

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
ĢEOLOĢIJAS NODAĻA

**GLACIĀLO EZERU AIZAUGŠANAS INTENSITĀTE
VIDZEMES AUGSTIENES MEŽOLES PAUGURAINES
CENTRĀLAJĀ DAĻĀ
MAĢISTRA DARBS**

Autors: **Līga Salmane**
Stud. apl. ls 08310
Darba vadītājs: Dr. ģeog.,
asoc. prof. Laimdota Kalniņa

RĪGA 2010

ANOTĀCIJA

Salmane L. „Glaciālo ezeru aizaugšanas intensitāte Vidzemes augstienes Mežoles pauguraines centrālajā daļā”. Maģistra darbs. Rīga, Latvijas Universitāte, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte.-2010.

Darbs ietver: 70 lappuses, 7 nodaļas, anotāciju latviešu un angļu valodā, izmantotās literatūras sarakstu, 19 attēlus, 2 tabulas un 5 pielikumus.

Maģistra darba izstrādes gaitā veiktie pētījumi un iegūtie rezultāti sniedz informāciju par glaciālo ezeru aizaugšanas intensitāti Vidzemes augstienes Mežoles pauguraines centrālajā daļā, kā arī apkārtnes ģeoloģisko attīstību.

Darba gaitā autore iepazinās ar pieejamo literatūru par Mežoles pauguraines ezeriem, ar kartogrāfiskajiem materiāliem un interneta resursiem, apguva lauka darbu metodes, veica urbšanu, nogulumu vizuālo novērtēšanu, dokumentēšanu un paraugu ievākšanu, apguva un veica sporu-putekšņu analīzi. Iegūtie dati izmantoti Mežoles pauguraines centrālās daļas ezeru aizaugšanas intensitātes un ģeoloģiskās attīstības raksturošanai.

Atslēgas vārdi: ezeru aizaugšana, glaciālie ezeri, Dzērbenes ezeru grupa, subglaciālā vāga, sporu un putekšņu analīze.

ANOTATION

Salmane L., „Intensity of glacial lake overgrowing processes at the Central part of Mežole hilly area, Vidzeme Upland”. Master’s thesis. Riga, University of Latvia, Faculty of Geography and Earth Sciences. 2010.

Master’s thesis includes 70 pages, 7 chapters, an annotation in Latvian and English, list of references, 19 figures, 2 tables, 5 appendix.

The scope of Master’s thesis is to describe and characterise intensity of glacial lake overgrowing processes at the Central part of Mežole hilly area, Vidzeme Upland, including geological development.

The survey of literature, cartographical materials, internet resources, including description Lakes of Mežole hilly area and its vicinity is given in the work. There are described field methods and study and results of coring, deposit visual evaluation and description of deposits and sampling for laboratory analyses, spore-pollen analysis have been carried out. The obtained data have been used for characterisation of the Lakes overgrowing processes at the Mežole hilly area and geological development.

Key words: lake overgrowing, glacial lakes, lake group of Dzerbene, tunnel valley, spore and pollen analysis.

SATURS

ANOTĀCIJA	2
ANOTATION	3
IEVADS	5
1. TERITORIJAS FIZIOĢEOGRĀFISKAIS RAKSTUROJUMS.....	7
2. PĒTĪJUMA TERITORIJAS ĢEOLOĢISKĀ UZBŪVE	11
3. EZERDOBES UN TO TIPI	15
3.1. Glaciālo ezeru raksturojums	15
3.2. Ezeru aizaugšanas procesi.....	18
4. PĒTĪTO EZERU RAKSTUROJUMS	20
5. MATERIĀLI UN PĒTĪJUMU METODES.....	24
5.1. Lauka pētījumu metodes	24
5.2. Laboratorijas pētījumu metodes.....	27
5.2. Laboratorijas pētījumu metodes.....	28
5.2.1. <i>Sporu – putekšņu analīze</i>	28
5.2.2. <i>Kūdras sadalīšanās pakāpes noteikšana</i>	30
5.2.3. <i>Kūdras botāniskā sastāva noteikšana</i>	31
5.3. Kamerālie darbi.....	32
6. REZULTĀTI.....	33
6.1. Lauka darbu rezultāti	33
6.1.1. <i>Ezeru dziļuma mērījumi</i>	33
6.1.3. <i>Ģeoloģiskā uzbūve</i>	36
6.2. Laboratorijas darbu rezultāti	39
6.2.1. <i>Kūdras botāniskais sastāvs un sadalīšanās pakāpe</i>	39
6.2.2. <i>Sporu – putekšņu analīzes rezultāti</i>	42
7. DISKUSIJA.....	48
7.1. Reljefa ietekme uz ezera aizaugšanas procesu intensitāti.....	48
7.2. Paleoveģetācijas izmaiņas ezeru attīstības laikā.....	52
SECINĀJUMI	56
LITERATŪRAS SARAKSTS	57
PIELIKUMI.....	60
1.pielikums. Juvera ezera nogulumu urbumu apraksti	61
2. pielikums. Raunaiša ezera nogulumu urbumu apraksti	64
3. pielikums. Vidzemes augstienes holocēna nogulumu vidējā putekšņu diagramma	68
4. pielikums. Ķūžu ezera sporu-putekšņu diagramma.....	69
5. pielikums. Reljefa augstuma 3D modelis ar trīskāršu reljefa pārspīlējumu	70

IEVADS

Latvijas ezeru ezerdobes radušās sarežģītu, parasti kombinētu ģeoloģisko procesu gaitā. Latvijā, it sevišķi augstienēs, pārsvarā ir glaciālas izcelsmes ezeri, kas veidojušies leduslaikmeta beigu posmā. No glaciālajām ezerdobēm īpaši izteiktas ir ledāja kustības virzienā garenstieptās ezerdobes. Ezeri veidojušies grēdu un vaļņu starpieplakās, starppauguru ieplakās, ielejveida pazeminājumos, subglaciālās vagās. Pēdējo orientācija atkarīga no senajām ielejveida formām ledāja kustības ceļā (Zelčs, 1995). Lielākajai daļai glaciģēnās izcelsmes ezeru holocēnā jeb pēdējo 10000 gadu laikā ir samazinājusies ezera atklātās ūdens virsmas platība. Piemēram, Burtnieka ezera platība ir samazinājusies apmēram trīs reizes (Eberhards, 2006). Tam par iemeslu visbiežāk ir eitrofikācija un ezeru seklo līču aizaugšana, jo kopš ezeru izveidošanās ilgākā vai īsākā laika posmā ezeri mainās. Glaciālie ezeri leduslaikmeta beigu posmā ir oligotrofi, bet vēlāk atkarībā no to parametriem, novietojuma un vides apstākļiem ezera attīstības tipi secīgi nomaina cits citu – oligotrofie ezeri kļūst mezotrofi, bet ezera nākošā stadijā tie kļūst eitrofi. Eitrofi ezeri savukārt var kļūt hipereitrofi, jo eitrofikācijas procesa rezultātā ūdenī palielinās izšķīdušo barības vielu daudzums, kas savukārt veicina ezeru aizaugšanu (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004). Izveidojušies, aizaugot sekliem ezeriem vai to līčiem. Tādejādi var spriest, ka ezeru aizaugšana ir sākusies jau preboreālā, kad, tiem aizaugot, sākuši veidoties purvi (Kalniņa, 2008). Ezeru aizaugšanas problēma ir aktuāla arī mūsdienās, jo, lai varētu kvalitatīvi izstrādāt ezeru apsaimniekošanas plānus ir svarīgi zināt, cik kāda ir ezera attīstības gaita, cik intensīvi tas aizaug.

Pētījumam izvēlēta Vidzemes augstienes Mežoles pauguraine, kurā ir daudz nelielu glaciģēnās izcelsmes ezeru, tai skaitā Dzērbenes ezeru grupa, kuru ar šādu nosaukumu nodalījis A. Tidriķis 1995. gadā (Tidriķis, 1995) un, kas ir viena no sarežģītākajām un maz izpētītām ezeru grupām, kuru veido vairāk nekā 15 glaciālas izcelsmes ezeri. Tie izvietojušies savstarpēji paralēlās ezeru virtenēs, kurās viens ezers no otra atdalīts ar sliksni, kuru galvenokārt veido glaciģēnie nogulumu. Līdz šim ir maz pētījumu par šo ezeru ģeoloģisko attīstību, kā arī maz datu par to, kad un kādu iemeslu dēļ sākusies ezeru aizaugšana.

Autore bakalaura darba ietvaros iesākusi ezeru attīstības un nogulumu pētījumus, lielāku vērību piegriežot tieši Juverim. Turpinot Mežoles pauguraines ezeru pētījumus, autore vēlējas pētīt ezeru attīstības gaitu holocēnā un to aizaugšanas procesus, jo par augstieņu glaciālo ezeru aizaugšanas procesiem ir ļoti maz informācijas, kaut gan tā ir svarīga izstrādājot ezeru apsaimniekošanas pasākumus.

Darba mērķis - novērtēt Mežoles pauguraines ezeru aizaugšanas intensitāti, detālāk pētīt Dzērbenes ezeru grupas ezerus, kuri atrodas pauguraines augstākajā daļā.

Darba uzdevumi:

- atbilstošo literatūras avotu un kartogrāfiskā materiāla apzināšana un analizēšana;
- Dzērbenes ezeru grupas ezeru apsekošana, aizauguma vizuālā novērtēšana;
- ezeru dziļuma mērīšana;
- nogulumu urbšana un zondēšana;
- paraugu ņemšana nogulumu analīzēm;
- nogulumu paleobotāniskās analīzes;
- novērojumu, analīžu datu un kartogrāfiskā materiāla apstrāde ar datorprogrammām (Excel, TILIA, ArcMap);
- iegūtā materiāla analīze.

Darba autore laboratorijas darbus veica LU ĢZZF Kvartārģeoloģijas laboratorijā. Darba pētījumus veica ar mikroskopu *Motic 2.0*, sildvirsmu *Servus*, kas iegādāti par ESF līdzekļiem. Darba izstrādes gaitā tika veiktas 54 sporu-putekšņu un 21 nogulumu bioloģiskā sastāva analīzes.

Darba tapšanā autore izsaka lielu pateicību maģistra darba vadītājam Laimdotai Kalniņai, konsultantei Aijai Ceriņai, kā arī Jānim Klimovičam, Mārim Krievānam, Elīzai Kuškei par palīdzību, sapratni un atsaucību.

1. TERITORIJAS FIZIOĢEOGRĀFISKAIS RAKSTUROJUMS

Pētījuma teritorija atrodas Vidzemes augstienes Mežoles pauguraines centrālajā daļā, kas, ietver Dzērbenes ezeru grupu, Raunaiša un Gulbenes ezerus, kā arī Lodes-Taurenes ezeru grupu.

Vidzemes augstiene (1.1. attēls), kuras ziemeļdaļā atrodas Mežoles pauguraine, kas ir izdalīta kā atsevišķs ģeogrāfiskais reģions un ir augstākā Latvijas augstiene. Mežoles pauguraine aizņem augstienes ziemeļu nogāzi un tai piegulošo teritoriju līdz Augšgaujas pazeminājumam. Virsmas kāpumi no augstienes perifērijas pret tās vidieni ir lēzenāki ziemeļaustrumu, bet stāvi dienvidaustrumu pusē (Āboltiņš, 1998).

Vidzemes augstiene ir tipiska salveida augstieņu grupas pārstāve. Tās reljefā morfoģenētiski izdalās centrālā un perifērijas zona, ko noteica akumulācijas procesu un reljefa veidošanās apstākļu atšķirības šajās teritorijās. Centrālajā zonā, kuras robežās zemes virsas absolūtais augstums pārsvarā pārsniedz 180-200 m un kurā atrodas hipsometriski augstākie iecirkņi, dažādo reljefa formu veidošanās un nogulumu uzkrāšanās īpatnības lielā mērā noteica ledāja plūsmas savstarpējā mijiedarbība ar tās gultni (Juškevičs, Skrebels, 2002).

Vidzemes augstiene veido morfoloģiski vienotu rombveida masīvu ar atzarojumu tā ziemeļaustrumu stūrī, un to norobežo izteiksmīgas nogāzes. Virsas absolūtais augstums gandrīz visur pārsniedz 180 m vjl. un tikai perifērijā vietām samazinās līdz 100 m vjl. Pauguru relatīvais augstums ir 5-50 m. Vidzemes augstienes reljefā skaidri nodalās centrālā un perifērā zona. Plašajai centrālajai zonai raksturīga daudzveidīgu pauguru, paugurmasīvu un pauguru grupu mija ar dažāda lieluma un formas ieplakām. Hipsometriski augstākie pauguri ir teritorijā, kas nodalīta kā patstāvīgi dabas apvidi – Mežoles, Piebalgas un Vestienas paugurainē. Tajās atrodas arī Vidzemes augstienes augstākie punkti. Ziemeļu un rietumu daļā tās ir nedaudz zemākas – Slapjuma kalns 248 m vjl., centrālajā daļā – Andrēnu kalns 263 m vjl. un dienvidaustrumu daļā – Nesaules kalns 284 m vjl., Sirdskalns 296 m vjl., Gaiziņkalns 311 m vjl. (Āboltiņš, 1998).

Mežoles pauguraine – dabas apvidus Vidzemes augstienes ziemeļrietumu daļā, kuru veido paugurmasīvi un starppauguru ieplakas. Pauguraines platība pēc O. Āboltiņa aprēķiniem (Āboltiņš, 1995) sasniedz 1657 km² jeb 2,56% no Latvijas teritorijas. Mežoles pauguraine ziemeļaustrumos robežojas ar Aumeisteru paugurvalni, kuru raksturo zemāki paugurmasīvi nekā Mežoles paugurainē, jo augstākās virsotnes atrodas 110-120- m vjl. un hipsometriski ievērojami zemāko Trapenes līdzenumu, kura reljefa virsa augstienes tuvumā atrodas 120-130 m vjl. un pakāpeniski pazeminās austrumu virzienā (Juškevičs, Skrebels, 2002). Mežoles pauguraine dienvidaustrumos robežojas ar Augšgaujas pazeminājumu un

dienvidos ar Piebalgas pauguraini. Mežoles pauguraines ziemeļu un rietumu robežas sakrīt ar Vidzemes augstienes nogāzēm, kas rietumos robežojas ar Viduslatvijas nolaidenumu un Gaujas senieleju, bet ziemeļos ar Trikātas pacēlumu un Sedas līdzenumu. Ziemeļaustrumu – dienvidrietumu virzienā Mežoles pauguraine stiepjas 70 km garumā, tās platums 18 – 30 km. Virsas augstums parasti 180 – 190 m vjl., bet bieži pārsniedz 200 m vjl., un augstākais punkts – Andrēnu kalns Mežoles pauguraines vidusdaļā – ir 263 m vjl. (Āboltiņš, 1995).

Mežoles pauguraines reljefs ir stipri artikulēts un pauguru relatīvais augstums mainās no 5 m pauguraines pazeminājumos līdz pat 40 m pauguraines saposmotākajā hipsometriski augstākajā daļā. Pauguraines reljefā iezīmējas divas atšķirīgas daļas, no kurām lielākajā un arī hipsometriski augstākajā daļā atrodas augstākie glaciostrukturālie morēnu pauguri un to masīvi, vietām dauguļi un atsevišķi iekšējie pirmmasīvi (starp Dzērbeni un Kleķeriem), kā arī plakanvirsas pauguri ar limnoglaciālo nogulumu segu, ļoti bieži terasēti. Pēc O. Āboltiņa pētījumiem, šie plakanvirsas pauguri sastopami divos lielākajos areālos – starp Nītauri, Skujeni un Annām, kā arī starp Mežoli un Drustiem. Pazeminājumos, it īpaši Amatas augšteces ieplakā, sastopami kēmu pauguri un kēmu terašu fragmenti, citur – atsevišķas subglaciālās vagas vai to sistēmas (Dzērbenes un Mežoles apkaimē) (Āboltiņš, 1995).

Šo Mežoles pauguraines centrālās daļas reljefa kompleksu ietver 2 – 10 km plata perifērā marginālā pauguru-grēdu veidojumu josla. Tajā dominē nelieli vaļņi, paugurgrēdas un paugurmasīvi, iegareni pauguri un to virknes. Šim reljefa tipam raksturīga savstarpēji paralēla iegareno formu un tās atdalošo ieplaku orientācija. Vietām iezīmējas glaciostrukturālie gala morēnu vaļņi (starp Kalējiem, Veselavu un Raunu), izteiksmīgi ledāja starpmēļu stūra masīvi (uz ziemeļiem no Nītaures) un marginālās nogāzes (Āboltiņš, 1995).

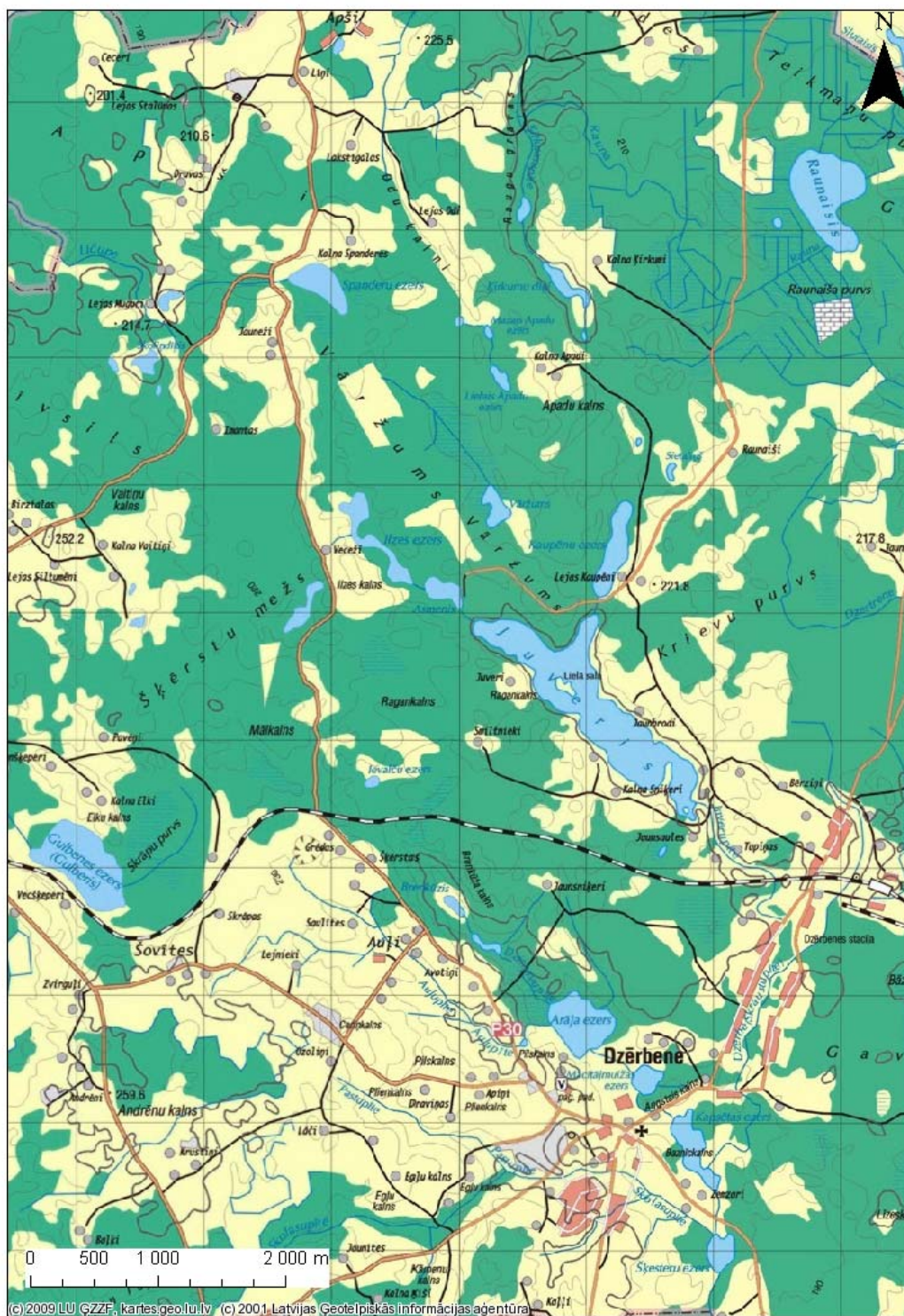
Mežoles paugurainē sākas un to atūdeņo vairākas Gaujas baseina upes – Palsa, Rauza, Rauna, Raunis, Amata, Līgatne u.c., kurām pārsvarā raksturīgs ievērojams relatīvais kritums (līdz 10 m/km), un tās augstienes nogāzē izveidojušas dziļas, vietām terasētas ielejas (Rauna, Raunis, Amata u.c.), bet upju augštecēs ielejas ir maz izteiktas (Āboltiņš, 1995).

Mežoles paugurainē ir daudz glaciālas izcelsmes ezeru, kas ir atšķirīgi pēc platības, dziļumiem un aizaugšanas procesu intensitātes. Daļa ezeru aizauguši, pārpurvojušies, bet plašu purvu masīvu nav. Vairākumā gadījumu aizaugušo ezeru vietās ir mazi zemie purviņi. Vienīgi Mežoles pauguraines austrumu daļā Rauzas augšteces apvidū, tās pietekas Lipsas baseinā ir daži lielāki zemie purvi (piemēram, Baltais purvs; 340 ha) un augstie purvi (Krievu purvs; 154 ha) (Āboltiņš, 1995). Mežoles pauguraines centrālajā daļā divās paralēlās un vienā perpendikulārā subglaciālā vagā atrodas vairāki lielāki (Juveris, Kaupēnu) un mazāki ezeri (Asmenis, Ilzes, Šķesteris, Āraisis) (1.2. attēls). Subglaciālās vagas ar secīgi izvietotu ezeru virkni ar blakus esošajiem pavadošajiem ezeriem norāda uz ledāja kustības virzienu.



15 km

1.1. attēls. Dzērbenes ezeru grupas novietojums Mežoles paugurainē, Vidzemes augstienes ziemeļdaļā (SIA „Apgāds Jāņa sēta”, 2004).



1.2. attēls. Mežoles pauguraines centrālās daļas ezeru novietojums (TOPO 50K Satelītkarte, LU ĢZFF WMS)

2. PĒTĪJUMA TERITORIJAS ĢEOLOĢISKĀ UZBŪVE

Vidzemes augstienes pamatni veido viļņots augšdevona nogulumiežu pacēlums. Tā absolūtais augstums mainās robežās no 80 - 90 m rietumu nogāzē līdz 130 - 135 m Dzērbenes un Raunas apkārtnē. Ziemeļos iežu pacēlums pāriet 60 m augstā stāvā nogāzē. Devona ieži atsedzas upju ielejās un gravās (Mūrnieks, Brangulis, 2002).

Kvartāra nogulumu biezums Vidzemes augstienē ir vairāk kā 60 - 80 m, augstākajās vietās var būt 150 m un vairāk. Augstienes ziemeļu nogāzes tuvumā un Gaujas ielejā nogulumu biezums ir apmēram 10 - 20 m, denudācijas palikšņos biezums ir vēl mazāks – no 2 - 5 m.

