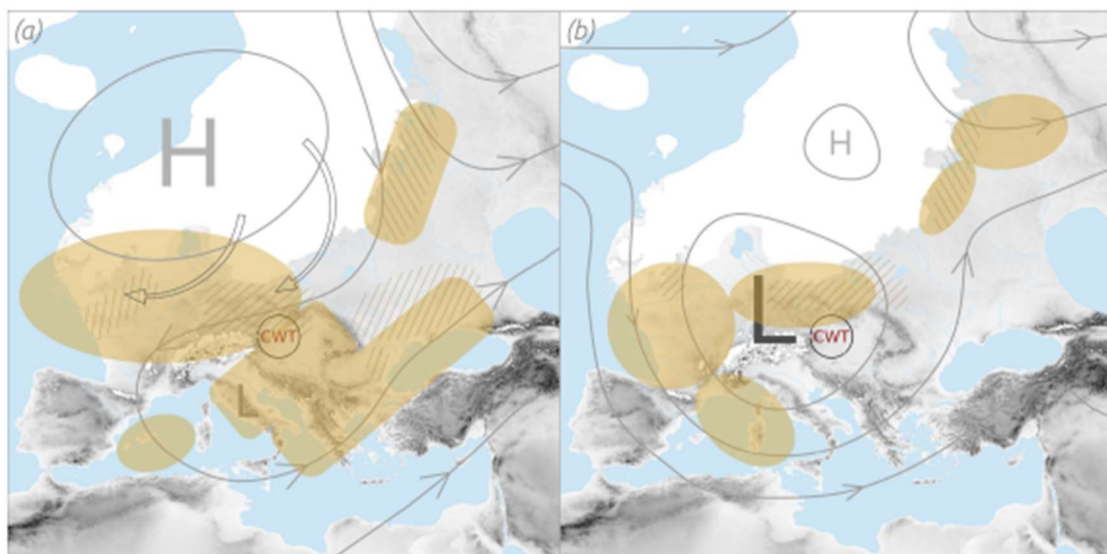
Promjene temperature koje su pratile postanak, pulsiranje i povlačenje te nestanak ledenih pokrova su se duboko odrazile i na temperature svjetskog mora, a posebno na temperature površinskog sloja vode. Tu žive mikroorganizmi koji iz vode apsorbiraju kalcijev karbonat i ugrađuju ga u svoje ljuštore. Posebno se ističu pelagički foraminiferi koji su iznimno osjetljivi na promjene temperature mora. Ti morski organizmi ekstrahiraju kalcijev karbonat iz vode za izgradnju svojih ljušturica pa istovremeno uzimaju i kisik iz morske vode. U tom procesu uzimaju kisik u onom izotopnom omjeru u kojem on postoji u morskoj vodi, konkretno, radi se o omjeru kisikova izotopa O^{18} prema izotopu O^{16} u kisiku vezanom u karbonatnoj ljušturici što odražava temperaturu morske vode u vrijeme stvaranja karbonatnih ljušturica. Da bi se razumjelo o kakvoj se metodi radi, treba istaknuti činjenicu da je ocean veliko spremište topline koja se prenosi iz jednog dijela svijeta u drugi. Također, ova metoda ima velike teškoće te je daleko od savršenstva pa se ne mogu izvoditi neki dalekosežni zaključci. Izotopska analiza kisika u ljušturama bentonskih foraminifera se temelji na činjenici da molekule vode koje isparavaju iz mora sadrže određene količine kisika, koji se sastoji od težeg izotopa O^{18} i lakšeg izotopa O^{16} , a njihov odnos će u isparenoj vodi biti funkcija temperature u trenutku isparavanja vode. Kod više temperature će biti veći udio molekula s izotopom O^{16} i suprotno kod niže temperature bit će veći udio molekula vode s izotopom O^{18} . Promjena temperature se odražava u zastupljenosti vrsta, razlikuju se tople i hladne vrste, i u broju jedinki u jediničnom volumenu vode. Iz toga proizlazi da količina kalcijeva karbonata u vapnenim ljušturicama foraminifera

ovisi o temperaturi njihove životne sredine. Njihovim ugibanjem na morsko dno padaju njihovi ostaci te se talože kao organski mulj. Tako su dubokomorski sedimenti, ako nisu poremećeni, vrlo povoljna sredina za istraživanje paleoklimatskih promjena. Koriste se posebne tehnike vađenja uzoraka sedimenta pomoću sonde te su izvučene jezgre duže od 20 metara u kojima su zahvaćeni sedimenti taloženi u posljednjih nekoliko stotina tisuća godina pa se analizom slojeva otkriva promjena temperature u razdobljima kad su istaloženi (Šegota i Filipčić, 1996). Prvi je korak utvrđivanje standardnog omjera ovih izotopa u današnjem moru. Kada dođe do sublimacije, odnosno kada od vodene pare nastane snijeg koji pada na ledeni pokrov, izotopski sastav kisika ostaje isti kao u vodenoj pari i opet je funkcija temperature. Iako postoje ljeta i zime, ta razlika nestane zbog molekulske difuzije u ledu pa izotopski sastav predstavlja srednju godišnju temperaturu. Relativno odstupanje ili devijacija kisika-18 (ΔO^{18} u ‰) od omjera utvrđenog za vodu iz današnjeg svjetskog mora, koje je izmjereno u uzorcima leda, će biti drukčije u hladnom (glacijalnom) i toplom (interglacijalnom) ledu. To odstupanje se mijenja s povećanjem dubine snijega i firda, tj. leda jer se mijenjala temperatura morske vode u razdoblju stvaranja snijega. Pri odabiru lokacije za bušenje leda treba poznavati topografiju podloge koja bi trebala bit takva da led dubljih slojeva ne pritječe iz susjednog hladnijeg područja, no ako to nije moguće onda se računski uklanjaju utjecaji tog faktora. U konačnici se dobivaju grafovi koji prikazuju relativno odstupanje O^{18} izotopa u ledu od količine O^{18} u standardnoj vodi današnjeg mora. Drugi važan problem je određivanje starosti leda, osim radiometrijskih metoda se upotrebljava i određivanje starosti ekstrapolacijom temeljenom na današnjoj brzini akumulacije leda, tj. snijega. Pouzdanost određivanja starosti leda opada s porastom dubine.

Slijed klimatskih promjena je tako utvrđen izotopskom analizom kisika iz morskih sedimenata te su na toj osnovi izrađeni termogrami dijela kvartarne glacijacije u kojima se vidi smjena glacijala i interglacijala, ali i smjena stadijala i interstadijala. Međutim, postoje neslaganja u datiranju temperaturnih promjena, posebice u starijem dijelu krivulja, također, izgleda da su prevelike amplitude klimatskih promjena nižeg reda što dovodi od teškoća izotopske analize i radiometrijskih metoda mjerenja vremena. Radiometrijske metode su vrlo precizne, no zbog postsedimentacijskih promjena su se u mnogim primjerima pojavile velike razlike (Šegota i Filipčić, 1996).

2.4.2. Posljednji glacijalni maksimum i njegov utjecaj na primjeru Europe

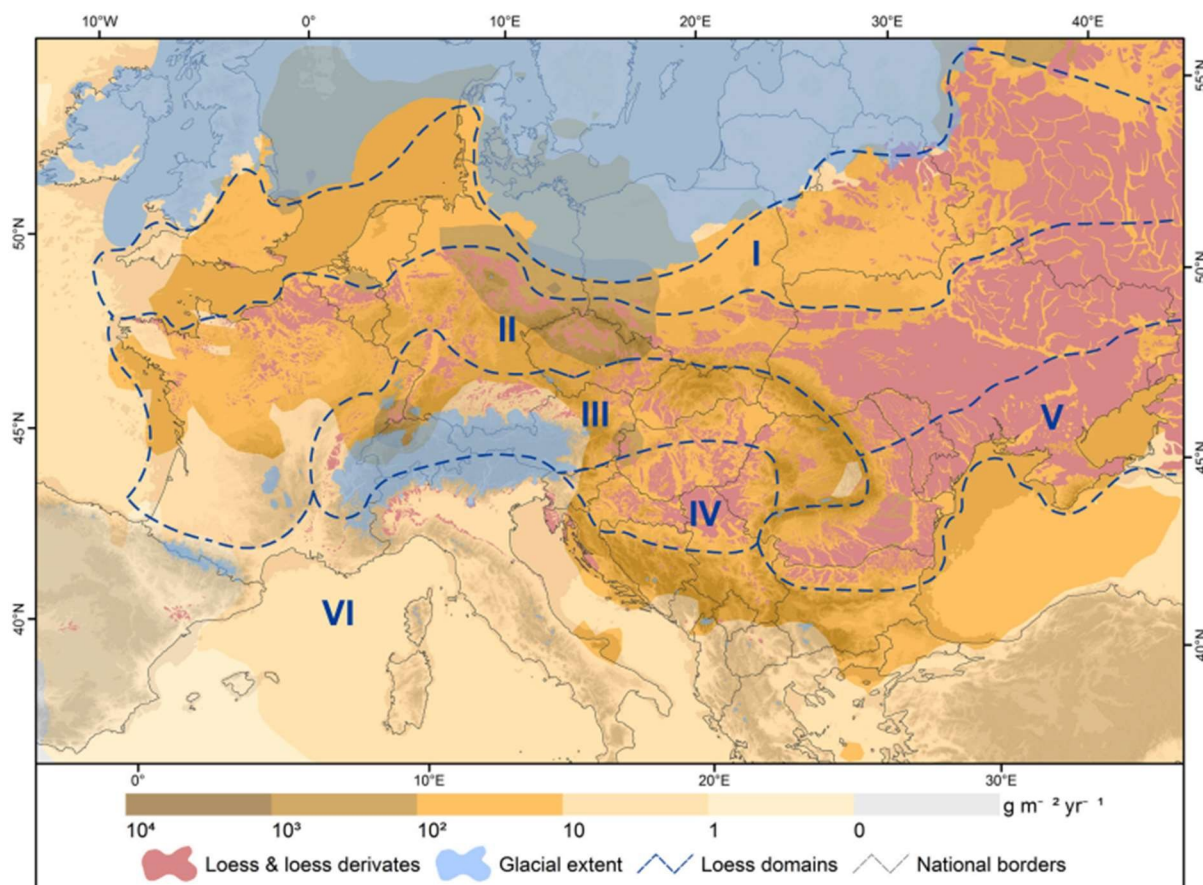
Posljednji glacijalni maksimum (prije 21 000 +/- 3000 godina) predstavlja prekretnicu u klimi našeg planeta kada je došlo do zahlađenja povezanih s regionalnom atmosferskom cirkulacijom što je rezultiralo razvojem velikih eolskih sustava na periferiji ledenih pokrova Europe (Bosq i dr., 2023) te označava prijelaz iz pleistocena u holocen. Tada je Europa bila prašnavija, hladnija i vjetrovitija te je bila rjeđe prekrivena vegetacijom nego danas. Polarna fronta i zapadnjaci su djelovali u nižim geografskim širinama pa došlo do povećanja suhoće u Srednjoj i Istočnoj Europi. Razina mora je bila na nižoj razini nego danas i koncentracija stakleničkih plinova je bila manja od polovice današnje količine. Za razliku od današnjih dominantnih zapadnih vjetrova, utvrđeno je da su sjeveroistočni, istočni i jugoistočni (36% vremena) i ciklonalni režimi (22% vremena) prevladavali nad Srednjom Europom tijekom maksimuma posljednjeg ledenog doba (sl. 3.). Vjetrovi istočnog sektora su povezani sa sustavom visokog tlaka iznad Euroazijskog ledenog pokrova te su dominirali u prijenosu prašine s njegova ruba u Istočnoj i Srednjoj Europi (Schaffernicht i dr., 2020). Promjena atmosferske cirkulacije je rezultirala pojačanjem frekvencije i intenziteta ciklona nad Središnjom Europom i Mediteranom zahvaljujući snažnijoj, južno pozicioniranoj mlaznoj struji (Bosq, 2023).



