

**LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE  
VIDES ZINĀTES NODAĻA**

**Inese Silamiķele**

**Promocijas darbs**

**Humifikācijas un ķīmisko elementu akumulācijas raksturs augsto purvu kūdrā  
atkarībā no tās sastāva un veidošanās**

**Doktora grāda iegūšanai ģeogrāfijā vides zinātnes nozarē  
Apakšnozare: dabas aizsardzība**

Darba zinātniskie vadītāji:  
prof. *Dr. habil. chem.* Māris Kļaviņš  
prof. *Dr. geogr.* Oļģerts Nikodemus

Rīga, 2010

Promocijas darbs izstrādāts Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Vides zinātnes un Ģeogrāfijas nodaļās. Darba izstrādāšanai saņemts Eiropas Sociālā fonda projekta „Doktorantu un jauno zinātnieku pētniecības atbalsts Latvijas Universitātē” atbalsts.



Darba vadītāji:

prof. *Dr. habil. chem.* **Māris Kļaviņš**

prof. *Dr. geogr.* **Oļģerts Nikodemus**

Promocijas padomes sastāvs:

prof. *Dr. biol.* **Viesturs Melecis** (Latvijas Universitāte), padomes priekšsēdētājs

asoc. prof. *Dr. biol.* **Gunta Sprinģe** (Latvijas Universitāte), padomes sekretāre

prof. *Dr. habil. chem.* **Māris Kļaviņš** (Latvijas Universitāte)

prof. *Dr. geogr.* **Oļģerts Nikodemus** (Latvijas Universitāte)

prof. *Dr. habil. chem.* **Māris Laiviņš** (LU, Bioloģijas institūts)

asoc. prof. *Dr. geogr.* **Laimdota Kalniņa** (Latvijas Universitāte)

Recenzenti:

prof. *Dr. biol.* **Viesturs Melecis** (LU Bioloģijas institūts)

doc. *Dr. geogr.* **Solvīta Rūsiņa** (Latvijas Universitāte)

*Dr. biol.* **Guntis Tabors** (Latvijas Universitāte)

Promocijas darba aizstāvēšana notiks Latvijas Universitātes Vides zinātnes nozares promocijas padomes sēdē LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātē Rīgā, Alberta ielā 10.

Ar promocijas darbu var iepazīties LU Bibliotēkā Rīgā, Kalpaka bulvārī 4.

## SATURS

<b>Ievads</b> .....	4
<b>1. Literatūras apskats</b> .....	9
1.1. Purvi un to klasifikācija.....	9
1.2. Kūdras tipi un to klasifikācija.....	13
1.3. Purvu un kūdras veidošanās process un to ietekmējošie faktori.....	15
1.4. Kūdras īpašības.....	25
1.5. Ķīmisko elementu izkliedes un akumulēšanās raksturs kūdrā.....	29
1.6. Purvu un kūdras pētījumu vēsture Latvijā.....	38
<b>2. Materiāls un metodes</b> .....	45
2.1. Paraugu ievākšanas vietas.....	45
2.2. Kūdras paraugu ievākšanas metodika un sagatavošana analīzēm.....	50
2.3. Kūdras īpašību izpētes metodes.....	51
<b>3. Rezultāti un to apspriešana</b> .....	59
3.1. Kūdras sastāva un īpašību izmaiņas purva attīstības gaitā.....	59
3.2. Kūdras sastāvs un tā mainības izpēte.....	84
3.2.1. Kūdras elementsastāva analīze.....	84
3.2.2. Spektroskopisko analīžu metožu izmantošana kūdras īpašību raksturošanā.....	92
3.3. Metālisko un nemetālisko elementu akumulācijas raksturs kūdrā un to ietekmējošie faktori.....	106
3.3.1. Metālisko un nemetālisko elementu koncentrācija pētīto purvu kūdrā.....	
3.3.2. Metālisko un nemetālisko elementu akumulāciju ietekmējošie procesi.....	134
<b>Secinājumi</b> .....	150
<b>Izmantotās literatūras saraksts</b> .....	153
<b>Pielikumi</b>	
1. pielikums. Dzelves purva sporu-putekšņu diagramma.	
2. pielikums. Eipura purva sporu-putekšņu diagramma.	
3. pielikums. Tauresnes purva sporu-putekšņu diagramma.	
4. pielikums. Sudas purva sporu-putekšņu diagramma.	
5. pielikums. Lielā Ķemeru tīreļa sporu-putekšņu diagramma.	
6. pielikums. Teiču purva sporu-putekšņu diagramma.	
7. pielikums. Promocijas darbā izmantotās informācijas un attēlu avoti	

## IEVADS

### Darba aktualitāte

Purvi ziemeļu puslodē ir nozīmīgas boreālās un subarktiskās zonas ekosistēmas, kuru lielākās platības saglabājušās Krievijā, Somijā, Polijā, Zviedrijā, Kanādā. Purvi veidojas, uzkrājoties kūdrai – organiskas izcelsmes materiālam, kas pārmitros apstākļos rodas, daļēji sadaloties sūnu, lakstaugu, sīkkrūmu un koku atliekām. Kūdrai uzkrājoties, anaerobos apstākļos notiek organisko vielu oglekļa akumulācija, līdz ar to kūdras veidošanās process ir nozīmīgs oglekļa, kā arī daudzu citu elementu biogeoķīmiskās aprites ciklos, kas vienlaikus ir atkarīgi no vides un klimata mainības. Kūdras augstais skābju funkcionālo grupu daudzums nodrošina spēju saistīt dzīvo organismu atliekās iekļautos mikroelementus un makroelementus, uzkrāt tos kā noteiktus savienojumus vai saistīt kompleksos (Brown et al., 2000). Galvenais kūdras masas elementu avots ir kūdras veidojošie organismi, gruntsūdeņi un atmosfēras nokrišņi. Savukārt kūdras spēja akumulēt ķīmiskos elementus ir atkarīga no jonu spējas saistīties ar kūdrai raksturīgajām funkcionālajām grupām (galvenokārt karboksilgrupas un fenola hidroksilgrupas), purva ūdeņu pH, mazmolekulāru savienojumu (piemēram, karbonskābju, polifenolu), kā arī citu disociējušu vielu, piemēram, sulfātjonu vai hidrogēnkarbonātjonu, klātbūtnes (Tipping et al., 2003). Kūdras ķīmiskais sastāvs mainās atkarībā no tās izvietojuma purva vertikālajā un horizontālajā līmenī, ūdens režīma svārstībām, kūdras veidojošo augu uzbūves un sadalīšanās īpatnībām (Damman, 1978), arī pieaugošā cilvēka darbības ietekme rada papildu nosacījumus. Purvu nosusināšana, izmantošana lauksaimniecībā vai mežsaimniecībā var būtiski ietekmēt elementu aprites ciklus (McMorrow et al., 2002).

Daudzi pētījumi (Damman, 1978; Martinez-Cortizas et al., 2002; Ukonmaanaho et al., 2004; Coggins et al., 2006; Shotyk et al., 2001, 2002) rāda, ka kūdrā antropogēnā piesārņojuma dēļ pēdējā simtgadē vērojams būtisks atsevišķu elementu daudzuma pieaugums. Pateicoties purvu augu un arī kūdras spējai efektīvi saistīt piesārņojošās vielas, kas purvu ekosistēmās nonākušas ar atmosfēras nokrišņiem vai ūdeņu (tai skaitā lokālu notekūdeņu) plūsmām, kūdra veiksmīgi izmantojama gan kā mūsdienu, gan kā vēsturiskā piesārņojuma izmaiņu indikators (Martinez-Cortizas et al., 2002; Coggins et al., 2006; Shotyk et al., 2001; Kalniņa et al., 2003). Daudzās pasaulēs valstīs sūnu un kūdras sorbcijas spējas izmanto vides

monitoringa vajadzībām, lai pētītu un prognozētu arī gaidāmās piesārņojuma līmeņa izmaiņas. Vides piesārņojuma rakstura, kā arī kūdras sastāva dēļ metālu uzkrāšanās īpatnības kūdrā var būt izteikti reģionālas. Minētais aspekts noteica nepieciešamību izpētīt kūdras ķīmisko sastāvu un to ietekmējošos faktoros Latvijā, kas atrodas boreālnemorālajā dabas zonā. Kaut arī kopumā vides piesārņojuma līmenis ir relatīvi zems, arī Latvijā tomēr ir novērojamas izteiktas reģionālas atmosfēras piesārņojuma atšķirības, kuras laika gaitā ir telpiski mainījušās (Nikodemus and Brūmelis, 1998; Nikodemus et al., 2004). Līdz šim Latvijā veiktie pētījumi par ķīmisko elementu akumulāciju kūdrā ir fragmentāri un nedod visaptverošu, kompleksu priekšstatu par šo procesu un to ietekmējošiem faktoriem. Pētījumu nozīmību palielina fakts, ka aizvien vairāk pieaug interese izmantot kūdru ne tikai kā kurināmo un mēslojumu lauksaimniecībā, bet arī kā materiālu piesārņojošo vielu adsorbcijai (Rinqvist and Öborn, 2000) vai, piemēram, medicīnā un kosmētikā, kur nepieciešami sevišķi augstas kvalitātes izejmateriāli (Summa and Tateo, 1999).

### **Promocijas darba mērķis**

Darba mērķis ir pētīt ķīmisko elementu akumulācijas raksturu kūdrā gan atkarībā no kūdras īpašībām, purvu īpatnībām un kūdras uzkrāšanās rakstura, gan arī no lokālo un reģionālo piesārņojumu avotu ietekmes uz elementu akumulācijas veidu augstajos purvos Latvijā.

### **Galvenie darba uzdevumi**

- 1) Izpētīt, kā kūdras veidošanās apstākļi ietekmē kūdras sastāvu un organiskās vielas humifikācijas procesus izvēlētajos purvos;
- 2) noskaidrot kūdras īpašību veidošanās apstākļus kūdras vertikālā griezumā atkarībā no kūdras īpašībām, veidošanās apstākļiem, dabiskajiem procesiem un antropogēnās slodzes augstā tipa purvos;
- 3) izpētīt ķīmisko elementu sadalījuma un akumulācijas raksturu kūdras vertikālā griezumā atkarībā no kūdras īpašībām un veidošanās apstākļiem.

### **Aizstāvēšanai izvirzītā tēze**

Kūdras vertikālā griezumā metālisko un nemetālisko elementu akumulāciju ietekmē daudzi faktori, kas nosaka minēto elementu sastāvu un koncentrāciju konkrētā kūdras slānī.

### **Promocijas darba novitāte**

- Multidisciplināras un multiparametru izpētes metodoloģijas attīstīšana, kas purvu un kūdras izpētē ļauj atklāt kopsakarības starp kūdras veidojošās veģetācijas sastāvu, veidošanās apstākļiem, kūdras īpašībām un ķīmisko elementu akumulācijas gaitu, kā arī antropogēnu un dabisku procesu ietekmi;
- metālisko un nemetālisko elementu akumulācijā kūdras kolonnā iespējams nodalīt trīs slāņus, kas atšķiras ar konkrētu elementu koncentrāciju, to ienesi un uzkrāšanos ietekmējošiem faktoriem un elementu savstarpējās korelācijas likumsakarībām.

### **Promocijas darba rezultātu teorētiskā un praktiskā nozīme**

- Kūdras sastāva multidisciplinārās izpētes pieejas attīstīšana, kūdras izpētē un raksturošanā izmantojot atbilstošas analīzes un raksturošanas metodes;
- kūdras humifikācijas procesu un kūdras sastāva kopsakarību izpēte kūdras izmantošanas iespēju novērtēšanai;
- metālisko un nemetālisko elementu satura un akumulācijas izpēte augsto purvu kūdrā Latvijā.

### **Pētījuma rezultātu aprobācija**

Darba rezultāti apkopoti 7 zinātniskās publikācijās un apspriesti 7 starptautiskās konferencēs un 2 vietējās konferencēs.

Pētījumu rezultāti izmantoti akadēmiskajos bakalaura studijuursos Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātē, kā arī vadot 2 bakalaura darbus un konsultējot 3 maģistra darbus, dati izmantoti 2 promocijas darbu izstrādei. Pamatojoties uz promocijas darba izstrādei ievākto materiālu, iegūti dati, kas izmantoti šādu zinātnisko projektu izstrādē: LU pētniecības projekts Nr. ZP-87 „Skandināvijas ledus vairoga dienvidu malas iekšējās zonas vēlā Vislas posma deglaciācijas notikumu hronoloģijas pilnveidošana”, „Purvu stratigrāfija Latvijā: liecības par leduslaikmeta beigu posma un holocēna klimata izmaiņām un kūdras uzkrāšanos”, LU pētnieciskais projekts “Vides faktoru ietekme uz kūdras un to humusvielu sastāvu, īpašībām un izmantošanas iespējām”, LZP projekta 3. apakšprojekts, 2009–2011 *NordForsk* projekts *LandClim10000*.

## Pateicības

Promocijas darba autore izsaka pateicību Anetei Diņķītei, kolēģiem LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātē: profesoram Viesturam Melecim, Mārai Dzenei, Konstantīnam Viliguram, Oskaram Purmalim, Ingum Liepiņam, Raimondam Kasparinskim, Elīzai Kušķei, Sanitai Reidei-Zēģelei un Antrai Dūlei par atsaucību un man veltīto laiku. Par veiksmīgu sadarbību pateicos LU Atmosfēriskās un spektroskopijas institūta pētniekiem Atim Skudram, Egilam Boganam un viņu kolēģiem, LU Bioloģijas institūta darbiniekam Valērijam Rodinam, LU Bioloģijas fakultātes pētniekam Antonam Patmalniekam un citiem draugiem un kolēģiem, bez kuru palīdzības šis pētījums nebūtu bijis iespējams.

Izsaku īpaši sirsnīgu pateicību un apliecinu cieņu darba vadītājiem profesoram Mārim Kļaviņam, profesoram Oļģertam Nikodemum un asociētajai profesorei Laimdotai Kalniņai par atbalstu pētījuma izstrādē un man doto iespēju strādāt kopā ar viņiem.

Darbs veikts, izmantojot Eiropas Savienības Fondu finansiālu atbalstu.

## Promocijas darba galvenie rezultāti publicēti:

1. Silamīkele I., Nikodemus O., Kalniņa L., Purmalis O., Šīre J., Kļaviņš M. (2010) Properties of peat in ombrotrophic bogs depending on the humification process. In: Mires and Peat (ed. M. Klavins), LU Akadēmiskais apgāds: Rīga, 71–95.
2. Silamīkele I., Nikodemus O., Kalniņa L., Kušķe E., Rodinovs V., Purmalis O., Kļaviņš M. (2010) Major and trace element accumulation in peat from bogs in Latvia. In: Mires and Peat (Ed. M. Klavins), LU Akadēmiskais apgāds: Rīga, 96–114.
3. Kušķe E., Silamīkele I., Kalniņa L., Kļaviņš M. (2010) Peat formation conditions and peat properties: a study of two ombrotrophic bogs in Latvia. In: Mires and Peat (ed. M. Klavins), LU Akadēmiskais apgāds: Rīga, 56–70.
4. Kļaviņš M., Ansonē L., Tjutriņš J., Silamīkele I., Purmalis O. (2010) Differential thermal analysis of peat and peat humic acids in relation to their origin. In: Mires and Peat (Ed. M. Klavins), LU Akadēmiskais apgāds: Rīga, 207–214.
5. Klavins M., Silamīkele I., Nikodemus O., Kalnina L., Rodinov V., Purmalis O. (2009) Peat properties major and trace element accumulation in bog peat in Latvia. *Baltica*, 22, (1), 37–50.
6. Silamīkele I., Klavins M., Kalnina L., Kuske E., Nikodemus O. (2008) The impact of environmental factors on metal accumulation and peat properties. In: After wise use – the future of peatlands (ed. C. Farrell, J. Feehan). Proceedings of the 13th International Peat Congress, 1, Tullamore, Ireland, 81–85.
7. Kalnina L., Nikodemus O., Silamīkele I., Platniece D. (2003) Influences of Hydrological change on peat humification, microfossil stratigraphy and chemistry in mires of Kemer National Park. In: International Conference & Educational Workshop Ecohydrological processes in Northern wetlands, Tallina, Tartu, Estonia, 64–70.

### Par promocijas darba rezultātiem ziņots konferencēs:

1. Bogans E., Svagere A., Silamikele I., Sīre J. (2010) Analysis of mercury in peat from several places in Latvia using atomic absorption spectrometry. In: Abstracts of the 5th Nordic Conference on Plasma Spectrochemistry, Loen, Norway, 89.
2. Silamikele I., Klavins M., Kalnina L., Kuske E., Nikodemus O. (2008) The impact of environmental factors on metal accumulation and peat properties. In: Abstracts of the 13th International Peat Congress, Tullamore, Ireland, 12.
3. Silamikele I., Klavins M., Kalnina L., Kuske E. (2008) Development of peat properties during peat humification process, 13th International peat congress, Tullamore, Ireland.
4. Silamikele I., Kalniņa L., Gorovņeva I., Kuške E., Namatēva A., Skutele K. (2008) Changes of raised bog vegetation diversity during the Holocene in Latvia. 12th International Palynological Congress, 8th International organisation of palaeobotany conference, Bonn, Germany, 30.08. – 05.09.2008., 256.
5. Kuške E., Kalniņa L., Gorovņeva I., Silamikele I. (2008) Reconstruction of mire development according paleobotanical data. In: 12th International Palynological Congress, 8th International organisation of palaeobotany conference, Bonn, Germany, 153.
6. Silamikele I., Nikodemus O., Kalnina L., Klavins M., Purmalis O. (2008) Impact of environmental factors on metal accumulation and peat properties. Stenda referāts, EcoBalt 2008, starptautiska konference, Rīga, Latvija.
7. Silamikele I., Kuške E., Kalniņa L., Kļaviņš M., Nikodemus O., Rencis O. (2008) Jaunākie rezultāti augsto purvu kūdras izpētē Latvijā. LU 66 zinātniskā konference. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. Referātu tēzes, LU Akadēmiskais apgāds, 283.
8. Kalniņa L., Silamikele I., Šnore A., Lācis A., Pakalne M. (2007) Rehabilitation of mires after peat extraction in Latvia. Tourb et tourbières, Lamoura, France, 8. – 11.10.2007.
9. Silamikele I., Kalnina L., Pakalne M., Namateva A., Kreile V. (2006) Relict und rare plant species in the mires of Latvia. Stenda referāts, 1st Annual Meeting of the Society of Wetland Scientists-Europe “*Integrating our approaches to Wetland Science*”, Bangora, Great Britain, 5. – 7.01.2006.
10. Silamikele I., Kalnina L., Matvejs J., Skutele K. (2005) Pollen spectra from peat, pollen traps and vegetation composition from the Suda-Zviedru Mire, Gauja National Park, Latvia. Pollen Monitoring Programme, 5th International meeting, Varna, 11. – 16.05.2005. Abstracts, 35.
11. Nikodemus O., Kalnina L., Silamikele I. (2004) Concentration of heavy metals in Sphagnum moss and peat in the bogs of Latvia. Stenda referāts, 7th INTECOL International Wetlands Conference, Utrheta, Netherlands, 25. – 30.07.2004., 287.

**Atslēgvārdi:** kūdra, kūdras īpašības, kūdras sastāva izpēte, kūdras sastāva veidošanās, metālu akumulācija.



# 1. LITERATŪRAS APSKATS

## 1.1. Purvi un to klasifikācija

Purvainas platības aizņem apmēram 3% Zemes sauszemes virsmas, tās vienlaikus uzskatāmas gan par ģeoloģisku, gan bioloģisku formāciju, azonālām un subakvālām bioģeocenozes sastāvdaļām, kas sastopamas gan aukstā, gan tropiskā klimata zonās (Ellenberg, 1988; Maltby and Proctor, 1996). Purva tipu un veidu nosaka tā ģeogrāfiskais novietojums ieplakā jeb negatīvā reljefā, minerālais pamatslānis, purvu ģenēze, barošanās un hidroloģiskais režīms, veģetācija, attīstības fāze un citas pazīmes. Lielās strukturālās daudzveidības dēļ purvu klasifikācijā dažādās valstīs vēsturiski izveidojušās un joprojām paralēli tiek lietotas atšķirīgas sistēmas, jo tipoloģisko pazīmju izvēli nosaka klasifikācijas mērķis un iespējas (Malawska et al., 2006; Montanarella et al., 2006; Laitinen et al., 2007; Wheeler and Proctor, 2000). Parasti konkrētajā dabas reģionā var veiksmīgāk izmantot vienu, bet grūtāk vai varbūt pat neiespējami ir lietot citu klasifikācijas sistēmu. Neskaidrības rada arī nepieciešamība atšķirt purva kā kompleksa masīva tipoloģizāciju no atsevišķu tā daļu (piemēram, mūsdienu veģetācijas slāņa, mikroainavu, rūpnieciski izmantojamo iegulu) sistematizēšanas. Šīs problēmas papildina tas, ka trūkst vienotas terminu izpratnes un lietojuma, kas atsevišķos gadījumos, salīdzinot purvus, var apgrūtināt datu interpretāciju. Arī paša purva jēdziena izpratne dažādos pasaules reģionos un dažādās jomās atšķiras.

Plašāk lietotajā definīcijā par būtiskāko purva pazīmi tiek atzīts specifiskās purva veģetācijas ražotās organiskās masas pieaugums salīdzinājumā ar organiskās substances zudumu (Overbeck, 1975) apstākļos, kad lielais substrātā aizturētā ūdens daudzums (90–95%) palēnina organiskās vielas sadalīšanos, bet pazeminātas temperatūras un nepietiekama skābekļa pieejamība nodrošina augu atlieku jeb kūdras uzkrāšanās procesu. Tādā gadījumā purvs ir zemes virsas nogabals, kuram raksturīga aktīva kūdras veidošanās, pastāvīgs vai periodisks mitrums un specifiska augu un dzīvnieku valsts (Walker and Lowe, 1981; Nusbaums un Rieksts, 1997), vai arī to veido nenosusinātas platības, kurās kūdras biezums pārsniedz 30 cm (Masing, 1984; Mežals, 1980).