Vidzemes augstiene pieskaitāma tipiska salveida augstieņu grupā. Tās reljefā morfoģenētiski izdalās centrālā un perifērijas zona, ko noteica akumulācijas procesu un reljefa veidošanās apstākļu atšķirības šajās teritorijās. Hipsometriski zemākā līmenī (salīdzinoši ar Vidzemes augstienes centrālo daļu), 200-250 m vjl, atrodas plakanvirsmu pauguru virsotnes Ērgļu, Vestienas, Liezeres un Drustu apkārtnē. Tie ir līdz 25-30 m augsti un no 0,5 km² līdz 5 km² plaši pauguri ar stāvām, gravu saposmotām nogāzēm un līdzenām, nereti terasveidīgām virsotnēm. Paugurus veido glaciotektoniski deformēti ledāja nogulumi, bet virsotnes pārklāj 8-10 m biezs mālu slānis. Ap minētajiem masīviem un plakanvirsmas pauguriem grupējas hipsometriski zemāki dažāda augstuma un formas morēnas pauguri un pauguraini masīvi ar atsevišķiem kupolveida pauguriem, kurus veido dislocēti smilšaini, granšaini vai aleirītiski nogulumi. Starp pauguriem atrodas dažādu izmēru un formas pārpuvotas ieplakas, kuras nereti klāj glaciolimniskie vai glaciofluviālie nogulumi (Juškevičs, Skrebels, 2002).

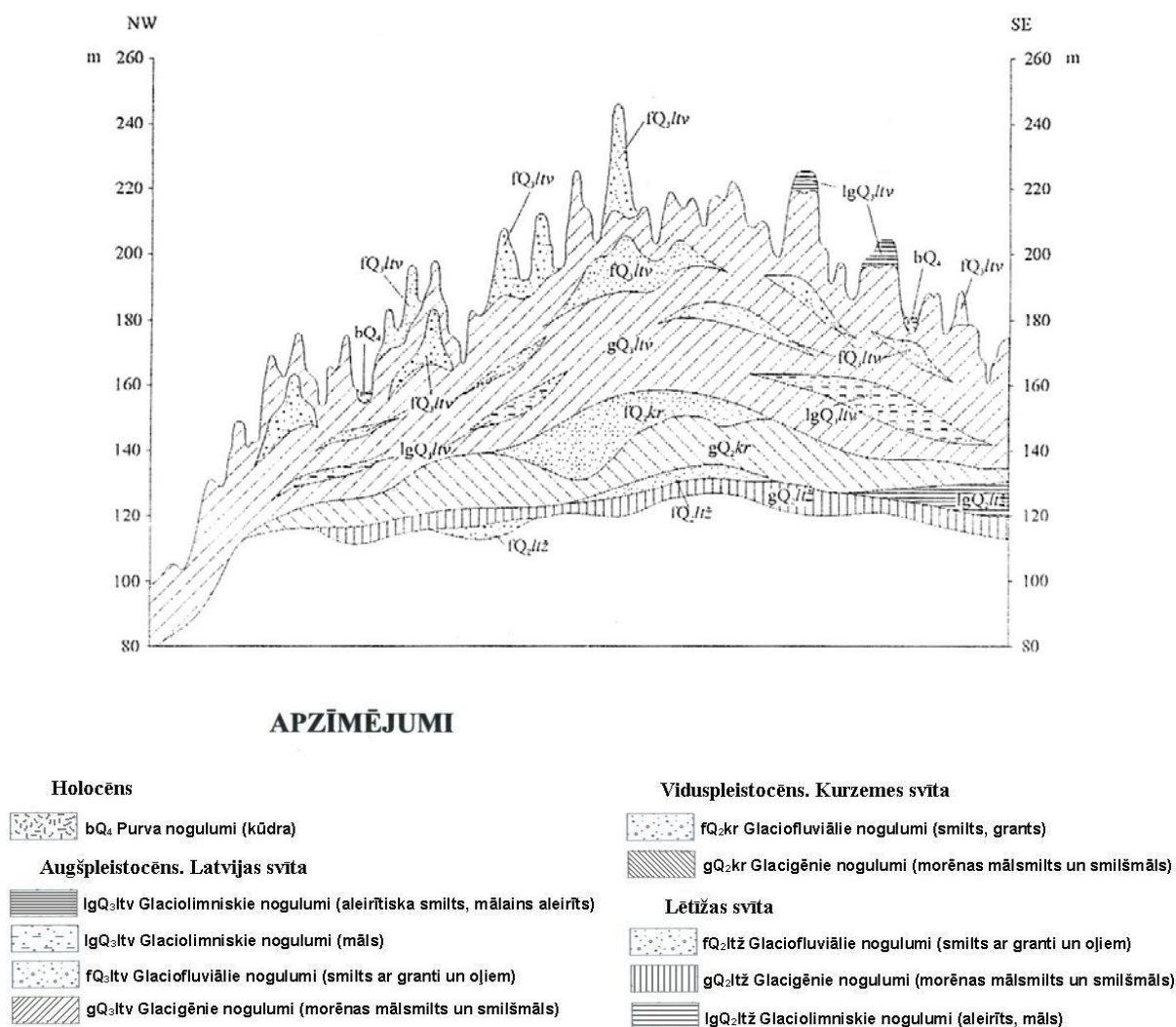
Ledāja kustībai apmirstot augstienes centrālajā daļā, tās perifērijā no apkārtējām zemienēm turpināja uzvirzīties vēl aktīvākas ledāja plūsmas. To saskares zonās sānu, frontālajos un starpmēļu apstākļos izveidojās sarežģīts vaļņveida vai iegarenu pauguru un paugurgrēdu komplekss ar ledāja kustības virzienam paralēli vai frontāli orientētu pauguru un tos atdalošo ieplaku orientāciju. Šāds labi izteikts marginālo formu komplekss aptver Piebalgas pauguraines centrālās zonas austrumu un dienvidu daļu posmā starp Cesvaini un Odzienu, kā arī atdala Mežoles pauguraini no Trikātas pacēluma un Aumeisteru paugurvaļņa. Minētās reljefa formas veido deformēti ledāja vai glaciofluviālie nogulumi. Pazeminājumus starp tiem bieži pārklāj dažādgraudaina vai aleirītiska smilts (Juškevičs, Skrebels, 2002).

Zemes virsas absolūtie augstumi augstienes perifērijā reti pārsniedz 160 – 180 m vjl. Augstienes lielākajā daļā kvartāra nogulumu biezums pārsniedz 60 – 80 m. Mežoles

pauguraines hipsometriski augstākajos iecirkņos pat līdz 130 m (Vecpiebalgā), bet minimālais biezums – 20 m (pie Variņiem).

Kvartāra nogulumu pamatā atrodas Lētīžas leduslaikmeta veidojumi, kuri gandrīz nepārtraukta slāņa veidā pārklāj devona iežus. Nogulumi pārsvarā sastāv no ļoti blīvas, samērā viendabīgas sarkanbrūnas vai brūnsarkanas morēnas mālsmilts. Mežoles paugurainē morēnas biezums reti pārsniedz 5 m (2.1. attēls).

Kurzemes svītas morēna izplatīta gandrīz visā Vidzemes augstienes teritorijā. Tas ir vidēji blīvs un blīvs brūns, tumši brūns vai pelēkbrūns smilšmāls, kas parasti atšķiras no citu leduslaikmetu morēnām ar lielāku māla daļiņu un mazāku grants un oļu saturu. Morēnas sastāvs, kā arī biezums ir mainīgs.

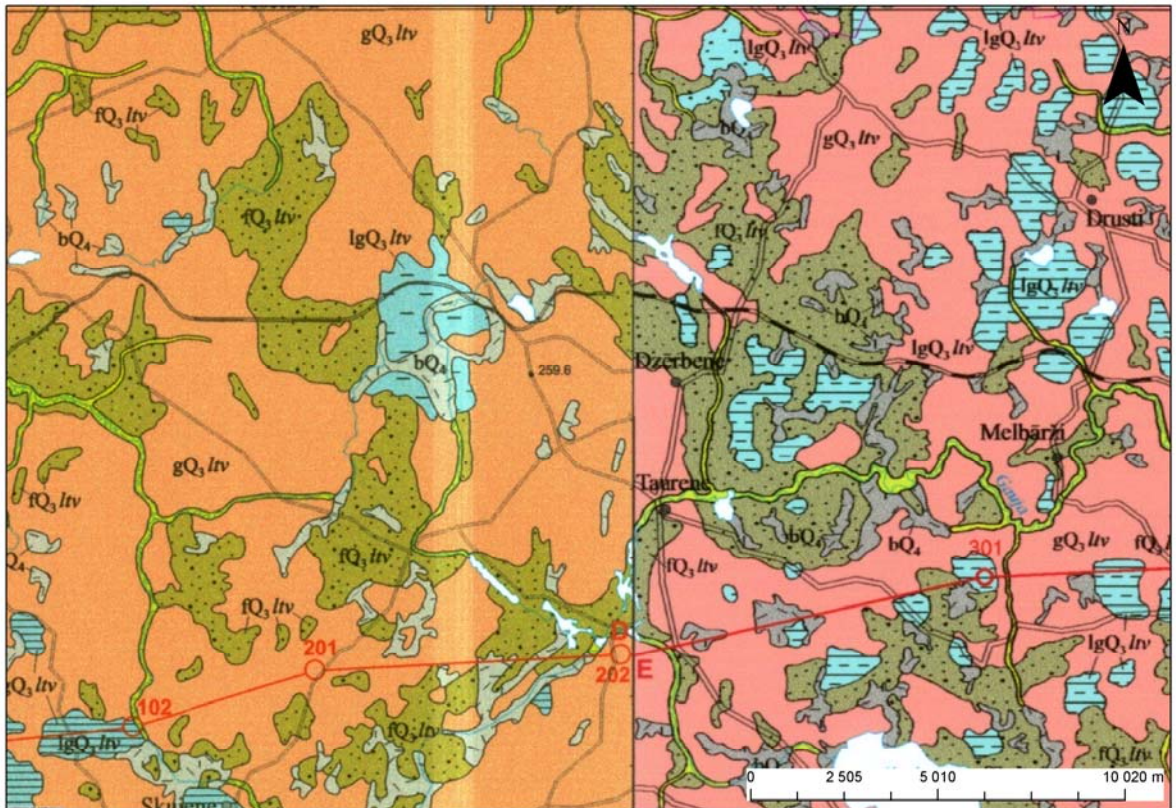


2.1. attēls. Mežoles pauguraines kvartāra nogulumu uzbūves shēma (Juškevičs, Skrebels,2002).
















Kvartāra segas augšdaļu, t.sk. arī mūsdienu reljefa formas veido pēdējā (Latvijas) leduslaikmeta nogulumu (2.2. attēls), kuru kopējais biezums ir ap 50 – 60 m. Tie galvenokārt sastāv no sarkanīgi brūnas un brūnas morēnas mālsmilts, retāk smilšmāla. Morēna pārsvarā ir vidēji blīva, nevienmērīga, glaciotehtoniski deformēta, ar biežām smilšainu un mālainu nogulumu starpkārtām un ieslēgumiem. To biezums svārstās no dažiem desmitiem centimetru līdz vairākiem metriem, sasniedzot pat 20 un vairāk metru. Zemes virspusē Mežoles paugurainē un arī visā Vidzemes augstienes teritorijā pārsvarā atsedzas morēna, kuru plakanvirsmas pauguros pārklāj māli. Ledāja kušanas ūdeņu veidotās reljefa formas galvenokārt izplatītas augstienes perifērijā un glaciodepresijās.

Starppauguru ieplakas bieži ir pārpurvotas. Dziļākās no tām aizņem ezeri, tai skaitā arī Dzērbenes ezeru grupas ezeri. Lielu platību Mežoles paugurainē aizņem holocēna ezeru nogulumu. Tie gan nav biezu slāņkopu veidā, tomēr lielā ezerainuma dēļ, ir plaši pārstāvēti. Ezera nogulumu izpaužas kā smilts, aleirītiska smilts un sapropelis. Līdzās ezeru nogulumiem Mežoles paugurainē ir izplatīta arī kūdra. Tā visbiežāk ir veidojusies, aizaugot nelieliem un sekliem ezeriem, kā arī pārmitrās ieplakās. Pavisam nedaudz, bet tomēr šajā apkārtnē ir arī holocēna aluviālie nogulumu. Tos veido gan līdzās plūstošā Gauja, gan arī citas mazākas upītes.

Saposmotais reljefs, tā formu un veidojošo nogulumu daudzveidība nosaka ievērojamu dabas apstākļu un mūsdienu procesu intensitātes diferenciāciju. Pauguru stāvajās nogāzēs novērojama pastiprināta augšņu erozija un pat jaunu gravu veidošanās nepārdomātās saimnieciskās darbības rezultātā. Ieplakās un glaciodepresijās turpinās pārpurvošanās (Kapsētas ezers, Šķesteris). Gruntsūdeņi atrodas dažādā dziļumā: ieplakās un glaciodepresijās tās pārsvarā ir no 0.5 līdz 2-3 m zem zemes virsmas, bet pauguros – nereti dziļāk par 10 m. Pazemes ūdeņu statistiskais līmenis ir vismaz par 30 – 50 m dziļāk. Vidzemes augstiene ir viens no pazemes ūdeņu barošanās iecirkņiem (Juškevičs, Skrebels, 2002).



APZĪMĒJUMI

HOLOCĒNS				
 bQ ₄	Kūdra	 fQ _{3, ltv}	Fluvioglaciālie nogulumi. Smilts, grants, oļājs	 Smilts
 fQ ₄	Ezeru nogulumi. Smilts, aleirīts, sapropelis, saldūdens kaļķezis	 gQ _{3, ltv}	Glaciēnīe nogulumi. Morēnas mālsmilts un smiļšāls	 Smilts ar granti
 aQ ₄	Aluviālie nogulumi. Smilts, grants, oļājs, aleirīts			 Smilts ar granti un oļiem
AUGŠPLEISTOCĒNS				 Smilts dūpaina
Latvijas svīta				 Smilts kūdraina
 aQ _{3, ltv}	Aluviālie nogulumi. Smilts, grants, oļājs			 Aleirīts
 lgQ _{3, ltv}	Limnoglaciālie nogulumi. Smilts, aleirīts, māls			 Smilts aleirītiska, aleirīts smiļšāls
				 Aleirīts mālains, māls aleirītisks

2.2. attēls. Mežoles pauguraines kvartāra nogulumu karte (Juškevičs, Skrebels, 2002)

3. EZERDOBES UN TO TIPI

Ezeri ir cietzemes ieskausti ūdens baseini, kas saņem ūdeni ar nokrišņiem uz savas virsmas un no sateces baseina virs- un pazemes ūdeņu pieplūduma, bet zaudē ūdeni ar iztvaikojumu un noteci. Ezerdobes raksturu noteic vairāki faktori, starp kuriem sevišķa loma ir tā morfoloģijai un tās dibena veidojošo nogulumu sastāvam, kā arī klimatam. Pirmais no šiem faktoriem noteic ezeru morfometriskos elementus – tvertnes formas, samērus, krastu līniju raksturu, salu, pussalu un līču kontūras, dibena nogāzes leņķus, piekrastes joslas īpatnības, dziļumu, sateces baseina robežas un noteces apstākļus, bet otrs regulē šajās formās ietvertā ūdens režīmu (Rutkis, 1960).

Ezeru veidolu, tā garumu un platumu, krasta līnijas kopējo garumu un izrobotību nosaka ezeru iedobe, kurā uzkrājies ūdens, un tās apkārtnes reljefs. Ezerus pēc ezeru iedobes izcelšanās var iedalīt vairākos tipos. Visizplatītākie ir ledāja veidoto ieplaku ezeri jeb *glaciālie ezeri* (Lubāns, Usmas ezers, Rāznas ezers, Alūksnes ezers, Alauksts, Raunaisis), *subglaciālie ezeri* (Dīrdzis, Juveris). Piejūras zemienē lielākā daļa ir *lagūnu ezeri* (Babītes, Engures, Liepājas, Kaņieris, Papes ezeri), bet upju ielejās, upēm mainot savu gultni jeb meandrējot, veidojas *vecupju ezeri* (izplatīti Gaujas, Daugavas un Pededzes ielejās). Pazemes ūdeņiem šķīdinot ģipšus, dolomītus vai kaļķakmeņus vai arī izskalojot smilšakmeņus radušies *karsta-sufoziju ezeri* (izplatīti Rīgas rajonā Allažu un Baldones pagastos, kā arī Daugavpils rajonā). Purvos ir izplatīti *purvu ezeri* (Teiču purvā, Ķemeru-Smārdes tīrelī), kas veidojušies gravitācijas ietekmē plīstot augstā purva kūdras slāņiem (Zelčs, 2002).

3.1. Glaciālo ezeru raksturojums

Glaciālie ezeri. Tie ir ezeri, kuru ezeru iedobes radušās tieša ledāja darbības rezultātā. Uzvirzoties ledājam, ledus plūsma ieģrauzās savā gultnē, izveidojot ezerdobi. Pēc tam to aizpildīja ledāja kušanas ūdeņi. Piemēram, Burtnieks ir relatīvi sekls (dziļākā vieta 3m) ledāja kustības virzienā izstiepts ezers. Citi lielie Latvijas ezeri (Lubāns, Usma) līdzemos arī veidojušies ledāja padziļinātās ieplakās. Līdzemos ezeru krasti ir lēzeni, un parasti tos aizņem pļavas vai arī pārmitri meži. Augstienēs ezeri (Rāznas ezers, Alūksnes ezers, Alauksts, Raunaisis, Gulbenes ezers u.c.) novietoti starppauguru pazeminājumos, kurus, apledojumam atkāpjoties, aizņēmis neizkusušais ledus blāķis. Klimatam kļūstot siltākam, ledus izkusa un ieplaku aizpildīja ledāja kušanas ūdeņi. Starppauguru ieplaku ezeru lielumu, apveidu un krasta līniju izlocījumu nosaka ezera un apkārtnes reljefa saposmojuma

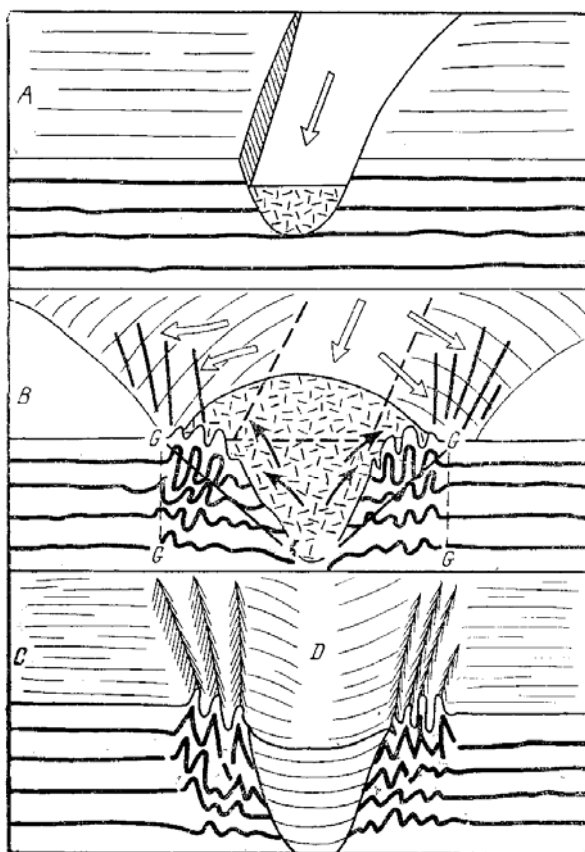
pakāpe. Maz saposmota reljefa apstākļos ezeriem ir ieapaļa vai ovāla forma, tie nav sevišķi dziļi. Turpretī sarežģītu reljefa formu paugurainē ezeriem parasti ir izlocīta krastu līnija, daudz pussalu un līču (Zelčs, 2002).

Glaciālās izcelsmes ezeri ir visvecākie. Tie radušies apmēram pirms 8 – 13 tūkstošiem gadu. Daži zinātnieki uzskata, ka vecākie no tiem (10 – 13 tūkst. g. v.) ir ezeri, kas saglabājušies kā paliekas ledāja kušanas ūdeņu baseiniem. Jaunākie (8 – 9 tūkst. g. v.) ir ezeri, kuru izcelšanās saistīta ar apraktā ledus kušanu. Tie ir nelieli, savdabīgie termokarsta ieplaku ezeriņi un visi subglaciālo vagu ezeri. Apraktais ledus, atradams zem pabiezas iežu drupu kārtas, bija pasargāts no saules staru un nokrišņu tiešas iedarbības. Tādēļ tas izkusa daudz vēlāk nekā atklātā vietā palikušais vai pa pusei iestrēgušais ledus (Leinerte, 1988)

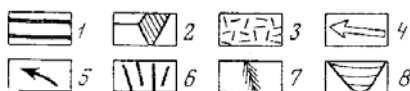
Subglaciālās jeb zemledus vagas. Latvijas reljefā sastopami šauri, gari ielejveida pazeminājumi – **subglaciālās** vagas. Tās mēdz būt kā taisnvirziena, tā arī izliektas. Platums sasniedz apmēram 1 km, garums nereti ir tikai 1-3 km, bet reizēm sasniedz 30 kilometrus. Ezera gultne - nelīdzena, tajā ir gan atsevišķi padziļinājumi, gan augstāki vai zemāki sliekšņi un izciļņi. Padziļinājumos vagas dziļums var būt pat līdz 60 metriem. Tādos padziļinājumos lielākoties saglabājušies ezeri. Bieži tās ir ezeru virtenes, kurās viens ezers no otra atdalīts ar sliekšni, kas (pēc kartogrāfiskā materiāla) ir novērojams arī Dzērbenes ezeru grupas ezeros, kur novietotas divas, savstarpēji paralēlas ezeru virtenes. Tas norāda, ka subglaciālo vagu galīgajā izveidošanā liela loma bijusi senajos iegrauzumos iestrēgušo un zem drupu materiāla aprakto ledus blāķu kušanas ūdeņiem, kā arī no ledāja malas ar lielu spēku krītošo, pa plaisām un zem ledus plūstošo ūdeņu straumēm. Īpaši spēcīgas bijušas zemledus straumes, jo tās ietekmējis milzīgās ledus masas spiediens (3.1. attēls). Lauzdamies uz ledāja malu, šie ūdeņi izrāvuši zemledus tuneļus un alas. “Ūdens, kustēdamies viņās pēc hidraulikas likumiem, kā vispār šķidrums noslēgtā vadu sistēmā, ar milzīgu sparū vietām skrēja uz augšu (pret kalnu) un nesa sev līdz dubļus, smiltis, pat lielus akmeņus, vietām atkal iegrauzās pamatnē un izrāva dziļas gultnes, kuras vēl šo baltu dienu ir redzamas mūsu pamatmorēnu ainavās, parasti aizņemtas ar gariem gultņu ezeriem” (Leinerte, 1988, 92.lpp). Ledājs ar lielu spiedienu saspieda malās esošos nogulumus, kas radīja krokojuma vaļņus. Un ledājam pilnībā izkūstot, tas aiz sevis atstāja drupu materiālu, kas aizpilda ieleju. Subglaciālās vagas stiepjas tādā virzienā, kādā virzījies ledājs, un zemledus straumes plūdušas perpendikulāri ledāja malai (Zelčs, 1995).