Sl. 3. Konceptualni model koji objašnjava vezu između Europskog ciklusa atmosferske prašine tokom maksimuma posljednje glacijacije i sedimenata lesa. Glavna područja taloženja prašine (smeđe), područja emisije prašine (šrafirano), uzorci vjetra (strelice) i tlačni sustavi (H za visoki tlak, L za niski tlak), (a) sjeveroistočni, istočni i jugoistočni vjetrovi uzrokovani polutrajnim sustavom visokog tlaka iznad euroazijskog ledenog pokrova koji su prevladavali 36% vremena iznad Srednje Europe (prozirne strelice s crnim rubom), (b) ciklonski atmosferski sustavi koji su prevladavali 22% vremena iznad Srednje Europe, euroazijski ledeni pokrov (bijelo) (Schaffernicht i dr., 2020)

Vegetacijski pokrov Europe je tada bio manje gust, a količina padalina je bila manja. Ove promjene klime su rezultirale taloženjem lesnih sedimenata tokom maksimuma posljednjeg glacijala u Europi.

Većina emisije prašinastog materijala se dogodila u zoni između Alpa, Crnog mora te južnog ruba ledenih ploča. Najveće stope taloženja su bile u blizini najjužnijih rubova ledene ploče koji odgovaraju današnjem njemačko-poljskom graničnom području. Premještanje na zapad oblacima prašine je rezultiralo visokim stopama taloženja u zapadnoj Poljskoj, sjevernoj Češkoj, Nizozemskoj, južnoj regiji Sjevernog mora te sjevernoj i središnjoj Njemačkoj (sl. 4.). Visoka proizvodnja se događala ispred ruba ledenih pokrova, a s povećanjem gustoće vegetacije prema jugu se pojačavalo nakupljanje prašine zbog boljeg hvatanja čestica prašine. Slika 4. uspoređuje taloženje atmosferske prašine (Schaffernicht i dr., 2020) s prostornom raširenošću lesa u Europi (Lehmkuhl i dr., 2021). Najdeblje naslage se javljaju u srednjoistočnoj i jugoistočnoj Europi, a ne u prostorima gdje su najveće modelirane stope atmosferske prašine. To se može objasniti kao posljedica nedovoljnog vegetacijskog pokrova koji bi služio za učinkovito hvatanje prašine u neposrednoj blizini rubova ledenog pokrova. Model koji su izradili Schaffernicht i dr. (2020) uzima u obzir samo (daleko putujuću) prašinu s malim česticama promjera do 20 μm , dok naslage lesa uglavnom sadrže veće čestice. Usprkos tomu, model je koristan za razumijevanje općih obrazaca atmosferske cirkulacije. Kontinentalnost i aridnost, u kombinaciji s određenim vrstama vegetacije koja je djelovala kao zamka za primarni prašinasti materijal su doveli do očuvanja lesa u tim regijama Europe. Treba naglasiti da se u ovom modelu radi samo o maksimumu posljednjeg glacijala dok se prašina taložila i u interglacijalno-glacijalnom razdoblju kada su uvjeti taloženja bili drugačiji (Schaffernicht i dr., 2020).

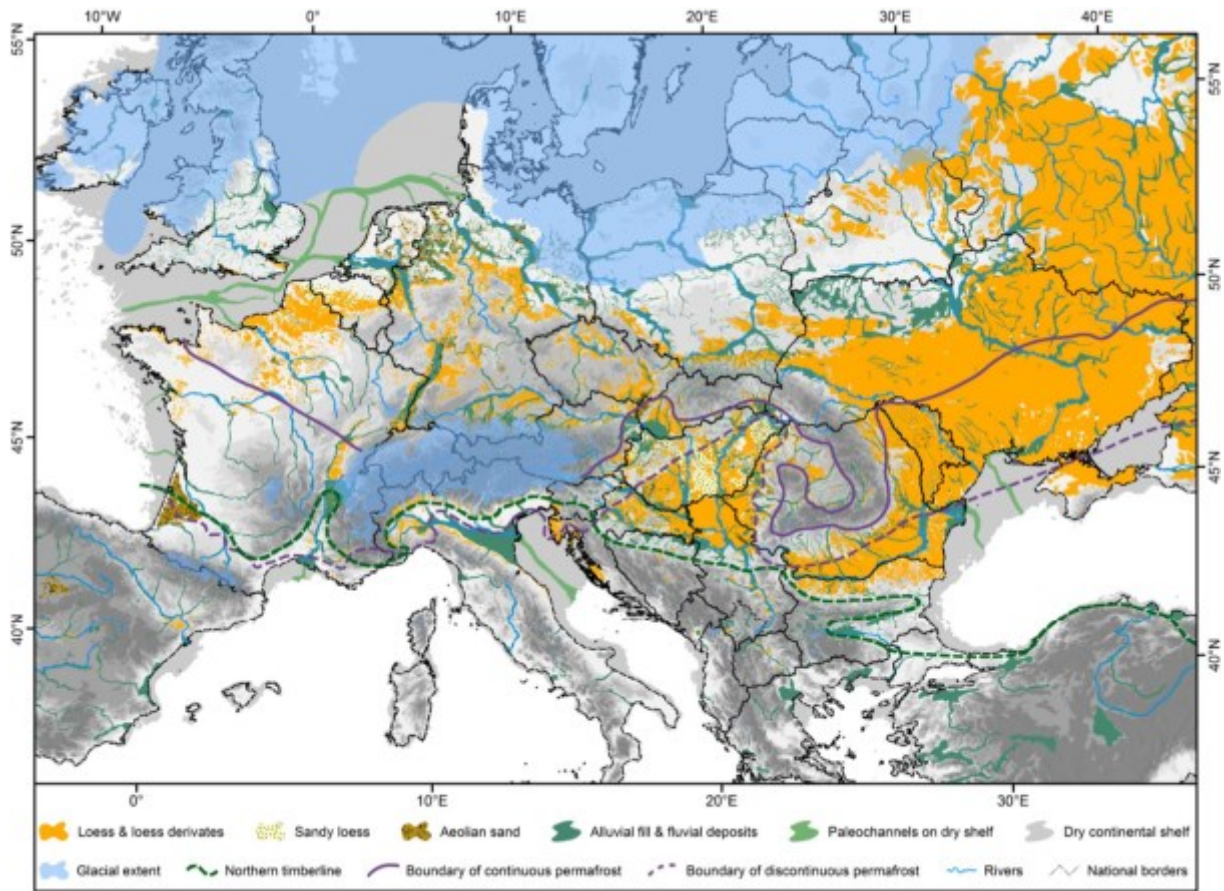


Sl. 4. Stope taloženja prašine tokom maksimuma posljednjeg glacijala (Schaffernicht i dr., 2020) u usporedbi s rasprostranjenošću lesa i glavnim lesnim domenama u Europi (Lehmkuhl, 2021)

Smatra se da u Europi postoje dva ili tri horizonta lesa iz posljednjeg glacijala te još nekoliko horizonata koji su se taložili u starijim glacijalima. Sami intenzitet i trajanje sedimentacije lesa se mijenjao u posljednjem glacijalu. Intenzitet sedimentiranja je naglo porastao u drugom dijelu posljednjega glacijala, a najviše u njegovom maksimumu zbog aridizacije i velikog zahlađenja klime. (Šegota i Filipčić, 1996).