Latvijā plaši lietotajā meža augšanas apstākļu klasifikācijas sistēmā (Bušs, 1981) purvi tiek klasificēti kā meži uz slapjām kūdras augsniem, un tos pieskaita pie

purvaiņu mežu tipi – tie ir meži, kas aug uz pārmitrām augsnēm, kur kūdras slāņa biezums pārsniedz 30 cm un koku saknes vairs neiesniedzas minerālaugsnē. Klasiskās purva pazīmes un purviem raksturīgais augājs sastopams arī citos mežu augšanas apstākļu tipos: sūnu purvā, purvājā, viršu kūdrenī, zāļu purvā, dumbrājā, lieknā, mētru kūdrenī, šaurlapu kūdrenī, platlapju kūdrenī. LR Aizsargjoslu likums (11.03.1997., ar grozījumiem līdz 2010. gada maijam) daļēji sašaurina izpratni par purvu, nosakot, ka purvi ir ekosistēmas uz kūdras augsnēm, kurās koku augstums konkrētajā vietā nesasniedz vairāk par septiņiem metriem. Arī atbilstoši Latvijas Kūdras fonda sastādīšanā izmantotajai pieejai purvainu vietu sauc par purvu tikai tad, ja ir konstatējams vismaz 30 centimetrus biezs kūdras slānis (LPSR Kūdras fonds, 1980). Purvu definēšanai nepieciešamais kūdras slāņa biezums dažādās valstīs noteikts atšķirīgs – Īrijā 45 cm nenosusinātās un 30 cm susinātās platībās, Lielbritānijā – 50 cm, Vācijā – 20 cm, bet Kanādā *Sphagnum* kūdras zemes sāk nodalīt, sākot ar 60 cm biezu kūdras slāni. FAO/UNESCO pasaules augšņu kartē purviem atbilst *Histosol* (purva) augsnes ar organisko vielu horizontu, biežāku par 40 cm (Nikodemus u. c., 2008; FAO, 1998). Latvijā izmantotajā augšņu klasifikācijas sistēmā pie purvu augsnēm pieskaita augsnes, kurās organiskās vielas ir vairāk par 15% un kūdras slāņa biezums pārsniedz 30 cm (Mežals, 1980).

Adaptējot vairākas pieejas, plaši un salīdzinoši ērti lietojama ir purvaino platību klasificēšana pēc veģētācijas pazīmēm, kuru 20. gs. sākumā Somijas purvu klasifikācijā ieviesa somu zinātnieks A. K. Kajanders (*A. K. Cajander*) (Laitinen et al., 2007). Fitocenotiski par purvu var uzskatīt jebkuru mitru vietu, kur notiek kūdras veidošanās vai kur neatkarīgi no kūdras slāņa biezuma (kaļķainos purvos tā var nebūt) sastopama purva biotopiem raksturīgā augu valsts. Tiek uzskatīts, ka nepieciešams vismaz 5 cm biezs kūdras slānis, lai varētu sākt attīstīties purviem raksturīgā veģētācija. Krievijā un arī Igaunijā izplatītā purvu klasifikācija pēc veģētācijas dominantiem pamatojas uz fizionomiskām pazīmēm, bet papildus tās kombinēšana ar ekoloģiskajām klasēm veido ekoloģiski fitocenotisko klasifikāciju. Savukārt Skandināvijā, īpaši Zviedrijā, vairāk attīstīta topoloģiski ekoloģiskā sistēma. Piemēram, Somijā pēc botāniskiem kritērijiem tiek nodalītas 6 purvu grupas: egļu purvi, priežu purvi, klaji augstie purvi, klaji zemie purvi, minerālvielām bagāti purvi, avotpurvi un palieņu mukulāji (Laitinen et al., 2007). Viduseiropā (Vācijā, Austrijā, Šveicē) purvu veģētācijas klasifikācijā tradicionāli izmanto Brauna–Blankē sistēmu, un atbilstoši tai Latvijas purvu veģētācija iedalāma 5 klasēs (Laiviņš, 1998).

Eiropā (Šveicē, Igaunijā, Somijā, Francijā, Īslandē, Latvijā u. c.) un daļēji ASV un Kanādā purvu klasifikācijā pamatā tiek izmantotas vienas un tās pašas purviem raksturīgās pazīmes: purvu barošanās (trofiskums), hidroloģiskais režīms, morfoloģija, raksturīgās augu sabiedrības (fitocenotiskā piederība), stratigrāfija, litoloģija, izmantošanas joma u. c. (Illomets et al., 1995; Vasander (red.), 1996; Charman, 2002; Bauer et al., 2003; Kalnina, 2007). Tomēr pētnieku atšķirīgās intereses un mērķi padara vienkāršu, visaptverošu purvu klasifikācijas sistēmu praktiski neiespējamu.

Visplašāk (tajā skaitā arī Latvijā) tiek lietota sistēma, kurā pēc purvos dominējošā barošanās veida nodalīti 3 galvenie purvu pamattipi: 1) zāļu jeb zemie, jeb minerotrofie, 2) pārejas jeb miksotrofie, 3) sūnu jeb augstie, jeb ombrotrofie purvi (Overbeck, 1975; Indāns (red.), 1979). Purvu barošanās režīmu un tajos nokļūstošās vielas būtiski ietekmē atmosfēras nokrišņi, virszemes ūdeņi, gruntsūdeņi un minerālo augšņu sastāvs (Laitinen et al., 2007). Purvu pamattipus tālāk var sadalīt un klasificēt, sīkāk izmantojot virkni papildu pazīmju: purvu ģenēzi (ezercilmes, mežpurvs, pļavas purvs), ģeogrāfisko novietojumu (mežu, tundru, stepju, tropu), topogrāfisko novietojumu (palieņu, ieplaku, nogāžu purvi), reljefa pazīmes (ieleju, augstkalnu), augiem pieejamās barības vielas un to daudzumu (kaļķaini, eitrofi, mezotrofi, oligotrofi, distrofi), hidroloģisko režīmu (pārplūstošie piekrastes purvi, lietuspurvi, ieplaku pārpurvošanās purvi, straumju caurplūstošie, nogāžu), saldūdens vai sāļūdens un citi (Wheeler and Proctor, 2000). Definējot purvus kā mitrāju veidus, Ramsāres mitrāju klasifikācijas sistēmā nodalītas 20 iekšzemes mitrāju un 11 jūras piekrastes mitrāju kategorijas un 9 cilvēku veidotu mitrāju veidi (Konvencija par..., 1971), bet Latvijas biotopu klasifikatorā (Kabucis (red.), 2001) nodalīti 38 purvu biotopu taksoni.

Purvu klasifikācijai nevar atlasīt vienotus, universālus indikatorus arī tāpēc, ka purvi kā sistēmas attīstības laikā mainās un klasificētais purva tips ataino tikai tā brīža attīstības fāzi un dominējošo veģetāciju (Borgmark, 2005). Mijiedarbojoties dabiskiem sukcesionāliem (autogēniem) un antropogēniem procesiem un uzkrājoties noteikta veida kūdrai, laika gaitā viens purva tips var pārvērsties par citu. Tāpēc tieši ekoloģiskās klasifikācijas pazīmes (piemēram, barošanās režīms) labāk atspoguļo purva attīstības dinamiku nekā veģetācijas pazīmes (Clymo, 1983).

Atsevišķās pasaules vietās reģionālo īpatnību dēļ tiek nodalīti īpaši reģionālie purvu veidi. Piemēram, *suo* – mitrzemes ar kūdras slāni vai bez tā līdz 30 cm un

dominējošo veģētāciju, kura var veidot kūdru, Somijā; *aapa* un *palsa* – purvi sasaluma zonā (Laitinen et al., 2007); *floji* un *hallamūri* (īsländiski „flói”, „hallamūri”) Īslandē; *paramos* – Meksikas tropiskajos apgabalos, kā arī Dienvidamerikā un Centrālamerikā; mangroves – tropiskajās piekrastēs; sāls purvi un *paddies* – Dienvidāzijā. Viduseiropā purvus, kas barojas tikai ar atmosfēras nokrišņiem, sauc par *lietuspurviem* (angliski „rainbog”), nodalot vairākus hidroloģiskos purvu pamattipus, kurus nosaka purva attīstība: primāri, sekundāri, terciāri purvi (Bambe, 1998).

Angļu valodas termins „mire” var tikt lietots gan kā ekvivalents jēdzienam „kūdras resursi” vai „kūdras nogulumu”, gan arī lai apzīmētu mitrzesmes, kurās veģētācija vienmēr veido kūdru (Shotyk, 1992; Charman, 2002; Frank, 2005). Krievu valodas vārds „boloto” (krieviski *болото*) ir jāsaprot kā ģeogrāfisks termins, kas raksturo ainavas ar specifisku veģētāciju, mitrumu un augsnes veidošanās procesiem.

Pēc veģētācijas sastāva Latvijas purvi pieskaitāmi pie boreālajā zonā plaši izplatītajiem ziemeļu tipa purviem. Reljefa pazeminājumos vai nogāzēs, vietās, kur pieplūst gruntsūdens vai minerālvielām bagāti upju vai avotu ūdeņi, aizaugot stāvošiem vai lēni tekošiem upju vai jūras ielīčiem, veidojas zemie (zāļu) purvi. Kūdras kārtas veido niedru, meldru, grīšļu, kosu un hipnu sūnu sugas, un šādas kūdras kārtas biezums var sasniegt 2–3 m. Purva ieplakas pamatni parasti veido blīvi, vāji caurlaidīgi māli vai morēna, piejūras mitrājos – arī smilts. Pateicoties pieplūstošajam gruntsūdenim, zemajos purvos parasti veidojas barības vielām bagāta, vāji skāba līdz neitrāla vide, taču, ja ūdens ir minerālvielām nabadzīgs, veidojas nabadzīgi zāļu purvi. Mūsdienās zemie purvi Latvijā biežāk sastopami augsto purvu malās, upju palienēs un ezeru krastos (Pakalne, 1998; Pakalne un Kalniņa, 2000; Pakalne un Čakare, 2000). Pārejas purvu kūdra uzkrājas, palielinoties kūdras slāņa biezumam un samazinoties minerālvielām bagāto gruntsūdeņu ietekmei uz augu barošanas. To pamatni var veidot gan blīvi, gan vāji ūdens caurlaidīgi māli, morēna vai uz tiem jau izveidojusies zāļu purva kūdra. Pārejas purvā vienlaikus iespējama gan gruntsūdeņu, gan arī nokrišņu barošanās, tāpēc tiem piemīt gan zemo, gan augsto purvu īpašības (Pakalne and Kalnina, 2005), vienlaikus vide pakāpeniski kļūst skābāka (pH 4,5–5,5) un mezotrofa.

Promocijas darbā pētīti augstie jeb sūnu purvi. Tipiski augsto purvu kūdra uzkrājas uz pārejas purva kūdras, zem kuras, savukārt, atrodas zemā purva kūdra, sapropelis vai minerālgrunts. Purva ieplakas pamatni (zem pārejas un zemā purva kūdras nogulumiem) veido vāji ūdens caurlaidīgi nogulumu – māli, aleirīti, morēna – vai arī pamatieži – kaļķakmeņi, dolomīti, smilšakmeņi, tādēļ ieplakas pastāvīgi ir

pārmitras. Neskarti augstie purvi parasti ir ļoti slapji, ar augšējā slānī vāji sadalījušos kūdrū. Augsto purvu virsma visbiežāk ir izliekta, ar lēzenu kupolveida pacēlumu, kas tā augstākajā daļā salīdzinājumā ar purva malu var sasniegt 5 m relatīvo augstumu, jo purva vidienē, kur mitruma notece ir apgrūtināta, sfagni aug un atmirst straujāk (Bambe, 1991). Augstajos purvos ir izveidojies tik biezs kūdras slānis, ka sakņu zonai vairs nav iespējama gruntsūdens pieplūde, ūdeni un barības vielas augi saņem tikai ar atmosfēras nokrišņiem, kā arī to augšanu kavē kopumā niecīgā barības vielu piegāde un pieejamība (Yavitt, 1995), kūdras reakcija ir skāba (pH 3–4), minerālvielu daudzums vidēji 2–4% (Clymo, 1963).

Pēc ģeogrāfiskā izvietojuma Latvijas purvi atrodas Salacas, Vidzemes piekrastes, Gaujas, Krievijas pierobežas, Daugavas, Lielupes, Ventas, Kurzemes piekrastes noteces baseinos. O. Andersons lielākos kūdras purvus un purvu sistēmas sagrupējis 11 kūdras baseinos (Андерсон, 1969), savukārt M. Galeniece ieteikusi purvus rajonēt pēc ūdens sastāva purvā (Galeniece, 1935). Latvijas purvu klasifikācijā tiek izmantotas arī augāja sastāva izplatības īpatnības, nodalot rietumu jeb piejūras tipa augstos purvus ar dominējošām okeāniskām sugām: slaido sfagnu *Sphagnum tenellum*, iesārto sfagnu *Sph. rubellum*, ciņu mazmeldru *Trichophorum cespitosum* un austrumu tipa purvus ar purva kasandru *Chamaedaphne calyculata*. Ziemeļvidzemē sastopami arī tādi purvi, kuros aug gan piejūras, gan austrumu tipa purvu sugas (Pakalne, 1998).

## 1.2. Kūdras tipi un to klasifikācija

Kaut arī kūdras pētniecības vēsture ir pietiekami ilga, līdzīgi kā jautājumā par purva definīciju nepastāv vienota kūdras definīcija (Bozkurt et al., 2001; Charman, 2002; Malawska et al., 2006). Pēc būtības atainojot organiskās vielas destrukcijas stadiju, termins „kūdra” iekļauj plašu izpratni par organiskas izcelsmes nogulumiem vai augsni. Visvienkāršākā veidā kūdra tiek nodalīta pēc krāsas, smaržas un struktūras, kurā 92–94% masas veido ūdens, bet ne mazāk par 65% atlikušās sausnes daļas veido augu atliekas dažādā sadalīšanās pakāpē (Clymo, 1983; Charman, 2002; Orru and Orru, 2008). Bijušajā PSRS, mūsdienās Krievijā un arī Latvijā par kūdrū sauc organiskos nogulumus, kuros pelnu saturs nepārsniedz 50%, savukārt Kanādā kūdras izpratnes pamatā ir nelielais (ne vairāk kā 25%) minerālvielu (pelnu elementu)

saturs organiskajā substrātā (Jarrett (ed.), 1983). Atsevišķos gadījumos par kūdru definējošu pazīmi tiek uzskatīts arī 30% organisko atlieku materiāla daudzums sedimentos (Montanarella et al., 2006).

Kā ģeoloģisks veidojums kūdra ir kvartāra perioda organogēnie nogulumu, kas veidojas, augu atmirušajām daļām uzkrājoties vietās, kur notiek pārpurvošanās (Brakšs, 1961; Indāns (red.), 1979). Vienlaikus kūdras nogulumu ir iekļauti jau minētajās augšņu klasifikācijas sistēmās un pārstāv hidromorfos purvaino augšņu tipus – organiskās augsnes jeb purva kūdraugsnes, *histosols* (FAO, 1998). Kūdras slāņus, kas dziļāki par 50 cm, izmantojot šo pieeju, var uzskatīt par organisko cilmiezi (Mežals, 1980). Ņemot vērā purva veidošanās stadiju un ģeomorfoloģiju, tiek nodalīti 3 purva augšņu tipi: 1) zemā purva kūdraugsnes; 2) pārejas purva kūdraugsnes; 3) augstā purva kūdraugsnes.

Plaši lietojama un izplatīta ir kūdras klasifikācija pēc to veidojošām augu sugām. Pēc šādas pazīmes Latvijā izšķirami vairāk nekā 50 kūdras veidi, no tiem biežāk sastopami apmēram 20. Galvenie kūdras veidotāji augi purvos arī Latvijā ir *Sphagnum magellanicum*, *Sph. angustifolium*, *Sph. fuscum*, *Polytrichum commune*, *Eriophorum vaginatum*, *Scheuchzeria palustris*, *Calluna vulgaris*, *Phragmites australis*, *Carex lasiocarpa*, *C. rostrata*, *C. limosa*, *Pinus silvestris* un *Hypnum*, apmēram 25 citu augu sugu klātbūtne ir mazāka par 1% (Nomals, 1936; Galeniece, 1935; Novenko et al., 2009; Diņķīte, 2002). Atbilstoši kūdras veidojošās veģetācijas sastāvam, kas atkarīgs no augšanas apstākļiem un barošanās režīma, kā arī citiem papildu rādītājiem tiek izšķirti 3 galvenie kūdras tipi: sūnu jeb augstā tipa kūdra, pārejas tipa kūdra un zāļu jeb zemā tipa kūdra. Katram kūdras tipam raksturīgi savi pakārtoti kūdras veidi (Lācis, 1996). Latvijas augstajos purvos biežāk sastopamie kūdras veidi: koku, koku–zāļu, koku–sūnu, zāļu, zāļu–sūnu, sūnu (Diņķīte, 2002).

Zemā tipa kūdra sastāv galvenokārt no grīšļu, koku–grīšļu, koku–zāļu, hipnu, niedru kūdras. Galvenie zāļu kūdras veidojošie augi ir *C. lasiocarpa*, *C. limosa*, *C. riparia*, *Phragmites australis*, ko papildina kosu un koku atliekas.

Pārejas tipa koku–grīšļu, zāļu–koku kūdras sastāv no oligotrofas un eitrofas augu valsts, un galvenie tās veidojošie augi ir *C. lasiocarpa*, *Phragmites australis*, *Scheuchzeria palustris* un *Pinus sylvestris*.

Augstā tipa sfagnu, sfagnu–grīšļu, spilvju–sfagnu kūdras veido galvenokārt *Sphagnum magellanicum*, *Sph. fuscum*, *Sph. cuspidatum*, *Sph. angustifolium*,

*Eriophorum vaginatum*, *Ericaceae* dzimtas sīkrūmu un priedes makroatliekas, var tikt nodalītas arī augstā tipa grīšļu, zāļu vai koku kūdras.

Pēc botāniskā sastāva novērojamas arī kūdras veidu reģionālās izplatības likumsakarības – sūnu kūdra raksturīga arktiskajiem, subarktiskajiem un boreālajiem reģioniem, niedru–grīšļu kūdras un mežkūdras – temperātiem reģioniem, kā arī mangrovēm un muklājiem humīdajos tropos (Montanarella et al., 2006).

Pēc augu atlieku procentuālās degradācijas pakāpes tiek izšķirta maz sadalījusies kūdra, ja sadalīšanās pakāpe ir <20%, vidēji sadalījusies kūdra – 20–35%, labi sadalījusies kūdra – >35%. Līdz ar to kūdras var klasificēt kā sadalījušos (humificētu) vai kā nesadalījušos jeb nehumificētu (Black, 1955; Šņore, 2004). Parasti visvairāk sadalījusies ir koku kūdra ~55%, sūnu kūdras sadalīšanās pakāpe var būt pat tikai 5%. Sadalījušos šķiedru saturu kūdras klasifikācijas sistēmas izmanto Ziemeļamerikā (Bohlin et al., 1989). Bieži klasifikācijas sistēmās sadalīšanās pakāpes novērtējums tiek kombinēts ar kādu citu fizikālu parametru – granulometrisko sastāvu (GOST standarti), pH līmeni, blīvumu vai ķīmiskām īpašībām: C/N, R-līmeni (DIN standarti) vai pirofosfāta indeksu (Boylan and Long, 2007). M. Laveskjū (*M. P. Lavesque*) ar kolēģiem, plaši izpētot kūdras īpašības, centās noteikt kūdras diferenciacijai derīgas pazīmes (Levesque and Diné, 1982). Korelācijas analīzēs tika atlasītas jau minētās pazīmes: šķiedrainums, blīvums, C/N attiecība, ogļhidrātu sastāvs, botāniskais sastāvs, fosfāzes aktivitāte, gravimetriskie parametri (Norden et al., 1989). Kūdras klasifikācijai pēc ķīmiskajām īpašībām plaši tiek izmantots kūdras pH rādītājs un Ca saturs. Skābai kūdrai pH < 4,8, neitrālai kūdrai pH = 4,8–6,4, bāziskai kūdrai pH > 6,4. Paaugstināts Ca saturs ( $\text{CaCO}_3 > 30\%$  jeb  $\text{Ca} > 4 \text{ mg/l}$ ) ļauj kūdras definēt kā kaļķainu (Barthelmes and Couwenberg, 2008).

Analizējot literatūrā minētās norādes par kūdras klasificēšanu, secināms, ka vairums klasifikācijas sistēmu balstās uz kūdras praktiskā lietojuma iespējām dārzkopībā, lauksaimniecībā, mežsaimniecībā vai enerģētikā.

### **1.3. Purvu un kūdras veidošanās process un to ietekmējošie faktori**

Lai pētītu ķīmisko elementu uzkrāšanos purvu kūdrā un to ietekmējošos faktoros, nepieciešams izprast apstākļus, kas ietekmē pašu purvu un kūdras veidošanās procesus tajos. Purvi veidojas, pārpurvojoties sauszemei, aizaugot ūdenstilpēm vai ūdenstecēm, kad paaugstināta mitruma apstākļos ekosistēmā augu

atlieku sadalīšanās palēninās un sākas kūdras uzkrāšanās (Muller et al., 2003). Novērojumi liecina, ka purvu un kūdras galvenie veidotāji ir mitrs, vēss klimats, reljefs, sekli gruntsūdeņi, pārpurvotajā vietā augošie augi ar īpaši nozīmīgu sfagnu īpatsvaru (Bamberg, 1997; Bohlin et al., 1989; Borgmark, 2005). Pārpurvošanos izraisošie faktori parasti ir vairāki, un tie darbojas vienlaikus. Sevišķi liela nozīme ir temperatūrai, gaisa relatīvajam mitrumam, nokrišņu daudzumam un tā sadalījumam telpā un laikā. Ne mazāk nozīmīgi ir vietas lokālās īpatnības un litoloģiskais sastāvs, par ko pamatoti norāda atsevišķi pētījumi, liecinot, ka kūdras veidošanās gaitu un humifikācijas parametrus vairāk ietekmē purva virsmas mitruma pakāpe, nevis klimatisko un vides apstākļu izraisītās izmaiņas purva veģetācijā un no tās tieši atkarīgais kūdras botāniskais sastāvs (Yeloff and Mauquoy, 2006). Tomēr purvu veidošanās procesi kopumā nav skatāmi šķirti ne tikai no noteiktā laika posma klimatiskajiem apstākļiem, bet arī no augāja kā kūdras veidotāja.

Purva attīstībā var nodalīt trīs pamatstadijas: purva veidošanās, purva attīstība un purva degradācija (purva degradācija var sākties jebkurā purva attīstības fāzē). Ilggadējie pētījumi ir parādījuši, ka vairumā gadījumu purva veidošanās sākas ar zāļu purva fāzi, kas secīgi pāriet pārejas purva fāzē un noslēdzas ar augsto purvu (Galeniece, 1960).

Sauszeme pārpurvojas, ja nokrišņu daudzums pārsniedz iztvaikošanu un vietās, kur gruntsūdens atrodas tuvu zemes virsmai, vai vietās, kur, iedarbojoties bezspiediena vai spiediena gruntsūdeņiem, tie izplūst zemes virspusē, kūdras ģenēze sākas tieši uz minerālās pamatnes. Purvu attīstību gruntsūdeņu līmeņa celšanās dēļ veicina izjaukta augsnes veidošanās dabiskā gaita, piemēram, izcērtot mežu, pēc vētrām vai ugunsgrēkiem (Kalniņa, 2008). Tiešs pārpurvošanās procesa iemesls reljefa pazeminājumos, veidojot ieplaku vai nogāžu purvus, ir ūdens–gaisa režīma izmaiņas augšējās augsnes horizontos. Jūru un upju krastos purvi veidojas applūstošās palienēs. Atmosfēras nokrišņu ietekme ir noteicoša vietās, kur tuvu virszemei atrodas ūdeņi mazcaurlaidīgu iežu slāņi vai kur reljefa pazeminājumos ir vāja drenāža un virszemes notece, bet iztvaikošana neliela.