Liela daļa no subglaciālo vagu ezeriem izceļas ar sevišķi nevienādu gultnes reljefu: lielus dziļumus (bedres) nomaina seklākas vietas. Domājams, ka šādas ieplakas veidojušas gan horizontāli plūstošās kušanas ūdeņu zemledus straumes, gan arī no ledāja malas vertikāli

krītošie ūdeņi. Šis stāvus krītošās ūdens straumes ar milzīgu spēku „izgrauza” iedobes gultnē. Šo procesu dēvē par evorsiju. Ezerus, kuru ieplaku veidošanā noteicošā loma bijusi minētajai kušanas ūdeņu darbībai, sauc par evorsijas ezeriem (Leinerte, 1988). Tā ir cēlušies daudzi pēc platības nelieli, bet dziļi ezeriņi ezeru rindas vidū vai galā, piemēram, Asmenis Dzērbenes ezeru grupā. Bet lielākoties vagu veidošanās notikusi visu uzskaitīto procesu kopdarbībā.



- A - Ledāja mēle ieiet ielejā;
- B - ledus aizpilda ieleju,
- C - glacioidislokācijas, kuras parādās pēc ledāja izkūšanas;
- D - ekzarācijas depresija zem apraktās ielejas aizpildīts ar ledāja nogulsniem;
- G - ledāja spiediena gradienta pieaugums uz ielejas nogāžu substrātu;
- 1 - shematisks stratifikācijas substrāta attēlojums;
- 2 - ielejas erozijas nogāzes;
- 3 - ledus;
- 4 - ledus kustības virziens;
- 5 - izkusušā ledus plūsmas virzieni no ielejas centra;
- 6 - zem ledāja izveidojušos asu krokas;
- 7 - pēc ledāja izzušanas krokojuma vaļņi;
- 8 - ledāja nogulumu aizpildījuši aprakto ieleju.



3.1. att. Subglaciālo vagu iespējamā veidošanās (Bartowski, 1968)

Subglaciālo vagu ezeri, atšķirībā no citiem, ir vieglāk atšķirami: tiem ir stāvas krasta nogāzes, lieli dziļumi, parasti to vagā ir vairāk par vienu ezeru, un tie veido savstarpēji saistītas virknes. Lielākā daļa Latvijas dziļāko ezeru atrodas subglaciālajās vagās: Drīdzis (65.1 m), Garais (56 m), Geraņimovas-Ilzas (46 m), Ormijas (43 m), Lielais Gusena (38 m), Lejas (34 m), Jazinkas (33 m), Cārmaņa (31 m), Dubuļu (30 m) un tajā skaitā arī Juveris (32 m).

3.2. Ezeru aizaugšanas procesi

Eitrofos ezeros ir samērā daudz ūdenī izšķīdušo augiem izmantojamo barības vielu. Ar šīm vielām barojas aļģes un ūdensaugi, tādi kā, piemēram, ūdensrozes u.c. Tāpēc šos ezerus parasti ietver blīva un lekna niedru josla, un ezera grunti klāj biezs dūņu slānis.

Eitrofiem ezeriem raksturīga arī plaša peldošo augu josla, ko veido ūdensrozes un dzeltenās lēpes, bieži pilnībā nosedzot no vēja aizsargātus līcīšus. Seklos ezeros vērojama arī bagāta zemūdens veģetācija, kuru veido raglapes, daudzlapes un elodejas. Ūdens eitrofajos ezeros nav dzidrs – tā caurredzamība ir neliela, līdz 3 metriem.

Vasaras beigās eitrofos ezeros vērojama ūdens ziedēšana, un gar ezera malām dažkārt vērojami pavedienaļģu sakopojumi. Eitrofiem ezeriem raksturīgs arī tas, ka planktona un zoobentosa sugu skaits ir neliels, bet ir liela to biomasa – atsevišķo sugu īpatņu skaits var būt ļoti liels (Leinerte, 1988).

Ūdens eitrofikācija rodas, kad ūdenstilpē biogēno elementu satura dēļ ievērojami palielinās bioloģisko procesu intensitāte. Tā ir dabīga stadija ūdenstilpes attīstības procesā, kas var beigties ar pilnīgu aizaugšanu.

Eitrofikāciju izraisošo procesu galvenais cēlonis ir barības vielu pievadīšana ezera līdzsvara stāvoklim optimālajā attiecībā. Eitrofikācija ir augu pirmprodukcijas kāpināšana, kuru izraisījis barības vielu koncentrācijas pieaugums ūdenī vai arī barības vielu pastiprināta izmantošana (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004).

Eitrofajos ezeros fitoplanktona aļģu sabiedrības raksturojamas ar lielu sugu daudzveidību un augstām biomasām. Eitrofikācijas rezultātā iespējama arī situācija, kad ezeros pazūd retas, tīru ūdeni mīlošas aļģu sugas.

Eitrofikācijas procesā ezeros litorālē spēcīgi attīstās apaugumi un pavedienaļģes, kā arī viscaur palielinās ūdens duļķainība, samazinās caurredzamība un strauji (pat viena gada laikā) izzūd zemūdens augājs (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004).

Eitrofikācijas procesu pamatā ir optimālu apstākļu radīšana ūdens organismu attīstībai, kurai normāli nepieciešami mikro- un makroelementi. Ja tādi elementi kā ogleklis, ūdeņradis, kalcījs un magnijs vienmēr dabas ūdeņos ir pārākumā, tad reāli dzīvo organismu attīstību limitē tā saucamie biogēnie elementi: slāpekļa savienojumi, silīcijs, kā arī fosfors.

Eitrofikācijas rezultātā ūdeņos attīstās aļģu sugas, kuras producē dažādus toksīnus. No aļģu nodalījumiem, kuras var veidot toksīnus, jāatzīmē *Chrysophyta*, *Dynophyta* un *Cyanophyta* (zilaļģes), turklāt tieši pēdējās ir īpaši nozīmīgas saldūdeņos. Nozīmīgākās potenciāli toksiskās aļģu sugas ir *Anabaena*, *Aphanizomenos*, *Nodularia*, *Oscillatoria*, *Microcystis*.

Par nogulumu veidošanos eitrofā vidē liecina zilaļģu parādīšanās un to daudzuma palielināšanās. No zilaļģēm Cyanophyta nogulumos labāk saglabājas *Anabaena spp.*, *Lingbija spp.*, kuru izplatība arī cieši saistīta ar ūdens temperatūru un ķīmisko sastāvu. Starp zooplanktona Cladocera mikroatliekām atrastas *Bosmina*, *Daphina* un *Alona*, kuras dzīvo ar barību bagātos ūdeņos, ar noteiktu pH līmeni un temperatūru; ir arī Insekta – Diptera un to kāpuri. Konstatētas arī makrofītu mikrodaļiņas, kurām arī ir noteikta paleoekoloģiska nozīme. Pārējie aļģu floras un zooplanktona pārstāvji sastopami neregulāri un parasti nelielā skaitā (Jakubovska, 1998).

4. PĒTĪTO EZERU RAKSTUROJUMS

Dzērbenes ezeri atrodas Vidzemes augstienes ziemeļrietumos, Vecpiebalgas novada Dzērbenes pagastā. Dzērbenes ezeru ainavas telpas raksturu nosaka izteikti paugurainais reljefs un subglaciālās vagas, kurās izveidojušies ezeri. Daudzu pauguru augstums pārsniedz 200 m vjl., augstākais ir Andrēnu kalns (263 m vjl.); 2 km garais pirmmasīvs apaudzis ar egļu mežu, bet no klajākām nogāzēm paveras plašs skats uz Gaujas augšteces apkaimi. No ainavu struktūras viedokļa Dzērbenē var izdalīt divas ainavas – mežainā lēzenu maugurmasīvu ainava, kas atrodas starp Gulbenes ezeru un Juveri, bet starp Cēsu – Madonas ceļu un Dzērbeni ir paugurmasīvu meliorētu lauksaimniecības zemju ainava (Tidriķis, 2001).

Dzērbenes pagasta dienvidaustrumu daļā nelielā posmā pagasta robežu veido Gauja, tās nelielās pietekas ir Dzestrene, Maiļupīte, Mežmaļupīte. Pagasta rietumu daļā tek Līčupe, Meļļupe. Dzērbenes apkaimē arī Dzērbe, Skolasupīte, Pastupīte, Auļupīte, austrumu daļā – Rauna ar Ķirkumupīti. Pagasta teritorijā arī ir nelieli purvi – Raunaiša (platība 133 ha), Meļļu (101 ha), Skrāpu, Melnais, Liepkalnu purvs un daļa no Liepkalnu purva.

Gaujas krastos izveidojušies meži, bet pārējā teritorijā dominē mozaīkveida ainava, kurā lielākās platības aizņem meliorētas lauksaimniecībā izmantojamās zemes. Meži sastopami puduros vai nelielos masīvos. Mežaudzēs gar Gauju dominē priedes, bet mežu puduros pārsvarā ir egles un bērzi. Meži aizņem 59,5% no pagasta teritorijas. Mežu, mežu puduru un lauku, pauguru un ieplaku mija veido tipisko Vidzemes augstienes mozaīkveida ainavu.

Pētījuma teritorija ietver glaciālos ezerus Mežoles pauguraines centrālajā daļā, kur strap citiem glaciālās izcelsmes ezeriem divās paralēlās subglaciālās vagās atrodas Dzērbenes grupas ezeri. Lai būtu ērtāk raksturot pētījuma teritoriju, autore šīs subglaciālās vagas nosauca tajās esošo lielāko ezeru vārdā: Juvera subglaciālā vaga un Āraiša – Kapsētas subglaciālā vaga. No Juvera subglaciālās vagas atiet tai perpendikulārā Kaupēnu ezera (platība 11,3 ha; maksimālais dziļums 9 m)¹ subglaciālā vaga (4.1. attēls). Juvera subglaciālajā vagā virzienā no ziemeļiem uz dienvidiem atrodas Ilzes ezers (platība 10 ha; maksimālais dziļums 10 m), Asmenis (platība 4,8 ha, maksimālais dziļums 22,2 m) (4.2. attēls) un Juveris (77,5 ha, maksimālais dziļums 32 m). Āraiša – Kapsētas ezera subglaciālajā vagā atrodas Brenkūzis (Brenģūzis; 1,6 ha), Dzirnau ezers (3ha), Āraisis (Arāja ezers; platība 16,6 ha, maksimālais

¹ Šeit un tālāk tekstā ezeru parametri (platības, dziļumi) ņemti no www.ezeri.lv, pievēršot uzmanību tam no kāda avota attiecīga informācija ir ņemta, izņemot tos, kurus ieguvusi autore veicot lauka pētījumus, bet uz to ir norādes tekstā nodaļā rezultāti.

dziļums 18,3 m), Mācītājuīžas (Augstā kalna; pl. 4,5 ha), Kapsētas ezers (platība 11,6 ha; maksimālais. dziļums 3 m) (4.3. attēls), Šķesteru (Tupiņezers; pl. 6,3 ha).

Juveris ir lielākais ezers Dzērbenes ezeru grupā. Tā garums sasniedz pat 2350 m, toties platums dienvidu daļā pie Mazās salas ir 237 m, vidusdaļā pie Lielās salas 657 m, ziemeļaustrumu līcis – 172 m, bet ziemeļrietumu līcis 405 m plats. Vieta, kur Juvera ezerā ir lielākais dziļums, un vistīcamāk ir evorsijas bedre, platums no Lielās salas līdz austrumu krastam, sasniedz tikai 220 m.

Kaupēna ezera garums ir 838 m, bet ezera platums vidusdaļā ir 177 m. Asmeņa ezera garums ir 377 m, bet tā platums ir 160 m. Ilzes ezera garums ir 897 m, bet tā platums ir ļoti atšķirīgs dažādās vietās, sākot no 30 m ezera vidusdaļā līdz, aptuveni, 160 m gan ezera ziemeļu, gan dienvidu daļā.

Pētījuma teritorijā subglaciālajās vagās nelielie Dzērbenes ezeri ir savstarpēji saistīti ar ūdenstecēm gan savas subglaciālās vagas robežās, gan arī tie ir savienoti ar blakus esošās subglaciālās vagas ezeriem. Lielākais un dziļākais no Dzērbenes grupas ezeriem ir Juveris. Juvera ezera platība ir 77,5 ha, vidējais dziļums 8,5, lielākais - 32 m. Izrobotās krasta līnijas garums 6 km. Krasti ir augsti un ziemeļu daļā pat sasniedz 15 m.

No Juvera ezera iztek Dzērbes upe, kas, iztekot no Juvera pie absolūtā augstuma atzīmes 200,4 m vjl., līkumojot starp 7-12 m augstiem pauguriem un šķērsojot purvainas starppauguru ieplakas, saista Juveri ar Kapsētas ezeru pie 182,1 m vjl. augstuma atzīmes. Iztekot cauri šim ezeram, Dzērbes upe savieno Kapsētas ezeru ar Šķestera ezeru pie 181,8 m vjl. absolūtā augstuma atzīmes. Tādejādi Dzērbes upe savieno Juvera subglaciālo vagu ar Āraiša – Kapsētas ezeru subglaciālo vagu. Iztekot no Juvera ezera, līdz Kapsētas ezeram Dzērbes upes kritums ir 18,2 m. Tālāk uz dienvidiem Dzērbes upe plūst pa mazāk saposmotu reljefu un ieplūst Gaujā pie tās ietekas Tauriņu ezerā pie absolūtā augstuma atzīmes 179,4 m vjl. Tādejādi Dzērbes upe novada ūdeņus Gaujā no abām subglaciālajām vagām.

Rietumos no apskatītajām subglaciālajām vagām ar tām nesaistītā starppauguru ieplakā 222,8 m vjl. atrodas Gulbenes ezers (Gulbēnu ez., Gulberis; platība 30,3 ha, lielākais dziļums 1,9 m), kurš leduslaikmeta beigu posmā ir bijis ievērojami lielāks, jo ezera austrumu krastam pieguļ plaša aizaugusi un pārpuvojusies teritorija, kas sākotnēji ir bijis Gulbenes ezera līcis. Austrumos no Juvera subglaciālās vagas, plašā starppauguru ieplakā 206,9 m vjl. atrodas Raunaisis (Raunaižu ezers, Raunas ezers; platība 31,3 h, maksimālais dziļums 3 m), no kura iztek Raunas upe. Plašā pārpurvotā teritorija ap Raunaisi, kas nepārsniedz 208 m vjl., liecina par to, ka Raunaisis leduslaikmeta beigu posmā, kad to pildīja ledāja kušanas ūdeņi, bija ievērojami lielāks. Domājams, ka senā Raunaiša ledus kušanas baseina ūdeņi noplūda pa Raunas upi uz Gauju.

Starp Ilzes ezeru un Kaupēnu ezeru starppauguru ieplakā 205,9 m vjl. atrodas Vāržuma ezers (platība 5 ha), kuru no visām pusēm ietver 4-6 m augsti pauguri, starp kuriem plešas pārpurvotas teritorijas, kas, iespējams, ir bijuši Vāržuma līči. Rietumos no ezera iztek neliela ūdenstece, kas, līkumojot starp pauguriem, Vāržuma ūdeņus novada uz 202, 2 m vjl. augstumā jeb par zemāk par 3,7 m esošajā Ilzes ezerā.

Dzērbenes, kā arī Lodes-Taurenes ezeru grupas ezeri Mežoles paugurainē atrodas savstarpēji paralēlās ezeru virtienēs, kurās viens ezers no otra atdalīts ar sliekšni (2.2.attēls), kuru galvenokārt veido glacigēnie nogulumi.

Dzērbenes ezeru grupā ietilpst apmēram 15 ezeru, kur gandrīz visi ir savstarpēji saistīti. Ezeru virknēm notece dienvidaustrumu virzienā pa Dzērbes upīti uz Taurenes ezeru, kas ietilpst Lodes – Taurenes ezeru grupā. Bet Dzērbes baseins un Dzērbenes ezeri noteces ziņā ir šķirti no citiem blakus ezeriem – ziemeļos no Raunaiša, no kura iztek Rauna, un rietumos no Gulbenes ezera, no kura iztek Meļļupīte (Tidriķis, 1995).

Gandrīz visi Dzērbenes ezeri ir ļoti līdzīgi pēc to formas. Tie ir garenī, izstiepti ledāja kustības virzienā, daži ar ļoti robotu krasta līniju (Juveris, Ilzes, Dzirnavu un Kapsētas ezers). Dziļākajos ezeros, kā Juveris, Asmenis, Āraisis un Kaupēnu ezers, pamatnē ir morēna, bet piekrastes ir smilšainas, un tikai retās vietās, kur ūdens viļņošanās nav tik liela, ir sastopamas arī dūņas. Savukārt sekļajos Dzērbenes ezeros (Brenkūzis, Dzirnavu, Mācītājmuižas, Kapsētas, Šķesteru ezerā) pārsvarā ir sastopams sapropelis vai dūņas. Senākā pagātnē visiem šiem ezeriem ir bijušas ar morēnu klātas pamatnes, bet eitrofikācijas un lēnās ūdens cirkulācijas rezultātā ir mainījies ezerdobes gultnes nogulumu sastāvs. Šajā ezeru grupā ir sastopami vairāki ezeri, kas nesēnā pagātnē sākuši aizaugt, piemēram, Vāržums, Gulbenes ezers un Raunaisis. Pārpurvošanās process ir saistīts ar augstu humusvielu un organisko vielu daudzumu, un ezeru zemie un lēzenie krasti veicina šo procesu.



4.1. attēls. **Kaupēnu ezers** (autores foto, 2008)



4.2. attēls. **Asmenis** (autores foto, 2008)



4.3. attēls. **Kapsētas ezers** (autores foto, 2007)

5. MATERIĀLI UN PĒTĪJUMU METODES

Pētījums maģistra darba ietvaros ietver lauka pētījumus (teritorijas apsekošana, nogulumu urbšana un zondēšana, paraugu ņemšana paleobotāniskām analīzēm), laboratorijas pētījumus (sporu-putekšņu analīze, kūdras botāniskā sastāva un kūdras sadalīšanās pakāpes noteikšana) un kamerālie darbi (iegūto rezultātu apstrāde un kartogrāfiskā materiāla apstrāde). Izstrādājot maģistra darbu tika apzināti publicētie avoti (Brakšs, 1967; Druvietis, 1997; Jakubovska, 1998; Kangur et al., 2008), kā arī izmantoti npublicētie materiāli (Alksnītis, 1997; Piese 2009) un autores 2006. – 2010. gados veikto lauka un laboratorijas pētījumu rezultāti.

5.1. Lauka pētījumu metodes

Lauka darbu mērķis ir apsekot pētāmo ezeru teritorijas un iegūt kūdras nogulumu paraugus turpmākiem laboratorijas pētījumiem, kā arī veikt ezeru dziļuma mērījumus ar ehaloti, lai gūtu informāciju par ezerdobju dziļumu un to raksturu..

Lauka darbos izmantojamie materiāli:

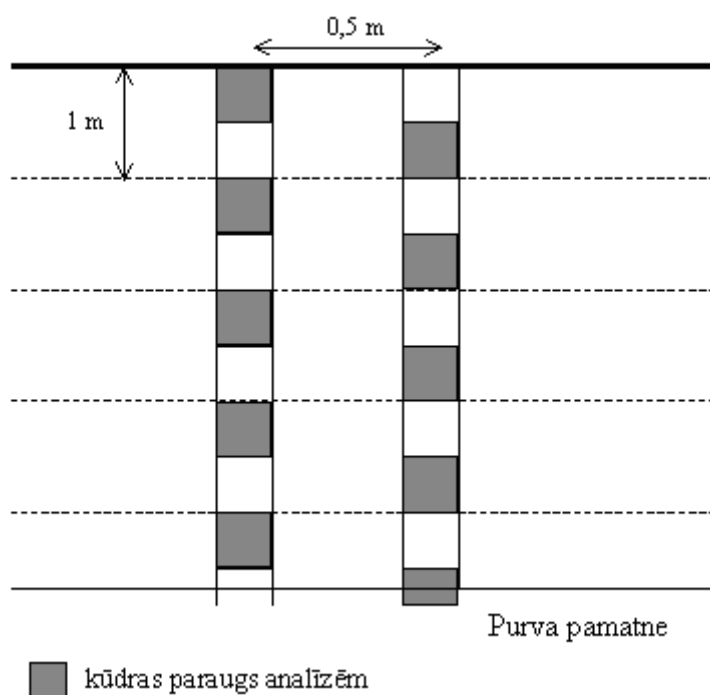
- ✓ kartes (satelītkartes, topogrāfiskās, ortofotokartes);
- ✓ Magellan GPS (globālās pozicionēšanas sistēma);
- ✓ Eijkelkamp firmas mīksto nogulumu ģeoloģiskais urbis ar aizveramu 50 cm garu kameru;
- ✓ mērlenta;
- ✓ paliktņi, polietilēna plēve un maisiņi, līmlente paraugu iesaiņošanai;
- ✓ mitruma un UV noturīgs flomāsters;
- ✓ lauka darbu grāmatiņa.

Nogulumu paraugu urbšanas vietas izvēle balstās uz diviem pamatkritērijiem – nogulumu tiek ņemti sākot no iespējami dziļākā nogulumu slāņa, lai atspoguļotu pilnīga nogulumu griezumā veidošanās un uzkrāšanās apstākļus.

Urbšana purva nogulumu paraugu iegūšanai tiek veikta ar kameras tipa urbi, kas paredzēts mīksto nogulumu urbšanai. Urbis ar atvērtu kameru, kuras garums ir 50 cm, bet diametrs 5 cm, tiek iespiests nogulumos, un, kad sasniegts nepieciešamais dziļums, tiek apgriezts apkārt ap savu asi, lai ņemtu paraugu un aizvērtu ciet kameru. Pēc tam urbis tiek izcelts ārā no urbuma. Katrs nogulumu paraugs (50 cm garš nogulumu monolīts) tiek likts uz iepriekš sagatavotiem paliktņiem. Par paliktņi tiek izmantots pietiekami stingrs materiāls (piemēram, uz pusi pārgrieztas santehnikas caurules, linolejs u.c.), kas sagriezts 50 cm garās daļās, tā lai apņemtu visu parauga monolītu. Uz paliktņiem tiek atzīmēts pētījuma vietas

nosaukums, urbuma un parauga numurs, dziļums (augšējais un apakšējais), kādā paraugs noņemts, un ar bultiņu norādīts virziens, kur atrodas zemākais slānis. Tālāk noguluma paraugs tiek attīrīts un sagatavots aprakstīšanai. Lauka apstākļos tiek raksturots nogulumu tips, slāņu secība un izmēri, nogulumu krāsa un piemaisījumi. Šī lauku darbu daļa ir ļoti svarīga, ir uzmanīgi jāaplūko katra nianse un jāapraksta tā, jo šis apraksts nosaka, kāds būs nogulumu griezumums un vai tas atbildīs reālajai un, attiecīgi, iespējamai situācijai. Tālāk paraugi tiek ietīti polietilēna plēvē un cieši nofiksēti ar līmlenti, lai pasargātu tos transportēšanas laikā un nodrošinātu pret izžūšanu. Arī uz ārējā iesaiņojuma tiek uzrakstīts atbilstošs marķējums.