Najveće i najistaknutije naslage lesa u Europi se javljaju južno od ruba ledenih pokrova i duž velikih rijeka, gdje su tokom kvartara, bile dostupne velike količine sedimenta za deflaciju, (Lehmkuhl i dr., 2021). Veće stope akumulacije su primjećene u depresijama ili na zavjetrini topografskih barijera, prateći dominantni smjer vjetra. Les u Europi je nastao, sačuvan, prerađen i premještenj kroz različite geomorfološke, sedimentološke i pedološke procese. Lesni sedimenti Europe su rezultat složenog međudjelovanja regionalnih i lokalnih paleoklimatskih,

paleoekoloških i geomorfoloških uvjeta, također postoji ovisnost o udaljenosti od ledenih ploča i lokalnih izvorišnih područja te paleoekoloških sustava (Lehmkuhl i dr., 2021).



Sl. 5. Karta rasprostranjenosti lesa u Europi (Lehmkuhl, 2021)

Karta (sl. 5.) prikazuje okoliše zadnjeg glacijalnog maksimuma u Europi (primjerice rubove ledenih ploča, granice permafrosta, aluvijalne ravnice, suhe šelfove) kako bi se mogli razumjeti složeni uvjeti tijekom posljednjeg razdoblja stvaranja lesa u Europi. Na karti su prikazani kasnopleistocenski eolski sedimenti i potencijalni izvori sedimenata u Europi. Ova karta prikazuje da je les široko rasprostranjen na Europskom kontinentu te se prostire duž južnih granica pleistocenskih ledenih pokrova.

3. Obilježja lesa

Les je eolski sediment i služi kao zapis kvartarnih klimatskih promjena kao jedan od rijetkih sedimenta koji se taloži direktno iz atmosfere. Dakle, predstavlja geološki sediment koji sadrži podatke o atmosferskoj cirkulaciji te se može koristiti u rekonstrukciji paleoklimatskih uvjeta. Zanimljiv je po tome što mu se može odrediti starost koristeći zarobljene elektrone, odnosno metode luminiscencije (Muhs, 2007). Takozvane lesno-paleosolne sekvence su sastavljene od horizonata lesa koji se izmjenjuju sa zakopanim tlima, tj. paleosolima te su ključni u istraživanju paleoklime (Lehmkuhl i dr., 2021).

Les se može definirati kao vrsta sedimenta kojeg je vjetar ponio, prenio i nataložio, dok u njegovu sastavu dominiraju čestice veličine silta (2-50 μm promjera). Općenito, ima homogenu i poroznu strukturu (Li i dr., 2020). Većina sedimenta lesa sadrži i pijesak (>50 μm) i glinu (<2 μm), ipak tipično ima 60-90% čestica veličine silta. Na terenu je les prepoznatljiv kao uočljivo sedimentno tijelo koje tvori plašt ili pokrov te može biti debljine od nekoliko centimetara do nekoliko stotina metara (Muhs, 2007).

Neke naslage lesa imaju primarne slojevite strukture, poput horizontalne laminacije, a rjeđe imaju poprečne slojeve. Mnogi sedimenti lesa su opisani kao masivni. Međučestično vezanje gline i/ili karbonatnih čestica omogućuje značajnu čvrstoću materijala te objašnjava sposobnost lesnih sedimenta da oblikuju okomite strukture duž obala rijeka (Muhs, 2007). Sekundarne strukture se češće od primarnih u lesnim sedimentima.

3.1. Mineralna svojstva lesa

Les je većinom građen od kremena (do 70%) i gline (do 20%) i to većinom ortoklasa. U njemu katkad ima i do 25% kalcita, a ostali mineralni sastojci su najčešće muskovit, glina, limonit, rogovača, epidot, cirkon, rutil, turmalin, apatit te granat (Hrvatska enciklopedija, 2024). Teški minerali mogu biti prisutni, ali u malim količinama. Les s visokim sadržajem minerala gline, sadržava više Al_2O_3 , Fe_2O_3 i TiO_2 , dok les s više karbonata (kalcit i dolomit) ima više CaO i MgO (Muhs, 2007).

3.2. Podjela lesa prema postanku

Prvi istraživači lesa su, kako bi odredili porijeklo lesa, podijelili les prema postanku na hladni (ledenjački ili glacijalni) i topli (pustinjski) les. Središnji interes ovog rada je upravo hladni,

glacijalni les. Hladni les potječe iz planinskih ledenjaka ili kontinentalnih ledenjačkih područja i uglavnom je rezultat ledenjačkog mljevenja matične stijene (Li i dr., 2020). Hladni les se potom raširio deflacijom, odnosno otpuhivanjem finog materijala u suhoj periglacialnoj klimi u širokom pojasu bez vegetacije u blizini ledenih pokrova. Na taj način je nastao les u umjerenom, subarktičkom i arktičkom pojasu, a u Sjevernoj Americi se nalazi i u suptropskom pojasu jer je ledeni pokrov Sjeverne Amerike prodirao dalje na jug. Uvjeti nastanka hladnog lesa su postojali u najhladnijim razdobljima posljednjeg glacijala, u najhladnijim stadijalima kada su jaki, hladni te suhi vjetrovi puhali kroz periglacialnu zonu te sa podloge otpuhivali najfiniji materijal i ondje gdje moć vjetra slabila se istaložio taj materijal te je nastao les. Les se pretaloživao i u vodenim sredinama pa je dio lesa nastao i poplavama rijeka nakon čega je ostao sloj finog, rastresitog materijala kojeg je vjetar lako mogao raznositi (Šegota i Filipčić, 1996).

Topli les se taložio u suptropskom i tropskom pojasu obje hemisfere (izuzev Sjeverne Amerike, gdje se pretežno taložio hladni les u suptropima) i nije genetski vezan uz periglacialne uvjete pa ne ulazi domenu istraživanja ovog rada. Rasprostranjen je u unutrašnjosti Kine, u srednjoj Aziji itd., a nastajao je otpuhivanjem materijala sa suhe podloge. I u njemu se nalaze zone fosilnog tla, no njihov je razvoj tekao u drukčijim klimatskim uvjetima.

3.3. Podrijetlo hladnog lesa

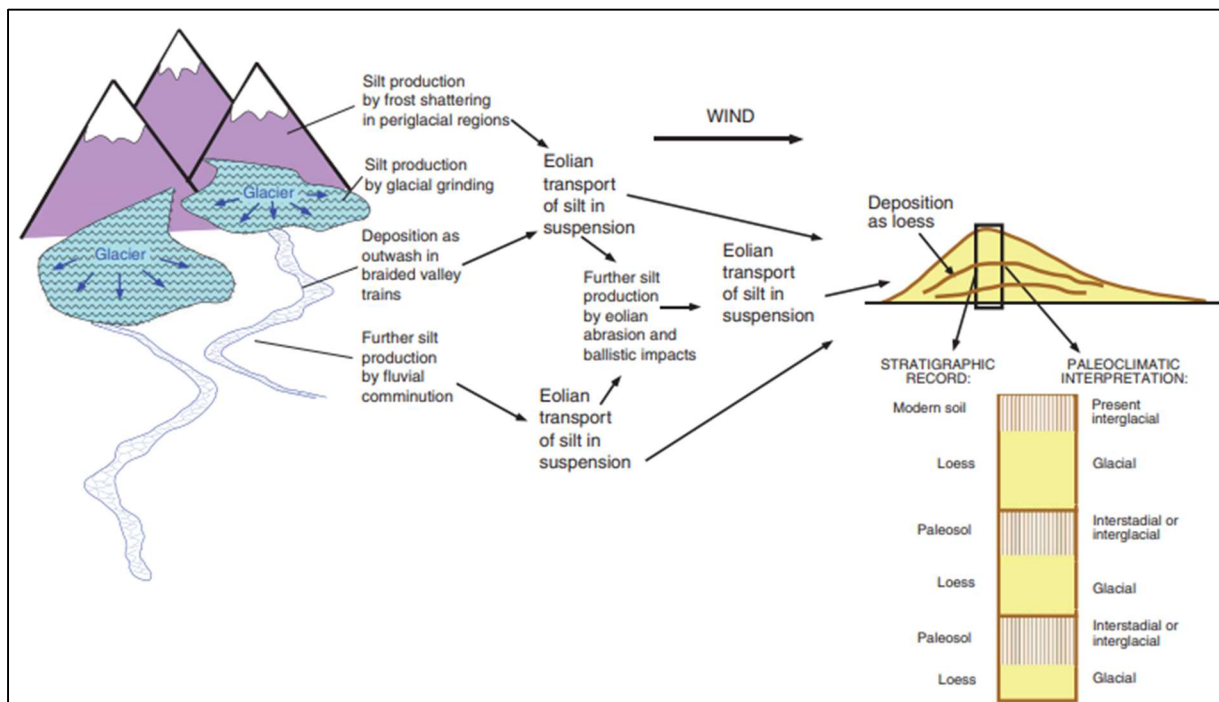
Gibanje leda, analogno s današnjim Antarktičkim ledenim pokrovom i u skladu s brojnim tragovima očuvanim u današnjem reljefu, bilo je najintenzivnije na periferiji ledenog pokrova gdje je nagib bio relativno strm. Tako je uz rub ledenog pokrova nastala velika masa rastresitog, akumulacijskog materijala te niz glacijalnih i periglacialnih reljefnih oblika (Šegota i Filipčić, 1996).

Smatra se da čestice veličine silta uglavnom nastaju ledenjačkim mljevenjem kristalnih stijena koje se zatim talože u tilu pa se prerađuju fluvijalnim procesima te se na kraju prenose i talože djelovanjem vjetra. Takav model formiranja lesnih sedimenata je doveo do zaključka da su takvi sedimenti markeri globalnih, glacijalnih perioda. Taj je zaključak potvrđen geografskom blizinom lesnih tijela južnim granicama ledenih pokrova te radiokarbonskim metodama i metodama luminiscencije koje su potvrdile da lesni sedimenti datiraju iz glacijalnih razdoblja (Muhs, 2007).