Purvu veidošanās aizaugot ūdenstilpēm, var notikt divējādi: 1) laika gaitā ezeros uzkrājas sanestie nogulumu, tādēļ ūdens baseins kļūst seklāks, 2) aizaugot seklākajām vietām, bieži – sākot no krastmalas. Ūdensaugu veģetāciju pamazām nomaina zāļu un pārejas purva veģetācija. Tipiskos gadījumos ezeru krastos var



konstatēt likumsakarīgu secīgu purvu–ūdenstilpju fitocenožu maiņu virzienā no krasta uz ūdensbaseina centru, kas Latvijā pētīta L. Salmiņas darbos (Salmiņa, 2002, 2009). Par purva izveidošanos, aizaugot ūdenstilpei, liecina nogulumu apakšējais slānis – sapropelis (atmirušo ūdens organismu nogulumi). Līdzīgi arī upju vai avotu aizdambēšana, apkārtējās teritorijas appludināšana, lēni tekošas ūdens plūsmas jūras ielīčos var būt par iemeslu tam, lai pārmitrās vietas pakāpeniski pārpurvotos un ekoloģisko apstākļu izmaiņām sekotu augāja nomaiņa. Bioloģiskās prasības noteic, ka purviem raksturīga augu valsts var sākt augt, ja kūdras kārtas biezums pārsniedz 5 cm.

Līdz ar to secināms: kā nogulumiezis kūdra veidojas vietās, kur, kombinējoties organiskās vielas akumulācijas un noārdīšanās procesiem, notiek pārpurvošanās – reljefa pazeminājumos, līdzenumos ar apgrūtinātu virsējo ūdeņu noteci un palielinātu mitruma daudzumu augsnē – un kur pastāv augsts gruntsūdens līmenis, vai vietās, kur, uzkrājoties mazpārveidotām augu atliekām, notiek ūdenstilpju aizaugšana (Brakšs, 1961). Pārlietu lielais mitrums traucē sadalīties nokritušajiem kokiem, krūmiem un lakstaugiem, veidojot secīgus slāņus ar atmirušo augu atliekām. Reljefa pazeminājumos atmirušo augu slānis lielāko daļu atrodas ūdenī, tā mineralizācija noris ļoti lēni. Uzkrājoties organiskajām vielām, samazinās skābekļa koncentrācija un vides pH reakcija, kas, savukārt, izraisa mikroorganismu grupu nomaiņu vai to produktivitātes samazināšanos, jo vides paskābināšanās ir nelabvēlīga mikroorganismu darbībai.

Kūdras uzkrāšanās iniciēšanos noteicošais purva pamatnes reljefs sākotnēji būtiski ietekmē gan purva attīstību, gan augu valsti un mitruma apstākļus. Laika gaitā, purvam sasniedzot noteiktu attīstības pakāpi, pamatnes ietekme mazinās vai izzūd pavisam, savukārt lielāku nozīmi iegūst purva aizņemtās platības izmēri un kūdras slāņa biezums (Maltby and Proctor, 1996). Plašākās teritorijās kūdrai uzkrājoties ievērojamos apjomos, tās slāņa biezums parasti nepārsniedz 7–8 metrus virs purvam piegulošās teritorijas augstuma līmeņa, jo, sasniedzot noteiktu „kritisko masu”, kūdra gravitācijas spēka ietekmē sāk pārvietoties. Kupolveida iegulās kūdras kustība notiek nosacīti vienmērīgi uz purvu malām, nogāžu iegulās – virzienā pa nogāzi, bet ieleju purvos – mēles veidā. Kūdrai plūstot, gravitācijas procesu darbībā kūdras masa tiek izstiepta, un veidojas plaisas, kuras pieplūst ar ūdeni, veidojot lāmas un akačus (Markots u. c., 1989).

Specifiskajiem purvu apstākļiem piemērotiem augiem raksturīga virkne kopīgu bioloģiski morfoloģisko pazīmju: daudzgadīgums, labi attīstīta sakņu sistēma,

pielāgošanās nepietiekamai substrāta aerācijai, izplatīta veģetatīvā vairošanās (Тюремнов, 1976). Savdabīgs pielāgojums videi ar ārkārtīgi zemo pieejamo slāpekļa savienojumu daudzumu un neorganisko sāļu nabadzību ir atsevišķu augu sugu spēja uzņemt slāpekļa savienojumus, barojoties ar sīkiem dzīvniekiem, tādi augi ir, piemēram, kukaiņēdājas *Drosera* un *Urticularia*. Sīkkrūmiem (viršiem, brūklenēm, andromedām, zilenēm) raksturīgas kserofītiskas uzbūves iezīmes, lai pārdzīvotu periodisku sausumu, un spēcīgi sakneņi, kas var augus izcelt un noturēt to dzīvās daļas pastāvīgi pāraugošā sūnāja virspusē, savukārt spilvju sakneņos veidojas gaisa tvertnes. Purva virsmā ciņi vienmēr mijas ar ieplakām, grēdas ar lāmām un ezeriņiem, un ūdens ir limitējošais faktors, kas nosaka sugu sadalījumu pa mikroreljefa elementiem (Namatēva, 2004).

Nenoliedzami, lielākais un galvenais īpatsvars purvu augu segā ir zemākajiem augiem – sūnām, jo īpaši *Sphagnum* dzimtas sugām *Sph. fuscum*, *Sph. magellanicum*, *Sph. rubellum*, *Sph. cuspidatum*, *Sph. tenellum* un citām. Sfagnu sūnu spēja sezonā augt tik ilgi, kamēr sūnu virskārta nav pilnībā sasalusi, nodrošina augstu tās biomasas ražotspēju, bet sfagnu atlieku zemā mineralizācijas pakāpe vēl vairāk samazina minerālvielu pieejamību citiem augiem, veidojot ainavas, kurās dominē sfagni, un sfagnu kūdru. Jaunajos purvos sūnas aug ātrāk un kūdru veidojošā masa ir lielāka nekā vecos purvos (Charman, 2002). Sfagnu attīstības izpēte liecina, ka to veidoto blīvāku ciņu produktivitāte purva centrālajā daļā ir augstāka, lai gan auga fotosintezējošā daļa ir īsāka nekā purva malā augošiem sugas eksemplāriem (Bambe, 1991; Гончарова, 2005).

Zemajos (zāļu) purvos pietiekami pieejamās barības vielas nodrošina salīdzinoši bagātīgu zālaugu – grīšļu, niedru un citu hidrofilu lakstaugu sugu – attīstību. Atkarībā no augšanas apstākļiem zāļu purvi var būt gan bagāti, gan nabadzīgi augu sugu ziņā, tomēr salīdzinoši starp purvu tipiem tie ir visbagātākie, jo īpaši kalcifilie zāļu purvi, turpretī augsto purvu veģetāciju raksturo samērā nabadzīgas, konstantas sugu kombinācijas. Zemajiem purviem raksturīgas augu sabiedrības ar *Carex diandra*, *C. nigra*, *C. lasiocarpa*, *C. panicea*. No citiem lakstaugiem purvos sastopams *Menyanthes trifoliata*, *Comarum palustre*, *Eriophorum polystachion*, *Peucedanum palustre*, *Succisa pratensis*; sūnu florā pārstāvētas *Campylium stellatum*, *Calliergonella cuspidata*, *Fissidens adianthoides*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Scorpidium scorpioides*. Nereti zemajos purvos sastopami *Betula*

*pubescens* un *Salix cinerea*. Pārejas purvos, līdzīgi kā zemajos purvos, sastopamas dažādas grīšļu sugas: *C. lasiocarpa*, *C. rostrata*, *C. limosa*, *C. chordorrhiza*, kā arī augstajiem purviem raksturīgākas augu sugas: *Scheuchzeria palustris*, kas sastopama periodiski applūstošās daļās, *Rhynchospora alba*, *Andromeda polifolia*. Sūnu stāvā dominē sfagni – gludais *Sph. teres*, *Sph. warnstorffii*, *Sph. fallax*, *Sph. flexuosum*. Pārpurvojoties mežiem, pārejas purvos saglabājas priežu un purva bērzu kokaudzes, lielus apaugumus veido sīkkrūmi *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum* (Pakalne, 1998).

Augstie purvi piemēroti tipiskām oligotrofām augu sugām, fitocenozēs Latvijas apstākļos to parasti nav vairāk par 12–15 (Bambe, 1998; Pakalne, 2008). Sūnu stāvs labi attīstīts, dominē sfagni: *Sph. fuscum*, *Sph. magellanicum*, *Sph. rubellum*, kas var veidot pat 100% zemsedzes pārklājumu. Plaši izplatīti *Calluna vulgaris*, *Empetrum nigrum*, *Eriophorum*, *Drosera*, *Rhynchospora alba*, apaugumu ar kokiem veido dažāda blīvuma, augstuma un vecuma priedes, izklaidus bērzi. Apsekojumi liecina, ka Baltijas reģionā *Sph. magellanicum* biežāk nelielos sūnu purvos veido valdošās cenozes, savukārt pēc platības lielos augstajos purvos valdošās sugas ir *Sph. fuscum* un *Sph. rubellum* (Галенице, 1964). Purvu veģetācijas izplatības likumsakarības un dinamikas pētījumi Latvijā analizēti M. Galenieces, M. Pakalnes, B. Bambes, V. Kreiles, L. Salmiņas un citu autoru darbos (Lācis un Kalniņa, 1998; Pakalne, 1998; Bambe, 1991; Salmiņa, 2002, 2009). Tajos pievērsta uzmanība tam, ka tieši reti sastopamās sugas var labāk kalpot par vides indikatoriem un netieši raksturot kūdras veidošanās apstākļus.

Sfagnu veidotās sabiedrības ir dominējošās kūdras veidotājas pārmitros apstākļos, savukārt ēriku dzimtas augi (virši, vistenes, vaivariņi, zilenes, dzērvenes) ir galvenie kūdras masas veidotāji lokāli sausākos apstākļos. Kūdras veidošanās procesu var sadalīt 2 pamatposmos: 1) dzīvās organiskās masas uzkrāšanās, ko nodrošina kūdras veidotājaugu ikgadējais pieaugums, un 2) organiskās masas pakāpeniska, nepilnīga sadalīšanās un pārveidošanās kūdras substrātā (Тюремнов, 1976). Zinot, ka augsnes un augu sega ietekmē iztvaikošanas ātrumu un apjomu, mitruma krājumu veidošanos un pazemes ūdeņu sastāvu, jāņem vērā, ka specifika augu sega šos procesus var aktivizēt vai kavēt.

Lai aprakstītu purva virsējo, ar skābekli bagāto kūdras slāni, kurā brīvi cirkulē gaiss un filtrējas ūdens, H. Ingrams 1978. gadā ieviesa terminu *akrotelms* (*acrotelm*) – aerobs slānis ar augstu ūdens kustīgumu un ātru organiskā materiāla sadalīšanos

(Ingram, 1978; Yavitt, 1995). Tā tipiskākais biezums ir 0,2–0,8 m. Savukārt *katotelms* (*catotelm*) ir dziļāks slānis (1–10 m), kas pastāvīgi ir piesātināts ar ūdeni, gandrīz nemaz nesatur skābekli, tam ir zema hidrauliskā vadāmība un lēna materiāla noārdīšanās anaerobā vidē, tas sastāv no dažādā pakāpē sadalīta augu materiāla (Тюремнов, 1976; Bragg and Tallis, 2001). Atbilstoši R. Klaimo (*R. Clymo*) modelim augu atlieku zudums, pārveidojoties ar skābekli bagātajā akrotelmā, ir 80–90%, un tas nozīmē, ka kūdras masas piegāde zemākajam bezskābekļa slānim (katotelmam) ir tikai 10–20% no kopējās augu atlieku masas, līdz ar to katotelmā kūdra sadalās ļoti lēni – apmēram 0,1% no sadalīšanās ātruma akrotelmā (Clymo, 1983). Analizējot organiskās vielas sadalīšanās gaitu, iegūti rezultāti, kas liecina par humīnskābju satura pieaugumu, palielinoties kūdras sadalīšanās pakāpei, un to īpašību būtisku atkarību no trūdošo augu sugu sastāva (Syrovetnik, 2005).

Aprakstot kūdras slāņus, jāņem vērā veģetācijas sadalīšanās selektīvā daba – dažādām augu sugām un augus veidojošām struktūrām ir dažāds atmiršanas un sadalīšanās ātrums, un šie procesi noris noteiktā secībā (Charman, 2002; Bragazza et al., 2007). Konstatēts, ka ļoti viegli sadalās augu šūnu protoplasta olbaltumi un ogļhidrāti. Aerobā vidē no šūnu membrānas veidojošām vielām vispirms sadalās pektīni, celuloze un hemiceluloze. Lēnāk un pēdējie sadalās šūnu apvalku celuloze un lignīni. Lēni sadalās arī lipīdi, sveķi, vaski, sporu un putekšņu apvalki sporopolenīni (Moore and Webb, 1978). Lielākā daļa purva augu sadalās viegli, tikai *Sphagnum* un dažas *Bryales* sugas ir izturīgākas pret sadalīšanos, jo baktericīdas vielas saturošie sfagni ir īpaši izturīgi pret mikroorganismu darbību (Verhoeven and Toth, 1995). Tomēr arī starp sfagnu sugām vērojams atšķirīgs sadalīšanās ātrums, un ar to turpmāk saistāma attiecīgo sfagnu sugu pārstāvētība kūdras nogulumos. Konstatēts, ka vislēnāk sadalās *Sph. fuscum*, lēnāk par citām sfagnu sugām sadalās *Sph. rubellum*, bet *Sph. cuspidatum* sadalās pat 1,5 reizes ātrāk par *Sph. fuscum* (Clymo and Reddaway, 1974; Johnson and Damman, 1991). Salīdzinoši labi saglabājas sfagnu lapas, kā arī *Aulacomnium*, *Polytrichum*, *Dicranum* daļas, spilvju stublāji un dažu augstāko augu saknes. Bieži vien saknes (piemēram, *E. vaginatum*, *E. angustifolia*) un rizomas ir nostiprinājušās un ir labi pārstāvētas zemākos slāņos (līdz 75 cm), nogulumos, kuru pamatmateriāls veidojies citā laika periodā un no citas augu sabiedrības (Overbeck, 1975). No augstāko augu virszemes daļām vislabāk saglabājas sēklas, koksnes un lapu atliekas, spilvju bazālais apvalks var tikt atrasts arī dziļāk par 4 m (Damman, 1978). Kopumā vaskulāro augu sadalīšanās ātrums dabiskos biotopos

vienmēr ir ātrāks nekā atbilstošas sfagnu masas zuduma ātrums (Verhoeven and Toth, 1995). Mazizturīgo membrānu ķīmiskā sastāva dēļ kūdras veidošanās gaitā pilnībā sadalās un praktiski nekādas paliekas neatstāj ķērpji *Lichenes* un aknu sūnas *Hepaticae*. Ilgstošajā kūdras veidošanās procesā kūdrā atpazīstamo komponentu skaits arvien samazinās, tāpēc kūdras botāniskajā sastāvā nosakāmās sugas tomēr pilnīgi neliecina par šo sugu dominēšanu dzīvajā augu segā.

Kūdras slāņu botāniskā analīze liecina, ka boreālajos apstākļos mūsdienu fitocenozes purvos būtiski neatšķiras no dziļāku kūdras slāņu veidotāju fitocenozēm un ka vienādus kūdras tipus dažādos purvos un dažāda vecuma slāņos veidojušas ekoloģiski līdzīgas augu sabiedrības. Tas ļauj pieņemt, ka purva veģetācijas izmaiņas holocēnā kopumā ir nelielas (Тюремнов, 1976; Segliņš, 2000) un pārmaiņas purvu veģetācijā secīgi sekojušas līdz klimata svārstībām (Pakalne and Kalnina, 2005). Tomēr pamanāmās purva virsmas fitocenožu atšķirības no dziļākiem purva slāņiem izraisījuši ārēji (eksodinamiski, piemēram, klimata) un endodinamiski purva attīstības faktori. Mūsdienu (aktuālās) veģetācijas neatbilstība kūdras augšējam slānim, kas novērojama gan zemā, gan augstā tipa purvos, saistāma arī ar pieaugošo antropogēno ietekmi (Пурвинас, 1963). Nogulumos fosilā veidā labi saglabājas augu putekšņi un sporas, tādējādi pastarpināti raksturojot arī reģionālās veģetācijas sastāvu konkrētā nogulumu slāņa veidošanās laikā, tāpēc, veicot statistisku putekšņu un sporu analīžu datu apstrādi, daļēji var rekonstruēt nogulumiem atbilstošā laikposma augu valsti (Segliņš, 2000; Kuške u. c., 2010).

Zemākie un vecākie slāņi sablīvējas ar ūdeni piesātinātājā katotelmā, kurā augu atlieku un kūdras sadalīšanās ātrums būtiski palēninās limitētās skābekļa piekļuves un zemās temperatūras dēļ, kas kopumā kavē kūdras trūdēšanu (Belyea and Clymo, 2001; Williams and Yavitt, 2003).

Kūdras nogulumu stratigrāfijas pētījumos atklātās atšķirības kūdras slāņu veidošanās gaitā cieši saistāmas ar konkrētās vietas specifiskajiem nosacījumiem. Tomēr vecākie (apakšējie) nogulumi purvu veidošanās sākumstadijās visbiežāk uzrāda hipnu, grīšļu un koku kūdras slāņu klātbūtni. Nereti, pārpurvojoties minerālaugsnēm, sfagnu kūdra sāk uzkrāties tieši uz smilts nogulumiem, un tikai upju ieleju purviem zāļu purvu stadija ieilgst, veidojot biezākus zemā tipa kūdras slāņus (Галениеце, 1964). Grīšļu kūdras veidojas ar barības vielām relatīvi bagātākos un intensīvākas mikrobioloģiskās darbības apstākļos (Bragazza et al., 2007).

Aprēķini un kūdras slāņu datējumi liecina par kūdras nevienmērīgu uzkrāšanos dažādos laika periodos, tomēr izplatītākie paleoģeogrāfiskie priekšstati par kūdras pieauguma dinamiku nereti ir pretrunīgi un vienkāršoti. Daudzu zinātnieku izteikumi par kūdras visintensīvāko veidošanos atlantiskajā laikā, pat ja ņemam vērā tās noblīvēšanos un sadalīšanos, nav pamatoti. Kā liecina aprēķini, kuri izdarīti pēc dažādu autoru veiktajām sporu–putekšņu un absolūtā datējuma analīzēm, vidējais kūdras pieauguma ātrums dažādos laikos bijis šāds: preboreālajā – 0,53 mm/gadā, boreālajā – 0,51–0,63 mm/gadā, atlantiskajā – 0,49–0,51 mm/gadā, subboreālajā – 0,73–0,85 mm/gadā, subatlantiskajā – 0,78–1,09 mm/gadā. Tādējādi kūdras uzkrāšanās ātruma straujais pieaugums hronoloģiski sakrīt ar Latvijas purvu masveida pāreju augsto purvu attīstības stadijā (Markots u. c., 1989). Nedaudz atšķirīgi dati par kūdras uzkrāšanos mērenās joslas boreālajos apstākļos ir pētnieku grupai L. Montanarellas vadībā (Montanarella et al., 2006). Viņu sagatavotajā publikācijā atzīmēts, ka 5–7 m biezs kūdras slānis mērenās joslas boreālajos apstākļos vidēji uzkrājies 4–5 tūkstošu gadu laikā jeb vidēji katru gadu kūdras slānis pieaudzis par 1–1,5 mm gadā. Dienvidzvidrijā fiksējot kūdras uzkrāšanās ātruma svārstības no 0,5 līdz 3,22 mm gadā, secināts, ka pēdējos 2 tūkstošos gadu kūdras uzkrāšanās ātrums palēninājies līdz 0,22–0,95 mm gadā (Gorham, 1991). Lietuvas augstajos purvos vidējais kūdras slāņa katru gadu pieaug par 1,7–1,9 mm (Mažeika, 2006). Igaunijā aprēķinātais kūdras masas uzkrāšanās ātrums ir 1,5–1,0 t ha/g (Illomets et al., 1995). Attiecīgi vidējais kūdras uzkrāšanās ātrums Latvijā tiek vērtēts apmēram 1,0–2,0 mm gadā, un tādējādi ik gadu papildus esošajiem 11,3 mljrd. m<sup>3</sup> (1,7 mljrd. t) kūdras nogulumu Latvijas purvos uzkrājas apmēram 1,5 mlj m<sup>3</sup> kūdras (Lācis, 1996). Kopumā uzskatāms, ka kūdras uzkrāšanās ātrums neatkarīgi no kūdras tipa vidēji svārstās no 0,2 līdz 1,5 mm gadā boreālajos reģionos līdz 3,5 mm gadā tropiskajos augstkalnos. Augstajos purvos kūdras uzkrāšanās kopumā notiek ātrāk nekā zemajos purvos (Bozkurt et al., 2001; Bauer et al., 2003), savukārt grēdu–liekņu–ezeru formācijās bioloģiskā produktivitāte un kūdras uzkrāšanās ir vismazākā (Гончарова, 2005). Minētie atšķirīgie skaitļi rāda, ka kūdras uzkrāšanās intensitātes korelāciju un interpretāciju nevar balstīt tikai uz tradicionālajiem paleoģeogrāfiskiem, paleoklimatiskiem vai ekoloģiskiem faktoriem (Segliņš, 2000). Atsevišķi diskutējams jautājums ir par kūdras uzkrāšanās ātrumu dažādos laika posmos vai dažādos kūdras tipos un to ietekmējošiem faktoriem – klimata vai hidroģeogrāfiskā režīma izmaiņām, lokālām īpatnībām un veģetāciju. Konstatēts, ka *Sph. fuscum* attīstības cikls ietekmē

kūdras pieauguma „kārtainību” un labi korelē ar hidroloģiskajām fāzēm. Labi humificētie slāņi sakrīt ar lēnas augšanas un sausuma periodiem (Ikonen, 1993). *Sph. fuscum* un *Sph. rubellum* pieaug lēnāk par *Sph. magellanicum*. Tomēr daudzi citi pētījumi rāda, ka humifikācijas izmaiņas ne vienmēr sakrīt ar nokrišņu izmaiņām un nav sinhronas to līmenim. Pirmie viedokļi par klimata ietekmi uz humifikācijas ātrumu parādās purvu pētniecības klasiķu darbos (Weber, 1926). Ārvalstīs un Latvijā veiktie sfagnu ekoloģijas pētījumu dati rāda, ka sfagnu sūnas var dot vairāk nekā 75% no purvu fitomasas ikgadējā pieauguma (Bambe, 1991). Konstatētās kūdras mineralizācijas un uzkrāšanās ātruma plašās atšķirības liecina, ka klimata izmaiņu modelis visur nav vienāds (Bridham et al., 1998).