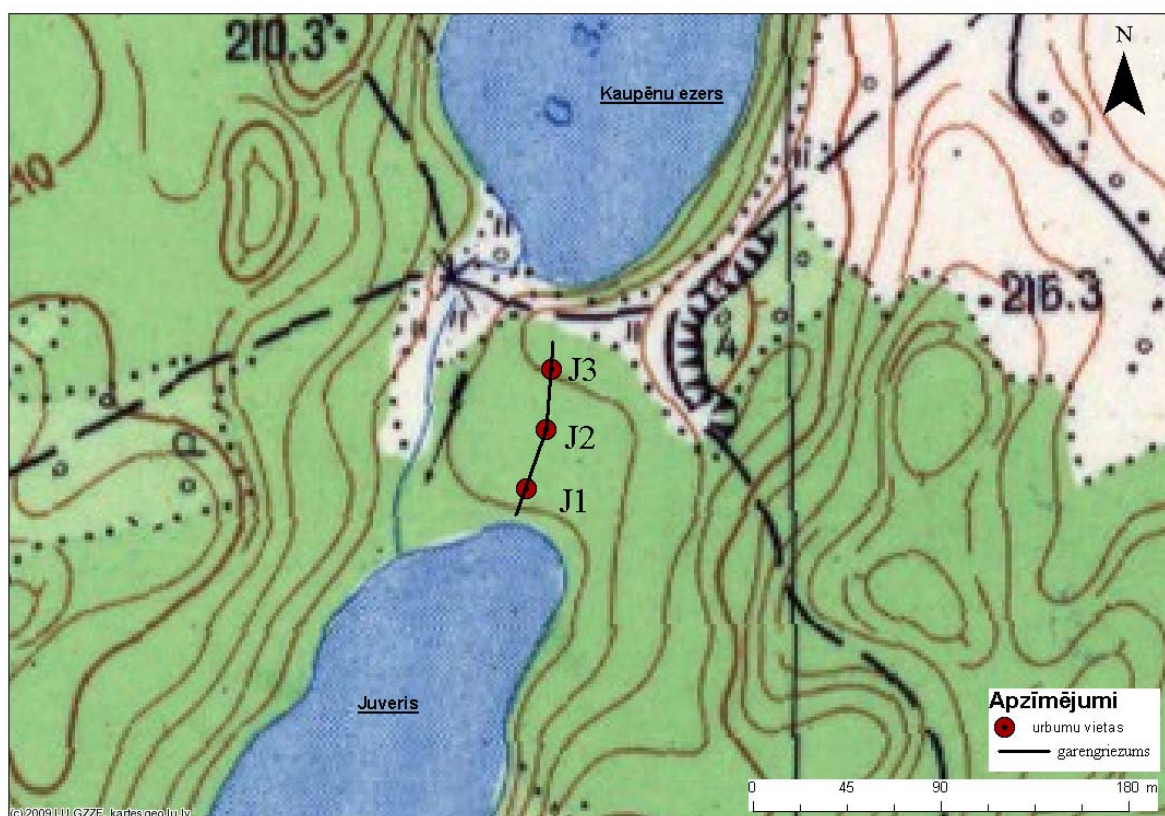
Pēc katra nogulumu parauga monolīta noņemšanas ir svarīgi notīrīt urbi, lai nerastos piejaukumi no iepriekšējiem slāņiem. Veicot kūdras nogulumu paraugu noņemšanu, būtiski ir neizjaukt nogulumu hronoloģisko secību, kādā tie veidojušies. Tādēļ monolīti analīzēm tiek ņemti vienlaicīgi no diviem vertikāliem urbumiem, kas atrodas netālu viens no otra. S. Aļukevičas (5.1.attēls) veidotajā shēmā ir parādīts, kā šie nogulumu monolīti tiek pareizi noņemti. Katrs monolīts ir 50 cm garš. Pirmais kūdras nogulumu monolīts tiek ņemts no pirmā urbuma pirmajiem 50 cm. Nākamie 50 cm nogulumu (t. i. dziļumā 0,50 – 1 m) tiek ņemti no otrā urbuma. Trešais monolīts tiek ņemts atkal no pirmā urbuma, attiecīgi dziļumā 1,00 – 1,50 m, bet ceturtais monolīts – no otrā urbuma, utt. Tādā veidā kūdras nogulumu monolīti tiek ņemti no abiem urbumiem pamīšus līdz kūdras vai sapropeļa pamatnei. Aprakstītais paņēmieni kūdras nogulumu paraugu noņemšanā tiek pielietots, lai urbšanas laikā netiktu sajaukti kūdras slāņi. Ievērojot šādu pašu kārtību tiek ņemti sapropeļa paraugi.



5.1.attēls. Kūdras paraugu noņemšanas shēma (Aļukēviča, 2006)

Lauka darbu laikā tika apsekota Dzērbenes ezeru grupas ezeri un tika novērtēta aizauguma intensitāte. Autore lauka darbos veica arī ezeru (Juveris, Asmenis, Kaupēna ezers, Arāja ezers) dziļuma mērījumus ar ehaloti. Dziļuma mērījumi tika veikti ar mērķi labāk izprast ezerdobes raksturu un dziļumu, jo esošā informācija bija nepilnīga vai nepareiza.

Tika veikta nogulumu ģeoloģiskā urbšana un zondēšana divpadsmit urbumos (5.2. un 5.3. attēls), kā arī paraugu ņemšanu nogulumu paleobotāniskajām analīzēm divos urbumos – J1 urbumā starp Juvera un Kaupēna ezeriem (5.2. attēls) un U3 urbumā pie Raunaiša ezera (5.3. attēls) iegūstot 50 cm garus 12 nogulumu monolītus. Pārējos urbumos nogulumu raksturošana un dokumentēšana tika veikta uz lauka, tai skaitā kūdras paraugi tika raksturoti izmantojot von Posta, Granlunda (1928) metodi Nosakot kūdras sadalīšanās pakāpi vizuāli, vērā tiek ņemtas tādas kūdras īpašības kā plastiskums, elastīgums, augu atlieku daudzums un sadalīšanās pakāpe, ūdens daudzums, krāsa un dzidrums.



5.2. attēls. Urbumu vietas starp Juvera un Kaupēnu ezeru (pamatne TOPO 10k PSRS, LU ĢZŽF WMS).

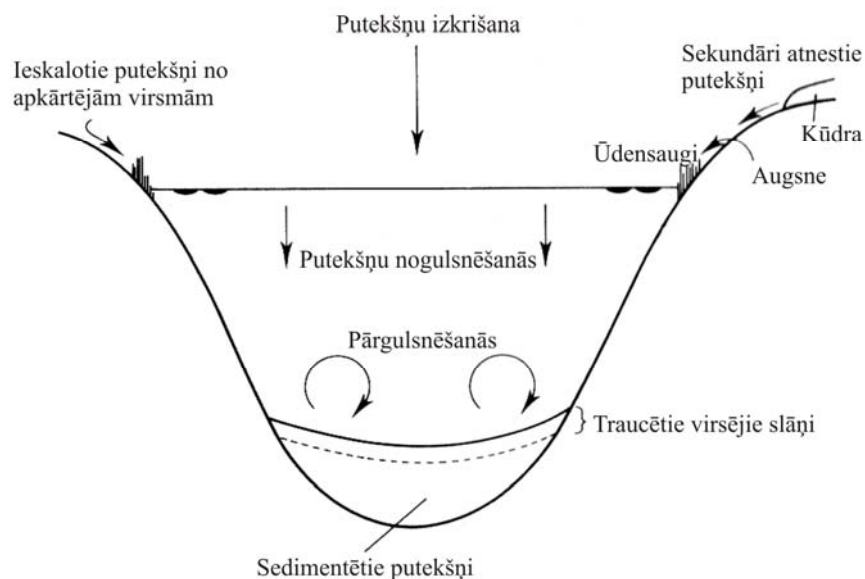
5.2. Laboratorijas pētījumu metodes

5.2.1. Sporu – putekšņu analīze

Kaupēnu un Juvera ezera attīstības izpētei tika izmantota sporu - putekšņu analīze, jo lielākā daļa ezera nogulumu satur daudz tāda materiāla, kas atnests no baseina ārējās daļas. Šis materiāls ir veidojusies no augāja, kas aug ezerā un tā krastos. Ezera nogulumi galvenokārt sastāv no neorganiskiem un organiskiem detritiem. Organiskais materiāls ezerā veidojas no organismiem, kas dzīvo ezerā, kā arī no putekšņiem, kas nokļūst baseinā no atmosfēras, transportēti no apkārtējiem reģioniem ar ūdeņiem, sekundāri transportētie putekšņi no mikrofosīlijas saturošajiem nogulumiem, kurus erodējuši drenējošie ūdeņi.

Augu detrits, kūdra un organiskais materiāls no augsnes var tikt erodēts un ienests ezerā. Tāpēc ogles vai organiskā materiāla klātbūtne nogulumos ne vienmēr ir labs laika rādītājs. Ezera nogulumi veidojas slāņotā kārtībā, tādejādi dziļums parasti ir attiecīgs vecumam, tomēr attiecība ne vienmēr var būt lineāra. Dažādi ezeru nogulumu tipi uzkrājas dažādā ātrumā, piemēram, eitrofajos ezeros nogulumu uzkrāšanās temps ir vislielākais (P. D. Moore un J. A. Webb, 1978). Ezeru nogulumos, atšķirībā no kūdras, nav satopamas lejupslīdošas kustības, kas deformē slāņu sagulumu. No otras puses, ezeru nogulumu augšējos slāņus var sajaukt organismi, kas tajos dzīvo, kā arī ūdens turbulence (5.4. attēls).

Ezeru nogulumos putekšņu uzkrāšanās nav vienmērīga visu gadu. Putekšņu pārgulsnēšanās parasti notiek periodos, kad ezers nav aizsalis, taču nav arī termāli stabils. Vasaras mēnešos, kad temperatūra ūdens virsējās slāņos ir augstāka, nogulumu virsmas sajaukšanās ir neliela, taču, pazeminoties temperatūrai un pieaugot vēja darbībai rudenos, nogulumu slāņojums var tikt iztraucēts un nogulumi pārgulsnējas (Davis, 1968). Virsējo slāņu erozija parasti ir vairāk izteikta seklos ūdeņos tuvāk ezera malai, bet pārgulsnēšanās raksturīga visā baseinā. Rezultātā iegūtā baseina nogulumu serdē katra nākošā gada putekšņu kopa ir sajaukta ar iepriekšējo gadu putekšņiem. Tādejādi pārgulsnēšanās ezera gultnē var tikt aplūkota kā priekšrocība, iegūstot paraugus putekšņu analīzei.



5.4. attēls. **Putekšņu uzkrāšanās gaita ezeros** (Moore, Webb, 1978)

Citi nogulumu sajaukšanās veidi ezerā nav tik labvēlīgi, piemēram, ūdens straumes ieplūstot ezerā piegādā materiālu, kas izskalots no blakus esošās ūdens šķirtnes. Ietekošās un iztekošās straumes pārvieto ezera nogulumus, radot iztrūkumus stratigrāfiskajā profilā. Noņemot nogulumu paraugus, būtu jāņem vērā šis faktors un jācenšas izvairīties no paraugiem ar šāda veida traucējumiem (Moore, Webb, 1978). Pārgulsnētie nogulumi sastopami ļoti bieži, tāpēc zinātniekiem nākas sastapties ar šāda tipa nogulumiem. Putekšņi un sporas, kas tikušas ienestas baseinā no citurienes, vienmēr būs atkarīgas no ienestā materiāla tipa un vecuma. Reizēm erodētais materiāls ir ievērojami vecāks nekā ezera nogulumi un fosilijas, ko tie jau satur. Tādā gadījumā nogulsnēto materiālu nav grūti identificēt (P. D. Moore and J. A. Webb, 1978).

Tāpat kā kūdrā, ezeros putekšņi nāk no veģetācija, kas aug ūdenī un ezeru krastos. Ap ezeru var būt sastopams arī purva augājs, kas tādejādi palielina putekšņu daudzumu ezeros.

Paraugu sagatavošana

Katrs lauka darbu laikā iegūtais kūdras nogulumu paraugs tiek izsaiņots un ar skalpeli attīrīts parauga horizontālā virzienā, lai izvairītos no iespējamās nogulumu slāņu sajaukšanās, veicot urbšanu. No katra lauka darbu laikā iegūtā - 0,50 m garā kūdras monolīta ik pa 5 cm tiek noņemts aptuveni 1 cm³ liels kūdras nogulumu paraugs. Paraugs tiek likts porcelāna tīģelī un apliets ar 10% KOH (vai NaOH) sārma šķīdumu tā, lai tas tiktu pārsegts. Tad paraugs tiek rūpīgi samaisīts ar stikla nūjiņu un atstāts uz 5 – 10 minūtēm. Pēc tam maisījums tiek vārīts 3

- 5 minūtes, līdz izveidojas vidējas konsistences masa. Pēc vārīšanas paraugs uzmanīgi tiek nocelts ar standziņām un nolikts, lai atdziest. Pēc tam paraugs atkārtoti tiek samaisīts, iegūtās organiskās nogulsnes tiek nolietas un uzglabātas speciālās maza izmēra mēģenēs. Lai parauga koncentrāts neizzūst, tam piepilina dažus pilienus glicerīna (Moore, Web, 1976).

Minētā paraugu apstrādes metode piemērota organiskiem nogulumiem bez vai ar ļoti zemu minerālo sastāvu un relatīvi lielu sporu un putekšņu koncentrāciju (Moore, Web, 1976).

Paraugu analizēšana

Analīzei sagatavotais paraugs ar tīru stikla nūjiņu tiek rūpīgi samaisīts un likts uz priekšmeta stikliņa, ja vajadzīgs, tiek piepilināts piliens glicerīna, pēc tam paraugs uzmanīgi tiek pārklāts ar segstikliņu.

Sporas un putekšņi tiek noteikti bioloģiskajā gaismas mikroskopā ar palielinājumu 100 - 400 reizes, 1000 reižu liels palielinājums tiek izmantots gadījumos, kad grūti identificēt kādu objektu vai nepieciešams tuvāk apskatīt kādu atsevišķu detaļu. Skaitīšana notiek, bīdot paraugu zem binokulāra objektīva virzienā no augšas uz leju, pārbīdot uz sāniem un turpinot virzienā no lejas uz augšu, tā izpētot visu paraugu, līdz tiek saskaitīts nepieciešamais putekšņu daudzums. Lai dati būtu precīzi, no viena nogulumu dziļuma paraugiem nepieciešams saskaitīt vismaz 400 putekšņus. No putekšņu skaita nogulumu paraugā atkarīgs arī tas, cik priekšmetstikliņu paraugu no viena slāņa jāizskata. Ja putekšņu ir maz, tad nepieciešams analizēt vairākus priekšmeta stikliņus.

Sporu-putekšņu analīze ir viena no svarīgākajām paleoekoloģijas metodēm. Putekšņu diagrammas papildina zināšanas biostratigrāfijā un hronoloģijā, kā arī lokālās un reģionālās vides raksturošanā (Berglund and Ralska – Jasiewiczowa, 1986). Iegūtie sporu-putekšņu analīzes rezultāti tiks apstrādāti un interpretēti, grafiski veidojot procentuālās sporu-putekšņu diagrammas ar speciālu datorprogrammu palīdzību.

5.2.2. Kūdras sadalīšanās pakāpes noteikšana

Kūdras sadalīšanās pakāpe ir attiecība starp humusa saturu un kūdras masu. Ar kūdras sadalīšanās pakāpi saistītas tādas purvu nogulumu īpašības kā siltumspēja, blīvums, izturība, viskozitāte u.c. (Тюпемнов, 1976). Kūdras sadalīšanās pakāpi var noteikt ar vairākām metodēm – vizuālo (visbiežāk tiek lietota lauka apstākļos), mikroskopisko un centrifūgas (tiek veiktas laboratorijas apstākļos). Darbā tiks izmantota mikroskopiskā metode. Kūdras nogulumu sadalīšanās pakāpe tiek izteikta procentos.

Vizuālā metode

Metode visbiežāk tiek pielietota lauka darbu laikā, lai nogulumus raksturotu kā vāji, vidēji vai labi sadalījušos kūdru.

Mikroskopiskā metode

Kūdras sadalīšanās pakāpes makroskopiskā noteikšanas metode tiek veikta laboratorijas apstākļos, izmantojot gaismas binokulāro mikroskopu. Izmantojot minēto metodi, tiek noteikta attiecība starp tumšās masas (humusa) laukumiem un kopējo parauga redzes lauku. Lai noteiktu katra parauga sadalīšanās pakāpi, tiek izdarīti 10 redzes lauku novērtējumi viena nogulumu parauga 3 preparātiem. Parauga sadalīšanās pakāpe tiek aprēķināta kā vidējais aritmētiskais no 30 datiem un izteikta procentuāli (Diņķīte, 2002).

5.2.3. Kūdras botāniskā sastāva noteikšana

Purva nogulumu botāniskā sastāva noteikšana notiek, pamatojoties uz kūdras makroskopiskajām un mikroskopiskajām pazīmēm, noskaidrojot galvenos augus, kas veido kūdras nogulumu parauga sastāvu.

Kūdras botāniskais sastāvs tiek izmantots paleoekoloģiskajās rekonstrukcijās (Maksimov, 1995). Kūdras botāniskā sastāva noteikšana ir nepieciešama precīzai kūdras tipa raksturošanai. Botāniskā sastāva noteikšanas mērķis ir noskaidrot fosilo augu makroatlieku procentuālās attiecības un noteikt kūdras tipu. Savukārt kūdras tips raksturo tās veidošanās apstākļus. Kūdras nogulumos uzkrājas un saglabājas tikai tie augi, kas ir izturīgi pret sadalīšanos. Kūdras botāniskā sastāva noteikšana ir svarīga, lai pētītu purva augu segas attīstības dinamiku noteiktos laika periodos un noskaidrotu pirmatnējo augu grupējuma sastāvu (Тюремнов, 1976).

Kūdras veids lauka apstākļos tiek noteikts pēc purva nogulumu ārējām makroskopiskām pazīmēm, raksturojot galvenās augu grupas, kas veido nogulumus.

Kūdras botāniskā sastāva precīzākai noteikšanai analīzes tiek veiktas laboratorijas apstākļos. Analīzei paprastī tiek izmatoti svaigi kūdras nogulumu paraugi. Pirmkārt, kūdrai tiek noteikta sadalīšanās pakāpe (kūdras sadalīšanās pakāpes noteikšanas paņēmieni aprakstīti iepriekšējā apakšnodalā). Otrkārt, no kūdras parauga dažādām vietām tiek ņemti 10 – 12 g kūdras. Noņemtie paraugi tiek mazgāti caur sietu (acu izmērs 1 mm). Kūdras botāniskā sastāva analīzei tiek izmantotas augu atliekas, kas paliek uz sieta. Tās ar pinceti tiek uzliktas uz priekšmeta stikliņa un vienmērīgi izlīdzinātas ar adatu. Kūdras nogulumu botāniskā sastāva analīze tiek veikta, paraugus caurskatot gaismas binokulārajā mikroskopā ar 100 reižu lielu palielinājumu. Viens mikroskopa redzeslauks tiek pieņemts par 100 %. Viena parauga analīzes laikā tiek veikta aptuveni 10 redzeslauku skatīšana. Kūdras botāniskā sastāva

noteikšanā tiek noskaidrotas augu-kūdras veidotāju procentuālās attiecības. Augi-kūdras veidotāji tiek noteikti, izmantojot dažādus augu makroatlieku noteicējus (Кац и.др., 1977; Истомина, 1938). Darba žurnālā tiek reģistrēti kūdras nogulumu paraugā konstatētie augu nosaukumi un to procentuālais sastāvs. Parauga kūdras botāniskais sastāvs tiek noteikts, rēķinot vidējo aritmētisko no 10 redzeslaukos noteikto augu - kūdras veidotāju sastāva (Diņķīte, 2002).

5.3. Kamerālie darbi

Kamerālie darbi ietver ģeoloģiskās, ģeomorfoloģiskās un ģeogrāfiskās informācijas ievākšanu, iepriekšējās ģeoloģiskās izpētes darbos iegūto datu apstrādāšanu un iegūto rezultātu interpretēšanu, kā arī kartogrāfiskā materiāla apstrādi ar datorprogrammām (ArcMap). Par informācijas bāzi tika izmantota jau bakalaura darba tapšanas gaitā apkopotā publicētā un nepublicētā literatūra, lauka un laboratorijas darbos iegūtie dati.

Kartogrāfiskais materiāls tika gatavots, izmantojot programmu ArcMap. Tam par pamatu ņemta 1963. gada 1:10 000 mēroga Latvijas topogrāfiskā karte. Darba autore izzīmēja, digitalizēja nepieciešamās izolīnijas un augstuma atzīmes, no kurām tika izveidots Juvera ezera un tā apkārtnes virsmas reljefa modelis. Izmantojot ArcMap: ArcScene - ArcView autore izveidoja trīsdimensiju attēlu ar trīskāršu reljefa pārspīlējumu, lai būtu uzskatāmāks apkārt esošais paugurainais reljefs. Kā iepriekš minētās metodes trūkumus var minēt laukietilpību un precizitāti, kas nepieciešama, lai efektīvi, loģiski un precīzi izstrādātu reljefa modeli. Veidojot 3D modeli, autore pielietoja iepriekš mācībās iegūtās zināšanas darbam ar ArcMap programmu.

6. REZULTĀTI

6.1. Lauka darbu rezultāti

6.1.1. Ezeru dziļuma mērījumi

Ezeru dziļuma mērījumi tika veikti ar eholoti, kas ir hidroakustisks aparāts ūdenstilpes dziļuma noteikšanai. Veicot ezera mērījumus, Juvera ezerā starp Lielo salu un ezera austrumu krastu (6.1.2.1. attēls) tika noteikts ievērojams dziļums – 32 m, kas ievērojami atšķiras no literatūrā uzrādītiem 20,2 m. Arī nelielajā Asmeņa ezerā (6.1. attēls) tika noteikts ievērojams dziļums – 22,2 m, bet oficiālos avotos tā maksimālais dziļums tika norādīts tikai 7,5 m (6.1. tabula, 6.1. attēls).

6.1.tabula

Ezeru maksimālie dziļumi (izstrādājusi autore, 2010).

Ezers	Literatūrā uzrādītais dziļums, m	Mērījumos konstatētais dziļums, m
Juveris	20,2	32,0
Kaupēna ezers	8,0	9,0
Arāja ezers	18,0	18,3
Asmenis	7,5	22,2



6.1. attēls. **Asmeņa ezera ainava** (Cūbergs, 2000).

6.1.2. Ezeru aizaugums

Veicot lauka pētījumus Dzērbenes grupas ezeriem, tika novērots, ka gandrīz visi Dzērbenes grupas ezeri ir ļoti līdzīgi pēc to formas. Tie ir gareni, izstiepti ledājkustības virzienā, ar ļoti robotu krasta līniju (Juveris, Ilzes, Dzirnavu, Kaupēnu un Kapsētas ezers). Ezerdobēm ir līdzīgs reljefs un pamatni veidojošie nogulumi. Dziļākajos ezeros, kā Juveris, Āraisis un Kaupēnu ezers, pamatne ir smilšaina un tikai retās vietās, kur ūdens kustība nav tik liela, veidojas dūņas vai sapropelis. Savukārt seklajos Dzērbenes ezeros (Asmenis, Brenkūzis, Dzirnavu, Mācītājmuižas, Kapsētas, Šķestera ezerā) pārsvarā ir sastopamas dūņas. Senākā pagātnē visi šie ezeri ir bijuši ar smilšainu pamatni, bet eutrofikācijas un lēnās ūdens cirkulācijas rezultātā tie ir mainījuši savu gultnes sastāvu. Bet starp šiem ezeriem ir arī ezeri, kuru seklākā daļa ir aizaugusi un izveidojies purvs. Visizteiktākais no tādiem ezeriem ir Ilzes ezers, kurš atrodas Dzērbenes ezeru grupas pašā ziemeļu daļā. Tas ir ļoti izstiepts un līcains, bet vietām sasniedz ievērojamu dziļumu – 10 m. Šajā ezeru grupā ir sastopami vairāki ezeri, kas nesena pagātnē sākuši aizaugt, piemēram, Kaupēns, Gulbenes (Gulbieris) ezers un Raunaisis. Pārpurvošanās process ir saistīts ar augstu humusvielu un organisko vielu daudzumu un ezeru zemie un lēzenie krasti veicina šo procesu.