Les je sediment koji je prošao kroz različite stupnjeve trošenja i pedogeneza, odnosno procesa stvaranja tla. Za odnos pedogeneze i sedimentacije lesa je važno reći da onda kad su stope sedimentacije lesa visoke, pedogenetski procesi to ne mogu pratiti pa se nakuplja relativno nepromijenjeni sediment. U suprotnom, kad su stope sedimentacije niže, procesi oblikovanja tla ulaze dublje u prethodno taloženi les. Prema tome, les se ne može promatrati kao i ostali kvartarni zapisi, primjerice dubokomorski ili jezerski sedimenti, gdje je više-manje kontinuirana sedimentacija.

Les je sediment koji može poslužiti kao zapis glacijalnih razdoblja i kao takav je opsežno proučavan u Europi i Sjevernoj Americi. Istraživanjem i datiranjem je uspostavljen jasan odnos između taloženja lesa i glacijalno-interglacijalnih ciklusa. Dok sedimentološki i paleontološki podaci iz lesnih sedimenata daju informacije o glacijalnim razdobljima, tako paleosoli u sedimentima lesa daju informacije o interglacijalnim ili pak interstadijalnim razdobljima (Muhs, 2007).

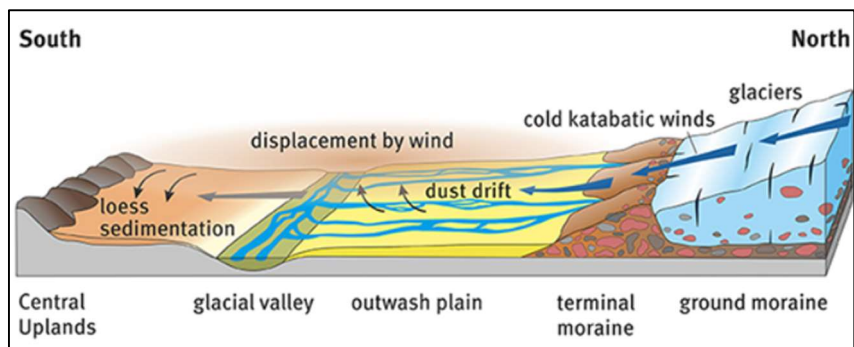
Istočni vjetar se javlja tek u kasnijim fazama širenja ledenog pokrova, onda kada glacijalna anticiklona postane prevladavajućim faktorom u glacijalnoj atmosferskoj cirkulaciji. Les bi se taložio prema sljedećem okviru: debljina lesa te humusnih zona kao cjeline će opadati od ruba ledenog pokrova prema ekvatoru i to bi bilo opće pravilo. Stratigrafija lesa je pak mnogo kompleksnija. U već nešto razvijenijoj fazi širenja ledenog pokrova (G2) započinje sedimentiranje lesa. Kako je istočni vjetar još slab, a temperature još uvijek nisu dovoljno niske, prvi horizont lesa će se taložiti samo na onim mjestima koji su bliže ledenom pokrovu. U sljedećem interglacijalu I2 na lesu se razvija tlo i to tako da će biti deblje na lokalitetima dalje od ledenog pokrova nego na onima koji su mu bliže. U sljedećem glacijalu G3 uvjeti za taloženje su još povoljniji jer ledeni pokrov lagano pulsira, klima je već postala aridna pa taloženje lesa postaje sve intenzivnije. Novi je les deblji nego u prethodnom glacijalu. U isto vrijeme je istočni vjetar postao dovoljno jak pa će se prvi sloj lesa početi taložiti i na lokalitetima dalje od ledenog pokrova. Povlačenjem ledenog pokrova u sljedećem interglaciju I3 prestat će taloženje lesa pa će se na njemu razviti tlo. Taj proces će se ponoviti nekoliko puta, sve do onda dok se ledeni pokrov ne smanji na minimum potreban za razvoj glacijalne anticiklone. Čitava serija lesnih slojeva i humusnih zona nije taložena jednako, debljina pojedinih horizonata nije jednaka. Ona je proporcionalna trajanju samih glacijala i interglacijala te klimatskim uvjetima sedimentacije pa će se tako debljina lesnih horizonata i humusnih zona povećavati od početka prema maksimumu glacijacije, a smanjivati od maksimuma prema kraju glacijacije (Šegota, 1963).



Sl. 6. Klasičan model nastanka glacijalnog lesa (Muhs, 2007)

3.2.1. Model nastanka glacijalnog (hladnog) lesa

Oblikovanje lesa općenito uključuje četiri faze, a to su proizvodnja, deflacija, transport i taloženje čestica (sl. 6. i 7.). Hladni je les nastao mljevenjem stijena djelovanjem ledenih pokrova, zatim je lesni



Sl. 7. Shema nastanka lesa u sjevernoj Njemačkoj (BGR, n. d.)

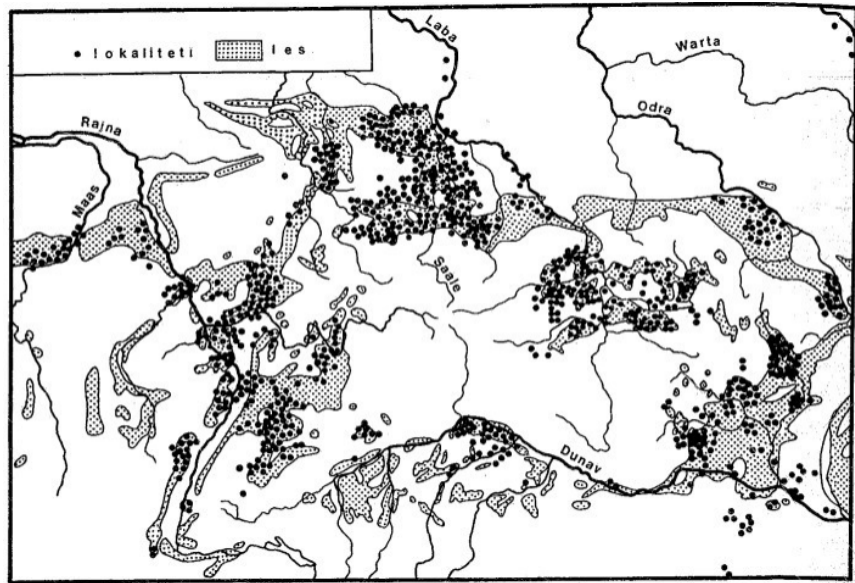
materijal transportiran vodom koja je nastala topljenjem ledenjaka te su te naslage ispiranja postale glavnim primarnim izvorom lesa (Li i dr., 2020). Dakle, nakon proizvodnje prenosivih čestica u izvorišnom području, one dopijevaju u područja akumulacije lesa fluvijalnim i eolskim transportom. Treba naglasiti da je vjetar dominantan način transporta, ali je važna uloga i riječnog transporta jer se mnoga lesna područja nalaze uz rijeke. Fluvijalni transport je omogućen raznim oblicima površinskog otjecanja, uključujući planinske potoke s visokom potencijalnom energijom vode koja dolazi od obilnih padalina i ledenjačke otopljene vode, planinske bujične poplave izazvane kratkotrajnim obilnim padalinama te rijeke u kojima se skuplja planinsko otjecanje. Tako fluvijalni transport može prenijeti velike količine čestica iz

izvorišnih područja viših regija (Li i dr., 2020). Daljnji eolski procesi, uključuju deflaciju područja slabo prekrivenih vegetacijom u sušnim i polusušnim područjima, kao što su planinska područja, poplavne ravnice, aluvijalne ravni i pustinje, podizanje čestica u zrak, njihov transport na određenu udaljenost te u konačnici njihovo taloženje. Često izvorni prašnasti materijali dopijaju na konačnu zonu akumulacije kroz nekoliko faza fluvijalnog ili eolskog transporta (Li i dr., 2020).

Eolski transport omogućuje taloženje čestica veličine silta u polusušnim područjima s povoljnim geomorfološkim uvjetima i klimom. Krupna zrna (200-600 μm promjera) se slabije transportiraju i talože se u blizini izvora primarnog materijala, zrna lesa veličine silta (20-60 μm promjera) putuju na srednje udaljenosti i talože se u zaklonjenim područjima, a najsitnije čestice prašine (<20 μm promjera) se prenose na velike udaljenosti i to u suspenziji na visokim nadmorskim visinama i ne nakupljaju se lako u određenim područjima (Li i dr., 2020). Stoga, čestice postaju sve sitnije s povećanjem udaljenosti od izvora deflacije. Kako bi nastala velika lesna tijela potrebna je velika i kontinuirana opskrba česticama odgovarajuće veličine i prikladne zamke niz vjetar (često vegetacijom obrasla površina zaštićena topografskom barijerom). Nastali sedimenti se mogu stabilizirati smanjenjem erozije vjetrom i vodom pomoću vegetacije i smanjena vlage. Kad se primarni lesovi prerađuju i ponovno talože drugim procesima tada nastaju takozvani sekundarni lesovi (Li i dr., 2020). Raspodjela eolskih sedimenata je uglavnom uvjetovana dostupnošću sedimenata, prevladavajućim smjerovima vjetra te prisutnošću odgovarajućih hvatača prašine (određene vrste vegetacije). Sama dostupnost sedimenta ovisi o udaljenosti od potencijalnih izvorišnih područja kao što su veliki riječni sustavi, suhi šelfovi ili glaciofluvijalne ravnice rubova ledenog pokrova (Lehmkuhl i dr., 2021).