Redzams, ka kūdras uzkrāšanās ātrumu purvos ietekmē tie paši faktori, kas nodrošina organiskā materiāla uzkrāšanos jebkurā citā ekosistēmā, – temperatūra, aerobajiem procesiem nepieciešamais pieejamais skābeklis, trūdošā materiāla ķīmiskais sastāvs, mikroorganismu sabiedrības un citi. Kūdras uzkrāšanās ir līdzsvarā ar augu produktivitāti un nepilnīgu šo augu atlieku sadalīšanos, un tās veidošanās vienmēr saistīta ar rizoferas izolētību no minerālvielām, sevišķi no slāpekļa un fosfora (Yavitt, 1995). Šie secinājumi ļauj izvirzīt hipotēzi, ka klimata pasiltināšanās apstākļos var prognozēt paātrinātu organisko vielu noārdīšanos un kūdras pieauguma samazināšanos. Lai gan augstie purvi, uzņemdami ūdeni tikai no nokrišņiem, ir īpaši jutīgi pret klimata izmaiņām un nokrišņu sastāvu (Mauquoy and Yeloff, 2008), mainīgo laika apstākļu izraisītajām izmaiņām purva struktūrās ne vienmēr ir neatgriezenisks raksturs.

Līdz ar to var secināt, ka puvu attīstību nosaka autogēnie (iekšējie) attīstības procesi, piemēram, kūdras uzkrāšanās, un allogēnie jeb ārējie faktori – klimats, topogrāfija u. tml. (Bambe, 1989; Charman, 2002; Robichaud and Bégin, 2009). Tomēr jāņem vērā, ka antropogēnā ietekme un purva dabiskās sukcesijas gaita var „nomaskēt” globālo klimata pārmaiņu radīto ietekmi (Mauquoy and Yeloff, 2008).

P. Nomala, M. Galenieces, V. Kurša, A. Lāča, V. Segliņa, L. Kalniņas, V. Zelča, A. Markota, O. Nikodemus, M. Pakalnes u. c. pētnieku darbos analizēta purvu veidošanās gaita Latvijā. Latvijas ģeomorfoloģisko apstākļu un augāja attīstības laiku noteica pēdējais leduslaikmets ar ledus kušanas ūdeņu radītām reljefa formām un nogulumiem. Atbilstoši priekšstatam par biotas attīstību Latvijas teritorijā purvi veidojušies un attīstījušies visa holocēna laikā – t. i., aptuveni pēdējos 12 000 – 10 000 gadus. Atsevišķos ģeoloģiskajos periodos procesu intensitāte bija aktīvāka vai

lēnāka, un tas atspoguļojas katra konkrētā purva konkrētā kūdras slāņa ikgadējā pieaugumā un sadalīšanās pakāpē. Lielākā daļa Latvijas purvu sākuši veidoties agrajā holocēnā – pirms 8000 līdz 10 000 gadu, bet to masveida attīstība sakrīt ar subboreālo laiku, apmēram pirms 4500–4700 gadiem (Markots u. c., 1989). Tomēr ir arī purvi (piemēram, Teiču), kuru pirmsākumi datējami ar augšējā driasa laika beigu posmu (apmēram pirms 10 800 – 10 200 gadiem). Holocēna sākumā pārpurvošanos veicināja salīdzinoši vēsais klimats, kas kavēja ūdens iztvaikošanu. Senākos purvu nogulumus parasti veido samērā vāji sadalīties 20–30 cm biezs hipnu kūdras slānītis, kurā konstatējamas arī šeihcēriju, grīšļu un kosu atliekas. Pēc apledojuma pilnīgas nokušanas, aptuveni pirms 9000 gadiem, iestājoties nedaudz siltākam un sausākam boreālajam klimatam, pazeminājās gruntsūdeņu līmenis un augu barošanā lielāku lomu ieguva lietūs ūdeņi. Eitrofās augu sugas pakāpeniski nomainīja mezotrofās, hipnu sūnas nomainīja sfagni, ieviesās spilves. Kūdras botāniskā sastāva analīzes liecina, ka kokaudzē purvos bija sastopamas priedes, alkšņi, bet purvu apkārtnē nedaudz arī platlapji – ozoli, liepas. Šajā laika posmā, kad klimats bija salīdzinoši silts un sauss, pārsvarā veidojās labi sadalījušās kūdras slāņi. Līdz boreālā laika beigām iezīmējas lielo purvu konfigurācija, kas bieži vien bija jau samērā tuva to mūsdienu robežām. Pirms 7400 gadiem atlantiskā laika siltais un mitrais klimats ar lielo nokrišņu daudzumu veicināja gruntsūdens celšanos, tādā veidā padarot purvu veidošanās procesu vēl intensīvāku. Daļa zemo purvu pārveidojās par pārejas purviem, bet vēlāk arī par augstā tipa purviem. Purvu centrālajās daļās, kur jau bija uzkrājies 2–3 m biezs kūdras slānis, augu valsti baroja tikai atmosfēras nokrišņi. Dominēja oligotrofa, pret barības vielām mazprasīga augu valsts, tāpēc, augiem atmirstot, veidojās augstā tipa purvu spilvju–sfagnu vai šeihcēriju kūdra. Mežainajās purvu malās, kur notika minerālgrunts pārpurvošanās, augiem bija pieejama jauktā barošanās, un tur turpināja veidoties pārejas tipa priežu–spilvju un koku–grīšļu kūdra. Atlantiskajā laikā uzkrājies samērā biezs vidēji un labi sadalījušās kūdras slānis. Aptuveni pirms 5100 gadiem klimata izmaiņu dēļ sākās subboreālais laiks. Purvos dominēja fitocenozes, kas atmirstot veidoja dažāda veida sfagnu kūdras, kurā saglabājušās šeihcēriju un sīkkrūmu atliekas. Subboreālajā laikā lielākajā daļā purvu, it īpaši augstajos, turpinājās intensīva kūdras uzkrāšanās. Apmēram pirms 3000 gadiem, kad klimats kļuva vēsāks un mitrāks, sākās subatlantiskais laiks, uzkrājās *Sph. fuscum* vai *Sph. magellanicum*, retāk spilvju, šeihcēriju kūdra. Klimatiskie apstākļi subboreālajā un subatlantiskajā laikā bija labvēlīgi intensīvai purvu attīstībai,



uzkrājās vāji sadalījušās kūdras slāņi. Purvu attīstības gaitā mijas arī virsmas lokālie mikroreljefa veidojumi – slīkšņas, ezeriņi, lāmas, ciņi un to kompleksi, kas nosaka specifisku, mikroreljefu veidiem piemērotu augu sabiedrību veidošanos un savstarpēju pārklāšanos (Kalniņa, 2008). Izvērtējot purvu attīstības iezīmes Latvijas teritorijā, jāņem vērā, ka par spīti nelielajai Latvijas platībai dažādos tās reģionos pastāvējušas un pastāv pietiekami lielas klimata un reljefa īpatnību atšķirības, tādēļ arī purvu rašanās un attīstība visur nav bijusi vienāda. Dažādo pētījumu rezultāti liecina, ka, piemēram, robeža starp mazaizņemtās sfagnu sūnu kūdras un tās pamatnē piegulošo vairāk sadalījušos kūdras nav stratigrāfiska, pat Latvijas mērogos tai ir mainīgs raksturs un vecums, un tā vispirms raksturo purva iekšējās attīstības gaitu (Segliņš, 2000). Purvu kompleksi eksistē kā sarežģītas dinamiskās sistēmas, kuras intensīvi aug gan vertikālā, gan horizontālā virzienā, tāpēc viena vecuma purvos kūdras slāņa biezums var stipri atšķirties, bet dažāda vecuma purvos var būt apmēram vienāds kūdras slāņa biezums (Kuške u. c., 2010). Gada vidējā pieauguma rādītājus nevar tieši izmantot purva vecuma noteikšanai. Likumsakarīgi, ka augstie purvi ir dziļāki (Latvijā līdz 12 m), bet līdzenumu purvi – plašāki.

20.–21. gs. purvu aizņemtās platības Latvijā atkarībā no purva definīcijas izpratnes un aprēķina metodikas tiek vērtētas dažādi: 4,9% (vairāk vai mazāk klaji purvi ar aktīvu kūdras veidošanos) līdz 9,9–10,7% (ar mežu apauguši purvi) no valsts teritorijas. Augstie purvi aizņem 41,7–53%, pārejas purvi – 8,28–9%, bet zemie purvi – 38–49% no purvu platības (Bioloģiskās daudzveidības..., 2000; Nusbaums un Rieksts, 1997; Pakalne and Kalnina, 2005; Sedmalis u. c., 2002; Kuršs un Stinkule, 1997). Mūsdienu lielākie augsto purvu masīvi Latvijā ir Teiču purvs (19 587 ha), Cenas tīrelis (8983 ha) un Ķemeru–Smārdes tīrelis (6192 ha).

#### **1.4. Kūdras īpašības**

Kūdras veidošanās procesā augu atliekas ne tikai uzkrājas, bet vienlaikus ar tām notiek fizikālas un ķīmiskas pārvērtības – morfoloģisko un anatomisko struktūru pakāpeniska sairšana un ķīmiskā sastāva izmaiņas (Black et al., 1955; Orru and Orru, 2006). Kūdra atspoguļo to fitocenozi, no kuras augiem tā veidojusies, līdz ar to kūdras ķīmiskās īpašības un elementsastāvs atkarīgs no to veidojošo augu ķīmiskajām īpašībām. Tās, savukārt, ietekmē augtenes (šajā gadījumā – purva) barošanās režīms,

geomorfoloģiskais izvietojums, ģeoloģiskie, ģeobotāniskie un mikrobioloģiskie procesi (Fortescue, 1980; Yeloff and Mauquoy, 2006).

Kūdras masas sadalīšanās jeb bioķīmiskā degradācija anaerobos apstākļos notiek ļoti lēni, izdaloties metānam un ogļskābajai gāzei un veidojot humusvielas – augstmolekulārus polikatjonītus, kuriem raksturīgs augsts noturīgums vidē, bet atkarībā no to šķīdības un molekulmasas tās tiek iedalītas humīnskābēs un fulvoskābēs (Kļaviņš, 1993). Kūdras degradācijas pakāpe raksturo humusvielu satura un visas kūdras masas attiecības, un tā cieši saistīta citām kūdras īpašībām: siltumspēju, blīvumu, viskozitāti. Humusvielu lielo nozīmi bioloģiskajos procesos augsnē un ūdens vidē nosaka tajās esošie slāpekļa savienojumi, jo, saistītajiem slāpekļa savienojumiem atbrīvojoties bioloģiski pieejamās formās, humusvielas var kļūt par biogēno elementu avotu. Humusvielas dabas vidē veidojas un atrodas ciešā mijiedarbībā ar daudzām citām organiskām un neorganiskām vielām, kā arī ar dzīvo organismu sastāvā esošām vielām (Klavins et al., 2008).

Virsējos slāņos kūdra ir mazāk sadalījusies nekā apakšējos, un, attiecīgi palielinoties augu atlieku sadalīšanās pakāpei, to sadalīšanās ātrums samazinās (Frolking et al., 2001). Vidējā sadalīšanās pakāpe sūnu kūdrai ir 5–13%, zāļu kūdrai – 27%, vairāk par 55% var būt sadalījusies koku kūdra. Kā jau minēts iepriekšējā sadaļā, svarīgs kūdras sastāva indikators ir humifikācijas pakāpe, kas norāda uz kūdrā esošo humusvielu daudzumu – kūdra ir labi humificēta, ja sadalījušies vairāk nekā 25% organiskās masas, un vāji humificēta, ja sadalījušies mazāk nekā 25% atlieku (Orru and Orru, 2008). Minerālvielu piejaukums jeb pelnainība augstā tipa sūnu kūdrai vidēji ir 1,5–3,5%, zemā tipa zāļu kūdrai – 6,6–12%, vidējais mitruma daudzums – 85–95% (Fuchsman, 1980).

Augiem sadaloties un veidojoties kūdras masai, palielinās humīnskābju daudzums, bet *lipīdu* un ūdenī šķīstošo komponentu daudzums salīdzinājumā ar dzīvajiem augiem tikmēr samazinās pat 10 reizes (Yeloff and Mauquoy, 2006; Савельева, 2003), grūti hidrolizējamo vielu daudzums mainās nebūtiski. Tādējādi humīnskābju daudzums *Sph. fuscum* kūdras veidošanās laikā palielinās 2,5 reizes, bet grīšļu–priežu–spilvju un zāļu kūdras veidošanās laikā – 1,5 reizes. Vairāk pārveidota organiskā viela raksturīga priežu–spilvju un grīšļu kūdrām u. c. zemā tipa kūdrām, kurās humīnskābju tāpēc ir vairāk. To var skaidrot ar augu ķīmiskajām īpašībām, jo pārveidotības pakāpi ietekmē slāpekli saturošo vielu daudzums, kas augstāks ir zālaugos – 1,5–1,9%, bet sfagnos variē no 0,6 līdz 0,8%. Ir veikti pētījumi, kas

liecina, ka ciņus veidojošās Sphagnum Acutifolia sekcijas sugas (*Sph. fuscum* un *Sph. rubellum*) ir apmēram 2 reizes mazāk produktīvas par ieplakās izplatītajām Cuspidata sekcijas sugām (*Sph. angustifolia*, *Sph. cuspidatum*, *Sph. recurvum*) un izturīgākas pret mikrobioloģisko sadalīšanos nekā Sphagnum sekcijas sugas, pie kurām pieder purvu nogulumos plaši izplatītais *Sph. magellanicum* (Hájek, 2009).

Vispārārtzīta ir Posta izstrādātā kūdras sadalīšanās pakāpes novērtēšana 10 ballu sistēmā (Post, von, 1924): H1–H4 ballēm atbilst mazzsadalījusies kūdra (sadalīšanās pakāpe līdz 20%), H5–H6 – vidēji sadalījusies kūdra (21–34%), bet H7–H10 – augsta sadalīšanās pakāpe, vairāk par 35% (Bozkurt et al., 2001). Latvijā izplatītāka ir sadalījušos struktūru satura izteikšana procentos (Šņore, 2004; Nikodemus u. c., 2008). Kā jau minēts, kūdras sadalīšanās pakāpe ir būtiski atkarīga no to veidojošo augu proporcijām, jo vaskulārie augi sadalās citādi nekā lapoņaugi un sūnas (Bohlin et al., 1989). Sadalīšanās pakāpi ietekmē antiseptiskās vielas (humīnskābes, fulvoskābes, fenoli) un paaugstināts kūdras mitrums, kas kavē oksidēšanās procesus. Jo lielāka ir sadalīšanās pakāpe, jo tumšāka ir kūdras krāsa, kūdra zaudē elastību, un pieaug kūdras plastiskums (Kuršs un Stinkule, 1997). Kūdras masas organisko saturu veido 4 galvenās vielu grupas: bitumi, ogļhidrāti, lignīns, humuss (Orru and Orru, 2008). Tās sastāvā ietilpst arī slāpekļa komponenti un neorganiskās vielas jeb minerālvielas, kas veido apmēram 12–25% no sausnes masas (Fuchsman, 1980; Ulmanu et al., 2008). Kūdras elementsastāva analīzē vidēji 40–60% ir ogleklis, 4–6% – ūdeņradis. Kūdras sadalīšanās pakāpe ne vien sniedz informāciju par paleoekoloģiskajiem apstākļiem kūdras slāņa veidošanās laikā, bet ir saistīta arī ar tādām kūdras īpašībām kā siltumspēja, blīvums, izturība, viskozitāte u. c. Tāpat kā dzīvu sfagnu paklājs, sfagnu kūdra ir slikts siltuma vadītājs, veģetācijas periodā sakņu zonā temperatūra ir daudz zemāka nekā piezemes gaisa slāņa temperatūra. Tieši sfagnu kūdrai raksturīga augsta ūdeņraža jonu un humusvielu koncentrācija, kas nosaka zemu vides reakciju – pH 3–4 (Clymo, 1963). Purva augu organiskās vielas ķīmiskā sastāva izmaiņas kūdras veidošanās laikā parāda, ka tās transformācijas intensitāte ir atkarīga no veģetācijas perioda garuma un augu sugas. Augu sadalīšanās gaitas ciešā atkarība no sugas ķīmiskā sastāva (N, P) aprakstīta Kaulsona un Baterfilda (Coulson and Butterfield, 1978) un vairāku krievu pētnieku darbos (Гончарова, 2005; Савельева, 2003). Sīkāk aprakstītas pamanītās atšķirības *Eriophorum vaginatum*, *Sph. recurvum* un viršu kūdrās. Tomēr augu specifiskā ķīmiskā sastāva tiešā ietekme uz kūdras ķīmiskajām īpašībām ir salīdzinoši maz

pētīta. Zināms, ka konkrētas augu sugas uzkrāj vai pastiprināti satur dažādus elementus (Pakarinen, 1977; Malmer and Horton, 1992). Piemēram, zināms, ka bērzi pastiprināti uzkrāj cinku, tāpēc kūdras slāņos paaugstinātais cinka saturs var atspoguļot bērzu izplatības laikposmus (Fortescue, 1980). Atsevišķi pētījumi rāda, ka Somijā un Latvijā purvu ekosistēmās sfagni satur daudz mazāk Pb nekā Zviedrijā; nosacīti nepiesārņotajos Latvijas rajonos (Ziemeļvidzemes un Kurzemes austrumdaļā) ķīmisko elementu koncentrācija sfagnos ir aptuveni tāda pati kā Eiropas ziemeļu rajonos (Nikodemus, 1991). No citām pētītajām vielu grupām konstatēts, ka sfagnu kūdrās ir vairāk sterolu, bet grīšļu kūdrās – taukvielu un  $\omega$ -hidroksikarbonskābes. Kopumā tiek uzskatīts, ka grīšļu kūdrās ir augstāks pH līmenis un augstāks pelnu, slāpekļa un sulfātu saturs nekā sfagnu kūdrās (Borgmark, 2005). Arī aminoskābju un aminocukuru koncentrācija grīšļu kūdrās ir augstāka nekā sfagnu kūdrās. Līdzīgi arī polisaharīdu daudzums dzīvajos augos atspoguļojas kūdras ķīmiskajā sastāvā – mannozes un ramnozes saturs, savukārt, ir augstāks sfagnu kūdrās nekā grīšļu kūdrās. *Carex* kūdras ir mikrobioloģiski vairāk sadalītas nekā sfagnu kūdras. Kūdras substrātiem kopumā ir raksturīga augsta katjonu apmaiņas kapacitāte un augsta elementu adsorbcijas spēja (Rinqvist and Öborn, 2002).

Attiecības starp kūdras īpašībām un veģetāciju jeb barības vielu saturu, humifikācijas pakāpi, veģetācijas augšanu un botānisko sastāvu plaši pētītas Somijā (Hartman et al., 2001). Secināts, ka humifikācijas pakāpei ir maza ietekme uz sausuma un mitruma ietilpības attiecību kūdrā – sfagnu kūdrās konstatēta vāja korelācija starp sausnes blīvumu un humifikācijas pakāpi, bet cieša sakarība starp sausumu un mitruma pakāpi. Aprakstot kūdras veidošanās gaitu un īpašības, jāņem vērā arī organismu sadalīšanās un humifikācijas laikā radušos toksisko organisko savienojumu klātbūtne. Redzams, ka izveidojušās kūdras īpašības ietekmē dažādi vides faktori: pH, makroelementu un mikroelementu sastāvs, kurā īpaši nozīmīga ir kalcija klātbūtne, ūdens līmenis, nokrišņi, kā arī gadījuma faktori, piemēram, purva degšana. Jāuzsver, ka kūdras sastāva un īpašību veidošanā ne mazāk svarīga loma kā augiem ir mikroorganismiem un sēnēm (Rosén et al., 2009; Bragazza et al., 2007).

Parasti purva ģeoloģiskās un ekoloģiskās attīstības gaitā kūdra visā purva platībā neveidojas viendabīgi un vienmērīgi, vairāki parametri atkarīgi arī no purva individuālajiem izmēriem, tomēr dažādos purvos var izveidoties īpašību ziņā līdzīgas kūdras masas. Salīdzinājumā ar citiem biotopu veidiem (pļavām, mežiem) purvi ir nosacīti stabilākas sistēmas ar lēnu sukcesijas gaitu dabiskos apstākļos.

## 1.5. Ķīmisko elementu izkliedes un akumulēšanās raksturs kūdrā

Augstais karboksilgrupu un fenolu hidroksilgrupu saturs, augsta īpatnējā virsma nosaka to, ka kūdra kalpo kā augstas kapacitātes sorbents praktiski visiem metāliskiem un nemetāliskiem elementiem (Weiss et al., 2002a). Metālisko un nemetālisko elementu saturs kūdrā ir analizēts relatīvi plaši (Damman, 1978; Aulio, 1985; Bridgham et al., 1998; Brown et al., 2000; Shotyk et al., 2001; Coggins et al., 2006; Fontasyeva et al., 2005; Ulmanu et al., 2008), tomēr, ņemot vērā kūdras sastāva un tajā esošo dažādo elementu augsto variabilitāti un procesu daudzveidību, kas var ietekmēt elementu uzkrāšanos kūdrā, šos procesus un faktisko metālisko un nemetālisko elementu saturu kūdrā svarīgi analizēt reģionāli, izvērtējot arī konkrētā reģiona lokālo procesu ietekmi (Jensen, 1997). Metālisko un nemetālisko elementu satura analīzēm kūdras sastāvā ir arī būtiska nozīme, lai izvērtētu kūdras izmantošanas iespējas, jo, piemēram, kūdru izmantojot enerģētikā, radušies pelni var saturēt augstu dažādu elementu koncentrāciju, bet kūdras piesārņojums ar smagajiem metāliem var kavēt tās izmantošanas iespējas lauksaimniecībā, augkopībā, medicīnā (balneoloģijā).

No ģeoķīmijas viedokļa augstie purvi varētu tikt uzskatīti par izteikti autonomiem veidojumiem, kuru pamatieži netiek iesaistīti elementu migrācijā. Tajā pašā laikā bioloģiski un bioķīmiski sarežģītie kūdras veidošanās un uzkrāšanās procesi ir nozīmīgi gan vielu globālajā apritē, gan lokāli var būtiski ietekmēt kūdrā uzkrāto elementu iespējamo atgriešanos apkārtējā vidē. Purva nogulumu ķīmiskā sastāva izmaiņu prognoze nepieciešama dažādu praktisko uzdevumu risināšanai. Pateicoties kūdras akumulācijas spējām, purvus varētu izmantot kā specifisku atkritumu (smago metālu, radioaktīvo vielu, naftas produktu) uzglabāšanas poligonus, tomēr rēķinoties, ka antropogēno faktoru ietekmē (drenāža, purvu appludināšana, skābie lieti u. c.) izmainītie vides apstākļi var izraisīt kūdras fizikāli ķīmisko īpašību izmaiņas un pat agrāk uzkrāto toksisko elementu vai vielu desorbciju (Харходин, 1986).