Juvera ezerā (6.2.attēls), kurš ir visdziļākais no Dzērbenes grupas ezeriem, pārpurvošanās procesi nav novērojami tik intensīvi, jo ezeram ir stāvi krasti, liels spoguļa laukums un pietiekoša ūdens apmaiņa, kas aizkavē eutrofikācijas procesus, kā arī nav seklu līču. Šim ezeram ir raksturīgi dažādi krasta procesi, bet aizaugšana vērojama nelielās krasta teritorijās. Uz ziemeļiem no Juvera ezera esošajiem Kaupēna, Vāržuma un Ilzes ezeram eutrofikācija procesi ir spēcīgi izteikti gandrīz visā krasta līnijas garumā.



6.2.attēls. Juvera ezers – skats no austrumu krasta un Lielo salu (autore foto, 2005).

Pētīto ezeru ezerdobēm ir raksturīgs ļoti nelīdzens reljefs un ievērojamas dziļuma atšķirības. Ģeoloģiskās izpētes ietvaros agrāk veiktajos pētījumos Mežoles pauguraines ezeros sagatavotajos šķērsgriezumos ir redzams, ka seklāko ezeru ezerdobes ir pakāpeniski aizpildījušās ar māliem un sapropeli. Līdz ar to reljefs ir izlīdzinājies, un ezeri kļuvuši seklāki.

Viens no visvairāk aizaugušajiem ezeriem Dzērbenes ezeru grupā ir Raunaisis, kura platība ir samazinājusies par vairāk nekā 15% (6.3. attēls).



6.3.attēls. **Raunaiša ezera aizaugums** (Strautnieks, 2009).

6.1.3. Ģeoloģiskā uzbūve

Starp Juveri un Kaupēnu ir izveidojusies neliela pāržmauga, ko izveidojuši uz morēnas nogulumu kāples uzkrājušies organogēnie nogulumi. Šīs kāples ģeoloģiskā uzbūve tika pētīta ar mērķi uzzināt tās ģeoloģisko uzbūvi. Urbumi tika veikti apvidū starp Juvera ezera ziemeļaustrumu līci un Kaupēnu ezeru, 30 m attālumā viena no otras (5.2. attēls). Precīzas augstuma atzīmes urbuma vietām tika noteiktas ar GPS iekārtu, un tādejādi griezumā augstuma atzīmes tika norādītas, pamatojoties uz GPS nolasīto informāciju.

Urbumu J1 un J2 virsma atrodas 207 m vjl., bet urbuma J3 virsma ir ievērojami zemāk – 205 m vjl. Urbuma J1 dziļums ir 6 m, urbuma J2 – 6,5 m, bet urbuma J3 dziļums tikai 4 m.

Griezumā J1, J2 un J3 urbumos kūdra sākas jau no pašas urbuma virsmas un ir novērojama ievērojamā biezumā (6.4. attēls). J3 urbums ir novietots ievērojami zemāk, kā J1 un J2. Kūdras slānis J1 urbumā ir 265 cm biezā slānī, J2 urbumā pat 311 cm bieza, bet J3 urbumā ievērojami mazāk – tikai 166 cm. Nākošajā zemākajā slānī atrodas kūdrains sapropelis, kas urbumā J1 ir 35 cm biezumā, urbumā J2 kļūst nedaudz biezāka (līdz 55 cm), bet J3 urbumā slānis kļūst ievērojami plānāks – tikai aptuveni 20 cm biezs. Zemāk novietotajā slānī atrodas sapropelis, kas ir līdzīgos biežumos visos trīs urbumos – 200 cm J1 urbumā, 185 cm J2 urbumā un 160 cm J3 urbumā. J1 urbumā, 203,5 m vjl., atrodas neliels, līdz 10 cm biezs kūdraina sapropeļa slānītis, kas citos urbumos nav novērots. Kā arī J3 urbumā zem sapropeļa slāņa atrodas plāns kūdraina sapropeļa slānītis. Nākošais zemākais ir aleirītiska sapropeļa slānis, kas ir novērojams visos urbumos. J1 urbumā tas ir 20 cm biezs, J3 urbumā – 15 cm biezs, bet J2 kopā ir 13 cm biezs, kam pa vidu 60 cm biezumā ir ieslēgta sapropeļa lēca. J1 urbumā zemāk sekojošā slānī atrodas 20 cm biezs mālaina sapropeļa slānis, kam zemāk seko 15 cm biezs māla slānis, kas, iespējams, turpinās vēl dziļāk. Urbumos J2 un J3 zem aleirītiska sapropeļa atrodas smilts slānis, kas urbumā J2 ir 20 cm biezumā un J3 urbumā ir 35 cm dziļumā, bet, iespējams, šis slānis turpinās vēl dziļāk.

Raunaiša ezera nogulumu raksturojums

Urbumi tika veikti gar Raunaiša ezera rietumu krasta līniju (5.3. attēls). Kopskaitā tika veikti četri urbumi (2.pielikums), kas ir dažādi pēc sava nogulumu sastāva.

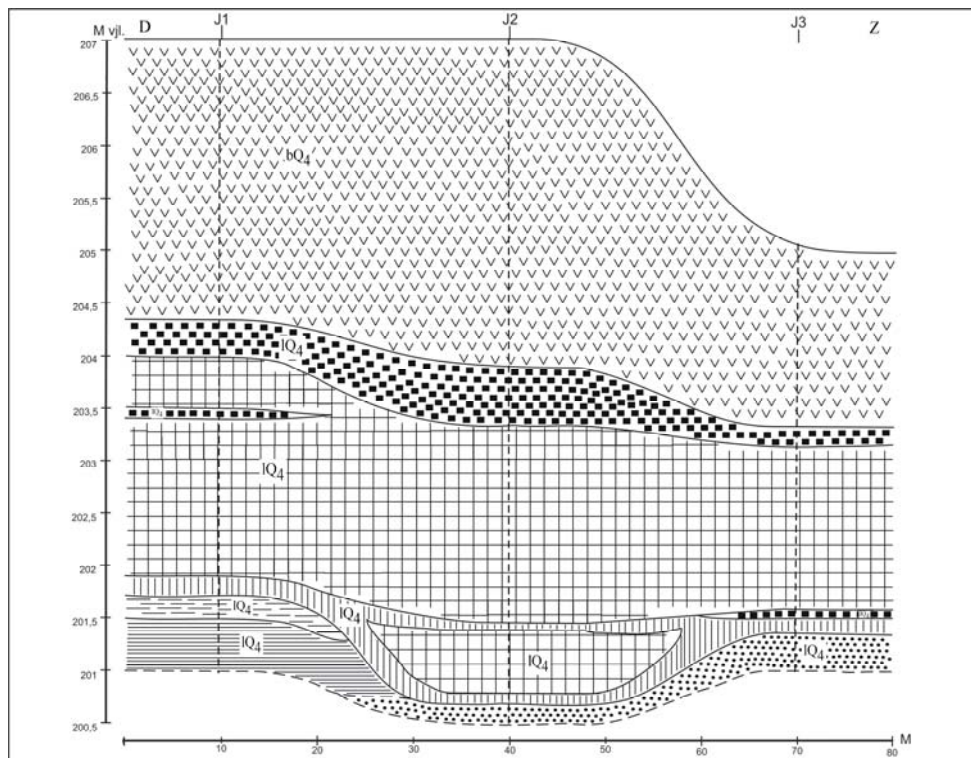
Pirmais urbums tika veikts Raunaiša ezera dienvidrietumu krasta daļā, un tā kopējais dziļums ir tikai 116 cm. Urbuma augšējā daļā nelielā slānītī atrodas augsne, tad zemāk seko 35 cm biezs kūdras slāni, bet zemāk ir novērojams māls, kas tika noteikts līdz 116 cm dziļumam, bet, pieļaujams, seko vēl dziļāk.

Otrais urbums ir daudz dziļāks kā pirmais, un tas sasniedz 450 cm dziļumu. Pašā augšējā daļā nedaudz ir augsne, tad seko 205 cm biezs kūdras slānis, kas bija izteikti zāļains un sakņains augšdaļā, bet lejasdaļā kļūst dūņaināks. Zemāk seko 100 cm biezs pārejas slānis, ko veido kūdrains un dūņains sapropelis. Bet tālāk seko tīrs sapropelis bez piemaisījumiem, kas atrodas tikai 70 cm biežā slānī. Vēl zemāk atrodas 35 cm biezs aleirītiska sapropeļa un 15 cm biezs smilšaina sapropeļa slānis, kā arī 5 cm biezs smilšains slānis ar organiku. Bet pašā apakšā nedaudz ir 15 cm biezs vidēji rupjas smilts slānis, kas, iespējams, vēl turpinās virzienā uz leju.










Trešais urbums ir visdziļākais, tas sasniedz pat 500 cm dziļumu. Urbuma augšējā daļā ir 9 cm biezs augsnes slānis. Tad seko aptuveni 230 cm biezs kūdras slānis, kurā ir ļoti daudz dažādas augu un koku daļas. Zemāk seko aptuveni 20 cm biezs kūdras slānis ar sapropeļa starpkārtnēm. Tad seko aptuveni 180 cm biezs kaļķaina, tīra sapropeļa slānis. Zemāk novietots ir aptuveni 10 cm biezs aleirītiska sapropeļa slānis, bet pašā apakšā ir smalka smilts, kas turpinās vēl dziļāk.

Pēdējais, 4 urbums, sasniedz 350 cm dziļumu. Urbuma augšdaļā 15 cm biežā slānī ir augsne. Tālāk seko 25 cm biezs labi sadalījušās kūdras slānis, bet 310 cm biežumā atrodas zilganpelēka māla slānis. Augšējā daļā tas ir ar augu atliekām, vidusdaļā – tīrs, bet lejasdaļā ir novērojamas smilšainas starpkārtnes.

Salīdzinot Rainaiša ezera urbumu aprakstu ar Juvera ezera, ir novērojamas gan atšķirības, gan arī zināmas līdzības. Raunaiša ezera otrais un trešais urbums, kas novietoti ezera rietumkrasta vidusdaļā, ir ļoti līdzīgi pēc savas uzbūves un nogulumu sastāva Juvera ezera nogulumiem. Toties Raunaiša ezera pirmais un ceturtais urbums ir ļoti atšķirīgi – tajos ir ļoti maz organisko nogulumu, bet lielāko to daļu sastāda mālainie nogulumi. Iespējams, šī informācija liek domāt, ka Rainaiša ezers ir sācis aizaugt un aizpildīties ievērojami agrāk kā Juvera ezers un tā nogulumi ezera ziemeļu un dienvidu malās sākuši pārveidoties.



APZĪMĒJUMI

	Kūdra		Mālais sapropelis
	Kūdrains sapropelis		Māls
	Aleirītisks sapropelis		Smilts
	Sapropelis		HOLOCĒNS. Kūdra
			HOLOCĒNS. Ezeru nogulumi. Smilts, sapropelis, māls.

6.4. attēls. Ģeoloģiskais garengriezums starp Juvera un Kaupēnu ezeru (sastādījusi autore, 2010).

Griezuma novietojumu skatīt 5.2. attēlā.

6.2. Laboratorijas darbu rezultāti

6.2.1. Kūdras botāniskais sastāvs un sadalīšanās pakāpe

Veicot kūdras botāniskā sastāva analīzi (6.2. tabula) urbumā pie Juvera ezera, tika noteikts, ka šajos nogulumu paraugos eksistē tikai zemā tipa (zāļu-koku) kūdra. Zemā tipa kūdru raksturo paraugos pārsvarā sastopamie augi, kā niedres, sfagni, grīšļi un arī koki. Tika veikta arī kūdras sadalīšanās pakāpes noteikšana ar mikroskopisko metodi, nosakot procentuālo attiecību starp humusa saturu un kopējo kūdras masu. Botāniskā sastāva, kūdras tipa un sadalīšanās pakāpes raksturojums tiks aprakstīts no urbuma pamatnes virzienā uz augšu.

Pašā apakšējā paraugā, kas atrodas 5,34 m dziļumā, tika noteikts kaļķains, aleirītisks sapropelis. Šajā paraugā tika konstatēti kvarca graudiņi, kā arī dzelzs sulfīdi. Jāpiemin, ka dzelzs sulfīdi bieži raksturīgi ir kopā ar karbonātiem.

Nākošajā paraugā uz augšu, kas atrodas 5,16 m dziļumā, tika konstatēts kaļķains sapropelis ar dzelzs sulfīdu piejaukumiem, kā arī ar aleirītu un mālu.

Nākošie četri augšējie paraugi, kas atrodas attiecīgi 4,91 , 4,70 , 4,25 , 3,90 m dziļumā, tika konstatēts tīrs kaļķains sapropelis bez jebkādiem piejaukumiem.

Paraugā, kas atrodas 3,59 m dziļumā, tika konstatēts kūdrains sapropelis, kurā bija sastopami ūdensaugu atlieku fragmenti, aļģes, kā arī dzelzs sulfīdu piejaukums.

Nākošajā augšējā paraugā, kas atrodas 3,34 m dziļumā, tika noteikts zilaļģu sapropelis. Bija novērojami arī dzelzs sulfīdi, augu atliekas, zooplanktoni (*Cladocera*), putekšņi, zaļaļģes (*Scenedesmus*), kā arī daudz zilaļģes, kas arī ir galvenais ezera aizauguma veidotājs.

Nākošajā paraugā, kas atrodas 3,11 m dziļumā, tika noteikts kaļķains sapropelis. Paraugā maz sastopamas bioloģiskās atliekas, toties ir karbonātu un dzelzs sulfīdu piejaukums.

Nākošais paraugs atrodas 2,80 m dziļumā, kas tika raksturots kā kūdrains sapropelis. Tika konstatētas daudz augu atliekas, ūdensaugi, hipni (*Hypnum*), dzelzs sulfīdu piejaukums, gliemežvāka un insektu fragments.

Nākošajā paraugā, kas atrodas 2,69 m dziļumā, tika konstatēta grīšļu kūdra ar sapropeli. Sapropela tips tika noteikts kā zilaļģu sapropelis. Paraugā tika konstatētas zilaļģes, diegaļģes, vilkvālīšu, grīšļu un ūdensaugu atlieku fragmenti. Savukārt, kūdras sadalīšanās pakāpes procentuālais sastāvs ir 30%.

Nākošajā paraugā, kas atrodas 2,38 m dziļumā, tika noteikta grīšļu – hipnu kūdra. Augu atliekās tika identificēti hipni (*Hypnum*) un grīšļi (*Carex lasiocarpa*). Sadalīšanās pakāpe šajā paraugā ir 29%.

Nākošais augšējais paraugs atrodas 2,10 m dziļumā un tika noteikta kā hipnu kūdra. Paraugā tika konstatēti hipni (*Hypnum*), kosas (*Equisetum*) un papardes (*Dryopteris*). Kūdras sadalīšanās pakāpe šajā paraugā tika noteikta kā 27%.

Nākošajā paraugā, kas atrodas 1,85 m dziļumā, tika noteikta koku – sfagnu kūdra. Paraugā tika konstatēti daudz sfagnu (*Sphagnum subsecundum*), kā arī kosas (*Equisetum*). Sadalīšanās pakāpe šajā paraugā ir 33%.

Nākošais augšējais paraugs atrodas 1,62 m dziļumā un tiek noteikts kā koku kūdra. Paraugā tiek konstatētas priedes un hipnu (*Hypnum*) atliekas. Kūdras sadalīšanās pakāpe ir 55%.

Nākošais paraugs atrodas 1,36 m dziļumā un tika noteikts kā koku – sfagnu kūdra. Paraugā tika konstatēti sfagni (*Sphagnum palustre*), kosas (*Equisetum*), kā arī priedes un lapu koku atlieku fragmenti. Sadalīšanās pakāpe šajā paraugā konstatēta kā 40%.

Nākošais augšējais paraugs atrodas 1,06 m dziļumā un tika noteikts kā koku kūdra. Šajā paraugā bija sastopamas daudzas koku sugas, bet jo īpaši lielā skaitā priedes atliekas. Sadalīšanās pakāpe šim paraugam ir 45%.

Nākošie paraugi atrodas attiecīgi 0,97, 0,64 m dziļumā un tika noteikta koku kūdra, kas sastāv no jaukto koku augu atliekām. Sadalīšanās pakāpe šajos paraugos ir 45%.

Nākošais paraugs atrodas 0,40 m dziļumā un tika noteikts kā lapu koku kūdra. Paraugā tika novērotas bērza un citu lapu koku atliekas, kā arī niedres. Sadalīšanās pakāpe šim paraugam ir 50%.

Pats augšējais paraugs atrodas 0,17 m dziļumā un tiek noteikts kā skuju koku kūdra. Paraugā pārsvarā tiek konstatētas priedes atliekas. Sadalīšanās pakāpe paraugā ir 60%.

Urbuma J1 griezuma kūdras botāniskais sastāvs un sadalīšanās pakāpe (izstrādājusi autore, 2010).

Nr	Dziļums, m	Nosaukums	Nogulumu tips	Sadalīšanās pakāpe, %
1.	0,17	Skuju koku kūdra (priedes)	Zemā tipa kūdra	60
2.	0,40	Lapu koku kūdra (bērzs, niedres)	Zemā tipa kūdra	50
3.	0,64	Jaukto koku kūdra	Zemā tipa kūdra	45
4.	0,97	Jaukto koku kūdra	Zemā tipa kūdra	45
5.	1,06	Jaukto koku kūdra (vairāk priede)	Zemā tipa kūdra	45
6.	1,36	Koku – sfagnu kūdra (Sphagnum palustre, Equisetum, gan priede, gan lapu koki)	Zemā tipa kūdra	40
7.	1,62	Koku kūdra (priede, Hypnum)	Zemā tipa kūdra	55
8.	1,85	Koku – sfagnu kūdra (daudz sfagnu, Sphagnum subsecundum, Equisetum)	Zemā tipa kūdra	33
9.	2,10	Hipnu kūdra (Equisetum, Hypnum, Dryopteris)	Zemā tipa kūdra	27
10.	2,38	Grīšļu – hipnu kūdra (Hypnum, grīšļi – Carex lasiocarpa)	Zemā tipa kūdra	29
11.	2,69	Grīšļu kūdra ar sapropeli (zilaļģes, vilkvālītes, diegaļģes, zilaļģu sapropelis, grīšļi ar ūdensaugiem)	Zemā tipa kūdra	30
12.	2,80	Kūdrains sapropelis (daudz augi, ūdensaugi, Hypnum, dzelzs sulfīdi, fragments no gliemežvāka, insektu fragments, zilaļģes)		
13.	3,11	Kaļķains sapropelis (maz bioloģisko atlieku, karbonāti un dzelzs sulfīdi, dažas aļģes)		
14.	3,34	Sapropelis (zilaļģes, dzelzs sulfīdi, augu atliekas, putekšņi, Cladocera, Scenedesmus – zaļaļģes)		
15.	3,59	Kūdrains sapropelis (ūdensaugi, aļģes, dzelzs sulfīdi)		
16.	3,90	Kaļķains sapropelis		
17.	4,25	Kaļķains sapropelis		
18.	4,70	Kaļķains sapropelis		
19.	4,91	Kaļķains sapropelis		
20.	5,16	Kaļķains sapropelis (dzelzs sulfīdi, aleirīts, māls)		
21.	5,34	Kaļķains, aleirītisks sapropelis (kvarca graudiņi, dzelzs sulfīdi)		

6.2.2. Sporu – putekšņu analīzes rezultāti

Sporu - putekšņu analīze tika veikta Juvera ezera nogulumu griezumam, kā rezultātā tika sastādīta putekšņu diagramma (6.5. un 6.6. attēls), kurā putekšņu līkņu kāpumi un kritumi, kā arī sastāva izmaiņas ļāva nodalīt 9 lokālās putekšņu zonas, kuras aprakstītas sākot no diagrammas apakšas.

BETULA-PINUS putekšņu zona ir pirmā zemākā zona putekšņu diagrammā, kas ir nodalīta intervālā 545-515 cm dziļumā. Zonas intervāla apakšējo daļu veido mālainais sapropelis, bet augšējo daļu veido aleirītisks sapropelis. Šajā zonā dominē *Betula* (35-40%) un *Pinus* (25-35%). Nedaudz ir novērojams arī *Corylus* (5%). Pakāpeniski pieaug *Betula* daudzums, kā arī veidojas vienlaidus meža sega, ko sastāda *Betula*, *Pinus*, *Corylus* un nedaudz arī. No zālaugiem dominē *Poaceae* (līdz 27%), bet nedaudz ir sastopami arī *Artemisia* un *Cyperaceae*.

Betula lielais procentuālais skaits norāda uz vēsāku laika periodu, iespējams, tas ir bijis preboreālais klimatiskais periods (PB). Preboreālam raksturīga izteikta bērzu dominante ar priedi kā subdominanti (Segliņš, 2001).

BETULA-PINUS putekšņu zona nodalīta intervālā 515-470 cm dziļumā. Zonas lejasdaļā ir aleirītisks sapropelis, bet augšdaļā ir tīrs sapropelis. Šajā zonā, tāpat kā iepriekšējā, arī dominē *Betula* un *Pinus*, bet šajā intervālā ir novērojama *Betula* maksimālā izplatība visā griezumā, kas sasniedz pat 60%. Savukārt *Pinus* izplatība ir nedaudz samazinājusies (23-32%). Novērojams arī *Ulmus* (līdz 7%), kas pieaug zonas otrajā pusē, un *Corylus* (līdz 6%) neliels pieaugums. Pavisam nedaudz arī novērojams *Picea* (līdz 4%). Kā arī, no lakstaugiem dominē *Poaceae*, šajā zonā gan krietni mazākā daudzumā, kā iepriekšējā (7-18%). Ir vērojams arī *Polypodiaceae* pieaugums (līdz 10%).

Šajā lokālajā putekšņu zonā sastopamās koku sugas, kā vīksnas un lazdas pieaugums, norāda uz jau nedaudz siltāku un sausāku klimatu, kas, iespējams, varētu būt boreālais klimatiskais periods (BO1).