4. Geografska važnost lesnih površina

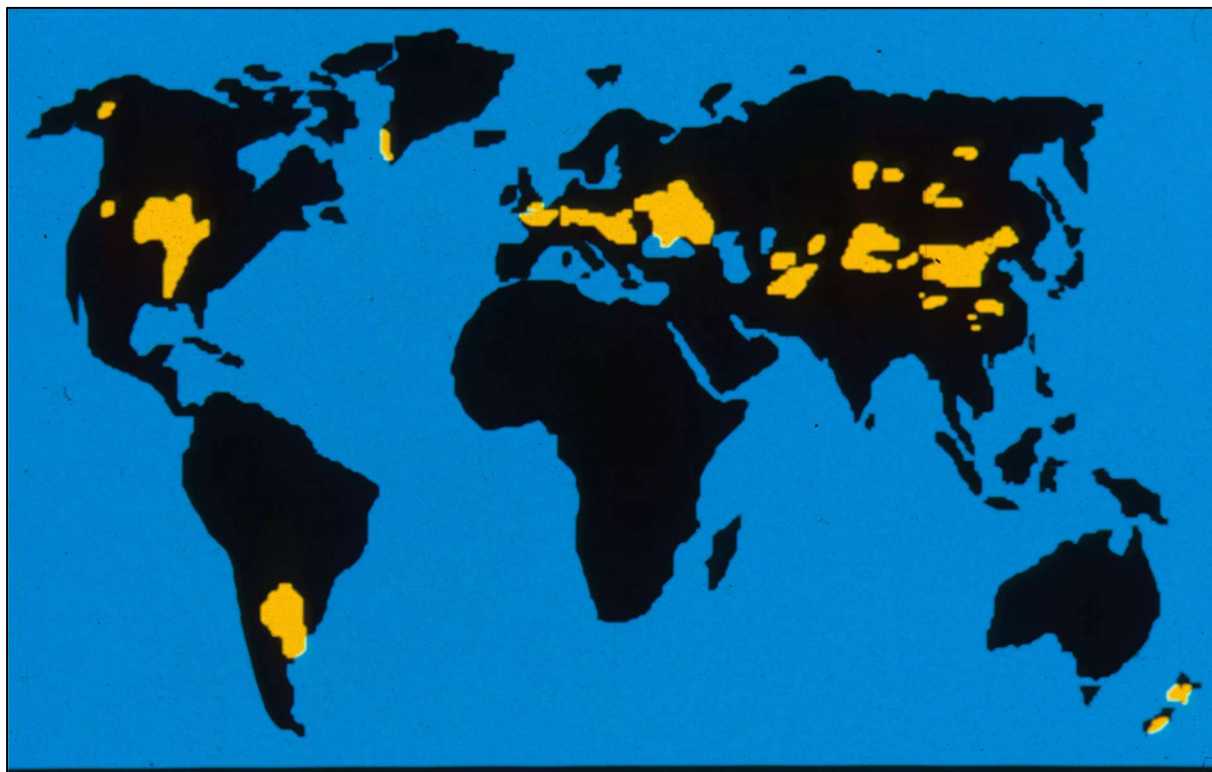
Les je vrlo važan jer se nakon posljednjeg glacijala, na njemu razvio debeli sloj izuzetno plodna tla. Moderna tla Europe se razvijaju od kraja posljednjeg (Würm) glacijala do prije otprilike 13 000 godina. Najgornji sloj lesa, taložen tijekom posljednjeg glacijala ima starost između 28 000 godina prije danas i 13 000 godina prije danas.



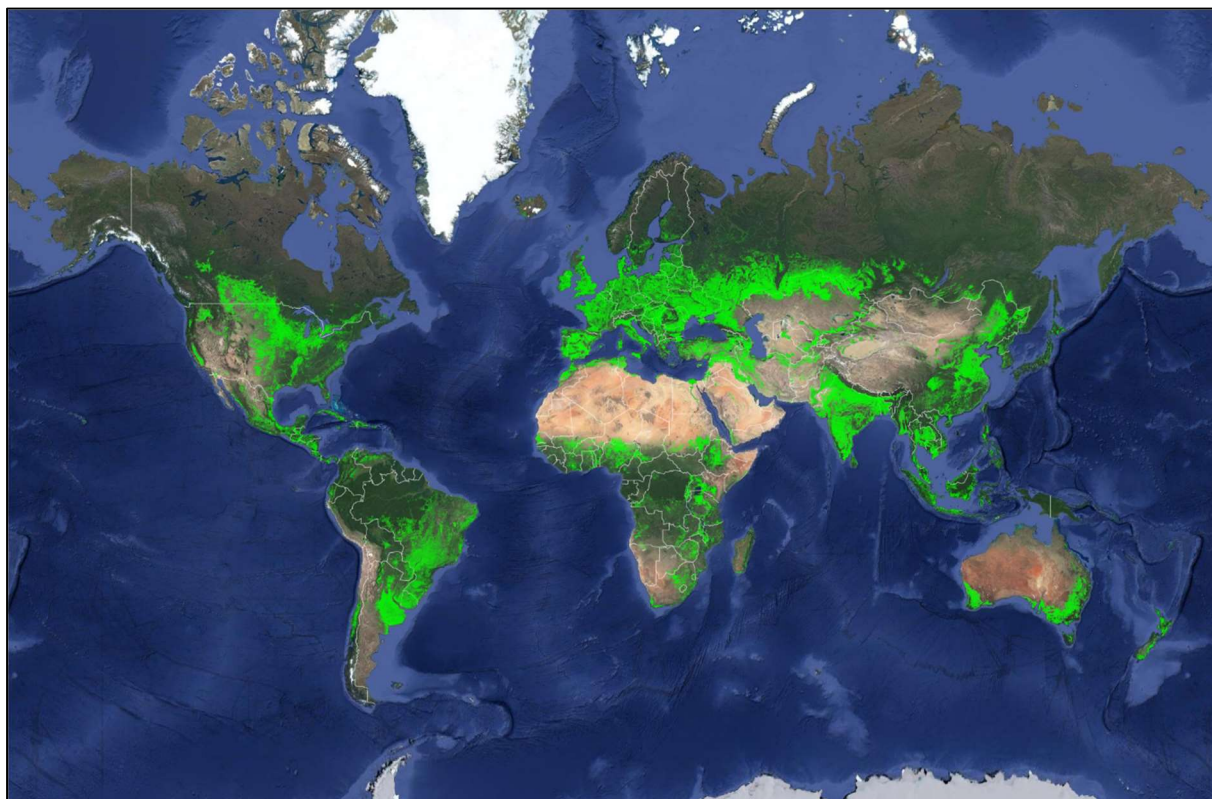
Sl. 8. Neolitska poljoprivredna središta (točke) i rasprostriranje lesa (sitne točkice) u srednjoj Europi (Clark, 1952; izvor: Šegota i Filipčić, 1996)

Radi se o laganim, poroznim tlima koja su kasnije, u neolitiku, s početkom poljoprivrede bila vrlo povoljna za razvoj agrarne poljoprivrede. Na slici 8 je prikazan odnos između rasprostranjenosti lesa i poljoprivrede u neolitiku. Kako je agrarna proizvodnja postala temelj ekonomije neolitskih zajednica, direktno je utjecala na geografsku raspodjelu stanovništva i naseljenosti. Neolitska poljoprivreda je, zbog primitivnih tehnika, značajno ovisila o prirodnoj osnovi te je bila najrazvijenija u lesnim područjima s plodnim tlom (sl. 8.). Poljoprivredno stanovništvo neolitika koje je naseljavalo srednju Europu je prakticiralo selilačku poljoprivredu i to na tlu razvijenom na lesu jer je obrada bila najlakša za tadašnje tehnike, a tlo je izuzetno plodno. Budući da se radilo o selilačkoj poljoprivredi, geografska rasprostranjenost lesa je važno utjecala na migracijske putove poljoprivrednika u neolitiku. Smatra se da je najstarija neolitska poljoprivreda započela u Moravskoj pa se proširila na istok do Galicije, a preko Poljske se raširila sve do donje Visle, potom na zapad i sjever uz rijeku Odru do Šleske, Labom do Saske te Dunavom do Bavorske i u konačnici je došla do lesnih područja uz Neckar, Mainu i Rajnu te dolinom Meuse na područje današnje Francuske. Dokaz da se radilo o selilačkoj poljoprivredi pruža činjenica da je migracija, za one uvjete, bila vrlo dinamična. Selidba u novi kraj je označavala napuštanje starijih naselja te povratka prirodnog biljnog pokrova na nekadašnje agrarne površine. Paleobotanička istraživanja su pokazala da takav ciklus ponavljao više puta, odnosno nakon nekog vremena bi izrasla šuma koju bi novi doseljenici spalili pa bi i

oni nakon nekog vremena, tj. nakon iscrpljenja tla, otišli. Šuma bi izrasla ponovno te bi došli novi doseljenici i tako više puta (Šegota i Filipčić, 1996).



Sl. 9. Karta rasprostranjenosti lesa u svijetu (Rodbell, 2008)



Sl. 10. Karta rasprostranjenosti poljoprivrednih površina (USGS, 2017)

Lesna tla su jedna od najvrjednijih vrsta tala u poljoprivredi, ono je matični supstrat za većinu obradivih tala na svijetu te je temelj za globalnu sigurnost hrane (Humin Tech, 2021). Ona su polazna točka za razvoj najboljih obradivih tala i šumskih tala. Svojom rasprostranjenošću u svijetu služi kao temelj poljoprivredne proizvodnje. Međutim, jedan od izazova zbog kojih su lesna tla ugrožena, je što se brzo troše procesima eolske erozije i ispiranja vodom kojima pridonosi intenzivna poljoprivreda. Iz tog se razloga javlja sve veća potreba za očuvanjem lesnih tala metodama proizvodnje usjeva koje čuvaju tlo od erozije. Ondje gdje je nekada prevladavala hladna i suha klima, sada sve više dominiraju maritimni uvjeti što potiče gubitak svojstava koja potiču stvaranje humusa i život u tlu (Humin Tech, n. d.). Poljoprivreda, uz održivo gospodarenje, može pridonijeti očuvanju lesnih tala i sprječavanju erozije. Najbolja zaštita od erozije je cjelogodišnji vegetacijskih pokrov te što više drveća (BGR, n. d.).