Kopumā daudzos pētījumos atzīts, ka augstā tipa purvi ir ļoti labi ilglaicīga perioda piesārņojuma atspoguļotāji (Schell et al., 1986; Shotyk, 1996; Twardowska et al., 1996; Novak et al., 2008). Augstais skābju funkcionālo grupu skaits nosaka iespēju saistīt gan dzīvo organismu noārdīšanās produktos iekļautos mikroelementus, gan uzkrāt tos kā individuālas vielas vai saistīt kompleksos (Brown et al., 2000).

Līdzīgi kā koku gadskārtas vai ledāju ledus paraugi, kūdras slāņi reģistrē piesārņojuma līmeņa izmaiņas reģionā (Borgmark, 2005).

Pēdējās desmitgadēs plaši pētīts metālu uzkrāšanās raksturs cilvēka radītā piesārņojuma dēļ. Piesārņojuma akumulācijas veida izpēte kūdrās mūsdienās ir kļuvusi par nozīmīgu purvu izpētes virzienu. V. Šotika (*W. Shotyk*) un P. Pakarinena (*P. Pakarinen*) uzsāktos pētījumus turpina itāļu pētnieku grupa C. Zakones (*C. Zaccone*) un C. Kokožas (*C. Cocozza*) vadībā (Zaccone et al., 2008; Cocozza et al., 2003). Vairāki nozīmīgi pētījumi veikti par Šveices teritorijā esošo *Etang de la Gruère* purvu – 6,5 m dziļu, ombrotrofu, uz smilts sedimentiem veidojušos purvu Jura kalnos 1005 m vjl. (Steimann and Shotyk, 1997; Shotyk et al., 1997; Shotyk et al., 1998). Pētot metālu akumulācijas raksturu *Etang de la Gruère* purvā, atkārtoti gūti pierādījumi purva kūdrā sastopamo metālu akumulācijas saistībai ar antropogēnā piesārņojuma līmeni. Pētītas arī kopsakarības par metālu sadalījumu starp kūdru un tajā ietilpstošajām humusvielām. Ar šo pētījumu rezultātiem autori pierāda, ka galvenais faktors, kas nosaka metālu akumulāciju, ir humusvielas, kaut gan tajā pašā laikā, piemēram, nemetāla arsēna saturs ar humusvielu saturu kūdrā korelē visai vāji, un to ir svarīgi ņemt vērā, analizējot nemetālisko elementu sadalījumu kūdras griezumā (Zaccone et al., 2008). Arī J. Rotvella (*J. Rothwell*) pētījumā par arsēna kustīgumu augstajos purvos (Rothwell et al., 2009) noskaidrots – lai gan As saturs kūdrā atkarīgs no tā izsēšanās ar atmosfēras nokrišņiem, tomēr par galveno faktoru, kas ietekmē As koncentrāciju, jāuzskata Fe koncentrācija kūdrā. Savukārt As un Pb kustīguma un akumulācijas salīdzinājums parāda, ka As akumulāciju ietekmē tā pārvietošanās ar purva ūdeņiem un aizturēšana kādā kūdras slānī, mainoties ūdens līmenim purvā. Līdzīgi arī kūdras izžūšana un ar to saistītā reducēšanās–oksidēšanās potenciāla izmaiņas var ietekmēt As kustību.

Līdz ar to var secināt, ka nemetālisko elementu uzkrāšanās raksturs kūdrā var visai būtiski atšķirties no metālisko elementu akumulācijas kūdrā. Kūdras spēja akumulēt mikroelementus atkarībā no metālu jonu spējas saistīties ar konkrētajam kūdras tipam raksturīgām funkcionālajām grupām kūdras struktūrā (galvenokārt karboksilgrupas un fenola hidroksilgrupas) pētījuši L. Rinkvists un I. Oborns. Viņi metālus pēc to saistīšanās spējām ar funkcionālajām grupām sakārtojuši šādā secīgā rindā: Hg>Cu>Pb>Ni>Zn>Co>Cd>Mn (Rinqvist and Öborn, 2002).

Kūdras masā esošo elementu avots ir metālu un mikroelementu klātbūtne kūdras veidojošos augos, gruntsūdeņos un atmosfēras nokrišņos (Weiss et al., 2002a),

bet to turpmāko izplatību dažādos kūdras profila slāņos ietekmē purva mikroreljefs, analizētā parauga novietojums attiecībā pret purva kupolu, hidroloģiskās izmaiņas purvā (Damman, 1978; Malmer and Horton, 1992; Shotyk, 1996), kūdras pH vērtība, kas būtiski ietekmē kūdras spēju absorbēt dažādus metālu jonus (Kizioł, 2003; Dissanayake and Weerasooriya, 1981) un citi faktori. Neatkarīgi no kūdras botāniskā sastāva kopumā metālu adsorbēcija palielinās, pieaugot pH līmenim (Rinqvist and Öborn, 2000).

Pierādīts, ka elementu koncentrācijas sadalījums kūdras kolonnā vispārīgā gadījumā pakļaujas šādām likumsakarībām: 1) elementi, kuru koncentrācija ir paaugstināta tuvu kūdras slāņa virspusei, bet strauji krītas 10–15 cm dziļumā: Na, K; 2) elementi, kuru augstākā koncentrācija kūdrā sastopama 35 cm dziļumā un pazeminās, pieaugot dziļumam: Ca, P, Mn, Mg, Si, (augšējā 35 cm slānī sastopami 10% Ca un P, bet Mn pat 60% no kopējā daudzuma); 3) elementi, kuru augsta koncentrācija novērojama kūdras apakšējos slāņos (Damman, 1978; Weiss et al., 2002a). Igaunijā pētot kūdras sastāvu, konstatēts, ka 8 no 14 analizēto elementu – As, Cd, Co, Cu, Zn, Pb un P – maksimālā koncentrācija raksturīga 20–30 cm dziļumā, bet Ni, Cr un Fe tā ir 10–20 cm dziļā slānī. No 40 cm dziļuma šo elementu daudzums būtiski samazinās (Koff et al., 1998). Virskārtā konstatēta arī izteikti augstāka Fe un Mn koncentrācija nekā kūdras dziļākajos slāņos. Kūdras dziļākajos slāņos novērojamo Ca un Mg koncentrācijas pieaugumu iespējams skaidrot ar šo elementu klātbūtni gruntsūdeņos un to ietekmi uz purva ūdeņiem un kūdru, kā arī ar pašas kūdras īpašībām. Dziļākajos purvu slāņos parasti ir lielāks zāļu un koku kūdras īpatsvars. Zemo purvu kūdrā smago metālu koncentrācija ir apmēram 2–3 reizes lielāka nekā augsto purvu kūdrā (Gemste un Vucāns, 2007). Sr un Ca īpaši akumulējas palieņu purvu kūdras slāņos (Ковалький и др., 1983).

Analizējot elementu izkliedi kūdrā, jāņem vērā, ka tie atrodas ne vien kūdru veidojošā organiskajā vai neorganiskajā masā, bet arī purva ūdenī, t. sk. kūdras tukšumos. M. Novaka un P. Pačerovas (Novak and Pacheroova, 2008) veiktajos pētījumos Pb, Fe, Co augstākā koncentrācija ūdenī konstatēta 40 cm dziļumā, bet Mn – purva virsējā daļā. Tiek uzskatīts, ka kūdrā, kas atrodas dziļāk par 40 cm no virskārtas, kūdras saturs uzrāda pirmsindustriālajam laikmetam raksturīgu piesārņojuma līmeni, taču kūdras porās esošie ūdeņi šādā dziļumā satur tādu pašu metālu koncentrācijas līmeni kā virszemes ūdeņi. Tomēr, piemēram, ieildzis sausuma periods (3–5 gadi) var radīt nopietnas purvu ūdeņu ķīmiskā sastāva izmaiņas (Biester

et al., 2002). Minētie M. Novaka (*M. Novak*) un daudzi citi pētījumi (Aulio, 1985; Pakarinen, 1977) liecina, ka pat ar augstu ūdens kustīgumu purvā kūdru veidojošie briofīti darbojas kā efektīvs smago metālu sorbents. Vienlaikus arī šajos pētījumos atzīmētas būtiskas atšķirības metālu saistīšanā kūdrā, jo, piemēram, Pb koncentrācija ūdeņos pieaug, palielinoties dziļumam, bet Cu, Zn, Cr, Mn, Fe, Co koncentrācija mainās relatīvi maz. Konkrētajā pētījumā nav ņemta vērā gruntsūdeņu barošanās un ir analizēti tikai purva virsējie horizonti. Līdzīgi netiek pietiekami analizēta organisko vielu satura saistība ar antropogēnās izcelsmes smagajiem metāliem. Novērota likumsakarība, ka smago metālu sadalījums ar organisko vielu bagātos substrātos (organiskās vielas vairāk par 15%) atšķiras no to sadalījuma ar organisko vielu nabadzīgos substrātos. Paraugos ar lielāku organiskās vielas saturu ir vairāk Hg, Pb, Cd un Zn, kurus sauc par fitofiliem elementiem, jo to koncentrācija augsnē cieši saistīta ar augu izcelsmes organisko vielu tajā (Biester et al., 2002; Gemste un Vucāns, 2007). Organiskām vielām bagāti nogulumi var būt vairākas reizes bagātāki ar Zn, Cu, Hg nekā nogulumi ar zemu organiskās vielas saturu, bet, piemēram, Cr koncentrāciju augsnes organiskās vielas saturs praktiski neietekmē (Gemste un Vucāns, 2007). Nepiesārņotas augsto purvu kūdras parasti ir ar zemu Sr un Ca saturu – 0,0045–0,15%. Vienlaikus vienmēr jāņem vērā, ka daudzu minerālvielu kustīgums un adsorbcijas spējas būtiski atkarīgas no vides pH (Jensen, 1997). Kopējā Ca koncentrācija korelē ar augsnes pH, bet Ag, Pb, Cu, Zn, Cr, Cd skābā vidē ir kustīgāki, lai gan kūdrām raksturīgais augstais organiskās vielas saturs, adsorbējot metālus stabilos kompleksos savienojumos, vienlaikus var arī kavēt to kustīgumu (Gemste un Vucāns, 2007). Tādējādi redzams, ka kūdrā nonākušajiem elementiem dažādos apstākļos var būt atšķirīgas fizikāli ķīmiskās īpašības: Cl, Br, J, S izskalojas strauji, Ca, Na, Mg, K – nedaudz lēnāk, bet Fe, Al, Ti, Cu, Pb uzskatāmi par mazkustīgiem (Damman, 1978; Jensen, 1997).

Pētījumos atzīmēts, ka ķīmisko elementu koncentrāciju sfagnu sūnās, kas ir galvenās kūdras masas veidotājas, nosaka gan gaisa kvalitāte (Pakarinen, 1977; Pakarinen et al., 1983), gan purva apaugums ar kokiem (Rosén et al., 2009), sūnu segas blīvums un to augšanas ātrums, ūdens līmeņa svārstības (Damman, 1978), kā arī konkrētā sūnu suga (Malmer et al., 1992).

Īpaši svarīgi ņemt vērā, ka augos konstatētā ķīmisko elementu koncentrācija ievērojami atšķiras ne tikai starp sugām, bet arī reģionāli (Pakarinen, 1977; Martinez-Cortizas et al., 1997; Jensen, 1997; Nikodemus et al., 1998), līdz ar to arī ķīmisko



elementu sastopamība kūdras slāņos ir izprasta tikai aptuveni, tradicionāli to vispirms saistot ar antropogēno aktivitāti. Līdz 20. gs. 80. gadiem nepietiekama uzmanība pievērsta piesārņojuma izplatīšanās un migrācijas modelēšanai vidē. Virkne pētījumu pierāda, ka metālus saturošo aerosolu mazie izmēri ļauj gaisa masām tos transportēt lielos attālumos (Shotyk et al., 1998; Weiss et al., 2002a, b). Analizējot literatūru, redzams, ka metālu uzkrāšanās raksturs pētīts ģeogrāfiski un no piesārņojuma slodzes intensitātes atšķirīgos reģionos, kā arī novērtējot atšķirīga rakstura emisijas (piesārņojuma) avotus. Ķīmisko elementu koncentrācija augsto purvu kūdrā saistībā ar vides piesārņojumu ir pētīta Ziemeļvalstīs (Damman, 1978; Pakarinen et al., 1983), Kanādā (Weiss et al., 2002b), Vācijā (Wandtner, 1989), Šveicē (Shotyk et al., 2002), Igaunijā (Illomets, 1995; Syrovetnik et al., 2007), Indonēzijā (Weiss et al., 2002a). Šajos darbos par galvenajiem faktoriem, kas ietekmējuši mikroelementu uzkrāšanos kūdrās Eiropā un Borneo salā Indonēzijā, tiek uzskatīta putekļu un aerosolu izkrišana un purvu barošānās ar gruntsūdeņiem. Metālu uzkrāšanās raksturs kūdras profilā uzrāda atšķirības piesārņojošo avotu intensitātē, par dominējošo faktoru, kas ietekmē metālu akumulāciju, liekot uzskatīt dabisku procesu izcelsmes putekļu un aerosolu izkrišanu (Weiss et al., 2002a). Kopumā zinātniskajā literatūrā ir relatīvi plaši aprakstīts metālu un mikroelementu uzkrāšanās raksturs kūdrā, un tie var tikt veiksmīgi izmantoti kā piesārņojuma indikatori, jo īpaši, novērtējot atmosfēras piesārņojumu ar mikroelementiem un metāliem. Daudzi pētījumi liecina, ka pēdējās desmitgadēs kūdrās konstatēts ievērojams mikroelementu akumulācijas pieaugums (Martinez-Cortizas et al., 2002; Coggins et al., 2006; Shotyk et al., 2001; Kalnina et al., 2003). Balstoties uz purvu ekosistēmu izpēti, iespējams nodalīt tehnogēnās un ģeoķīmiskās anomālijas, noteikt to intensitāti un ķīmisko sastāvu, kā arī noskaidrot galvenos piesārņojuma avotus.

Interesanti, ka būtiska daļa secinājumu par vides piesārņojuma veidošanos, metālu un nemetālisko elementu uzkrāšanās raksturu kūdrā un faktoriem, kas to var ietekmēt, ir iegūti, pētot svina uzkrāšanās gaitu un tā kustīgumu (Martinez-Cortizas et al., 2002; Shotyk et al., 2003; Weiss et al., 2002a, b). Svina izpētes aktualitāti noteikusi svina antropogēnā izcelsme, tas lielā mērā saistāms ar cilvēka piesārņojošo darbību un konkrētām ražošanas jomām. Svinu kā IV grupas elementu raksturo izteiktas metāliskā elementa īpašības, spējas veidot organiskus savienojumus un augsta kompleksveidošanās kapacitāte ar O un S saturošiem ligandiem. No otras puses, gan svina koncentrācijas kūdrā, gan arī tā uzkrāšanās datēšana ir veicama

relatīvi vienkārši. Šādos pētījumos biežāk izmantoti relatīvi nesēni veidojušie kūdras nogulumu – ievācot paraugus parasti līdz 1 m dziļumam un galveno uzmanību pievēršot nesēnu izcelsmes piesārņojošo vielu uzkrāšanās procesiem (Jensen, 1997). Pētot svina uzkrāšanos, parasti tiek detalizēti datēti kūdras nogulumu vecums (izmantojot  $^{14}\text{C}$  un  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  vai  $^{210}\text{Pb}$  datēšanu) un noteikts elementu saturs, kas raksturo dabisko elementu plūsmu un to koncentrāciju dabisku procesu rezultātā – Pb uzkrāšanās rakstura normalizācija attiecībā pret dabiskajiem ģeokīmiskajiem elementu uzkrāšanās procesiem, piemēram, nosakot Ti koncentrāciju (Shotyk et al., 1998). Svina izotopu analīze ļāvusi precīzi novērtēt gan svina emisijas avotus un pierādīt, ka Pb izkrišana ar nokrišņiem pēdējo simt gadu laikā maksimālo intensitāti, piemēram, Lielbritānijā, sasniedza 1955. gadā, bet Čehijā pēc 1980. gada, gan arī to, ka kūdrā akumulētā Pb izcelsmes iemesls pamatā ir akmeņogļu sadedzināšana (Novak et al., 2008). Nokļūstot augsnē, Pb savienojumi parasti ātri pārveidojas un izgulsnējas vai adsorbējas uz organiskiem vai minerāliem koloīdiem. Tas ir metāls, kas netiek intensīvi uzņemts augos, ja uzkrājas, tad galvenokārt saknēs, uz virszemes auga daļām nonākušais Pb ir pamatā tikai mehāniski saistīts. Pierādīts, ka Pb koncentrāciju kūdrā galvenokārt ietekmē atmosfēras nokrišņu izkrišanas rezultātā kūdrā uzkrātais Pb daudzums, bet Pb kustīgums (respektīvi – izskalošanās un pārvietošanās gan ar nokrišņu ūdeni, gan gruntsūdeņiem) uzskatāms par nebūtisku. Šajos pētījumos pierādīts (Shotyk et al., 1998), ka Pb saturs kūdras nogulumos visai precīzi atbilst Pb antropogēno emisiju mainībai, un līdz ar to metālu satura analīze kūdrā izmantojama, lai pētītu antropogēnā piesārņojuma mainības vēsturi (Martinez-Cortizas, 2002; Shotyk, 2002). Svina uzkrāšanās raksturs kūdrā un tā saistība ar antropogēno piesārņojumu pētīta vairākās valstīs, un ir pierādīts, ka kūdras piesārņojuma līmenis (ar svinu) saistās ar atmosfēras piesārņojuma intensitāti (Shotyk et al., 2001; Weiss et al., 2002b; Martinez-Cortizas et al., 2002; De Vleeschouwer et al., 2007). Pētot svina uzkrāšanās raksturu kūdrās Šveicē un Beļģijā, pierādīta metalurģiskās ražošanas radītā piesārņojuma ietekme no Senās Romas impērijas laikiem un viduslaikiem, kā arī 20.–21. gs. mijā īstenoto Pb izmantošanas ierobežojumu ietekme uz tā koncentrācijas samazināšanos kūdrā veidojošos briofītos (De Vleeschouwer et al., 2007; Shotyk et al., 2001; Fontasyeva and Steinnes, 2005). Svina uzkrāšanās izpētē noteikts Pb uzkrāšanās ātrums, kas 20. gs. Ziemeļamerikā bija 1,5–5 mg/m<sup>2</sup>, bet Rietumeiropā (Šveicē) – līdz 15,7 mg/m<sup>2</sup> gadā (Coggins et al., 2006; Shotyk et al., 1998) un kas

līdz ar to būtiski raksturo piesārņojuma līmeni un piesārņojošo vielu uzkrāšanās intensitāti.

Citu autoru pētījumos konstatēts, ka kūdru veidojošo augu augstā īpatnējā virsma nodrošina metālu saistīšanu putekļu un aerosolu formā (Vile et al., 1999), bet  $Pb^{2+}$  jona saistīšanā nozīmīga loma ir tā reakcijai ar sūnas un kūdru veidojošām organiskajām vielām. Tomēr jāievēro, ka šie secinājumi izdarīti, analizējot metālu uzkrāšanās raksturu purva aerobajā zonā un neņemot vērā Pb iespējamo mijiedarbību ar purva ūdeņiem un kūdrā esošajiem neorganiskajiem joniem. Dažos gadījumos Pb akumulācijas izpētē izmantotas kūdrā akumulētā metāliskā elementa absolūto koncentrāciju vērtības, kā arī Pb koncentrācijas attiecība pret relatīvi mazkustīgiem, konservatīviem references elementiem – Ti, Y, Zr, Hf, kuru avots pārsvarā ir dēdējoši ieži (Shotyk et al., 2001). Elementu koncentrācijas attiecību izmantošana ļauj precīzāk novērtēt akumulācijas raksturu, kaut arī šajos daudzajos pētījumos pārlicinoši pierādīta Pb uzkrāšanās antropogēnā piesārņojuma rezultātā, tomēr vairāki faktori kavē attiecināt iegūtos secinājumus uz elementu raksturu uzkrāšanās izvērtēšanu Latvijā:

- 1) līdz šim Eiropā galvenokārt analizēts tikai augšējais kūdras nogulumu slānis līdz 1 m dziļumam;
- 2) plaši pētītajos kūdras nogulumos Juras kantonā Šveicē analizēta kūdra, kas veidojusies kalnu ieplakās, bet Latvijā purvi veidojušies ieplakās hipsometriski zemu novietotās teritorijās uz ledāja vai tā kušanas ūdeņu veidotiem nogulumiem (smilts, morēnas, māla);
- 3) Pb ķīmiskās īpašības būtiski atšķiras no citu elementu īpašībām, līdz ar to Pb uzkrāšanās var būtiski atšķirties, īpaši no mikroelementu uzkrāšanās rakstura. Citu elementu uzkrāšanās raksturs kūdrā pētīts salīdzinoši mazāk, kaut arī Pb pēc savām ķīmiskajām īpašībām un izturēšanās vidē uzskatāms par visai savdabīgu elementu, kura koncentrācijas sadalījums var visai maz korelēt ar citu elementu koncentrācijas līmeni un to sadalījumu fosilajos nogulumos, tajā skaitā kūdrā.

To, ka Cd, Cu, Zn, Hg saturs kūdrā analizēts ievērojami retāk, nosaka, no vienas puses, izmantoto analītisko metožu (galvenokārt atomabsorbcijas spektrometrija) jutība, bet, no otras puses – iespēja saistīt antropogēno piesārņojumu ar konkrētā metāla saturu (Coggins et al., 2006; Jensen, 1997). Šādi pētījumi veikti visai nedaudzās valstīs, un to secinājumi nav attiecināti uz problēmu par kūdras

izmantošanas iespējām vai arī, piemēram, par svina uzkrāšanās iespējamo ietekmi uz purvu ekosistēmām.

Tādu dabā maz izplatītu elementu kā dzīvsudraba un kadmija klātbūtne kūdrā vispirms saistāma ar antropogēno piesārņojumu (Coggins et al., 2006). Tiek uzskatīts, ka Hg maksimālā koncentrācija piesārņojuma veidā vidē nonāca 20. gs. 50. gados. *Etang de la Gruère* purvā par to atbilstoša vecuma slāņos liecina 130–340 ng Hg/g (Shotyk et al., 2001). Gūti pierādījumi, ka Hg izkriedi un sastopamību kūdrā ietekmē gan antropogēnā darbība, gan kūdras sadalīšanās pakāpe (Biester et al., 2002; Coggins et al., 2006).