PINUS-BETULA-ULMUS-CORYLUS putekšņu zona nodalīta intervālā 470-405 cm dziļumā. Lokālās putekšņu zonas pašā apakšējā daļā ir tīrs sapropelis, tad neliels slānītis aleirītisks sapropelis un augšdaļā atkal tīrs sapropelis. No kokiem galvenokārt dominē *Pinus*,

kam zonas vidusdaļā ir pieaugums līdz pat 35%. Arī *Betula* ir sastopams ievērojamā daudzumā (līdz 38%). Liels pieaugums ir arī *Corylus* (pat līdz 17%), kā arī *Ulmus* (līdz 10%). Šajā putekšņu zonā ir novērojama *Pinus* maksimālā izplatība visā griezumā, bet *Betula* šajā pašā dziļuma intervālā ir ievērojams kritums, kas pēc tam atkal pieaug. Pieaugums ir novērojams arī graudzālēm. *Poaceae* zonas apakšējā un augšējā daļā sasniedz 27 % daudzumu, bet vidusdaļā samazinās līdz 17%. Sāk parādīties nedaudz ūdensaugi (*Stratoides aloides*), kā arī sporas – Polypodiaceae (pat līdz 35%).

Šajā zonā ir novērojams lazdas un vīksnas, kā arī graudzāļu pieaugums, kas norāda uz siltu un sausu klimatu. Tādēļ, iespējams, šī ir boreālā perioda otrā puse (BO2).

BETULA-ALNUS-ULMUS-CORYLUS lokālā putekšņu zona nodalīta intervālā 405-280 cm dziļumā. Šajā zonā no nogulumiem ir tikai tīrs sapropelis. No kokiem šajā zonā, galvenokārt, ir *Betula* (vienmērīgs ~37% sadalījums visā intervālā). *Alnus* strauji pieaug zonas apakšējā daļā līdz 17% un, ar nelieliem kritumiem, saglabājas visā intervālā. Zonas apakšējā daļā arī straujš *Corylus* pieaugums (līdz 25%), kas arī ir *Corylus* maksimālās izplatības laikposms. Šajā putekšņu zonā ir novērojams pakāpenisks *Pinus* sarukums – apakšējā daļā 25%, bet augšējā daļā tikai 5% - bet tajā pašā laikā nedaudz palielinās *Picea* (līdz 8%) un *Tilia* (līdz 10%) īpatsvars, kas izteikts zonas augšējā daļā. No lakstaugiem sastopama *Poaceae*, kam šajā zonā ir otra lielākā izplatība (līdz 43%), kā arī nedaudz *Cyperaceae*. Pieaug arī ūdensaugu arī sporu daudzums. Novērojami ir *Stratoides aloides*, *Nymphaceae* un *Typhaceae* (līdz 3%). *Polypodiaceae* šajā zonā ir novērojama maksimālā izplatība, kas sasniedz pat 150%.

Platlapju ievērojamais pieaugums liecina par siltiem un mitriem laika apstākļiem, kas norāda, iespējams, uz atlantiskā klimatiskā perioda (AT1) iestāšanos. Siltais un mitrais atlantiskais periods tiek raksturots kā platlapju koku sugu, alkšņu un lazdu dominances laiks. Tas ir holocēna klimatiskais optimums ar ļoti labvēlīgu veģetācija uzplaukumam temperatūras un mitruma režīmu, ilgstošu veģetācijas periodu un maigām ziemām (Segliņš, 2001)

PICEA-ALNUS-TILIA putekšņu zona nodalīta intervālā 280-240 cm dziļumā. Apakšējā daļā ir sapropelis, bet augšējā daļā ir kūdra. No kokiem dominē *Picea*, kas ir pat 20%, bet lielā daudzumā ir arī *Alnus* (līdz 25%) un *Tilia* (līdz 9%). Ievērojamā daudzumā ir arī *Pinus*, kas zonas augšējā daļā pieaug līdz 13%. Liels kritums ir novērojams *Betula* spektrā, kur zonas augšējā daļā ir 25%, bet zonas augšdaļā tie nokrītas līdz 13%. *Ulmus* apakšējā daļā ir pat 10%, *Corylus* augšējā daļā pieaug līdz 10%. Pavisam nedaudz zonas apakšdaļā novērojams arī *Quercus*. No lakstaugiem ievērojami dominē *Poaceae* (līdz 30%), bet ir sastopama arī *Artemisia* un *Cyperaceae* (līdz 5%). Palielinājies ir arī ūdensaugu daudzums - *Stratoides*

aloides, *Nymphaceae* un *Typhaceae*, kā arī sporas – *Shagnales* (līdz 30%) un *Polypodiaceae* (līdz 125%).

Plašais koku spektrs, kā arī pieaugošā lakstaugu, ūdensaugu un sporu daudzveidība norāda uz tādiem labiem klimatiskajiem faktoriem, kā silts un mitrs laiks. Šie rādītāji, iespējams, liecina par klimatisko optimumu, kas bija atlantiskā laika vidū (AT2).

BETULA-ALNUS putekšņu zona nodalīta intervālā 240-155 cm dziļumā, un šajā zonā ir kūdras nogulumi. No kokiem, galvenokārt, dominē *Betula* (pat līdz 35% kāpums vidusdaļā) un *Alnus* (līdz 20%). Bet ievērojamā daudzumā ir arī *Picea* (līdz 10%), *Pinus* (līdz 14%), *Tilia* (līdz 10%, kas ir maksimālais izplatības laiks) un *Corylus* (līdz 15%). Zonas vidusdaļā ir ievērojams *Betula* procentuālais pieaugums, kas zonas augšdaļā strauji samazinās. Nedaudz ir sastopams arī *Salix*. Zonas apakšējā daļā *Poaceae* ir pat 35%, bet virzienā uz augšu tā ievērojami samazinās. *Stratoides aloides* (līdz 10%) un *Nymphaceae* (līdz 7%) sasniedz savu maksimālo izplatību. *Shagnales* (līdz 43%), *Bryales* (līdz 10%) un *Polypodiaceae* (līdz 75%) zonas apakšējā daļā ir krietni vairāk, bet pēc tam strauji krītas.

Bērza straujais pieaugums liecina par nedaudz vēsāku un arī sausāku klimatu, kas, iespējams, atbilst subboreālā klimata sākumam (SB1). Subboreālā laika apakšējā putekšņu zonā raksturīga augsta bērzu putekšņu līkne (Segliņš, 2001).

PICEA-ALNUS lokālā putekšņu zona nodalīta intervālā 155-95 cm dziļumā un šeit ir kūdras nogulumi. Šajā zonā dominē *Picea* (līdz 25%) un *Alnus* (līdz 35%), kuriem šis ir maksimālais izplatības laiks. Lielā daudzumā ir arī *Betula* (līdz 23%) un *Corylus* (līdz 18%). *Pinus* zonas apakšdaļā ir 15%, bet virzienā uz augšu nedaudz samazinās. *Ulmus* sasniedz 17%, kas ir maksimālais izplatības laiks griezumā. Kā arī no krūmiem dominē *Salix* (līdz 3%). Ievērojami samazinājies ir lakstaugu daudzums, tajā skaitā arī *Poaceae* (līdz 5%). Nedaudz sastopami ir arī ūdensaugi - *Typhaceae*, bet ievērojams pieaugums ir *Shagnales* (pat līdz 42%).

Egļu un alkšņu maksimums norāda uz vēsāku un sausu laiku, kas, iespējams, ir subboreālā klimatiskā laika otrā puse (SB2). Subboreāla vidējai putekšņu diagrammai raksturīgs subboreālais egles maksimums, kas izsekojams visā Ziemeļeiropā un pat ārpus tās (Segliņš, 2001).

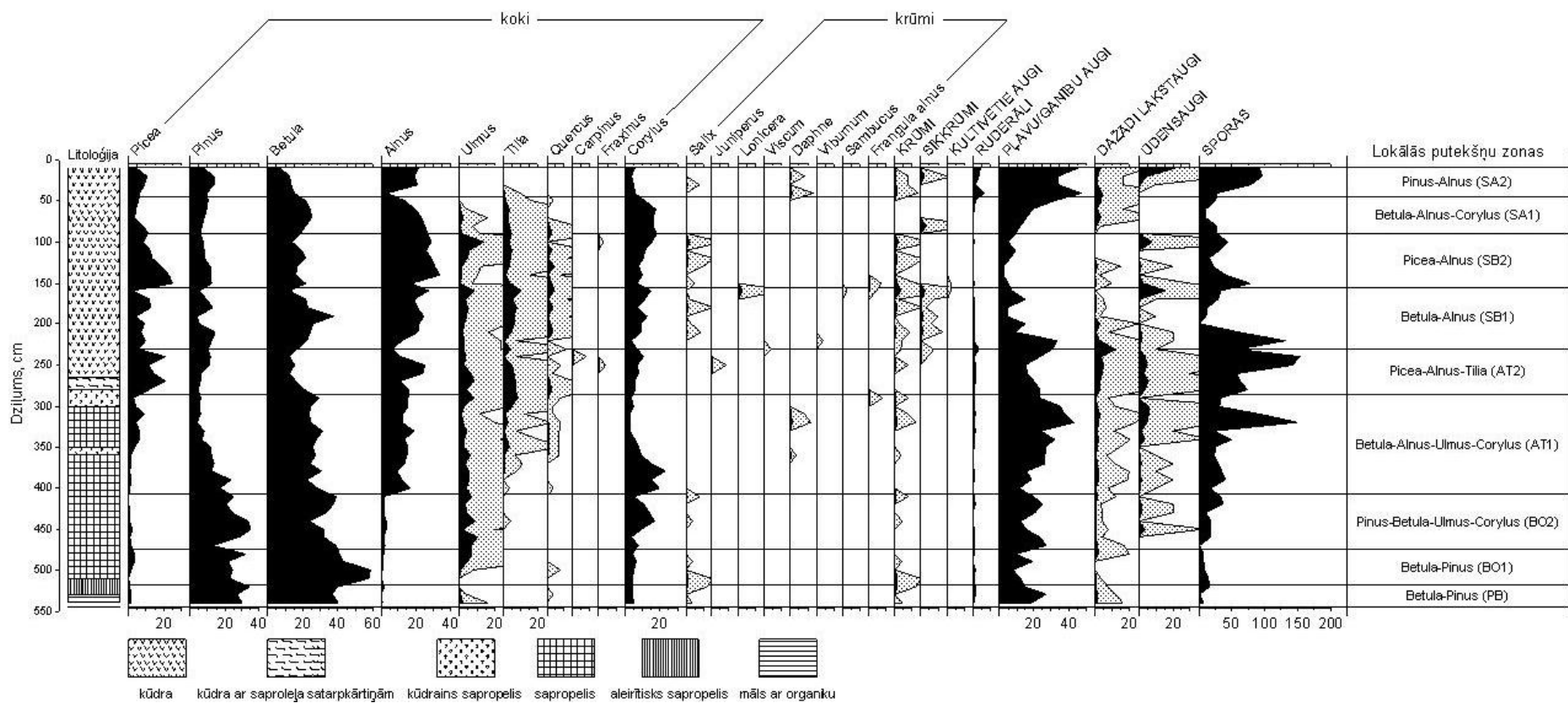
BETULA-ALNUS-CORYLUS putekšņu zona nodalīta intervālā 95-45 cm dziļumā, un šajā zonā ir kūdras nogulumi. Šajā zonā no kokiem dominē *Betula* (līdz 25%), *Alnus* (līdz 28%) un arī *Corylus* (līdz 20%). Nedaudz ir arī *Pinus* (līdz 12%), *Picea* līdz 10% apakšējā daļā, bet uz augšu samazinās. *Tilia* ir līdz 5%. Nedaudz sastopams ir arī *Quercus*. No lakstaugiem liels

pieaugums ir *Poaceae*, kas virzienā uz augšu pieaug pat līdz 40%. Nedaudz sastopams ir arī *Polygonaceae*. No sporām visizplatītākie ir *Shagnales* (līdz 25%) un nedaudz arī *Polypodiaceae*.

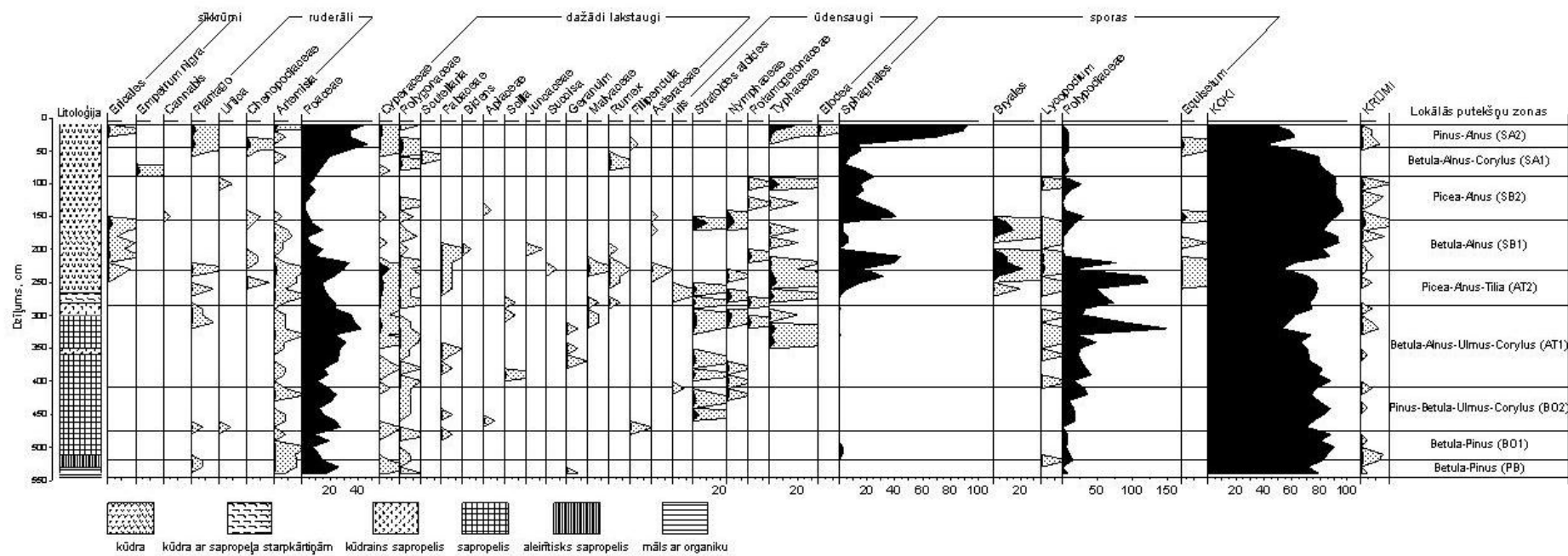
Bērza un alkšņu īpatsvars, kā arī citu koku izteiktā samazināšanās norāda uz vēsāka un mitrākā klimata iestāšanos. Iespējams, tā ir Subatlantiskā laika sākuma daļa (SA1). Apakšējā subatlantiskā zona viegli nodalāma pēc izteiktas bērza putekšņu dominances, bet spektros salīdzinoši daudz joprojām ir arī alkšņu putekšņi (Segliņš, 2001).

PINUS-ALNUS putekšņu zona nodalīta intervālā 45-10 cm dziļumā, un šajā zonā ir kūdras nogulumi. Šajā lokālajā putekšņu zonā dominē *Pinus* (līdz 17%) un *Alnus* (līdz 22%). Lai gan pārējo koku īpatsvars ir samazinājies, lielā skaitā ir arī *Betula* (līdz 17%), nedaudz arī *Picea* (līdz 10%) un *Corylus* (līdz 7%). Lakstaugu grupā dominē *Poaceae* (līdz 45%), kas ir maksimālais izplatības laiks. Vēl nedaudz sastopami ir arī *Cyperaceae* un *Plantago*. No ūdensaugiem dominē *Thyphaceae*, kam šis ir izplatības maksimums, pat līdz 20%, zonas augšējā daļā. Bet no sporām – *Shagnales* pat līdz 95%, kas ir maksimālais izplatības laiks. Savukārt *Polypodiaceae* vairs tikai līdz 5%.

Priedes un alkšņu dominance, citu koku sugu samazināšanās un lakstaugu palielināšanās norāda uz vēsu un mitru klimatu. Un tas, iespējams, norāda uz subatlantiskā klimatiskā perioda vidu (SA2).



6.5. attēls. Juvera ezera koku un krūmu putekšņu procentuālā diagramma (sastādījusi autore, 2010).



6.6. attēls. Juvera lakstaugu putekšņu un sporaugu procentuālā diagramma (sastādījusi autore, 2010).

7. DISKUSIJA

7.1. Reljefa ietekme uz ezera aizaugšanas procesu intensitāti

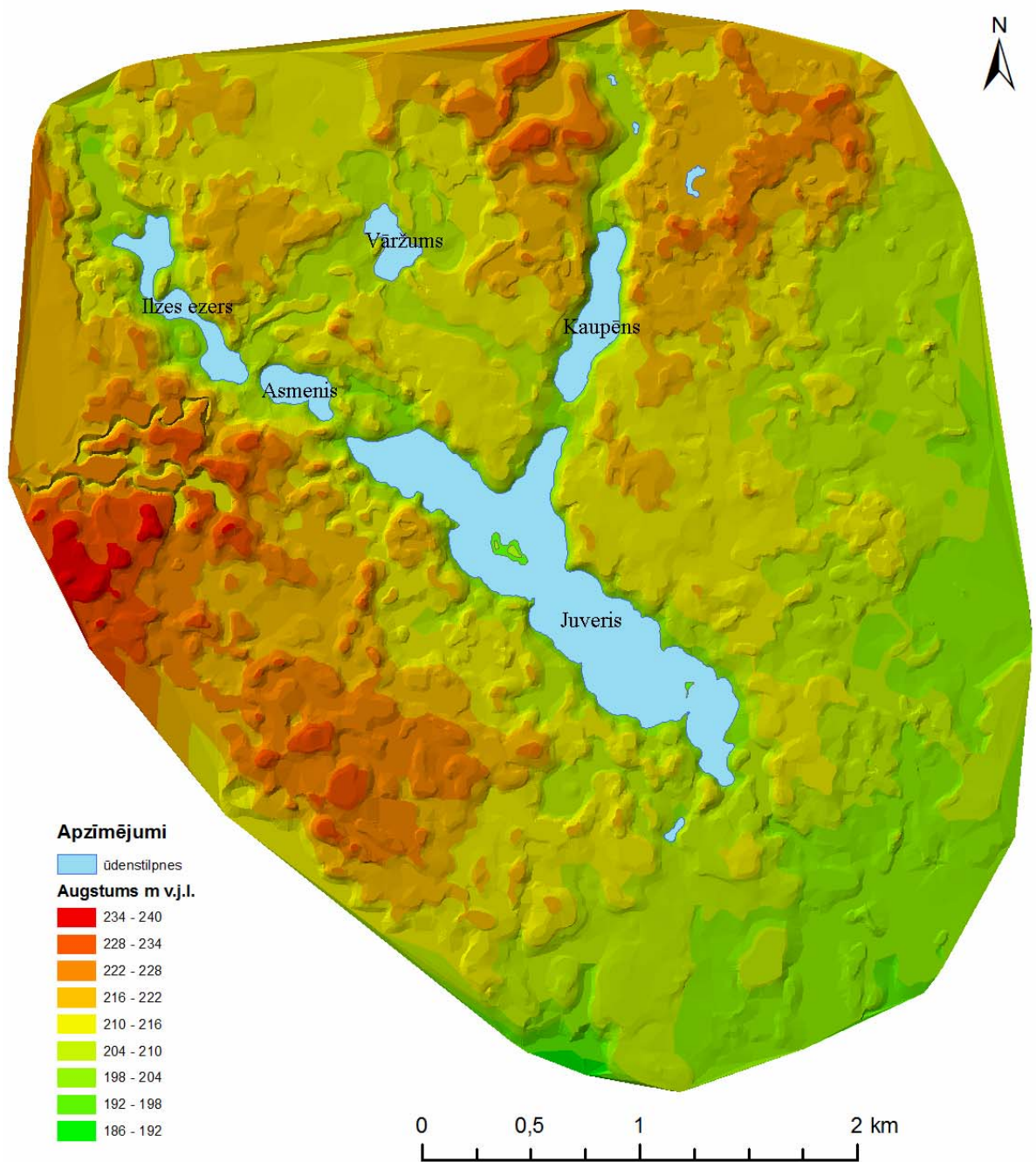
Reljefa trīsdimensiju atainojums veiksmīgi ļauj uztvert reljefu kopumā un izdalīt konkrētas lietas, tādēļ Juvera ezera un tā apkārtnes reljefa 3D modelis (7.1. attēls) tika sagatavots pētījuma teritorijas daļai ar artikulētāko reljefu ar mērķi uzskatāmāk atspoguļot pētījuma teritorijas reljefa raksturu, subglaciālo vagu izplatību, to krastu raksturu, kā arī ezeru novietojumu reljefā, izplatību holocēna sākumā un to aizaugušos līčus. Tai skaitā bija mērķis izpētīt vai pētītajos Mežoles pauguraines ezeru krastos iezīmējas terase, kāda tika konstatēta Ķūžu ezera pētījumos (Kangur et al., 2008; Strautnieks et al., 2009), kur tā izsekojama apmēram 2 m augstumā no ezera līmeņa. Tika pievērsta uzmanība gan subglaciālajās vagās esošajiem ezeriem, gan arī tiem ezeriem, kas atrodas lēzenās starppauguru ieplakās, piemēram, Vāržumam. Autores izveidotās reljefa kartes, uzskatāmi parāda, kādā virzienā ledājs virzījies. Par ledāja kustības virzienu norāda subglaciālās vagas atstātās liecības – secīgi izvietotā ezeru virkne ar blakus esošajiem pavadošajiem ezeriem.

Juvera ezera apkārtnes virsmas digitālajā augstuma modelī (7.1. attēls) redzams, ka šī teritorijas reljefs ir ļoti saposmots un ar ievērojamām augstuma atšķirībām. Teritorijas dienvidu, dienvidaustrumu un austrumu daļā atrodas zemākas teritorijas, kuru absolūtais augstums sasniedz tikai 186-210 m vjl. Virzienā uz ziemeļrietumiem, Juvera ezera dienvidu krastu virzienā, reljefa pacēlums pamazām kļūst augstāks – līdz 216 m vjl. Modelī attēlotās teritorijas ziemeļaustrumu daļā, gar Juvera un Kaupēnu ezera labo krastu, reljefa augstums palielinās virzienā uz ziemeļiem. Juvera ezera austrumu pusē, pretī ezera Lielajai salai, absolūtā augstuma atzīmes palielinās un sasniedz 210 – 222 m vjl. Reljefa absolūtais augstums strauji palielinās virzienā uz ziemeļiem gar Kaupēnu ezera krastu, kur tas teritorijas ziemeļaustrumu daļā sasniedz pat 234 m vjl. 3D modelī redzams, ka šim apvidum starp Kaupēnu un Vāržumu ir raksturīgs gan liels absolūtais augstums (līdz 240 m vjl.), gan arī ievērojamas relatīvā augstuma atšķirības (20-40 m). Virzienā uz rietumiem no Kaupēna subglaciālās vagas ziemeļu gala ap Vāržumu, augstums pazeminās līdz 204 – 210 m vjl., bet tālāk virzienā no Vāržuma uz Ilzes ezeru reljefa augstums atkal nedaudz palielinās līdz 222 m vjl. Kā redzams virsmas augstuma modelī (7.1. attēls), virzienā no Asmeņa uz rietumiem, šis apvidus ir visaugstākais gan modelī attēlotajā, gan visā pētījuma teritorijā. Dažas pauguru virsotnes šajā paugurmasīvā sasniedz pat 247,8 m vjl. Virzienā uz dienvidiem reljefa augstums pazeminās līdz aptuveni 219 m vjl., tomēr vēl tālāk uz dienvidiem tas atkal kļūst

augstāks (līdz aptuveni 230 m vjl.). Bet virzienā uz modelī attēlotās teritorijas dienvidu daļu, absolūtais augstuma atkal pazeminās un sasniedz tikai vidēji 207 m vjl.