Kod lesnih tala je nekoliko važnih svojstava zbog kojih su pogodna za poljoprivredu. Tu spadaju visok kapacitet prinosa te sigurnost prinosa zahvaljujući brznoj pretvorbi i skladištenju hranjivih tvari, zbog dobro uravnoteženog omjera uskih, srednjih i širih pora, imaju dobru sposobnost skladištenja vode i dobro su prozračena te imaju visoku aktivnost mikroorganizama. Također, štetne tvari mogu biti zadržane u lesnom tlu pa se tako štite podzemne vode, a visoka razina mikroorganizama u lesnom tlu pridonosi brzom izmjeni nepoželjnih tvari (BGR, n. d.). Čak 80% žitarica se uzgaja na lesnom tlu, a les nudi i povoljne uvjete uzgoja za kulture koje zahtijevaju mnogo vode, primjerice šećerna repa (Lemken, n. d.). Kukuruz i vino također dobro uspijevaju na lesnim tlima (Humin Tech, n. d.).

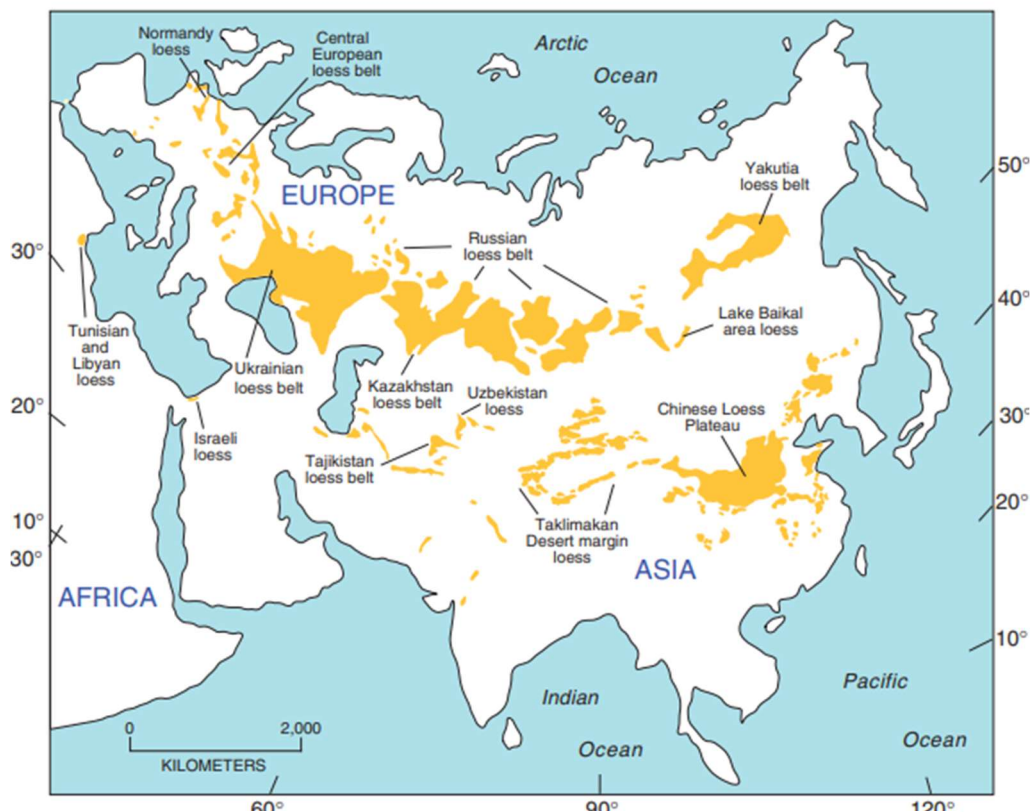
Visoki prinosi lesnih tala su mogli opskrbljivati veliki broj ljudi pa su tako lesna tla doprinijela razvoju gradova. Danas se mnogi gradovi nalaze u blizini regija s velikom količinom lesa, primjerice neki gradovi Njemačke Cologne, Magdeburg i Stuttgart (BGR, n. d.).

Na priloženim kartama (sl. 9. i 10.) se može usporediti svjetska rasprostranjenost lesnih i poljoprivrednih područja čime se može potvrditi važnost lesnih regija za svjetsku poljoprivredu. Najvažnija poljoprivredna područja Europe, Sjeverne i Južne Amerike se podudaraju s velikim lesnim regijama tih kontinenata. Također podudarnost se uočava i na Novom Zelandu.

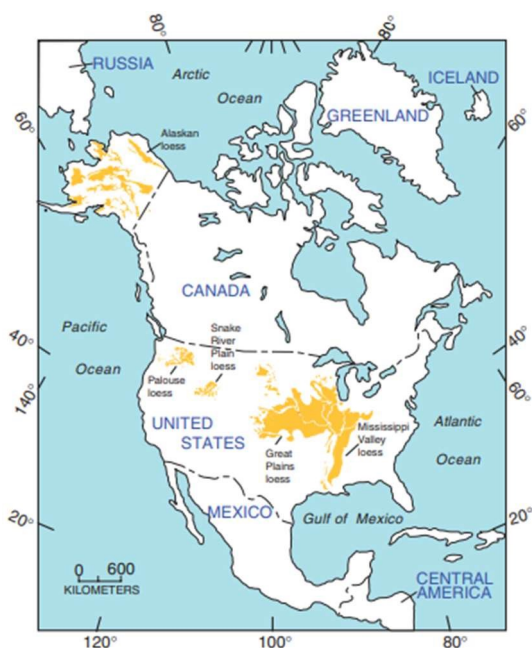
5. Geografska rasprostranjenost lesa

Zbog svoje velike rasprostranjenosti te povoljne teksture i mineralogije, les čini neka od najvažnijih poljoprivrednih područja na svijetu. Većina lesnih površina u Euroaziji (sl. 11.) je raširena između 40° i 60° sjeverne geografske širine, pokrivajući područja južno od kontinentalnih ili planinskih ledenjaka kvartarne starosti. Iznimka je jedino Kina, gdje je les raširen na nižim geografskim širinama koja nisu bila blizu ledenih pokrova.

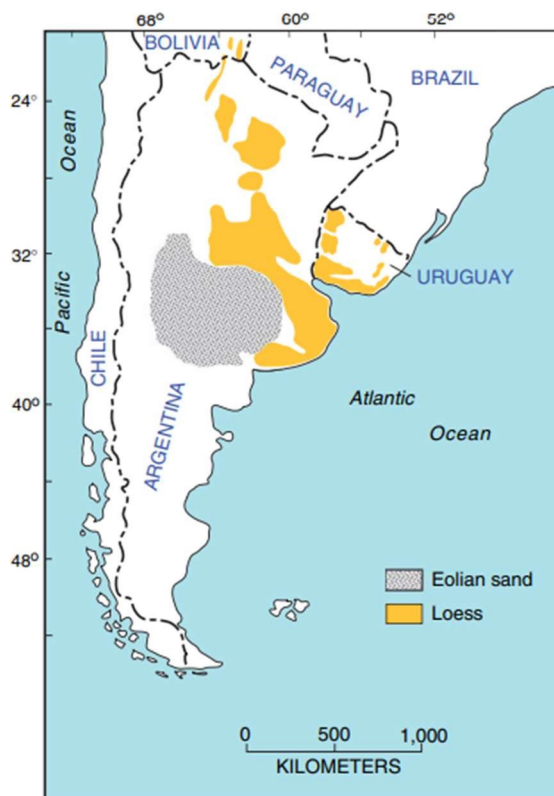
Les je prisutan i u Sjevernoj i Južnoj Americi (sl. 12. i 13.). U Južnoj Americi postoje dva velika lesna pojasa, les Pampas u središnjoj Argentini i les Gran Chaco u sjevernoj Argentini te je raširen na još nekim manjim, razdvojenim područjima. Čini se da su lesna tijela sjevernoameričkog središnjeg kontinenta kontinuirana u manjoj mjeri. Također, lesna tijela Sjeverne Amerike imaju različite debljine te upravo ta promjenjivost debljine lesa je jedan od najmoćnijih alata u paleoklimatskim rekonstrukcijama. Les nije rasprostranjen u Africi i suptropskim dijelovima Bliskog Istoka, već postoje samo neka manja, ograničena područja lesa u Tunisu, Libiji, Nigeriji, Namibiji te Izraelu. Također, većinom nije prisutan ni u Australiji, ali je zato raširen na Novom Zelandu (Muhs, 2007).



Sl. 11. Geografska rasprostranjenost lesa u Euroaziji (Muhs, 2007)



Sl. 12. Geografska rasprostranjenost lesa u Sjevernoj Americi (Muhs, 2007)



Sl. 13. Geografska rasprostranjenost lesa u Južnoj Americi (Muhs, 2007)

Les u Hrvatskoj

Les po svojim granulometrijskim svojstvima pokazuje izraženu zonalnost od istoka prema zapadu Hrvatske što je u skladu s različitostima fizičko-geografske osnove u panonskom i peripanonskom dijelu tokom pleistocena pa i danas. Prvenstveno se to odnosi na različitost klimatskih te reljefnih obilježja. Postupno povećanje vlažnosti se uočava u lesnim horizontima od panonske regije Hrvatske prema zapadu te je to povećanje trajalo tijekom svih (ili većine) klimatskih promjena od posljednjeg glacijala do danas (Lehmkuhl i dr., 2021). Veća dinamika reljefa i veća vlažnost zapadnog dijela kontinentalne Hrvatske te onda i veća izraženost destruktivnih procesa su uvjetovali veću zbijenost i oglinjenost naslaga lesa u zapadnom nego u istočnom prostoru Hrvatske, koji obilježava veća sušnost i manja energija reljefa što je pogodovalo akumulacijskim procesima te razvoju tipskih naslaga lesa (Bognar, 1978).