Pētot smago metālu uzkrāšanās ātrumu Īrijā, noteikts svina uzkrāšanās ātrums sūnās laika posmā no 1993. līdz 1996. gadam, kas Pb gadījumā veido 1,3–5 mg/m<sup>2</sup> gadā, Hg uzkrāšanās ātrums ir 6–24 mg/m<sup>2</sup> gadā, bet Cd uzkrāšanās ātrums – 166–405 mg/m<sup>2</sup> gadā. Pētījumā uzsvērts, ka šī piesārņojuma avoti dominējoši ir lokālie piesārņojuma avoti. Augstākie Cd, Cu, Zn, Pb, Ti uzkrāšanās intensitātes rādītāji Skandināvijas purvos konstatēti Dienvidnorvēģijā un Zviedrijas rietumu daļā (Jensen, 1995; Vile et al., 1999; Coggins et al., 2006). A. Jensena (Jensen, 1995) pētījumā atzīmēts, ka metālu uzkrāšanās ātrums un apjoms pieaudzis pēdējos 150 gados. Tajā pašā laikā sūnu monitoringa rezultāti pierādījuši, ka pēdējās desmitgadēs piesārņojošo vielu koncentrācija ir samazinājusies (Brūmelis, 1992; Brūmelis u. c., 1996; Nikodemus et al., 2004), līdz ar to nākotnē gaidāma piesārņojošo vielu koncentrācijas samazināšanās arī kūdrā.

No elementiem, kuru analīzei pēdējos gados pievērsta īpaša vērība, var minēt vairākus radioaktīvos izotopus, kuri izmantojami vides radioaktīvā piesārņojuma novērtēšanai, piemēram, <sup>137</sup>Cs (Rosén et al., 2009). Cs aktivitātes vertikālais sadalījums un <sup>137</sup>Cs aktivitātes koncentrācija dažādu sugu purvu augos pētīta augstajā purvā Zviedrijas centrālajā daļā. Pētījumā pierādīta Cs uzkrāšanās rakstura atkarība no purva veģētācijas sastāva (augstāku <sup>137</sup>Cs aktuālo koncentrāciju uzrāda virši) un no tā, vai purvs ir klajš vai apaudzis ar kokiem. Pierādīts arī, ka <sup>137</sup>Cs pārsvarā uzkrājas augšējos 1–4 cm sfagnu slāņos, kā arī šim izotopam raksturīga visai ātra migrācija – līdz pat 0,57 cm gadā. Izmantojot neitronu aktivācijas un multielementu analīzes metodes, pētīts vismaz 35 elementu saturs kūdrā, tomēr arī šajā gadījumā kūdras profili analizēti līdz 40 cm dziļumam.

Detalizēti analizējot 35 elementu izplatību 2 Skandināvijas purvos (Fontasyeva and Steinnes, 2005) līdz 40 cm dziļumam, tika nodalītas vairākas elementu kopas, kuru klātbūtni kūdrā nosaka atšķirīgi izcelsmes avoti:

- 1) Mn, Co, Ni, Cu saistīti ar Cu-Ni rūdu raktuvju darbību,
- 2) Na, Mg, Al, Ca, Sc, Rb, Cs, La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Hf, Ta, Th tiek pārnesti ar gaisa masām, un to izcelsme saistāma ar augsnes sastāvu un tās putekļiem,
- 3) K, V, Cr, Zn, Ag ir elementi, kuri tiešā veidā saistīti ar augu ķīmisko sastāvu un barošanas,
- 4) Na, Cl, Br, I, kā arī daļēji Mg izplatību būtiski ietekmē jūras tuvums, to koncentrācija, palielinoties kūdras slāņa dziļumam, saglabājas nosacīti nemainīga.

Pēdējā laikā arvien lielāku nozīmi gūst atziņa, ka elementu izkliede kūdras masā var būt saistīta ar ūdens fluktuācijas līmeni, daudzi elementi lielā mērā izskalojas ātrāk, nekā kūdra nostabilizējas par pastāvīgi anaerobu substrātu, līdz ar to purvos uzkrātās kūdras masas ir nozīmīgas tām cauri plūstošajos ūdeņos esošo barības vielu un toksisko savienojumu barjeras (Damman, 1978). Laika gaitā iespējamā sistēmas pārslogotība (kapacitātes kritiskā līmeņa pārsniegšana) var izraisīt krasas purva funkciju izmaiņas vai raksturīgu sugu zaudēšanu. Purvu hidroloģiskā režīma izmaiņas var izjaukt vispirms gruntsūdeņu un virszemes ūdeņu specifisko norobežotību biežajā kūdras masā, kas, savukārt, pēc tam būtiski samazinās purva kā bufersistēmas lomu biomā.

Zinātniskos nolūkos Latvijā metālu saturs kūdrā analizēts dažos atsevišķos pētījumos (Kalniņa u. c., 2003). Prof. P. Nomals, salīdzinot Latvijas un Vācijas purvus, ievēroja, ka pēc ķīmiskā sastāva zāļu un pārejas purvi ir līdzīgi, bet sūnu purvi atšķirīgāki – Latvijā tie ir bagātāki ar fosforskābi un kaļķiem, bet nabadzīgāki ar slāpekli (Nomals, 1943). Zināms, ka mūsdienu rūpnieciski nozīmīgajās kūdras masās mikroelementu koncentrācija ir relatīvi zema, sevišķi, ja to salīdzina ar koncentrāciju citās Eiropas valstīs. Relatīvi plaši metālu saturs kūdrā analizēts Igaunijā. Pētot 6 atšķirīgus purvu tipus, kas reprezentē dažādas ainavas, kūdras augšējā slānī tika noteikts 16 elementu saturs, kā arī raksturotas kūdras īpašības. Pētījumā noteikti metālisko un nemetālisko elementu koncentrācijas intervāli, kas attiecīgi raksturīgi antropogēni piesārņotiem vai nepiesārņotiem purviem. Pētījumā atzīmēts, ka zemākā metālisko un nemetālisko elementu koncentrācija konstatēta augstajos purvos, bet augstākā – purvos, kuru barošanās notiek ar gruntsūdeņiem, kā arī tādus purvos, kas izveidojušies palienēs. Atzīmēta arī metālisko elementu vertikālā sadalījuma specifika

un tas, ka metālu koncentrācijas mainība izkārtojas šādā secībā: pārejas purvi > augstie purvi > zemie purvi (Orru and Orru, 2006). Citos Igaunijā veiktajos pētījumos atzīmēta dabisko ģeokīmisko faktoru ietekme uz metālu akumulācijas raksturu, īpaši uzsverot metālu akumulācijas specifiku, ja purvos ieplūst ar sulfītiem bagāti pazemes ūdeņi (Syrovetnik et al., 2004).

Tādējādi var izšķirt 5 galvenos faktoros, kas ietekmē elementu izkliedi purvā:

- 1) mehāniskie faktori (saistīti ar poru un daļiņu izmēru attiecību),
- 2) bioloģiskie faktori (saistīti ar smago metālu iesaistīšanu augu un mikroorganismu dzīves ciklos),
- 3) fizikāli ķīmiskā jonu apmaiņa,
- 4) fizikālā un ķīmiskā absorbcija un kompleksu veidošana,
- 5) ķīmiskie faktori (saistīti ar viegli sadalāmu komponentu pārvēršanu grūti sadalāmos komponentos, kas uzkrājas kūdrā) (Orru and Orru, 2006).

## **1.6. Purvu un kūdras pētījumu vēsture Latvijā**

Vēsturiski interesi par purviem veidoja divi galvenie to izmantošanas veidi – kā lauksaimniecībai vai mežkopībai pielāgojamas zemes platības vai kā kūdras ieguves avots, kas arī noteica turpmāko purvu un kūdras izpētes metožu attīstību. Pirmoreiz kūdra un tās izmantošana par kurināmo Latvijā minēta 1692. gadā, bet pirmie zinātniskie raksti parādījās līdz ar citu dabas un zemes dziļu pētījumu attīstību Baltijas teritorijā 18. gs. beigās (Hupel, 1777; Fischer, 1791). Nelielo interesi par kūdras izmantošanu noteica salīdzinoši vienkāršākā koksnes pieejamība. Pirmais kūdras atradņu apkopojums cariskajā Krievijā, kuras sastāvā tobrīd bija arī Latvija, iznāca 1837. gadā. Sākotnēji kūdru ieguva tikai atsevišķās muižās un zemnieku saimniecībās, tomēr līdz 1. pasaules karam kūdras izstrāde notika jau 324 purvos. Tomēr lielāka interese par purviem bija kā par slapjām neizmantojamām zemēm lielās platībās (10% no Latvijas teritorijas). Lai meklētu iespējas purvainās platības izmantot lauksaimniecībā (jeb nosusināt), vēl pirms 1. pasaules kara tika nodibināta Baltijas purvu kultūras veicināšanas biedrība, darbojās Galvenā kūdras komiteja, tika izveidots īpašs Meliorācijas fonds. Ar valdības atbalstu 1910. gadā tika ierīkota izmēģinājumu stacija Igaunijā pie Vegetas dzelzceļa stacijas, bet 1914. gadā sākti iekārtot izmēģinājuma lauki Grenču purvā Latvijā. Šajā laikā Krievijas Zemkopības

departaments kopā ar Rīgas Politehnikuma mācību spēkiem 1912. gadā Jelgavas apriņķī sāka iekārtot Jaunpētermuižas purvu kultūras izmēģinājumu staciju. Abas minētās stacijas būtiski cieta 1. pasaules kara laikā. Pēc kara, 1922. gadā, Jaunpētermuižu pārņēma Zemkopības ministrijas Purvu pētīšanas nodaļa. Stacijas rīcībā bija visi pazīstamie purvu pamattipi (zāļu, sūnu, pārejas, pārpurvotas pļavas un pārpurvoti meži), un notika nopietna purvu zinātniska izpēte – tika veikti klimatoloģiskie novērojumi, pētīta kūdras siltumvadītspēja, kūdras (purva zemes) ķīmiskais sastāvs, dati salīdzināti ar citu valstu pētnieku rezultātiem, secinot, ka kopumā Latvijas purvi ir līdzīgi, bet, piemēram, no Vācijas purviem tie atšķiras ar augstāku fosforskābes un kaļķa un zemāku slāpekļa daudzumu. Tika izstrādāti jauni purvu kultivēšanas veidi, meklētas augu kultūru (āboliņš, skarenes, auzenes, kartupeļi, labība) audzēšanas iespējas purvos (Konrads, 1929). Purvu zinātnes nozīmīga attīstība saistāma ar 1919. gadā dibināto Latvijas Universitāti, kurā, pateicoties Pētera Nomala aktīvajai darbībai, viņa vadībā tika nodibināta Purvu mācības un tehnoloģijas katedra – pirmā zinātniskā iestāde purvu un kūdras pētīšanā, kas vēlāk pārtapa par Purvu institūtu. Lauksaimniecības fakultātē darbojās Purvu ekspluatācijas katedra. Bez kūdras vai sapropeļu atradņu vispārīgiem pētījumiem tika izstrādāti temati par hidroloģiju, gaissausas kūdras un sapropeļa slāņiem. 1925. gadā žurnālā „Baltische Landeskunde” publicēti K. Kupfera veiktie atsevišķu purvu ģeobotāniskie apraksti, tomēr pamatā uzmanība pievērsta kūdras un sapropeļa atradņu energoķīmiskajam izmantošanas virzienam. Tikmēr aktuālāka kļuva vajadzība nodrošināt Latvijas valsti ar vietējiem enerģētiskajiem resursiem, un kūdrā tika saskatīta liela perspektīva. 1926. gadā tika uzsākta kūdras ieguve rūpnieciskos apmēros. Kūdras atradņu novērtēšanu papildināja pētījumi par kūdras koksēšanu un gazifikāciju, kā arī par šķidro degvielu iegūšanu no kūdras pēc Fišera–Tropša metodes. Kūdras un sapropeļa ķīmiskos pētījumus veica vecākie zinātniskie līdzstrādnieki R. Lieldienis un E. Vītiņš. Izdarot kūdras nogulumu botāniskās un tehnoloģiskās analīzes, sastādot kūdras atradņu pasēs, raksturoti apmēram 1145 purvi. 30. gados M. Galeniece un P. Galenijs attīstīja purvu pētījumus Latvijā un kūdras atradņu vecuma un ģenēzes noteikšanā sāka izmantot tolaik jauno putekšņu analīzes metodi. Vienlaikus 20. gs. 40. gados, vērojot intensīvo purvu izmantošanas praksi, nostiprinājās atziņa par purvu kā zemes bagātību aizsardzības nepieciešamību. Pēc padomju varas iedibināšanas turpināja attīstīties frēzkūdras ieguve, darbojās kūdras ieguves un pārstrādes uzņēmumi Olainē, Smārdē, Skrundā, Aizputē, Bauskā, Viļānos u. c., tika sākta 2 lielo atradņu apguve Sārnatē un

Sedā, kur bija paredzēts izveidot kūdras termoelektrostacijas, taču šos darbus pārtrauca 2. pasaules karš. Kara laikā īpaši aktuāli šķita P. Nomala rosinātie pētījumi par sveķu iegūšanu no kūdras, jo sveķus, savukārt, varētu pārstrādāt benzīnā, smērēs un parafīnā. Pēc 2. pasaules kara paplašinājās kūdras izmantošana lauksaimniecībā un apkurē.

Neņemot vērā citu pētnieku ieguldījumu, prof. Dr. P. Nomals (1876–1949) uzskatāms par purvu zinātnes pamatlicēju un veidotāju Latvijā. Pēc 2. pasaules kara LVU Inženierzinātņu fakultātē viņš vadīja Purvu institūtu ar Purvu mācības un ekspluatācijas katedru, bet pēc Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas izveidošanas 1946. gadā vadīja jaundibināto Purvu zinību institūtu. P. Nomala vadībā sastādītas pirmās purvu izplatības kartes, uzsākta Kūdras fonda un kūdras kadastra veidošana, uzkrātas vērtīgas un interesantas paraugu kolekcijas (Galeniece, 1976). Šajā laikā paplašinājās arī citu nozaru zinātnieku – botāniķu, ķīmiķu, inženieru – iesaistīšanās kūdras resursu, to izmantošanas iespēju un aizsardzības risinājumu izpētē (M. Galeniece, R. Druvietis, V. Dirba, K. Vanaga, O. Preimanis, O. Andersons, J. Zēbergs). Īpaši rūpīgi tika pētīts Ķemeru–Smārdes, Raganu un Smērdokļa purvs, Olaines, Lubāna un Teiču purvainie masīvi. Purva mikroklimate un hidroloģiskā režīma pētījumiem Ķemeru purvā izveidota stacionāra meteostacija, kas darbojās no 1947. līdz 1996. gadam. Līdz 1950. gadam aktīvu darbību turpināja LVU Purvu zinātnes un kūdras tehnoloģijas katedra A. Ziņģīša vadībā, kur tika izpildīti pasūtījumi par kūdras, malkas, akmeņogļu, antracītu, degslānekļa siltumtehniko analīzi. Kaiģu un Drabiņu purva kūdras pilna ķīmiskā analīze parādīja morfoloģisko parametru (botāniskais sastāvs, kūdras sadalīšanās pakāpe) saistību ar elementārsastāvu, siltumietilpību, pētījumi liecināja, ka līdz ar kūdras sadalīšanās pakāpes pieaugumu notiek oglekļa relatīvā satura pieaugums. Laboratorijas apstākļos tika konstatēts, ka iegūstamais koksa daudzums ir atkarīgs no C daudzuma paraugā un vienlaikus ar pelnainību liecināja par kūdras kvalitāti. Zemo purvu veģetācija 50. gados pētīta galvenokārt Latvijas rietumu rajonos, īpašu uzmanību pievēršot kaļķaino zemo purvu augu sabiedrību aprakstiem Ķemeru, Kaņiera, Engures ezera apkārtnē. LVU Purvu zinātnes katedrā tika savākti daudzi kūdras paraugi, purva augu herbārijs, kā arī dažādi purvu pētniecībā izmantojami instrumenti, arheoloģiskie atradumi no kūdras karjeriem. Šie materiāli kļuva par pamatu Meliorācijas muzeja izveidē Mālpils sovhoztehnikumā. Muzejā izvietots arī Latvijas Kūdras fonda arhīvs u. c. materiāli ne tikai ar vēsturisku, bet arī



ar zinātnisku vērtību. Tagad muzeja materiāls glabājas Latvijas Lauksaimniecības muzejā Talsos.<sup>1</sup>

60. gados kūdras un sapropeļa ķīmiskās īpašības aktīvi pētīja docents Nikolajs Brakšs (1905–1981). Viņa vadīto ZA Kūdras ķīmiskās pārstrādes laboratoriju 1962. gadā pievienoja Koksnes ķīmijas institūtam un nedaudz vēlāk pārdēvēja par Humificēto izejvielu ķīmijas laboratoriju. Pētot humificētās izejvielas (kūdru, sapropeli, trupējušu koksni), N. Brakšs uzsvēra šo izejvielu kompleksas izmantošanas nepieciešamību un strādāja ar kūdras kompleksās termiskās apstrādes jautājumiem (Grosvalds un Alksnis, 2007). Daļa pētījumu 1961. gadā apkopoti monogrāfijā „Purvi un kūdra”.

1963. gadā Meliorācijas institūta (vēlāk „Meliorprojekts”) izdotajā Kūdras fondā bija informācija par 5789 atradnēm visos administratīvajos rajonos, kuras lielākas par 1 ha, pievienota karte mērogā 1 : 300 000. Rūpnieciska nozīme atzīta apmēram 5078 atradnēm. Turpmāk jau kā Latvijas valsts meliorācijas projektēšanas institūts no 1976. līdz 1980. gadam tas veica Kūdras fonda inventarizāciju, sagatavoja jaunu krājumu „Latvijas PSR Kūdras fonds uz 1980. gada 1. janvāri”, par potenciāli izmantojamām atzina 852 atradnes un deva par tām vispārīgu priekšstatu (Lācis, 1996). Līdz ar citiem datiem un mērījumiem 127 augstā tipa atradnēs ievāktiem kūdras paraugiem noteikts kūdras komponentu ķīmiskais sastāvs (bitumi, viegli hidrolizējamās vielas, reducējošās vielas, humīnvielu % daudzums kūdras sausnē), botāniskais sastāvs, sadalīšanās pakāpe, relatīvais mitrums, pelnu % daudzums. Padomju gados ZA LPSR Enerģētikas institūts veica pētījumus par jēlkūdras izmantošanas iespējām enerģijas iegūšanā un kūdras žāvēšanas iekārtu radīšanu. Institūtā izgatavotā eksperimentālā iekārta vēlāk tika izmantota kūdras fabrikā “Olaive”. LPSR ieguva un izmantoja dabisko kūdras kurināmo – frēzkūdru un gabalkūdru, kā arī kūdras briketes. Līdz 2. pasaules karam Latvijā ieguva galvenokārt gabalkūdru. Kūdras briketes Latvijā sāka ražot no 1948. gada kūdras fabrikā “Baloži”, no 1961. gada Olaines kūdras fabrikā, bet no 1963. gada kūdras fabrikā “Strūžāni”. Kūdra bija nozīmīgs enerģētisks resurss. Lauksaimniecībā kūdru izmantoja pakaišiem, kūdras kompostā, lecektīs un augsnes noseģšanai. Līdz 1960. gadam kūdras pakaišu galvenie ražotāji bija kolhozi un padomju saimniecības, kas tos ieguva ar roku darbu. Pēc 1960. gada pakaišu kūdru ieguva pēc mehanizēta frēzpaņēmiena, celtniecības

---

<sup>1</sup> [www.kaleji.et.lv](http://www.kaleji.et.lv)

vajadzībām no kūdras izgatavoja siltuma izolācijas plates. 20. gs. vidū lielākie kūdras ieguves uzņēmumi bija arī kūdras fabrikas “Seda” un “Zilaiskalns”. Darbojās vairākas salīdzinoši nelielas kūdras fabrikas Misā, Silmalā. Kūdras nozīme kurināšanai samazinājās sakarā ar Dašavas–Rīgas gāzes vada izbūvi. Par kūdras galveno izmantotāju kļuva lauksaimniecība (Brakšs, 1968).

1978. gadā Ģeoloģijas pārvaldē pie Kompleksās ģeoloģiskās izpētes ekspedīcijas izveidoja Kūdras partiju, lai veiktu jaunu kūdras atradņu meklēšanu un revīziju, par kūdras atradnēm uzskatot purvus, kuru platība ir lielāka vai vienāda ar 2 ha, bet rūpnieciski izmantojamā dziļuma (0,9 m) robežās lielāka vai vienāda ar 1 ha, ar kūdras vidējo dziļumu lielāku vai vienādu par 1 m. Purvu un kūdras izpētē tika iesaistītas vairākas Vissavienības nozīmes organizācijas – „Lengiprotorf”, „Latgiprovodhoz”, „Latgiprozem” un citas, tomēr kopumā kūdras izpētes darbiem trūka vienotas metodikas un kvalitātes, jo ziņas bieži tikušas iegūtas, statistiski apkopojot datus, bez objektu izpētes uz vietas (Lācis, 1996). Novērtējot kūdras kā vērtīgu dabas un izejvielu resursu, PSR ZA Koksnes ķīmijas institūts pievērsās pētījumiem, lai vaskiem bagātu bitumenozo kūdras piemērotu ķīmiskai izmantošanai, savukārt ZA Ķīmijas institūts izstrādāja jaunas kūdras analīzes metodes.

Civilās aviācijas inženieru institūta speciālisti M. Finkelšteina vadībā, sadarbojoties ar ģeologiem, 1979. gadā nelielos purvos kūdras izpētē izmēģināja radiolokācijas zondēšanu (RLZ). RLZ aizstāja kūdras iegulu zondēšanu, dodot augstas precizitātes nepārtrauktu priekšstatu par kūdras slāņa biezumu, saguluma apstākļiem, iegulas uzbūvi, kā arī raksturoja iegulas minerālo pamatni (Treimanis, 2000). Purvu izpētes attīstība ievērojama ar to, ka 1985. gadā Salas purvs Rēzeknes rajonā pirmo reizi Latvijā ģeofizisko pētījumu (RLZ) datus izmantoja kūdras krājumu noteikšanā. 80. gados bija labi attīstīta kūdras ieguve (9 kūdras rūpnīcas un 22 pārvietojamās mehanizētās kolonas 156 atradnēs gadā ieguva līdz 3,2 milj. t lauksaimniecības kūdras pakaišiem, kompostiem u. c. un 1,1 milj. t kurināmās kūdras), taču 90. gados tā pakāpeniski samazinājās, un turpmāk kūdras ieguves apjomi mainījās atkarībā no tirgus pieprasījuma un eksporta iespējām.