Digitālais augstuma modelis ļauj spriest, ka, iespējams, Juvera ezers leduslaikmeta beigu posmā ir aizņēmis daudz plašāku teritoriju kā šobrīd, ietverot arī Kaupēnu ezeru un arī Asmeni un Ilzes ezeru, jo šāda paleoezera krastu līniju var izsekot 210 m vjl.. It īpaši labi tas redzams ir reljefa augstuma modelī ar trīskāršu reljefa pārspīlējumu (5. pielikums). 3D modelī ir labi redzams, ka Juvera ezera ziemeļaustrumu daļas līča vaga ir vienā līmenī ar Kaupēna ezera subglaciālo vagu. Šos ezerus šķir sliekšnis, kas ir tikai līdz 1 m augsts. Tas iespējams, veidojies, aizpildoties ar organisko materiālu. Domājams, ka šāda aizpildīšanā notikusi arī Kaupēnu subglaciālās vagas ziemeļdaļa, jo arī šeit reljefā ir izteikti novērojams vagas turpinājums, bet nogulumus veido kūdra. Juvera ezera krastos vairākās vietās ir izveidojušās gravas. Pa dažām no tām tek nelielas ūdensteces. Šāda grava, pa kuru tek upīte, atrodas Juvera ezera ziemeļrietumu līcī. Tā tek no Asmeņa uz Juveri pa starppauguru ieplaku (augstumu starpība, aptuveni, ir 2 m) ieplūstot Juvera ziemeļrietumu līcī, ienesot tajā organiskās vielas un veicinot aizaugšanu. Asmeni no Ilzes ezera šķir pavisam neliels sliekšnis (līdz 0,5 m augsts), kas arī dabā redzams kā pārpurvojies apvidus. Analizējot gan izveidoto modeli, gan arī kartogrāfisko materiālu un apsekojumos dabā iegūto informāciju var secināt, ka aizaugšana raksturīga subglaciālo vagu ziemeļu daļai. Tā piemēram, Juvera subglaciālās vagas ziemeļos esošajam Ilzes ezeram eutrofikācija ir ļoti spēcīgi izteikta gandrīz visā krasta līnijas garumā. Līdzīga aina vērojama arī Kaupēna subglaciālās vagas ziemeļu daļā, kur vagas pazeminājumā izveidojies purvs.

Starp Ilzes un Kaupēna ezeru atrodas Vāržuma ezers, kas atrodas lēzenā plašā starppauguru ieplakā. Analizējot ezera hipsometrisko novietojumu 205,9 m vjl. un reljefa raksturu, var secināt, ka tam ir bijusi notece uz Kaupēnu ezeru (201,4 m vjl.) un vēl joprojām ir notece uz Ilzes ezeru (202,2 m vjl.). Jāatzīmē, ka abos šajos gadījumos Vāržuma ezera noteces ir veicinājušas ezeru aizaugšanu, it sevišķi Ilzes ezera aizaugšanu. Domājams, ka arī pārzmaugai starp Juveri un Kaupēnu ir Vāržuma ezera noteces upītes ietekmes rezultāts. Iespējams, ka šī upīte likumojot starp pauguriem ir ietecēju Kaupēnā (senajā Juverī) un uz morēnas sliekšņa, kur ezers bijis seklāks ir sācis izgulsnēties sapropelis un pēc tam tas aizaudzis. Par šādu iespējamību liecina sarežģītā ģeoloģiskā uzbūve griezuma apakšējā daļā (6.4. attēls).



7.1. attēls. Juvera ezera apkārtnes virsmas digitālais augstuma modelis (izstrādājusi autore, pamatne TOPO 10k PSRS)

Dzērbenes ezeru grupu sastāda vairākas savstarpēji saistītas subglaciālās vagas: Juvera ezera subglaciālā vaga, Kaupēna ezera subglaciālā vaga un Āraiša-Kapsētas ezera subglaciālā vaga.

Juvera ezera subglaciālajā vagā ietilpst Juvera ezers, izņemot ziemeļaustrumu līci, Asmenis un Ilzes ezers ar tā aizaugušo ziemeļu daļu. Šīs subglaciālās vagas kopējais garums ir 4306 m, vagas platums dienvidu daļā ir 614 m, platums vidusdaļā – 424 m, bet vagas platums ziemeļdaļā ir 348 m.

Kaupēna ezera subglaciālo vagu sastāda Juvera ezera ziemeļaustrumu līcis no Lielās salas un Kaupēna ezers ar tā aizaugušo ziemeļu daļu. Kaupēna ezera subglaciālās vagas garums ir 2593 m. Tās platums dienvidu daļā ir 320 m, vidusdaļā 290 m, bet ziemeļu daļā tie ir 190 m.

Āraiša-Kapsētas ezera subglaciālajā vagā ietilpst Brenkūzis, Dzirnava ezers, Āraisis, Augstā kalna ezers, Kapsētas ezers un Šķesteris. Subglaciālās vagas garums sastāda 4267 m, platums gan dažādās vietās ļoti atšķiras, bet ziemeļu daļā tas ir, aptuveni, 287 m, vidusdaļā – 618 m, bet dienvidu daļā tie ir, aptuveni, 285 m.

7.2. Paleoveģetācijas izmaiņas ezeru attīstības laikā

Paleoveģetācijas izmaiņas pētījuma teritorijā un Vidzemes augstienē kopumā ir pētītas ar mērķi nosacīti datēt nogulumus, lai iegūtu priekšstatu par aptuveno laiku, kad sākusies glaciālo ezeru aizaugšana Vidzemes augstienē, tai skaitā arī Mežoles paugurainē. Ir salīdzinātas Juvera ezera sporu-putekšņu diagramma ar Vidzemes vidējo sporu-putekšņu diagrammu (3. pielikums) un Ķūžu ezera sporu-putekšņu diagrammu, kura sastādīta ar ^{14}C metodi datētu nogulumu griezumam (Kangur et l., 2008; 4. pielikums).

Vidzemes vidējā sporu-putekšņu diagrammā, tāpat kā Juvera ezera sporu-putekšņu diagrammā, veģetācijas attīstība atspoguļojas, sākot ar preboreālo laiku. Arī Ķūžu ezera nogulumu veidošanās griezuma apakšējā daļa 6,2 m dziļumā attiecināma uz preboreālo laiku pirms apmēram 9810 gadiem (Kangur et al., 2008).

Diagrammās preboreālajā laika intervālu raksturo izteikta bērza dominance apkārtējā veģetācijā. Ķūžu ezera un Vidzemes augstienes vidējā diagrammā bērzs šajā periodā sasniedz savu maksimālo izplatību – pat līdz 80%. Savukārt Juvera ezera diagrammā tikai līdz 40%. Toties priedes izplatība ir līdzīga – 30%. Nedaudz abās diagrammās sāk pieaugt lazdas īpatsvars un Vidzemes augstienes diagrammā arī alksnis.

Boreālajā klimatiskajā periodā Vidzemes augstienes diagrammā savu pirmo maksimumu sasniedz priede (līdz 50%), bet otro maksimumu sasniedz bērzs (līdz 60%). Ļoti strauji pieaudzis ir arī alkšņa īpatsvars (līdz 35%). Turpretim Juvera ezera sporu-putekšņu diagrammas lejasdaļā savu lielāko maksimumu sasniedz bērzs – pat līdz 60%. Arī priedei visā zonā ir diezgan augsts līmenis, un zonas beigās tā sasniedz savu maksimumu (35%). Juvera ezera diagrammā arī ir novērojams lazdas un vīksnas pieaugums. Ķūžu ezera diagrammā nav nodalīta boreāla zona.

Atlantiskais klimatiskais periodam Vidzemes augstienes diagrammas atbilstošais intervāls ir raksturīgs ar bērza vienmērīgu kritumu no 45% zonas apakšējā daļā, līdz 20% zonas augšējā daļā. Turpretim eglei ir novērojams straujš kāpums zonas augšdaļā līdz 38%. Arī priedei ir neliels kāpums. Lazdai un alksnim zonas augšdaļā ir novērojama maksimālā izplatība līdz 30%. Atlantiskajā laikā spilgti novērojams arī platlapju pieaugums. Juvera ezera diagrammā novērojamas līdzīgas tendences. Bērzam lēzens kritums, pat līdz 10% zonas augšdaļā. Eglei zonas augšdaļā pirmais maksimums (līdz 20%), kā arī alksnim līdz 20%. Zonas apakšējā daļā lazda sasniedz savu maksimālo izplatību (līdz 20%). Līdzīgu veģetācijas sastāvu atspoguļo arī Ķūžu ezera diagrammas atlantisko laiku raksturojošie putekšņu spektri (4. pielikums). Vispilgtākās sakrītības Juvera un Ķūžu ezera diagrammās ir novērojamas *Alnus*, *Betula* un *Pinus* putekšņu spektros. Visizteiktākās ir *Alnus* līknes – abās diagrammās ir

novērojams straujš pieaugums tikai pie Atlantiskā laika sākšanās. *Alnus* straujš pieaugums arī, iespējams, varētu būt kā viens no galvenajiem Atlantiskā laika indikatoriem.

Atlantiskā laika sākums Ķūžu ezera griezumā datēts atzīmēts ar 8030 ¹⁴C gadiem un ir novērojamas dažas vispārējas sakritības. Abās diagrammās ir novērojams *Corylus* ievērojams pieaugums, kas atzīmējams ar izplatības maksimumu gan Juvera, gan Ķūžu ezera diagrammās. Ķūžu ezera diagrammā atlantiskā laika otrās pusei atbilstošo AT2 zonu, kuras intervālam atbilstošie nogulumu datēti ar 6240 ¹⁴C gadiem kopš mūsdienām, Gan Ķūžu gan arī Juvera diagrammā AT2 un SB1 laikam atbilstošā zona raksturojas egles līknes kāpumiem.

Subboreālais klimatiskais periods Vidzemes augstienes diagrammai raksturīgs ar egles pirmo maksimumu (līdz 50%) zonas vidusdaļā. Bērzam novērojams neliels kāpums līdz 30%. Turklāt priedei ir vienmērīgi aptuveni 20% visā zonā. Pateicoties labvēlīgajiem klimatiskajiem apstākļiem arī alksnis un platlapji ir novērojami lielā skaitā. Juvera ezera sporu-putekšņu diagrammā novērojams neliels bērza otrais maksimums (līdz 35%), kā arī lielākais maksimums alksnim, kas sasniedz pat 32%. Arī eglei ir novērojams maksimums līdz 25%. Zonas beigās lazdaļai novērojams mērens pieaugums līdz 15%. Ķūžu ezera griezumā nav konstatēti subboreālā laika nogulumu, kas iespējams, ir erodēti.

Subatlantiskā perioda Vidzemes augstienes diagrammas augšējā daļā novērojams egles (līdz 50%) un priedes (līdz 42%) maksimums. Bērza procentuālais līmenis ir nokrities pat līdz 10% zonas augšējā daļā. Juvera ezera diagrammas augšdaļā priedes un egles līmenis paaugstinās tikai līdz 15%. Alksnis zonas apakšējā daļā no 30% strauji nokrīt līdz 5 %, bet zonas augšdaļā atkal paceļas līdz 20%. Bērzs zonas apakšējā daļā sasniedz 25%, bet virzienā uz augšu, pamazām nokrīt līdz 7%.

Kopumā Juvera ezera veģetācijā ir novērojamas atšķirības salīdzinājumā ar Vidzemes augstienes diagrammu. Juvera ezera diagrammas augšdaļā pārsvarā ir vienmērīgi zems visu koku sugu procentuālais līmenis, turpretim, Vidzemes vidējās diagrammas augšdaļā, piemēram, egle un priede sasniedz savus maksimālos rādītājus un, turklāt, uzrāda daudz augstākus procentuālos rādītājus. Savukārt, zonas apakšējā daļa Vidzemes augstienes un Juvera ezera diagrammām ir vienojoša, jo saskan bērza un priedes maksimums, kā arī, alkšņa lazdas un platlapju rādītāji.

Picea līkne ievērojami pieaug, bet savu maksimumu Juvera ezera diagrammā tā sasniedz tikai SB2, bet Ķūžu ezera diagrammā SA2 laikā.

SB2 putekšņu zonā, Juvera ezera diagrammā, un SA2 zonā Ķūžu ezera diagrammā (datēts ar 925 ¹⁴C gadiem) ir novērojamas sakritības. Šajās lokālajās putekšņu zonās ir novērojams *Picea* galvenais izplatības maksimums. Ķūžu ezera diagrammā tas gan ir daudz

izteiktāks, nekā Juvera ezera putekšņu diagrammā. Bet tālākajos putekšņu spektros gan Ķūžu ezera, gan arī Juvera ezera putekšņu diagrammās, izteiktas līdzības netika novērotas.

Spilgtākās līdzības ir izteiktas abu diagrammu apakšējās daļās – Pinus, Betula un Alnus putekšņu, spektros, toties diagrammu augšējās daļās nedaudz atšķīrās Picea lielais procentuālais apjoms Ķūžu ezera diagrammā no Juvera ezera putekšņu diagrammas.

Kopumā līdzības starp šīm diagrammām ir novērojamas pietiekamā daudzumā, lai diagrammas tiktu pieņemtas par savstarpēji korelējamām, kas ļauj secināt, ka aizaugšana Juvera senezērā jeb pāržmaugā starp Juveri un Kaupēnu sākusies atlantiskā laika beigu posmā, apmēram pirms 6200 gadiem kopš mūsdienām.

Saskaņā ar palinoloģiskajiem datiem, Vidzemes augstienes ezeros, tai skaitā Brengūzī, Govēnī un Lubēzī (Jakubovska, Stelle, 1997), kā arī Juvera ezerā sākuši uzkrāties holocēna sākumā. Līdzīgi sapropeļu uzkrāšanās konstatēta arī Juvera ezera seklākā vietā, starp Juveri un Kaupēnu.

Ezeri, kas sāka veidoties kā eitrofi ezeri ar tiem raksturīgu aļģu floru, ezeru dziļumi nebija lieli. Brengūža ezera AT laika nogulumos atrastas *P. boryanum*, *P. muticum*, ap AT laika vidu parādās zilaļģes Cyanophyta, galvenokārt *Anabaena spp.* SB nogulumiem raksturīgas aļģu floras izmaiņas gan sugu, gan daudzuma ziņā, arvien vairāk kļūst *Anabaena spp.* Raksturīga zooplanktona daudzuma palielināšanās. SA laika nogulumos izmainās Brengūža ezers ir tipisks eitrofs ezers ar mainīgiem eitrofijas pakāpes līmeņiem. Ar BO2 laikposmu ūdens līmenis sāka celties, ūdens reakcija bija skāba, ezera litorālā daļa kļuva diezgan šaura. AT laika vidū iezīmējās distrofa ezera pazīmes, bet atlantiskā laika beigās tie jau bija ezeri ar bagātu aļģu floru, kura dod lielu biomasu nogulumu veidošanai. Ar SB sākumposmu ezeros notika ūdens līmeņa pazemināšanās, ūdens bija mazkustīgs, bagāts ar fosfora savienojumiem, pH līmenis neitrāls, litorālā josla paplašinājās. Subatlantiskajā laikā notika ūdens līmeņa svārstības – sākumā tas pieauga, bet beigās pazeminājās. Daudzi ezeri (Lubēzis, Brengūzis, Govēnis ir eitrofa tipa ezeri ar tam raksturīgu aļģu sugu kompleksu. Subboreālo laiku vairākos ezeros raksturo ūdens līmeņa krišanās, pH līmenis kļuva neitrāls vai pat nedaudz sārmais, bet subatlantiskā laikā it sevišķi seklie ezeri paliek vēl seklāki.

Subboreāla laikā, kad notika līmeņa pazemināšanās daudzos ezeros *Pediastrum* aļģes sastopamas fragmentāri, pakāpeniski tās aizstāj Cyanophyta aļģu pārstāvji pārsvarā *Anabaena spp.* (Jakubovska, 1998)

Juvera ezerā pārpurvošanās procesi nav novērojami tik intensīvi, jo ezeram ir liels dziļums un spoģu laukums un pietiekoša ūdens apmaiņa, kas aizkavē eitrofikācijas procesus. Bet, piemēram, uz ziemeļiem no Juvera ezera novietotajam Asmeņa un Ilzes ezeram eitrofikācija ir ļoti spēcīgi izteikta gandrīz visā krasta līnijas garumā. Starp Ilzes un Kaupēna

ezeru atrodas Vāržuma ezers, ka jau ir gandrīz pārpurvojies. Tā krasti ir ļoti lēzeni, gandrīz vienā līmenī ar ūdens virsmu, spoguļa laukuma platība ir samazinājusies aptuveni četras reizes. Apkārt ezeram ir izveidojusies pārmitra teritorija, kurai nav iespējams piekļūt. Arī pārējiem Dzērbenes grupas ezeriem ir izteikta eitrofikācija. Arī Raunaisī, kas atrodas uz ziemeļaustrumiem no Juvera ezera, eitrofikācija ir bijusi ļoti intensīva. Raunaiša ezera spoguļa laukuma platība ir samazinājusies pat trīs reizes, atstājot tikai 31,1 ha lielu un vidēji 1,3 m dziļu ezeru. Laika gaitā notiek ezera nogulumu akumulācija, kā rezultātā baseins kļūst seklāks un spoguļa laukums samazinās. Augi atmirstot paātrina ezerdobes aizpildīšanās procesu, kas var radīt pilnīgu ezera pārpurvošanos. Arī pārējiem seklākajiem Dzērbenes grupas ezeriem ir izteikta eitrofikācija, bet dziļākajiem kā Juverim un Kaupēnam aizaug tikai seklākie līči vai tās vietas, kur organogēnos nogulumus ienes upītes un strauti, kas, savukārt, veicina aizaugšanas procesus.

SECINĀJUMI

Maģistra darba mērķis bija izpētīt glaciālo ezeru aizaugšanas intensitāti Vidzemes augstienes Mežoles pauguraines centrālajā daļā. Maģistra darba mērķa sasniegšanai uzstādītie uzdevumi ir izpildīti un mērķis ir sasniegts.

Veiktie lauka, laboratorijas, kamerālie un kartogrāfiskā materiāla pētījumi ļauj secināt, ka:

- Kartogrāfiskā materiāla studijas un sagatavotais 3D modelis ļauj secināt, ka Juveris leduslaikmeta beigu posmā ir aizņēmis daudz plašāku teritoriju kā šobrīd, ietverot arī Kaupēnu ezeru un arī Asmeni un Ilzes ezeru, jo šāda paleoezera krastu līniju var izsekot 210 m vjl.. kas ir par 10 m augstāks nekā ezera līmenis mūsdienās .
- Subglaciālajās vagās ziemeļdaļā esošajiem ezeriem ir raksturīga seklo līču aizaugšana, kas raksturīga piemēram, Kaupēnu ziemeļu līcim un Ilzes ezeram, kuram. eitrofikācija ir ļoti spēcīgi izteikta gandrīz visā krasta līnijas garumā, par ko liecina kūdras nogulumu izplatība šajās teritorijās.
- Juvera ezerā pārpurvošanās procesi nav novērojami tik intensīvi, jo ezeram ir liels dziļums un spoguļa laukums un pietiekoša ūdens apmaiņa, kas aizkavē eitrofikācijas procesus, tomēr aizaug vietas, kur izveidojušās gravas ar ūdenstecēm vai ietek upītes no hipsometriski augstā Vāržuma ezera .
- Noteces no Vāržuma ezera, ienesot ar organiskajā vielām bagātus ūdeņus, ir intensificējušas eitrofikācijas procesus un veicinājušas aizaugšanu Ilzes ezerā un veicināja pārpurvotas pārzmaugas izveidošanos starp Juveri un Kaupēnu ezeru.
- Visintensīvāk ir aizauguši ezeri, kas atrodas lēzenās starppauguru ieplakās un kam ir notece, kā piemēram Vāržuma ezers un Raunaisis, kuru platības samazinājušās līdz pat trīs reizēm
- Organogēno nogulumu - sapropeļu uzkrāšanās ezeros ir sākusies jau holocēna sākumā, preboreālā baseinu seklākajās vietās, bet vietās, kur notika ezeru aizaugšana, kūdrains sapropelis bagāts ar zilaļģēm vai kūdra sāka uzkrāties jau atlantiskā laika sākumā.
- Ezeru aizaugšana ir sākusies atlantiskā laika beigu posmā, kad ezeri bija kļuvuši eitrofī, par ko liecina zilaļģu parādīšanās, tomēr ezera līmeņa svārstību dēļ aizaugšana tās sākuma posmā ir bijusi ar mainīgu intensitāti par ko liecina kūdras un sapropeļa kārtiņu mija intervālā starp kūdras un sapropeļa nogulumu slāņiem.
- Salīdzinot sporu-putekšņu diagrammas, var pieņemt, ka visintensīvākā aizaugšana novērojama subatlantiskā laika beigu posmā, pēdējo 1000 gadu laikā, taču, lai šis pieņēmums būtu korekts ir nepieciešama nogulumu absolūtā datēšana.

LITERATŪRAS SARAKSTS

Publicētā literatūra

1. Anspaks A., 1960. CĒSIS. Tūrisma ceļvedis pa Cēsīm un to apkārtni. Latvijas Valsts izdevniecība, Rīga. 152-153.
2. Āboltiņš O., 1995. Mežoles pauguraine. Latvijas daba. Enciklopēdija „Latvija un latvieši”, 3. sējums. Latvijas enciklopēdija, Rīga. 242-244.
3. Āboltiņš O., 1998. Vidzemes augstiene. Latvijas daba, 6.sējums. Apgāds „Preses nams”, Rīga. 73-76.
4. Berglund B. E., Ralska-Jasiewiczowa M. 1986. Pollen analysis and pollen diagrams. *In* Berglund B. E. (ed) Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology. John Wiley & Sons Ltd., pp. 455-484.
5. Davis M. B. (1968) Pollen grains in lake sediments: redeposition caused by seasonal water circulation. *Science* 162, 796-9.
6. Druvietis, I., 1997., Aļģes kā ekoloģiskā stāvokļa rādītājas Latvijas ūdenstilpēs. Promocijas darba kopsavilkums. Rīga, Latvijas Universitāte Bioloģijas Institūts, 102.
7. Eberhards G., 2006. Geology and Development of Palaeolake Burtnieks during the Late Glacial and Holocene. In: *Acta Arheologica. Back to origin. New research in the Mesolithic-Neolithic Zvejnieki cemetery and environment, northern Latvia*". *Acta Arheologica Lundensia, Series in 8°, No.52.* Almqvist & Wiksell International, Stockholm. pp. 39-52.
8. Erdtman G., 1936. New methods in pollenanalysis. *Sven. Bot. Tidskr.* 154- 164.
9. Fægri K., Iversen I., 1989. Textbook of pollen analysis, IV edition. John Wiley and Sons, Chichester. 328.
10. Galenieks P., 1960. Augu sistemātika. Latvijas Valsts izdevniecība, Rīga. 466.
11. Indāns I., 1979. Ģeoloģija. Zvaigzne, Rīga. 256–262.
12. Jakubovska I., 1998. Nr.5. Latvijas ģeoloģijas vēstis. Valsts ģeoloģijas dienesta žurnāls. 38-42.
13. Jakubovska I., Stelle V., 1997. Vidzemes dienvidaustrumu piekrastes ezeru sapropeļu nogulumu mikropaleobotāniskie pētījumi. Latvijas Universitātes 56. zinātniskā konference. Tēzes. Rīga. 40.
14. Juškevičs V., Skrebels J., 2002. Alūksne, Viļaka, Valka. Latvijas ģeoloģiskā karte. Kvartāra nogulumu. Alūksne, Viļaka, Valka 44., 45., 54. lapa. M 1:200 000., Valsts ģeoloģijas dienests.
15. Leinerte M., 1988. Ezeri deg! Zinātne, Rīga. 94.