Postoji i pravilnost kod izmjene granulometrijskih obilježja lesa i lesu sličnih sedimenata. Naime, s porastom visine mehanički sastav lesa postaje sve grubljim i heterogenijim. Naslage tipskog lesa u Hrvatskoj su znatno kompaktnijih obilježja od onih istočno, sjeverno i sjeveroistočno od Dunava. To je posljedica veće vlažnosti tog dijela Srednjodunavskoga bazena

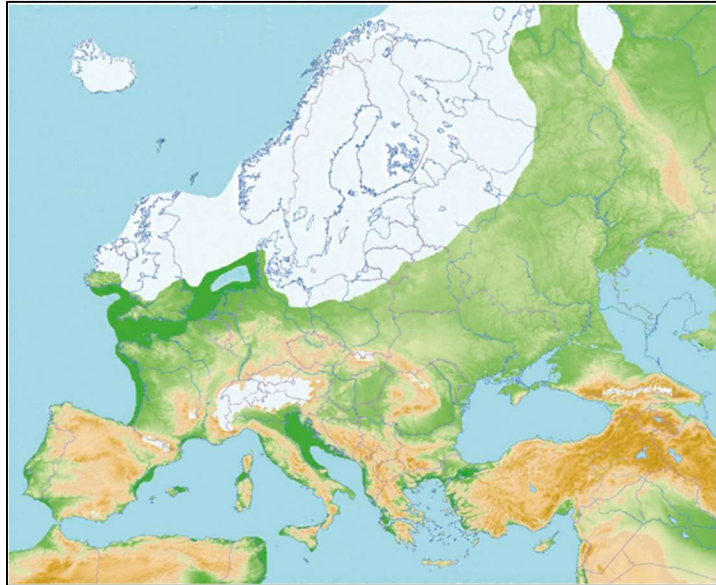
tokom pleistocena, odnosno veće blizine mora i znatno intenzivnijeg utjecaja maritimnih zračnih masa. Vlažnost je utjecala na jače cementiranje čestica (Bognar, 1978).

Kemijski sastav lesa u Hrvatskoj je većinom veoma sličan. Specifičnosti se uglavnom odnose na velike razlike u udjelu CaCO_3 . Na to su uz makroklimatska obilježja utjecali i svi ostali elementi fizičko-geografske osnove u određenom vremenu i prostoru. Iz toga proizlazi i prostorna zonalnost karbonatnosti lesa i njemu sličnih sedimenata, od istoka do zapada Hrvatske. Mineralni sastav je uglavnom uniforman. Lokalne razlike su posljedica različitog sastava gromadnih masiva i izvorišnih područja naših alpskih rijeka koje su donosile najviše prašinstog materijala tokom pleistocena (Bognar, 1978).

Debljina lesa i njemu sličnih sedimenta je različita te se kreće u rasponu od 0,5 metara do 60 i više metara u kontinentskom dijelu, odnosno od 0,5 metara do 40 metara u primorskom dijelu države. Prema tome, tokom pleistocena nisu postojali univerzalni uvjeti akumulacije primarnog prašinstog materijala. Uzroci različitih horizontalnih i vertikalnih razvoja lesa su mnogobrojni. Tu spadaju fizičko-geografski preduvjeti u danom vremenskom razdoblju i prostoru, raspored riječnih plavina i drugih izvora prašinstog materijala u odnosu na dominantne regionalne vjetrove, obilježja riječnog i padinskog modeliranja, tektonika i vegetacijski pokrov. Treba dodati i čovjeka te njegov utjecaj tijekom holocena. Pravilo je da je debljina sedimenata lesa veća ondje gdje su postojali povoljni uvjeti za taloženje prašinstog materijala. Tu pripadaju tektonski stabilniji, zaravnjeniji i ocjeditiji dijelovi današnjih lesnih zaravni, stare riječne terase te platoi pobrđa i prigorja. Na zaravnima lesa, ovisno o intenzitetu i trajnosti djelovanja akumulacijskih i destruktivnih procesa, debljina sedimenata lesa se kreće od 20 m do 50 i više metara. Primjerice les i njemu slični sedimenti na Vukovarskoj, Južnoj i Sjevernoj baranjskoj lesnoj zaravni, Erdutskom brijegu i Banskom brdu su debljine od 50 metara, dok su na zapadnije položenoj Đakovačkoj lesnoj zaravni, gdje su destruktivni procesi nešto izraženiji zbog veće vlažnosti, naslage lesa tanje, od 17 do 33 metra (Bognar, 1978). Jedinstvenost paleosola u zapadnom dijelu Panonske regije u Hrvatskoj je da je povećana udaljenost od izvora omogućila pedogenezi da nadmaši akumulaciju lesa, tako da se u ovom dijelu ne može pronaći nepromijenjeni les (Lehmkuhl i dr., 2021). Sedimenti lesa su registrirani i na zaravnjenim platoima brežuljkastih krajeva u Središnjoj Hrvatskoj. Nešto tanji les se nalazi i na starijim virmskim terasama Drave i Save (15-20 metara). Mlađe virmske, starije holocenske terase te viši dijelovi naplavnih ravni su pokriveni sedimentima fluvijalnog lesa i sličnim sedimentima, u prosjeku debljine od 0,5 do 6 metara. U primorju je najveća debljina lesnih naslaga uočena na otoku Susku i to oko 30 metara, dok su na ostalim lokalitetima znatno tanje lesne naslage.

Njihova rasprostranjenost je diskontinuirana i nejednaka. Les u jadranskoj regiji uglavnom potječe iz posljednjeg glacijalnog razdoblja (Lehmkuhl i dr., 2021). Tragovi lesu sličnih sedimenata su uočeni i u nekim poljima u kršu (Bognar, 1978).

Akumulacijom velike količine leda na kopnu je u posljednjem glacijalu došlo i do pada morske razine koja je u razdoblju najnižeg položaja bila za oko 100 metara niža nego danas (sl. 14.). U razdoblju niske morske razine veliki dio Jadrana je bio kopno po kojemu su tekle rijeke iz sjeverne Italije (led je prekrivao veći dio Alpa, a dolinama su spuštali planinski ledenjaci prema rijeci Po), iz našeg primorja te s Apeninskog poluotoka. Rijeke su iz Padske nizine i Apeninskog poluotoka donosile



Sl. 14. Paleogeografska karta Europe u razdoblju posljednjeg glacijala, bijela boja predstavlja ledene pokrove (Becker i dr., 2015)

rastresit materijal iz kojeg su se otpuhivale najsitnije čestice hladnim i suhim vjetrom te su se taložile ondje gdje je slabila njegova transportna moć. Na taj je način nastao les koji se do danas održao na Susku, ponegdje na Istarskoj obali, u okolici Zadra te na nekim otocima sve do Lumbarde na Korčuli i do Mljeta. Les je dokaz o postojanju kopna na današnjem sjevernom Jadranskom moru. Također to dokazuju i migracije životinja, posebno sisavaca i biljaka koji su kopnom dospjeli na današnje otoke što pokazuje povezanost otoka s kopnom u fazi najnižeg položaja srednje razine mora (Šegota i Filipčić, 1996).

Kod traženja odgovora na pitanje porijekla primarnog prašinstog materijala, mineraloške analize te rasprostiranje lesa i lesu sličnih sedimenata ukazuju da izvore lesa u Hrvatskoj treba tražiti unutar Hrvatske, potom u Alpama i Dinaridima. Kriofrakcija, glacijalna i fluvijalna erozija te prijenos i padinski procesi modeliranja su dali osnovnu masu prašinstog materijala iz kojeg se kasnije dijagenozom razvio les i njemu slični sedimenti (Bognar, 1978). Ako se rasprostiranje lesa i njegove mineraloške osobine dovedu u vezu s naplavinama rijeke Drave, Save, Dunava i njihovih pritoka, jasno se vidi da su akumulaciju prašinstog materijala eolskog porijekla izvršili prvenstveno sjeverni te sjeveroistočni vjetrovi tokom razdoblja maksimuma posljednjeg glacijala i to tokom ljetnog dijela godine kada su postojali najoptimalniji uvjeti za

eolski rad. To isto vrijedi za akumulaciju prašinastog materijala iz kojeg su nastali sedimenti derazijskog i fluvijalnog lesa i njemu sličnih sedimenata (Bognar, 1978).

6. Zaključak

Ledeni pokrovi se stvaraju samo specifičnim kombinacijama faktora kojima se stvaraju najpovoljniji uvjeti za njihov nastanak. Takve kombinacije zapravo nastaju vrlo rijetko. Geografski faktori stvaraju ledene pokrove koji se dalje razvijaju u skladu s procesima koje sami stvaraju dok oni istovremeno gube važnost.

Danas se koriste tehnike vađenja uzoraka sedimenata sondama kojima se zahvaćaju sedimenti taloženi u posljednjih nekoliko stotina tisuća godina pa se analizama utvrđuje promjena temperature u razdobljima njihova taloženja. Taj slijed klimatskih promjena se utvrđuje izotopskom analizom kisika iz morskih sedimenata pa se na temelju toga izrađuju termogrami promjena temperature dijela kvartarne glacijacije. Istraživanja pokazuju da je posljednji glacijal virm bio najhladniji glacijal pleistocena.

Postupni pad temperature koji je i uzrokovao stvaranje velikih ledenih pokrova posljednjeg glacijala, počeo je čini se prije 70 000 godina. Zahlađenje je nastupalo postepeno, a prije 70 000 godina su nastali povoljni uvjeti za širenje ledenih pokrova. Padaline su donosili vjetrovi s juga pa su se ledeni pokrovi na sjevernoj hemisferi širili prema jugu i to u susret vjetrovima koji su donosili padaline. Ekvatorska granica ledenih pokrova je bila određena temperaturama u toplom, ljetnom dijelu godine i padalinama, odnosno ovisila je o odnosu akumulacije i ablacije te je ona predstavljala najjužniju granicu njihova razvoja. Posljednji je glacijal, virm ili virmski glacijal u Europi počeo prije 70 000 godina i trajao do prije 10 000 godina te njegov maksimum predstavlja prekretnicu u klimi planeta. Uključujući i brojna odvojena zaleđena područja u planinama te na otocima, na sjevernoj hemisferi je 26,78 milijuna kilometara kvadratnih bilo zaleđeno te tome treba dodati i nekoliko milijuna kilometara kvadratnih zaleđenog Sjevernog ledenog mora i sjevernog Atlantika. Zajedno s ledenim pokrovom Antarktike, led je prekrivao 40 milijuna kilometara kvadratnih, odnosno 26,5 % površine kopna (Šegota i Filipčić, 1996).