Dažādos laikos ar kūdras un purvu izpēti Latvijā nodarbojās Baltijas purvu kultūras veicināšanas biedrība; Purvu pētīšanas laboratorija (1912–1915); LU Purvu un kūdras pētīšanas laboratorija (1919); Zemes bagātību pētīšanas komiteja (1936–1939), vēlāk Zemes bagātību pētīšanas institūta (1939–1946) Kūdras sekcija, kas 1946. gadā nodota LPSR Zinātņu akadēmijas Ģeoloģijas un ģeogrāfijas institūta

Kūdras nodaļai; Zemkopības ministrijas Meliorācijas departamenta Kūdras nodaļa; LU Lauksaimniecības fakultātes Purvu mācības un kūdras tehnoloģijas katedra; LVU Purvu zinātnes un kūdras tehnoloģijas katedra un Purvu pētniecības institūts (1945–1950); LVU Ģeoloģijas–augšnes fakultāte; LVU Ģeogrāfijas fakultāte, tagad – LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte; LVU Bioloģijas fakultāte, tagad – LU Bioloģijas fakultāte; LPSR ZA Purvu pētniecības institūts (1946–1957); LPSR ZA Meliorācijas institūts (1949. gadā veidots uz Purvu pētniecības institūta bāzes); kopš 1957. Latvijas hidrotehnikas un meliorācijas zinātniski pētnieciskais institūts, vēlāk – Latvijas valsts meliorācijas projektēšanas institūts; LPSR ZA Enerģētikas institūts (1947–1966); LPSR ZA Ģeoloģijas un ģeogrāfijas institūts; LPSR ZA Ķīmijas institūts, tagad – Rīgas Tehniskās universitātes Neorganiskās ķīmijas institūts; LPSR ZA Koksnes ķīmijas institūts, tagad – publiska atvasināta persona "Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts"; Ģeoloģijas dienests; Ģeoloģijas pārvalde; VU „Latvijas ģeoloģija”; Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūra; Kūdras ražotāju asociācija, kas dibināta 1996. gadā.

Purvu apguves un izpētes vēsture Latvijā apkopota arī N. Brakša, A. Lāča, A. Šņores u. c. autoru rakstos (Бракш и др., 1976; Lācis, 1996; Šņore, 2004).

Atjaunotajā Latvijas Republikā, strauji samazinoties vajadzībai pēc kūdras kā izejmateriāla un līdz ar iestāšanos Eiropas Savienībā, aktuālāka kļūst purvu biotopu izpēte, purvu aizsardzības un pārvaldības risinājumu meklēšana. Purvu platības tiek aizsargātas Ziemeļvidzemes biosfēras rezervātā, nacionālajos parkos un vismaz 140 dabas liegumos (Pakalne, 2008). Latvijas MK noteikumi par īpaši aizsargājamo biotopu sarakstu nosaka 6 purvu biotopu veidu aizsardzību Latvijā. Latvijā sastopami 7 biotopu veidi, kas iekļauti Eiropas Padomes direktīvā „Par dabīgo biotopu, savvaļas augu un dzīvnieku aizsardzību” un kuru aizsardzība līdz ar to ir saistoša starptautiskā mērogā (Auniņš (red.), 2010). Purvu veģetāciju pēta botāniķes M. Pakalne, L. Salmiņa, V. Kreile, B. Bambi, I. Čakare, I. Rēriha. LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātē *Dr. geol.* V. Segliņa, *Dr. geol.* V. Zelča, lekt. A. Markota vadībā purvu ģenēze tiek pētīta saistībā ar teritorijas reljefu un pēcdeduslaikmeta procesiem. Purvu veidoto ainavu vēsturisko un mūsdienu attīstību pēta *Dr. geogr.* O. Nikodemus un *Dr. geogr.* L. Kalniņa, bet *Dr. habil. chem.* M. Kļaviņa vadībā tiek pētītas kūdras humusvielu īpašības un izmantošanas iespējas. Mežu zinātniskās pētniecības institūtā „Silava” izstrādāti vairāki zinātniskie darbi par purvu un kūdras lauku apmežošanu. 1989. gadā realizēta purvu monitoringa pirmā kārta, pirmo reizi Latvijā vides

piesārņojuma pētīšanā izmantojot sfagnu sūnas (Nikodemus, 1991; Brūmelis, 1992). Joprojām maz pētīta ir purvu nosusināšanas ietekme uz kūdras īpašībām. Par minerālvielu un organisko vielu izskalošanos no purvu platībām interesantus rezultātus ieguvis un apkopojis C. Šķiņķis (Šķiņķis, 1992). Ķīmisko elementu koncentrācijas izmaiņas kūdras slāņos zinātniskiem mērķiem pētītas Sudas purvā un Ķemeru–Smārdes tīrelī 1996. gadā un Cenas tīrelī 1993. gadā. Plaša informācija par smago metālu koncentrāciju Latvijas augsnēs, tai skaitā purvos, iegūta 1997.–2002. gadā Valsts ģeoloģijas dienesta veiktajā Latvijas ģeoķīmiskajā kartēšanā. Putekšņu analīze veikta aptuveni vairāk nekā 140 purvos noņemtiem paraugiem (Segliņš, 2000).

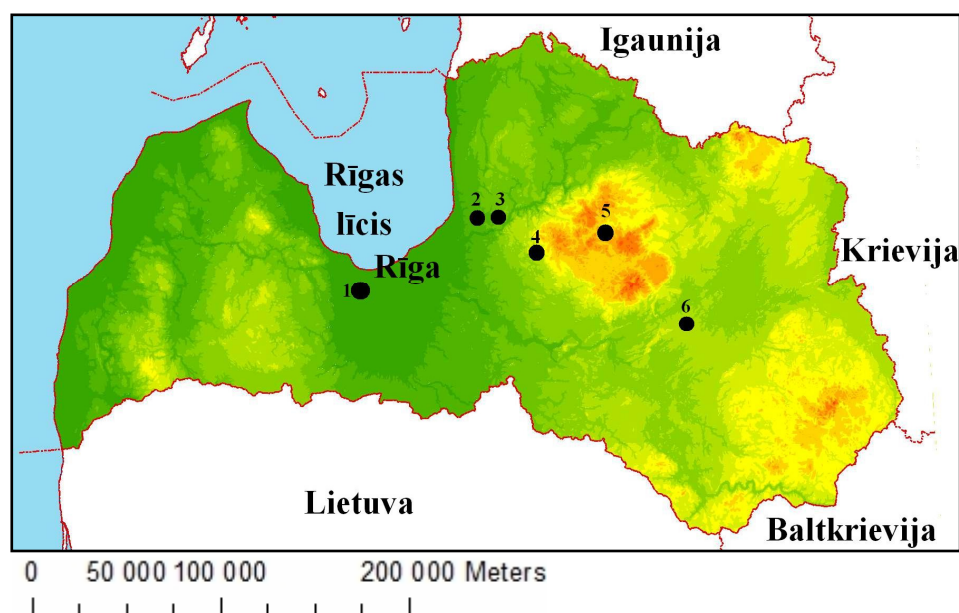
Latvijā uzskaitīti 5769 purvi, kuru platība ir lielāka par 10 ha (Nusbaums un Rieksts, 1997), Valsts ģeoloģijas dienesta Ģeoloģijas fondā ir ziņas par 9499 kūdras atradnēm. Ar kūdras ieguvu Latvijā nodarbojas apmēram 40 uzņēmumi, kopš 1996. gada daļa no tiem (2008. gadā 24 biedri) apvienojušies nevalstiskā organizācijā “Latvijas kūdras ražotāju asociācija”. Asociācijas biedri iegūst aptuveni 75% no valstī kopumā iegūtās kūdras. Latvija ir pārstāvēta vairākās ar purvu aizsardzību un kūdras izmantošanu saistītās starptautiskās organizācijās, to skaitā *International Mire Conservation Group*, *International Peat Society*.

Būtiski rēķināties ar to, ka, kūdras ieguves apjomiem krītoties, aktualizējas kūdras kā nozīmīga bioloģiskā resursa vērtība.

## 2. MATERIĀLI UN METODEDES

### 2.1. Paraugu ievākšanas vietas

Kūdras īpašību pētījumi veikti sešos purvos, kas atrodas dažādos Latvijas fiziski ģeogrāfiskajos rajonos un izvietoti atšķirīgos reljefa un ģeobotāniskos apstākļos: Lielais Ķemeru tīrelis atrodas Viduslatvijas zemienes Tīreļu līdzenumā Piejūras ģeobotāniskajā rajonā, Dzelves purvs – Ropažu līdzenumā Ziemeļvidzemes ģeobotāniskajā rajonā, Eipura purvs – Metsopoles līdzenumā, Sudas purvs – Viduslatvijas zemienes Madlienas nolaidenumā Viduslatvijas ģeobotāniskajā rajonā, Taurenē purvs – Vidzemes augstienē Mežoles paugurainē Centrālvidzemes ģeobotāniskajā rajonā, bet Teiču purvs – Austrumlatvijas zemienes Jersikas līdzenumā Ziemeļaustrumu ģeobotāniskajā rajonā (2.1. attēls). Purvu apsekojumi un kūdras paraugu ievākšana veikta 2007.–2009. gadā. Purvu izvēli noteica atšķirīgie ģeogrāfiskie apstākļi (2.1. tabula), kā arī tika ņemta vērā pārrobežu piesārņojuma izplatība Latvijā (Nikodemus et al., 2004). Pētītie purvi atrodas Latvijas reģionos, kurus pagājušā gadsimta beigās tieši neietekmēja pārrobežu piesārņojuma izkliede, līdz ar to var uzskatīt, ka kūdras ķīmiskā sastāva formēšanā noteicošā loma bijusi Latvijā esošiem piesārņojuma avotiem.



#### 2.1. attēls. Pētīto purvu izvietojums

1 – Lielais Ķemeru tīrelis, 2 – Dzelves purvs, 3 – Eipura purvs, 4 – Sudas purvs, 5 – Taurenē purvs, 6 – Teiču purvs.

2.1. tabula

## Pētīto purvu izvietojums

Purva nosaukums	Ģeogrāfiskais rajons un apvidus	Biogeogrāfiskais rajons	Purva tips	Kūdras slāņa dziļums (m), vid., maks.
Lielais Ķemeru tīrelis	Viduslatvijas zemiene, Tīreļu līdzenums	Piejūras ģeobotāniskais rajons	augstais	vid. – 4,8 maks. – 8,0
Dzelves purvs	Viduslatvijas zemiene, Ropažu līdzenums	Ziemeļvidzemes ģeobotāniskais rajons	augstais	vid. – 2,4 maks. – 6,0
Eipura purvs	Viduslatvijas zemiene, Metsopoles līdzenums	Ziemeļvidzemes ģeobotāniskais rajons	augstais	vid. – 2,2 maks. – 4,7
Sudas purvs	Viduslatvijas zemiene, Viduslatvijas nolaidenums	Viduslatvijas ģeobotāniskais rajons	augstais	vid. – 4,0 maks. – 11,0
Tauresnes purvs	Vidzemes augstiene, Mežoles pauguraine	Centrālvidzemes ģeobotāniskais rajons	pārejas	vid. – nav datu maks. – 4,0
Teiču purvs	Austrumlatvijas zemiene, Jersikas līdzenums	Ziemeļaustrumu ģeobotāniskais rajons	augstais	vid. – 4,5 maks. – 9,5

**Lielais Ķemeru tīrelis** (Ķemeru–Smārdes tīrelis, LPSR Kūdras fonda Nr. 806) administratīvi atrodas Rīgas rajonā. Ziemeļrietumos no purva, apmēram 10 km attālumā, atrodas Jūrmalas pilsēta un bijusī Slokas rūpniecības zona. Lielais Ķemeru tīrelis ir purvu biotopu komplekss, kas ietver tipisku augsto (sūnu) purvu ar izteiktu ciņu–lāmu kompleksu. Purvā sastopamo dabas vērtību dēļ Lielais Ķemeru tīrelis iekļauts Ķemeru nacionālā parka sastāvā, *Natura 2000* teritoriju tīklā un putniem starptautiski nozīmīgo vietu sarakstā (PNV kods LV076). Promocijas darba gaitā 2009. gadā tika noņemti kūdras paraugi no purva virskārtas 150 cm dziļumā (2.2. attēls). Paraugi 2009. gadā ievākti purva kupola austrumu nogāzē – aptuveni tajā pašā vietā, kur iepriekš veiktajos pētījumos (Kalniņa et al., 2003) 1989. gadā. Kūdras urbuma koordinātas: 56°53'35,92" N, 23°29'49,14" E.

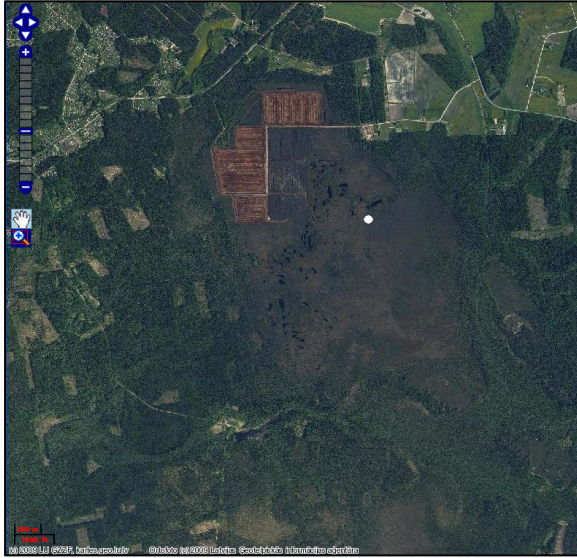


**A**

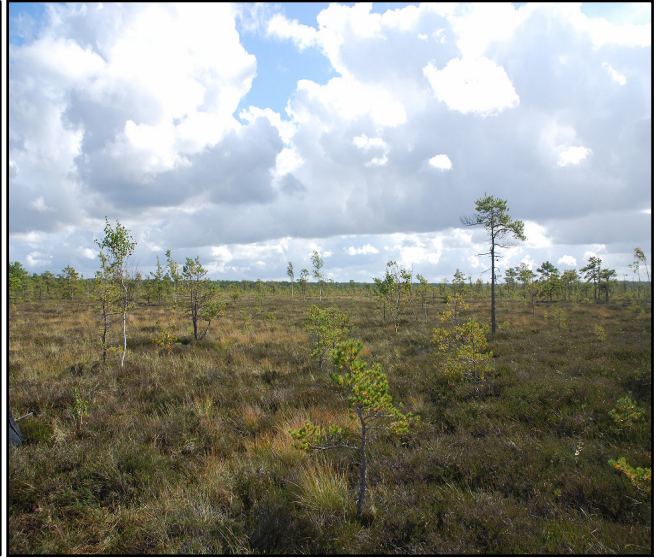
**B**

**2.2. attēls. Kūdras paraugu ievākšanas vieta Lielajā Ķemeru tīrelī (A),  
kūdras urbuma vietas kopskats (B)**

**Dzelves purvs** atrodas Rīgas rajona Sējas novadā apmēram 40 km uz ziemeļaustrumiem no Rīgas (LPSR Kūdras fonda Nr. 1612). Dzelves purvs mūsdienās veido vienotu purvu masīvu ar Kroņa purvu (kopējā platība 1315 ha). Purvos sastopamo bioloģisko vērtību dēļ 1999. gadā 1150 ha lielā platībā tika nodibināts dabas liegums „Dzelves–Kroņa purvs”, kas iekļauts *Natura 2000* teritoriju tīklā (teritorijas kods LV0523300) un putniem nozīmīgu vietu sarakstā „Ādaži” (teritorijas kods LV078). Kūdras urbums veikts nosacīti līdzenā, klajā purva daļā. Kūdras paraugu noņemšanas vietā kūdras slāņa biezums ir 3,5 m, urbuma koordinātas: 57°13'58,2" N, 24°30'12,2" E (2.3. attēls).



**A**



**B**

**2.3. attēls. Kūdras paraugu ievākšanas vieta Dzelves purvā (A),  
kūdras urbuma vietas kopskats (B)**



**Eipura purvs** atrodas Viduslatvijas zemienē, Rīgas rajona Sējas novadā (LPSR Kūdras fonda Nr. 1610). Purva kopplatība ir 179 ha. Augstā tipa purvs aizņem 102 ha lielu platību, to gredzenveidā ieskauj pārejas un zemā tipa purvi 77 ha platībā. Tuvākie lielākie piesārņojuma avoti ir Rīgas pilsētā. Rīga atrodas dienvidrietumos no purva apmēram 45 km attālumā.



A



B

#### 2.4. attēls. Kūdras paraugu ievākšanas vieta Eipura purvā (A), kūdras urbuma vietas kopskats (B)

Kūdras paraugu noņemšanas vieta atrodas purva kupola austrumu nogāzē. Urbuma koordinātas: 57°14'53,4" N, 24°37'00,3" E (2.4. attēls). Kūdras paraugu noņemšanas vietā kūdras slāņa biezums ir 4,0 m.

**Sudas (Sudas–Zviedru) purvs** atrodas Cēsu rajonā, Viduslatvijas zemienes Viduslatvijas nolaidenumā (LPSR Kūdras fonda Nr. 1894). Purvs ir iekļauts Gaujas nacionālajā parkā, un lielākā daļa kopējās purva platības (2575 ha) ietilpst rezervāta vai dabas lieguma zonā. Promocijas darba gaitā 2009. gadā tika noņemti kūdras paraugi no purva virskārtas 150 cm dziļumā. Paraugi ievākti purva kupola ziemeļrietumu nogāzē – aptuveni tajā pašā vietā, kur 1989. gadā (2.5. attēls). Kūdras urbuma koordinātas: 57°10'17,00" N, 24°59'18,14" E.

Vidzemes augstienē, Centrālvidzemes ģeobotāniskajā rajonā iekārtota Tauresnes integrālā monitoringa stacija. Tauresnes integrālā monitoringa teritorijā starppauguru pazeminājumā ir atrodas neliels, garenstiepts, ar priedēm apaudzis pārejas tipa purvs. Apmēram purva vidusdaļā 2009. gadā noņemti kūdras paraugi līdz purva ieplakas pamatnei 4 m dziļumā. Kūdras urbuma koordinātas: 57°10'25" N; 25°41'30" E (2.6. attēls). Turpmāk tekstā šī teritorija saukta par **Tauresnes purvu**.



A



B

**2.5. attēls. Kūdras paraugu ievākšanas vieta Sudas purvā (A), kūdras urbuma vietas kopskats (B)**



A



B

**2.6. attēls. Kūdras paraugu ievākšanas vieta Taurenes integrālā monitoringa teritorijā (A), kūdras urbuma vietas kopskats (B)**

**Teiču purvs** atrodas Rēzeknes un Madonas rajona Madonas, Varakļānu un Krustpils novadā, Vidusdaugavas viļņotajā līdzenumā. Teiču purvs ir mūsdienās lielākais purvu masīvs Latvijā ar kopējo platību 19 500 ha. Purvā sastopamo dabas vērtību dēļ 1982. gadā tur nodibināts Teiču valsts rezervāts (tagad – Teiču dabas rezervāts), kas iekļauts *Natura 2000* teritoriju tīklā un starptautiski nozīmīgo mitrāju jeb *Ramsāres vietu* sarakstā (Konvencija par..., 1971). 2009. gadā purva kūdras paraugi līdz 150 cm dziļumam noņemti ceļa Silagals–Siksala ziemeļu pusē, tuvu Mindaugu

kupolam (kupola virsotne 111 m v.j.l.) un Teiču purva masīva veģetācijas monitoringa transektam, kas tiek veikts kopš 2005. gada, lai sekotu līdzi izmaiņām purvā pēc hidroloģiskā režīma atjaunošanas pasākumiem (Kreile un Namatēva, 2007). Urbuma koordinātas: 56°39'17,22" N, 26°26'43,94" E (2.7. attēls).



A



B

**2.7. attēls. Kūdras paraugu ievākšanas vieta Teiču purvā (A), kūdras urbuma vietas kopskats (B)**

## **2.2. Kūdras paraugu ievākšanas metodika un sagatavošana analīzēm**

Kūdras paraugu noņemšanas vietu izvēli noteica purva apaugums, kūdras slāņa dziļums, topogrāfija, kā arī iepriekšējos gados veiktie kūdras pētījumi. Kūdras paraugi tika noņemti ar kameras tipa mīksto iežu urbi (2.8. attēls), kura konstrukcija sastāv no 0,5 m garas griežamās lāpstas un savstarpēji savietojamām 1 m garām nerūsējošā tērauda caurulēm. Urbis ļauj izgriezt apmēram 5 cm diametra kūdras parauga serdi vēlamajā dziļumā (Jowsey, 1966; Wardenaar, 1987). Dzelves, Eipura un Taures purvā kūdras paraugu noņemšana veikta secīgi ik pēc 0,5 m līdz minerālajam horizontam purva ieplakas pamatnē, bet Lielajā Ķemeru tīrelī, Sudas purvā un Teiču purvā līdz 150 cm dziļumam. 150 cm biezs kūdras nogulumu virsējais slānis izvēlēts, lai raksturotu cilvēka radītā piesārņojuma ietekmi uz kūdras ķīmisko sastāvu. Ķīmiskajām analīzēm nepieciešamā kūdras masa iegūta, katrā paraugu ievākšanas vietā paralēli veicot 3–7 urbumus vai atsevišķi izņemot nepieciešamos kūdras slāņus.



**2.8. attēls. Kūdras paraugs atvērtā urbja kamerā**

Purvu vides un kūdras slāņu stratigrāfijas pētījumiem izmantoti secīgi, nesajaukti paraugi. Iegūtie kūdras monolīti uz vietas pārvietoti atbilstošos 0,5 m garos plastmasas konteineros un mitruma zuduma novēršanai iesaiņoti polietilēna plēvē.

Paraugi līdz to sastāva analīzei un sagatavošanai ķīmiskajām analīzēm uzglabāti plastmasas konteineros polietilēna plēvē istabas temperatūrā. Arī turpmākā darba gaitā izžāvētie paraugi tika uzglabāti noslēgtā iepakojumā.

### **2.3. Kūdras īpašību izpētes metodes**

#### ***Sadalīšanās pakāpes noteikšana***

Kūdras sadalīšanās pakāpe noteikta, raksturojot attiecības starp humusa saturu un visas kūdras masu. Sadalīšanās pakāpes noteikšanai lietota vizuālā un centrifūgas metode, vispirms aptuveni nosakot sadalīšanās pakāpes robežas vizuāli, pēc tam precizējot ar centrifūgas metodi.