16. Kangur M., Koff T., Punning J.-M., Vainu M., Vandel E., 2009. Lithology and biostratigraphy of the Holocene sediment sequence in L. Ķūžu, Vidzeme Heights (Central Latvia). *Geological Quarterly* Vol. 83-2.199-208.
17. Kalniņa L., 2008. Purvu veidošanās un attīstība Latvijā. Grām.: Pakalne M. (red.) Purvu aizsardzība un apsaimniekošana īpaši aizsargājamās teritorijās Latvijā. Latvijas Dabas Fonds. Jelgavas tipogrāfija. Rīga, 20-25.
18. Kļaviņš, M., Cimdiņš, P., 2004., „Ūdeņu kvalitāte un tās aizsardzība”, LU Akadēmiskais apgāds, 204.
19. Moore P.D., Web J.A., 1978. *An Illustrated Guide to Pollen Analysis*, Hodder and Stoughton. 133.
20. Mūrnieks A., Brangulis A., 2002. Latvijas ģeoloģiskā karte. Pirmskvartāra nogulumi. Alūksne, Viļaka, Valka 44., 45., 54. lapa. M 1:200 000., Valsts ģeoloģijas dienests.
21. von Post, L., Granlund E., 1926. Södra Sveriges torvtillgångar 1. *Sveriges Geologiska Undersökning.*, C335 19(2), 1–127.
22. Rutkis J., 1960. Latvijas ģeogrāfija. Apgāds Zemgale, Rīga. 58-59.
23. Segliņš V., 2002. Holocēna nogulumu stratigrāfija Latvijā. Latvijas Universitāte, Rīga. 173.
24. Segliņš V., 2001. Holocēna nogulumu stratigrāfija Latvijā un to starpreģionālā korelācija. Latvijas Universitāte, Rīga. 64-75.
25. Strautnieks I., Kalniņa L., Piese I., Gorovņeva I., 2009. Ķūžu ezera ieplakas un apkārtnes veidošanās un ģeoloģiskā attīstība. Krāj.: Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. Latvijas Universitātes 67. zinātniskā konference. Referātu tēzes. LU Akadēmiskais apgāds, Rīga. Lpp. 251-252.
26. Tidriķis A., 1995. Dzērbenes ezeri. Juveris. Latvijas daba, 2.sējums. „Latvijas enciklopēdija”, Rīga. 29., 205.
27. Tidriķis A., 2001. Dzērbenes pagasts. Latvijas pagasti, 1.sējums. Apgāds „Preses nams”, Rīga. 251-254.
28. (TOPO 25k63G PSRS) *Bijušās PSRS armijas ģenerālštāba 63. gada sistēmas topogrāfisko karšu mozaīka mērogā 1:25 000*. LU ĢZZF WMS.
29. (TOPO 10K PSRS) *Bijušās PSRS armijas ģenerālštāba 63.gada topogrāfisko karšu mozaīka mērogā 1:10 000*. LU ĢZZF WMS.
30. (TOPO 50K Satelītkarte) *Latvijas satelītkarte mērogā 1:50 000*. LU ĢZZF WMS
31. Zelčs V., 1995. Ezeru ģenēze. Latvijas daba, 2.sējums. „Latvijas enciklopēdija”, Rīga. 65.

32. Асеев А. А. 1974. Древние материковые оледенения Европы. „Наука”, Москва, 259.
33. Даниланс И. Я., 1973. Четвертичные отложения Латвии. Издательство Зинатне, 153-199.
34. Кац Н. Я., Кац С. В., Скобеева Е. И., 1977. АТЛАС растительных остатков в торфах. „Недра”, Москва. 371.
35. Покровская И. М., 1950. Лабораторная обработка образцов для производства пыльцевого анализа. Пыльцевой анализ. Государственное издательство геологической литературы, Москва. 29 – 32.
36. Страуме Я., 1979. Геоморфология, Геологическое строение и полезные ископаемые Латвии. Рига. 227 – 439.
37. Тюремнов С. Н. 1976. Торфяные месторождения. “Недра”, Москва. 488.

Nepublicētā literatūra

38. Alksnītis R., 1997, Pārskats par ezeru sapropēja atradņu meklēšanas darbiem Valkas, Valmieras, Cēsu, Ogres, Bauskas un Aizkraukles rajonos. Četrās grāmatās, mape. Pārskata teksts un grafiskie pielikumi. Rīga. VGD.
39. Aļukeviča S., 2006. Dabas liegums „Cenas tīrelis”, Kūdras botāniskā sastāva analīze gar takas maršrutu. Latvijas dabas fonds, Rīga.
40. C-52-25-A-g, uzņemta 1951, izdota 1980, Topogrāfiskā karte, M 1:25 000.
41. Diņķīte A., 2002. Purvu attīstības īpatnības Austrumlatvijas zemienē un Latgales augstienē. Maģistra darbs, Rīga.
42. Piese I., 2009. Ķūžu ezera ģeoloģiskā attīstība. Maģistra darbs, Rīga.

Interneta avoti

43. Enģele L. Gaujas augšteces ezeru piekrastes veģetācija.
www.ezeri.lv/ar/GetDocument?id=333 (skatīts 09.06.2007)
44. Juveris. <http://www.ezeri.lv/database/> (skatīts 20.05.2008)

PIELIKUMI

1.pielikums. Juvera ezera nogulumu urbumu apraksti

<u>Urbumu apraksts</u>			
Urbuma un paraugu monolītu nr.		cm no zemes virsmas	Nogulumu raksturojums
J1	P1	0-50	Kūdra, vidēji labi sadalījusies, tumši brūna, virzienā uz leju kļūst sausāka, nelieli koku gabaliņi.
	P2	50-100	Kūdra, augšējā daļā tumši brūna, uz leju kļūst vidēji brūna ar gaiši brūnām starpkārtnām, vāji sadalījusies, koku gabali.
	P3	100-125	Kūdra, dzeltenbrūna, vāji sadalījusies, koki, sūnas
		125-150	Kūdra, vāji sadalījusies, tumši brūna, sūnas, zāles
	P4	150-200	Kūdra, vāji sadalījusies, augšējā daļā tumšāki brūna, uz leju kļūst gaišāka
	P5	200-250	Kūdra, labi sadalījusies, tumši brūna, daudz augu atliekas
	P6	250-265	Kūdra, labi sadalījusies, tumši brūna, daudz augu atliekas
		265-280	Kūdra ar sapropela starpkārtnām, zāļaina, tumši pelēkbrūna
		280-300	Kūdrains sapropelis, pelēks, ar gliemežu čaulām
	P7	300-350	Sapropelis, gaiši pelēkbrūns, ar gliemežu čaulām
	P8	350-360	Kūdrains sapropelis, pelēkbrūns
		360-400	Sapropelis, kaļķains, gaiši pelēkbrūns, daudz gliemežu čaulas
P9	400-410	Sapropelis, kaļķains, tumši pelēks, ar gliemežu čaulām	
	410-450	Sapropelis, kaļķains, gaiši pelēks, ar retām gliemežu čaulām	
P10	450-500	Sapropelis, kaļķains, gaiši pelēkbrūns	
P11	500-510	Sapropelis, kaļķains, gaiši pelēkbrūns, ar retām gliemežu čaulām	
	510-530	Aleirītisks sapropelis, pelēks	
	530-545	Mālains sapropelis, pelēkbrūns	
	545-550	Māls, ar augu atliekām, brūns	
P12	550-600	Māls, brūns	

Urbuma un paraugu monolītu nr.		cm no zemes virsmas	Nogulumu raksturojums
J2	P1	0-50	Kūdra, tumša, slikti sadalījusies, koku gabali, saknes, virzienā uz leju paliek sausāka
	P2	50-58	Kūdra, labi sadalījusies, tumši brūna
		58-100	Kūdra, labi sadalījusies, gaiši brūna
	P3	100-150	Kūdra, brūna, vidēji labi sadalījusies
	P4	150-200	Kūdra, gaiši brūna, vidēji labi sadalījusies, sastopami koku gabali, daudz augu atliekas
	P5	200-212	Kūdra, gaiši brūna, vidēji labi sadalījusies, koku gabali un augu atliekas
		212-250	Kūdra, vāji sadalījusies, gaiši brūna, daudz sūnas
	P6	250-257	Kūdra, vāji sadalījusies, daudz sūnas, gaiši brūna
		257-300	Kūdra, slikti sadalījusies, daudz sūnas, nedaudz zāļaina, gaiši brūna
	P7	300-311	Kūdra ar sapropeļa starpkārtnēm (1-2 cm), vāji sadalījusies, daudz sūnas, gaiši brūna, nedaudz zāļaina
		311-344	Kūdra ar, dzeltenbrūna, nedaudz augu atliekas
		344-350	Kūdrains sapropelis ar gliemežu čaulām, nedaudz augu atliekas
	P8	350-367	Kūdrains sapropelis ar gliemežu čaulām, nedaudz augu atliekas
		367-400	Sapropelis, kaļķains, ar gliemežu čaulām, gaiši pelēkbrūns, nedaudz augu atliekas
	P9	400-450	Sapropelis, kaļķains, ar gliemežu čaulām, gaiši pelēkbrūns, augu atliekas
	P10	450-500	Sapropelis, kaļķains, ar nedaudz gliemežu čaulām un augu atliekām, pelēkbrūns
	P11	500-518	Sapropelis, kaļķains, ar nedaudz gliemežu čaulām un augu atliekām, pelēkbrūns
		518-550	Sapropelis, kaļķains, augšējā daļā retas čaulas, bet uz leju izzūd vispār, gaiši pelēks
	P12	550-554	Sapropelis, kaļķains, gaiši pelēks
		554-561	Aleirītisks sapropelis, gaiši pelēks,
		561-580	Sapropelis, ar dažām aleirītiskas smilts starpkārtām, pelēks
		580-600	Sapropelis, gaiši pelēkbrūns, ar sīkām pelēka sapropeļa starpkārtnēm
	P13	600-622	Sapropelis, gaiši pelēkbrūns, ar sīkām pelēka sapropeļa starpkārtnēm
		622-629	Aleirītisks sapropelis, gaiši pelēkbrūns
		629-650	Aleirītiska smilts, gaiši brūna

Urbuma un paraugu monolītu nr.		cm no zemes virsmas	Nogulumu raksturojums
J3	P1	0-50	Kūdra, brūna, vidēji labi sadalījusies
	P2	50-58	Kūdra, brūna, vidēji labi sadalījusies
		58-100	Kūdra, slikti sadalījusies, ar augu atliekām un koku gabaliem
	P3	100-137	Kūdra, slikti sadalījusies, ar augu atliekām un koku gabaliem
		137-150	Kūdra, slikti sadalījusies ar koku gabaliem un sūnām
	P4	150-166	Kūdra, slikti sadalījusies ar koku gabaliem un sūnām
		166-184	Kūdrains sapropelis, ar augu un koku atliekām
		184-200	Sapropelis, kaļķains, ar gliemežu čaulām un koku gabaliem, gaiši pelēkbrūns
	P5	200-236	Sapropelis, kaļķains, ar gliemežu čaulām un koku gabaliem, gaiši pelēkbrūns
		236-250	Sapropelis, kaļķains, ar retām augu atliekām, gaiši pelēkbrūns
	P6	250-262	Sapropelis, kaļķains, ar retām augu atliekām, gaiši pelēkbrūns
		262-278	Sapropelis, kaļķains, gaiši pelēks ar sīkām tumšāki pelēkām starpkārtiņām un retām augu atliekām
		278-295	Sapropelis, kaļķains, ar vairāk augu atliekām, tumši pelēks
		295-300	Sapropelis, ar augu atliekām, brūns
	P7	300-319	Sapropelis, ar augu atliekām, brūns
		319-342	Sapropelis, kaļķains, ar gliemežu čaulām un nedaudz augu atliekām, gaiši pelēks ar sīkām tumšāki pelēkām starpkārtiņām
		342-347	Kūdrains sapropelis, ar lielām gliemežu čaulām, tumši pelēks
		347-350	Aleirītisks sapropelis, gaiši pelēks ar sīkām tumšāki pelēkām starpkārtiņām
	P8	350-364	Aleirītisks sapropelis, gaiši pelēks ar sīkām tumšāki pelēkām starpkārtiņām
		364-378	Vidēji rupja smilts
		378-389	Grants
		389-400	Vidēji rupja smilts

2. pielikums. Raunaiša ezera nogulumu urbumu apraksti

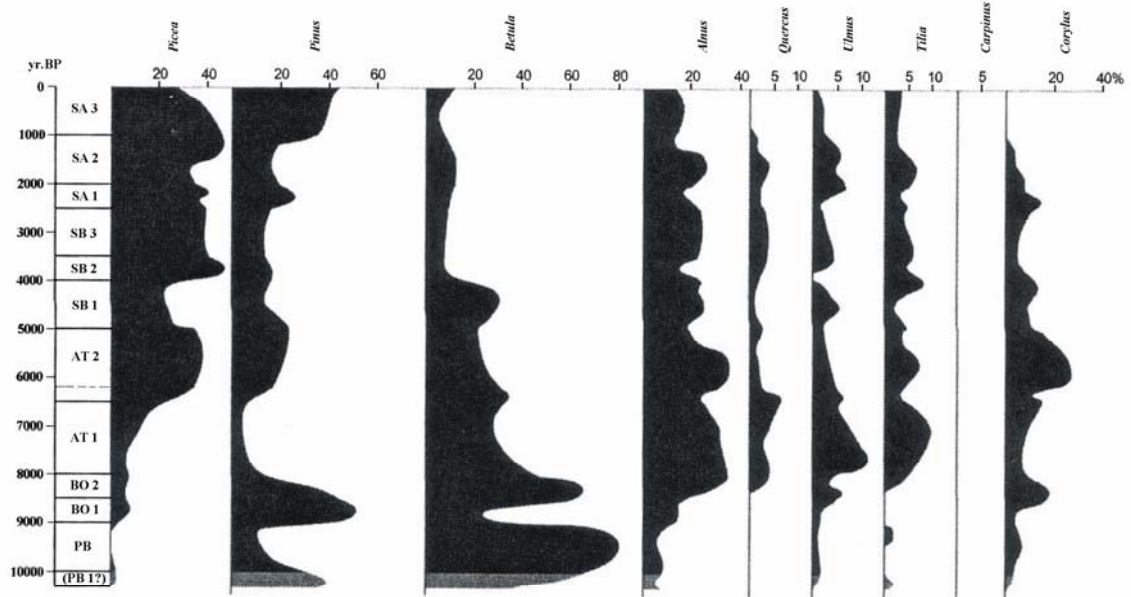
Urbuma un paraugu monolītu nr.		cm no zemes virsmas	Nogulumu raksturojums
U1	P1	0-10	Augsne
		10-35	Kūdra, tumša brūna, vidēji labi sadalījusies
		35-45	Kūdra, gaišāki brūna vidēji labi sadalījusies
		45-50	Māls, blīvs, pelēks, nedaudz augu atliekas
	P2	50-65	Māls, blīvs, pelēks, nedaudz augu atliekas
		65-100	Māls, pelēks ar brūnu slāņains
	P3	100-116	Māls, pelēks ar brūnu slāņains

Urbuma un paraugu monolītu nr.		cm no zemes virsmas	Nogulumu raksturojums
U2	P1	0-5	Augsne
		5-50	Kūdra, slikti sadalījusies, sūnaina, gaiši brūna
	P2	50-100	Kūdra, slikti sadalījusies, sūnaina, gaiši brūna
	P3	100-105	Kūdra, slikti sadalījusies, sūnaina, gaiši brūna
		105-135	Kūdra, brūna, ļoti sakņaina, zāļaina, sūnaina
		135-150	Kūdra, dūņaina, zāļaina, sakņaina
	P4	150-200	Kūdra, dūņaina, zāļaina, sakņaina
	P5	200-210	Kūdra, dūņaina, zāļaina, sakņaina
		210-235	Kūdra ar sapropeļa starpkārtiņām, ar lielām zāļu atliekām, pelēcīgi brūna
		235-250	Kūdrains sapropelis, ar augu atliekām, tumši brūns
	P6	250-290	Kūdrains sapropelis, ar augu atliekām, tumši brūns
		290-300	Dūņains sapropelis, nedaudz zāļu atliekas, pelēcīgi brūns
	P7	300-310	Dūņains sapropelis, nedaudz zāļu atliekas, pelēcīgi brūns
		310-350	Sapropelis, gaiši pelēks, ar retām pelēkām starpkārtiņām, nedaudz saknītes
	P8	350-380	Sapropelis, gaiši pelēks, ar retām pelēkām starpkārtiņām, nedaudz saknītes
		380-400	Sapropelis, aleirītisks
	P9	400-415	Sapropelis, aleirītisks
		415-430	Sapropelis, smilšains
		430-435	Smilts ar augu atliekām, vidēji rupja
		435-450	Smilts, vidēji rupja

Urbuma un paraugu monolītu nr.		cm no zemes virsmas	Nogulumu raksturojums
U3	P1	0-9	Augsne
		9-50	Kūdra, tumši brūna, vidēji labi sadalījusies ar nedaudz koku gabaliem un augu saknēm
	P2	50-59	Kūdra, tumši brūna, vidēji labi sadalījusies ar nedaudz koku gabaliem un augu saknēm
		59-100	Kūdra, slikti sadalījusies, čiekuru daļas, koki, daudz augu atlieku
	P3	100-150	Kūdra, slikti sadalījusies, čiekuru daļas, koki, daudz augu atlieku
	P4	150-160	Kūdra, slikti sadalījusies, čiekuru daļas, koki, daudz augu atlieku
		160-171	Kūdra, tumši brūna, daudz augu atliekas
		171-200	Kūdra, slikti sadalījusies, čiekuru daļas, koki, daudz augu atlieku
	P5	200-238	Kūdra, slikti sadalījusies, čiekuru daļas, koki, daudz augu atlieku
		238-250	Kūdra ar sapropeļa starpkārtiņām, ar augu un sūnu atliekām
	P6	250-261	Kūdra ar sapropeļa starpkārtiņām, ar augu un sūnu atliekām
		261-276	Sapropelis, zaļganbrūns, ar nedaudz augu un sūnu atliekām
		276-294	Sapropelis, kaļķains, pelēks
		294-300	Sapropelis, kaļķains, gaiši pelēks
	P7	300-307	Sapropelis, kaļķains, gaiši pelēks
		307-341	Sapropelis, kaļķains, pelēks, ar augu atliekām
		341-350	Sapropelis, kaļķains, gaiši pelēks ar sīkām tumšāki pelēkām starpkārtiņām
	P8	350-382	Sapropelis, kaļķains, gaiši pelēks ar sīkām tumšāki pelēkām starpkārtiņām
		382-400	Sapropelis, kaļķains, gaiši pelēks
	P9	400-443	Sapropelis, kaļķains, gaiši pelēks
		443-450	Aleirītisks sapropelis, gaiši pelēks
	P10	450-455	Aleirītisks sapropelis, gaiši pelēks
		455-500	Smalka smilts, ar smilšaina sapropeļa starpkārtām

Urbuma un paraugu monolītu nr.		cm no zemes virsmas	Nogulumu raksturojums
U4	P1	0-15	Augsne
		15-40	Kūdra, labi sadalījusies, tumša, ar retām sakņu daļām
		40-50	Māls, ar augu atliekām, gaiši pelēks
	P2	50-100	Māls, ar augu atliekām, gaiši pelēks
	P3	100-150	Māls, gaiši pelēks
	P4	150-200	Māls, gaiši pelēks
	P5	200-215	Māls, gaiši pelēks
		215-250	Māls, ar smilšainām starpkārtiņām
	P6	250-300	Māls, ar smilšainām starpkārtiņām, virzienā uz leju kļūst pelēkbrūns
	P7	300-328	Māls, ar smilšainām starpkārtiņām, pelēkbrūnāks
		328-350	Māls, ar smilti, kārtains

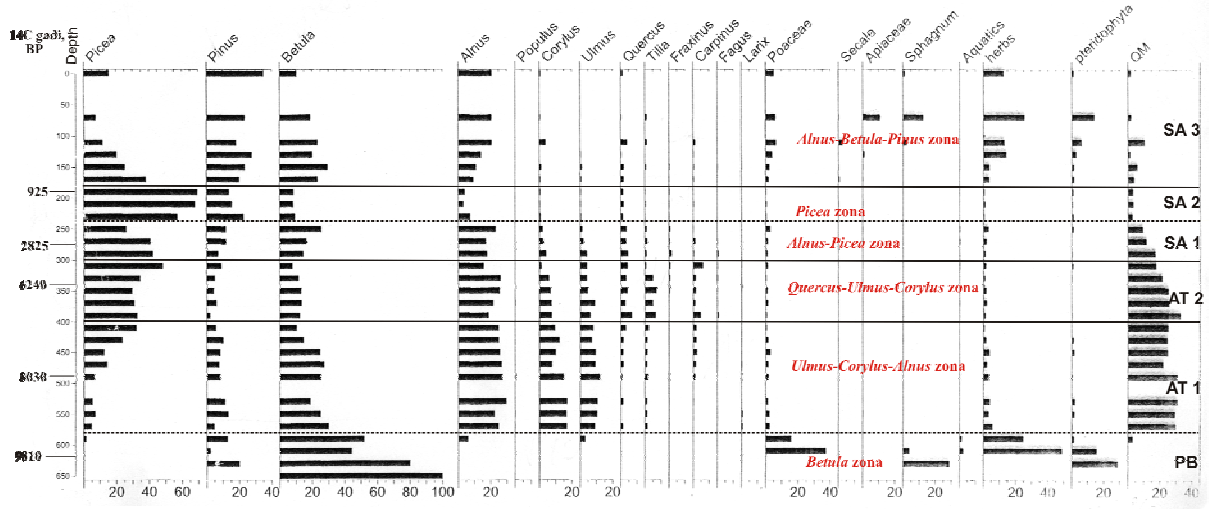
3. pielikums. Vidzemes augstienes holocēna nogulumu vidējā putekšņu diagramma



Vidzemes augstienes holocēna nogulumu vidējā putekšņu diagramma

(Segliņš, 2002)

4. pielikums. Ķūžu ezera sporu-putekšņu diagramma
 pēc Mikhel *et al.* 2008. ar I. Pieses (2009) papildinājumiem



5. pielikums. Reljefa augstuma 3D modelis ar trīskāršu reljefa pārspīlējumu

(izstrādājusi autore, pamatne TOPO 10K PSRS, LU ĢZZF WMS)