Hladni les se pojavljuje kao rezultat ledenjačkog mljevenja matične stijene te eolskog širenja nastalog finog materijala u periglacialnoj klimi. Oblikovanje lesa općenito uključuje četiri faze, a to su proizvodnja, deflacija, transport i taloženje čestica. Njegovo eolsko porijeklo je definitivno utvrđeno te je uspostavljen jasan odnos između taloženja lesa i glacijalno-

interglacijalnih ciklusa. Les se taloži u kasnijim fazama širenja ledenog pokrova kad se javlja istočni vjetar, tj. kada glacijalna anticiklona postane dominantni faktor u glacijalnoj atmosferskoj cirkulaciji. Serije lesnih slojeva i humusnih zona nisu taložene jednako već je debljina pojedinih horizonata proporcionalna trajanju glacijala i interglacijala te klimatskim uvjetima sedimentacije pa se tako sama debljina slojeva povećava prema maksimumu glacijacije, a smanjuje se od maksimuma prema kraju glacijacije. Pulsacija ledenih pokrova sjeverne hemisfere se odrazila na ritam sedimentacije lesa. Stadijali su imali sušniju i hladniju klimu pa je u tim fazama taložen les ili prapor, eolski sediment, a interstadijali su imali topliju i vlažniju klimu u odnosu na prethodno razdoblje pa su tada nastajala fosilna tla. Treba naglasiti da odnos između klimatskih promjena i razdoblja taloženja lesa nije jednostavan. Uvjeti njegova nastanka su postojali u najhladnijim razdobljima posljednjeg glacijala te su tada jaki, hladni i suhi vjetrovi puhali kroz periglacialnu zonu te sa podloge otpuhivali materijal i tamo gdje je njihova moć slabila je on istaložen te je daljnjom dijagenezom nastao les. Intenzitet i trajanje njegove sedimentacije su se mijenjali te naglo porasli u drugom dijelu posljednjeg glacijala, najviše u njegovom maksimumu što treba pripisati aridizaciji te velikom zahlađenju klime tokom maksimuma posljednjega glacijala.

Postojanje lesa je vrlo važno zbog razvoja vrlo plodnog tla na njemu. To su lagano, porozna, plodna tla koja su u neolitiku bila vrlo važna zbog početaka razvoja poljoprivrede koja bila temelj ekonomije neolitskih zajednica. Te su zajednice, zbog primitivnih tehnika, ovisile o prirodnoj osnovi koja je direktno utjecala na geografsku raspodjelu stanovništva i naseljenosti. Upravo iz tih razloga je neolitska poljoprivreda bila najrazvijenija na lesnim zaravnima s plodnim tlom. Geografska rasprostranjenost lesa je utjecala i na migracijske putove poljoprivrednika u neolitiku.

Također, lesne zaravni imaju izuzetnu važnost i vrijednost za današnju poljoprivredu. Neka od povoljnih svojstava lesa su veliki prinosi, dobra sposobnost skladištenja hranjivih tvari i vode, povoljna poroznost i prozračnost, visoka aktivnost mikroorganizama te sposobnost zaštite podzemnih voda od toksičnih tvari. Les predstavlja matični supstrat za većinu obradivih tala svijeta te je vrlo važan za globalnu sigurnost hrane. Lesna tla su podložna procesima erozije vjetrom i vodom koje pospješuje intenzivna poljoprivreda te je to jedan od glavnih izazova u očuvanju lesnih tala svijeta.

Les i lesu slični sedimenti se prostiru na nekih 35,7% površine Republike Hrvatske. Najviše se rasprostire na kontinentalnom dijelu Hrvatske gdje je raširen na 66% površine, dok je u primorju fragmentarno raširen.

Literatura:

Becker, D., Verheul, J., Zickel, M., Willmes, C., 2015: LGM paleoenvironment of Europe – Map, CRC806-Database, DOI: 10.5880/SFB806.15.

Bognar, A., 1978: Les i lesu slični sedimenti Hrvatske, *Hrvatski geografski glasnik* 40 (1), 21-38.

Bosq, M., Kreutzer, S., Bertran, P., Lanos, P., Dufresne, P., Schmidt, C., 2023: Last Glacial loess in Europe: luminescence database and chronology of deposition, *Earth System Science Data* 15, 4689-4711, DOI: 10.5194/essd-15-4689-2023.

Clark, J. G. D., 1952: *Prehistoric Europe. The Economic Basis*. London.

Humin Tech, n. d.: Loess soils are essential for human survival and must be protected, <https://www.humintech.com/agriculture/blog/loess-soil-gone-with-the-wind> (05.09.2024.)

Lehmkuhl, F., Nett, J., Pötter, S., Schulte, P., Sprafke, T., Jary, Z., Antoine, P., Wacha, L., Wolf, D., Zerboni, A., Hošek, J., Marković, S. B., Obreht, I., Sümegi, P., Veres, D., Zeeden, C., Boemke, B., Schaubert, V., Viehweger, J., Hambach, U. 2021: Loess landscapes of Europe - Mapping, geomorphology, and zonal differentiation, *Earth-Science Reviews* 215, 1-42, DOI: 10.1016/j.earscirev.2020.103496.

Lemken, Our soil – our future, n. d.: Loess soil – fertile but dusty gold, <https://boden.lemken.com/en/soil-fertility/loess-soil/> (05.09.2024.)

Li, Y., Shi, W., Aydin, A., Beroya-Eitner, M. A., Gao, G., 2020: Loess genesis and worldwide distribution, *Earth-Science Reviews* 201, 1-22, DOI: 10.1016/j.earscirev.2019.102947.

Muhs, D. R., 2007: Loess deposits, origins and properties, *Encyclopedia of Quaternary Science*, 1405-1418, DOI: 10.1016/B0-44-452747-8/00158-7.

prapor. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2013. – 2024. Pristupljeno 1.9.2024. <https://www.enciklopedija.hr/clanak/prapor>

Rodbell, D. T., 2008: Loess, Soil Development, and Glaciation of the Mississippi Valley, <https://serc.carleton.edu/vignettes/collection/25463.html> (05.09.2024.)

Schaffernicht, E. J., Ludwig, P., Shao, Y., 2020: Linkage between dust cycle and loess of the Last Glacial Maximum in Europe, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 4969-4986, DOI: 10.5194/acp-20-4969-2020.

Šegota, T., 1963: Geografske osnove glacijacija, *Radovi Geografskog instituta* 4 (1), 7-119.

Šegota, T., Filipčić, A., 1996: *Klimatologija za geografe*, Zagreb.

Izvori:

Panopticum, 2021: Vukovarski geolokalitet svjetske važnosti, <https://panopticum.hr/vukovarski-geolokalitet-svjetske-vaznosti/> (24. 08. 2024.)

USGS, 2017: New Map of Worldwide Croplands Supports Food and Water Security, <https://www.usgs.gov/news/featured-story/new-map-worldwide-croplands-supports-food-and-water-security> (05.09.2024.)

BGR, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, n. d.: Loess Soil – Soil of the year 2021, https://www.geozentrum-hannover.de/EN/Themen/Boden/Bodenbewusstsein/Boden_des_Jahres/Boden_des_Jahres_2021_en.html (05.09.2024.)

Popis priloga

Sl. 1. Gorjanovićev lesni profil, Vukovar.....	2
Sl. 2. Intenzitet, odnosno površinski razvoj glacijacije sa superponiranim oscilacijama drugog reda (glacijali G1, G2, itd., i interglacijali I1, I2, I3 itd.).....	5
Sl. 3. Konceptualni model koji objašnjava vezu između Europskog ciklusa atmosferske prašine tokom maksimuma posljednje glacijacije i sedimenata lesa. Glavna područja taloženja prašine (smeđe), područja emisije prašine (šrafirano), uzorci vjetra (strelice) i tlačni sustavi (H za visoki tlak, L za niski tlak), (a) sjeveroistočni, istočni i jugoistočni vjetrovi uzrokovani polutrajnim sustavom visokog tlaka iznad euroazijskog ledenog pokrova koji su prevladavali 36% vremena iznad Srednje Europe (prozirne strelice s crnim rubom), (b) ciklonski atmosferski sustavi koji su prevladavali 22% vremena iznad Srednje Europe, euroazijski ledeni pokrov (bijelo).....	10
Sl. 4. Stope taloženja prašine tokom maksimuma posljednjeg glacijala (Schaffernicht i dr., 2020) u usporedbi s rasprostranjenošću lesa i glavnim lesnim domenama u Europi.....	12
Sl. 5. Karta rasprostranjenosti lesa u Europi.....	13
Sl. 6. Klasičan model nastanka glacijalnog lesa.....	17
Sl. 7. Shema nastanka lesa u sjevernoj Njemačkoj.....	17
Sl. 8. Neolitska poljoprivredna središta (točke) i rasprostiranje lesa (sitne točkice) u srednjoj Europi.....	19
Sl. 9. Karta rasprostranjenosti lesa u svijetu.....	20
Sl. 10. Karta rasprostranjenosti poljoprivrednih površina.....	20
Sl. 11. Geografska rasprostranjenost lesa u Euroaziji.....	22
Sl. 12. Geografska rasprostranjenost lesa u Sjevernoj Americi.....	23
Sl. 13. Geografska rasprostranjenost lesa u Južnoj Americi.....	23
Sl. 14. Paleogeografska karta Europe u razdoblju posljednjeg glacijala, bijela boja predstavlja ledene pokrove.....	25