Sākotnēji kūdras sadalīšanās pakāpe noteikta, vizuāli, ņemot vērā kūdras plastiskumu, elastīgumu, augu atlieku daudzumu un to saglabāšanās pakāpi, ūdens daudzumu, krāsu un dzidrumu. Izmantojot centrifūgas metodi, sadalīšanās pakāpe noteikta pēc nomogrammas tabulas, ūdens vidē ar centrifūgas palīdzību atdalot kūdras humusu no augu šķiedrām. Kūdras sadalīšanās pakāpe noteikta LU ĢZZF Kvartārģeoloģijas laboratorijā atbilstoši GOST 10650-71 (Silamiķele et al., 2010). Analīzē izmantota elektriskā centrifūga ИЖК-1 ar speciālo mēģeņu turētāju, mēģenes ar

graduējumu līdz 1,5 ml, stikla glāzītes ar sietiņiem (acu izmērs 0,25 x 0,25 mm). Apmēram 10–20 g kūdras tika vienmērīgi izlīdzināti 3–4 mm biezā slānī, un atlasīti tālāk apstrādājamie paraugi, ievietoti mēģenē, pielietis ūdens, un maisot iegūta viendabīga suspensija. Humusa koagulācijai pievienoti 2 pilieni 10% FeCl<sub>3</sub> šķīduma, mēģenes saturs saskalots, centrifugēts 2 minūtes ar ātrumu 1000 apgr./min. Iegūto nogulšņu apjoms, veicot 4 atkārtojumus, noteikts ar precizitāti līdz 0,01 mm.

### ***Kūdras botāniskā sastāva un veida noteikšana***

Lai noteiktu kūdru veidojošos augus un to procentuālo sastāvu, izmantots nežāvēts materiāls. Mikroskopiskajai analīzei izmantotas augu šķiedras, kas palikušas uz sieta pēc 10–15 g liela kūdras parauga mazgāšanas. Sfagnu sūnu noteikšanai preparāti krāsoti ar genciānvioletā 2% spirta šķīdumu. Analīze veikta mikroskopā ar palielinājumu ~100 reizes. Augu mikroatlieku noteikšanai izmantoti augu atlieku atlanti un noteicēji (Кац и др., 1977; Истомина и др., 1938).

Lai noteiktu kūdras tipu, noskaidrotas kūdras veidotājaugu kvantitatīvās attiecības, kūdru veidojošo augu šķiedru daudzums mikroskopa redzes laukā pieņemts par 100%. Viena kūdras parauga analīzes laikā veikta apmēram 10 redzes lauku caurskate.

Kūdras veids noteikts, ņemot vērā kūdras komponentu procentuālās attiecības, kūdru veidojošo augu ekoloģiskās īpatnības un to piederību pie noteikta purva veģetācijas tipa, kā arī izmantojot GOST 21123-85 norādījumus.

Kūdras botāniskā sastāvs un kūdras sadalīšanās pakāpe izteikta procentos, grafiskam attēlojumam izmantota *TGView 2.0.2.* programmatūra (Kuške u. c., 2010).

### ***Sporu–putekšņu analīze un datu interpretācija***

Palinoloģisko analīžu rezultātu grafiskai atainošanai veidotas diagrammas, kas pamatojās uz sporu un putekšņu savstarpējām procentuālajām attiecībām analizētajos kūdras paraugos. Sporu–putekšņu procentuālās diagrammas veidotas LU ĢZZF Kvartārvides laboratorijā, izmantojot plaši pielietotas un aprobētas metodes (Moore and Webb, 1978) un specializētas datorprogrammas *TILIA* un *TGView 2.0.2.* Diagrammās parādīts katras sugas vai ģints procentuālais īpatsvars paraugos visā griezumā no nogulumu uzkrāšanās sākuma līdz mūsdienām. Iegūtās Eipura purva un Dzelves purva

sporu–putekšņu diagrammas detalizēti aprakstītas atsevišķās publikācijās (Kuške u. c., 2010; Silamiķele u. c., 2008) un pievienotas 1.–6. pielikumā.

### ***Paraugu absolūtā vecuma noteikšana***

Pētāmo kūdras paraugu vecums tika noteikts, izmantojot kūdras sastāvā ietilpstošā oglekļa  $^{14}\text{C}$  sabrukšanas ātrumu. Kūdras datēšanai ar  $^{14}\text{C}$  melnā, gaismu necaurļaidīgā plēvē ievietoti apmēram 300 g svaiga (nežāvēta) kūdras parauga. Paraugam nepieciešamā kūdras masa iegūta, apvienojot vairāku paralēli veiktu urbumu materiālu. Eipura purvā un Tauresnes purvā paraugi vecuma datēšanai izvēlēti vizuāli atšķirīgos slāņos. Sudas, Lielā Ķemeru tīreļa un Teiču purva urbumos atlasīts 95–100 cm dziļš kūdras slānis.

Kūdras paraugu datēšana, izmantojot  $^{14}\text{C}$  metodi, veikta Tallinas Tehniskās Universitātes Ģeoloģijas institūtā (Igaunijā) prof. Enna Kaupa (*Enn Kaup*) vadībā.  $^{14}\text{C}$  datēšanas paraugi apstrādāti pēc standarta AAA (skābe–sārms–skābe) procedūrām, kas vispirms ietver 2 stundu apstrādi ar 0,5 M HCl 50 °C temperatūrā, kurai seko 2 stundu apstrāde ar 0,1 M NaOH 50 °C temperatūrā un 2 stundu apstrāde 0,5 M HCl 50 °C temperatūrā. Starp šiem posmiem paraugi tika skaloti ar dejonizētu ūdeni, līdz pH sasniedza 7. Pēc ķīmiskās pirmapstrādes paraugi sadedzināti slēgtās kvarca caurulītēs (CuO un Ag klātbūtnē) un iegūtais  $\text{CO}_2$  attīrīts, reducējot  $\text{H}_2$  un izmantojot dzelzs pulveri kā katalizatoru. Dati kalibrēti, izmantojot *OxCal* v. 3,5 (Olsson and Kaup, 2001). Kūdras slāņu vecums starp datētajiem paraugiem noteikts interpolējot.

Kūdras datējumi un intervāli starp datētajiem slāņiem izmantoti, lai pētītajos purvos noteiktu kūdras uzkrāšanās ātrumu.

### ***Kūdras sastāva fizikāli ķīmiskā analīze***

Kūdras sastāva fizikāli ķīmiskā analīze tika veikta LU ĢZZF Vides monitoringa laboratorijā.

Elementsastāva analīzei kūdras paraugi sadalīti 5 cm garos nogriežņos, 65–80 °C temperatūrā izžāvēti līdz gaissausam stāvoklim. Paraugi homogenizēti un 1 g iesvara sagatavoti turpmākajām ķīmiskajām analīzēm. Kūdras elementsastāva analīze veikta, izmantojot elementsastāva analizatoru *Elemental Analyzer Model EA-1108 (Carlo Erba Instruments)* un parauga sadedzināšanas gāzes hromatogrāfijas metodi. Aparatūra

kalibrēta, izmantojot cistīnu (*Sigma-Aldrich Inc*), un katra parauga analīze atkārtota divas reizes.

Pelnu saturs noteikts, izkarsējot 50 mg kūdras parauga 750 °C temperatūrā 8 stundas un gravimetriski nosakot pelnu daudzumu. Elementsastāva vērtības normalizētas, ņemot vērā kūdras pelnu saturu, bet skābekļa saturs aprēķināts pēc koncentrāciju starpības. Organiskā oglekļa saturs kūdras ekstraktos noteikts, izmantojot kopējā organiskā oglekļa analizatoru *TOC-VCSN (Shimadzu)*.

Elementanalīzes rezultāti izmantoti, lai aprēķinātu elementattiecības, kūdras oksidēšanās pakāpi  $\omega$  (Fong and Mohamed, 2007) un dehidrogenizācijas pakāpi  $\phi$ .

$$\phi = \frac{(2C + 2) - H}{2}$$

$$\omega = (2O + 3N) - \frac{H}{C}$$

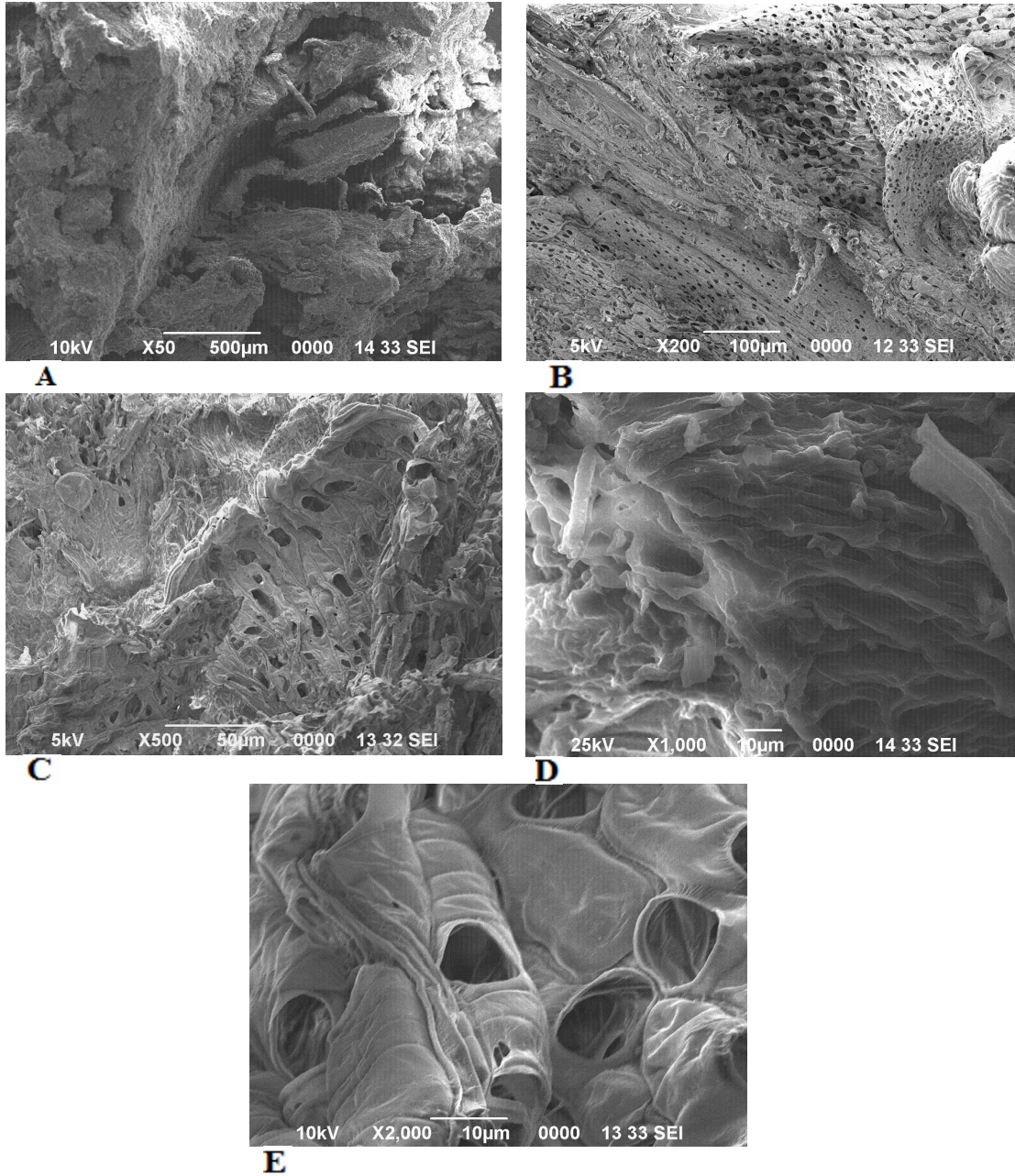
Spektroskopiskajam raksturojumam UV-Vis spektri uzņemti, izmantojot *Thermospectronic Helios  $\gamma$  UV (Thermoelectron Co)* spektrofotometru 1 cm kvarca ķīvetē.

Furjē transformācijas infrasarkanie spektri (FT-IR) tika uzņemti, izmantojot *Thermo Nicolet FT-IR* spektrofotometru. KBr tabletēs, kuras ieguva, izmantojot 1 mg smalki saberzta kūdras 400 mg KBr (*infrared-grade* KBr) spektra reģistrācijas intervālā 4000–400  $\text{cm}^{-1}$ .

Fluorescences spektri uzņemti, izmantojot *Perkin Elmer LS 55* fluorescences spektrometru, ūdens šķīdumu paraugu 25 mg/l koncentrācijā, pH 7 (iestādīts ar 0,5 M HCl). Emisijas spektri uzņemti ar skenēšanas ātrumu 500 nm/min, slita atveri 10,0 nm viļņu garuma intervālu 380 līdz 650 nm un ar fiksētu ierosināšanas viļņa garumu 350 nm. Fluorescences intensitātes pie 460 nm attiecība pret intensitāti pie 510 nm ( $I_{460}/I_{510}$ ) pieņemta kā humifikācijas indekss (Milori et al., 2002).

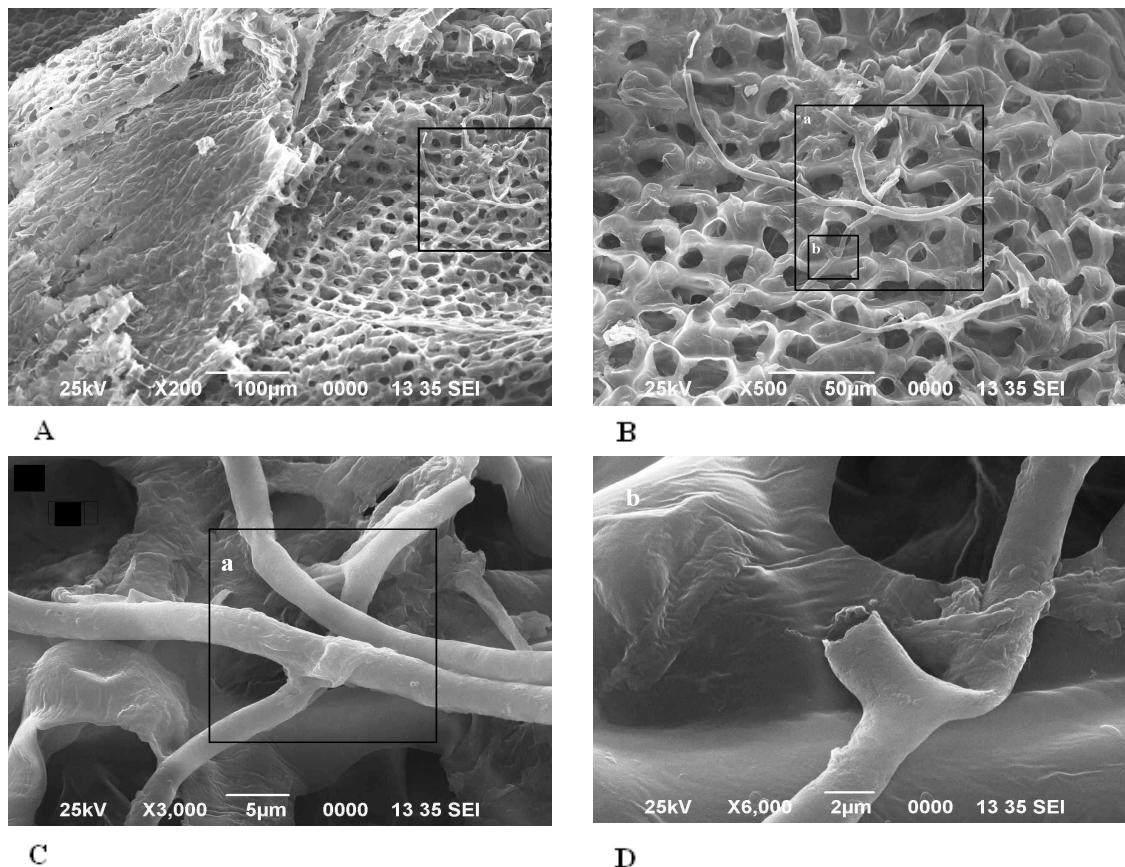
### ***Skenējošā elektronu mikroskopija (SEM)***

Atšķirīgu kūdras veidu struktūru mikroskopēšana veikta ar skenējošo elektronu mikroskopu *JEOL ISM T-200* ar palielinājumu 50, 200, 500, 1000, 2000 reizes (2.9., 2.10. attēls). Paraugu sagatavošanas pamatā bija pētāmās virsmas pārklāšana ar zelta slānīti. Mikroskopēšanu veica LU Bioloģijas fakultātes pētnieks A. Patmalnieks.



2.9. attēls. Sfagnu šūnas elektronmikroskopā dažādā mērogā





**2.10. attēls. Kūdras paraugu struktūra dažādā mērogā**  
 A – 200 x, B – 500 x, C – 3000 x, D – 6000 x palielinājumā

### ***Kūdras humifikācijas pakāpes izpēte***

Kūdras ekstrakta sorbcijas pie 465 nm un 665 nm attiecība  $E_4/E_6$ , kas raksturo kūdras humifikācijas pakāpi, atbilstoši metodei aprakstam noteikta 0,25 g kūdras ekstraktam 10 ml 0,05 M NaOH (Chen et al., 1977; Klavins et al., 2008).

### ***Makroelementu un mikroelementu saturs analīze***

Visās veiktajās paraugu sagatavošanas procedūrās izmantoti analītiskās kvalifikācijas reaģenti. Izmantojamie trauki pirms paraugu apstrādes uzsākšanas izturēti 14% (v/v)  $\text{HNO}_3$  24 stundas un tad skaloti ar augstas tīrības pakāpes demineralizētu ūdeni *Millipore Elix*.

Makroelementi un mikroelementi noteikti pēc pētāmo paraugu izšķīdināšanas (Tan, 2005). Paraugi apstrādāti saskaņā ar šādu procedūru: 1) 100 mg kūdras parauga ievietoja mēģenē, kas ievietota karsēšanas blokā (Biosan, Latvija) un apstrādāja ar 5 ml 65%  $\text{HNO}_3$  (Merck) un 1 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$  30% p. a. 130 °C temperatūrā 12 stundas līdz parauga izšķīšanai; 2) pievienoja 5 ml 65%  $\text{HNO}_3$  (Merck) un analītiski tīru 0,5 ml

HClO<sub>4</sub> (*Merck*) papildus karsēja 6 stundas 130 °C temperatūrā. Pēc atdzesēšanas līdz istabas temperatūrai dzidro, homogēno šķidrumu no mēģenes kvantitatīvi pārnesa 25 ml mērkolbā un atšķaidīja līdz atzīmei ar 10% HCl.

Metālu Fe, Mn, Zn, Cu, Mg, Ca, Cd, Pb, Co, Cr, Ni un As koncentrācija noteikta ar atmoabsorbcijas spektrometru ar grafīta ķiveti (GFAAS) (*Perkin-Elmer AAnalyst 200*) un fona korekciju. Na, K koncentrācija noteikta, izmantojot liesmas fotometru PAZ-3 ar gaisa–propāna liesmu. Mērījumu kvalitāte pārbaudīta, izmantojot references materiālus: NIST SRM 1547, NIST SRM 1575, BCR 482. Mērījumu rezultātu sakritība bija 10% robežās makroelementiem (Ca, Mg, Fe, Na, K) un 1–2% robežās mikroelementiem (Mn, Zn, Cu, Cd, Pb, Co, Cr, Ni, As) (2.2. tabula).

## 2.2. tabula

### Metālisko un nemetālisko elementu saturs kūdrā – tā analītiskās noteikšanas precizitātes raksturojums

	Fe	Mn	Zn	Cu	Mg	Ca	Na	K	Cd	Pb	Co	Cr	Ni	As
Noteikšanas robežvērtība, mg/kg	4	0,6	0,2	0,2	6	21	3	3	0,006	0,09	0,02	0,07	0,15	0,27
Mērīšanas nenoteiktība, %	3	5	3	4	4	3	6	9	7	11	11	18	7	15

Tauresnes purva kūdras pilnā griezumā un Dzelves purva kūdras virsējos 50 cm Hg koncentrācija noteikta LU Atomfizikas un spektroskopijas institūtā, izmantojot dzīvsudraba analizatoru (Zēmana atomu absorbcijas spektrometru) ar augstfrekvences polarizācijas modulāciju neselektīvas absorbcijas novēršanai (Bogans et al., 2010).

### Kūdras sorbcijas kapacitāte attiecībā pret metālu joniem – tās noteikšana

Lai atbrīvotos no kūdrā saistītajiem metālu joniem, 5,00 g pētāmās kūdras parauga vārglāzē, periodiski maisot, 24 stundas apstrādāti ar 200 ml 0,1 N HNO<sub>3</sub>. Pēc tam kūdras masa tika atfiltrēta un uz filtra rūpīgi skalota ar augstas tīrības pakāpes demineralizētu *Millipore Elix* ūdeni līdz neitrālai pH reakcijai. Kūdra tika žāvēta 105 °C temperatūrā. 1,00 g ar skābi skalotas kūdras suspendēti 100 ml 100 mg/l Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> stikla pudelē un kratīti (175 rpm) 24 st. 20 °C temperatūrā. Kūdra atfiltrēta, un filtrātā ar AAS noteikta atlikušā Cu koncentrācija, bet sorbētā Cu daudzums (mg/kg) aprēķināts pēc koncentrāciju starpības (Sun et al., 2004). Katrs sorbcijas eksperiments tika atkārtots 3 reizes (Fong and Mohamed, 2007).

### **Datu statistiskā apstrāde**

Iegūtie rezultāti tika apstrādāti ar datorprogrammām *Microsoft Excel* un *PC-ORD* (McCune and Mefford, 1999). Ar *PC-ORD* paketi veikta ķīmisko elementu un kūdras slāņu ordinācija pēc atšķirīgiem faktoriem, izmantojot galveno komponentu metodi (PCA), izskaitļoti Pīrsona korelācijas koeficienti. Sakarības attēlošanai starp elementu koncentrācijām atšķirīgu kūdras slāņu raksturošanai izmantota korelācijas cilindru metode (Liepa, 1974).

### 3. REZULTĀTI UN TO APSPRIEŠANA

#### 3.1. Kūdras sastāva un īpašību izmaiņas purva attīstības gaitā

Pētījumā, apvienojot bioloģiskās un ķīmiskās izpētes metodes analizētas kūdras, kas iegūtas 6 purvos un raksturo purvu pārstāvētā reģiona dabas un vides apstākļu attīstību un īpatnības. Lielais Ķemeru tīrelis, Dzelves purvs un Eipura purvs atrodas Piejūras reģionā, Latvijas centrālās daļas dabas apstākļus attaino Sudas purvs, bet Latvijas austrumu daļas līdzenuma – Teiču purvs. Salīdzinoši atšķirīgākos apstākļos notikusi kūdras uzkrāšanās Taurenes purvā Vidzemes augstienē. Dzelves purvs, Sudas purvs, Teiču purvs un Lielais Ķemeru tīrelis atzītas par īpaši aizsargājamas dabas teritorijām (Noteikumi par..., 1999) purvu kompleksos sastopamo biotopu struktūra un kvalitāte atbilst vairākiem Eiropā prioritāri īpaši aizsargājamiem biotopu veidiem, to skaitā arī *Nesarti augstie purvi* (kods 7110\*), kuru zinātniskā izpēte līdz šim veikta galvenokārt tikai bioloģisko vērtību raksturošanai (Auniņš (red.) 2010). Nozīmīgākie līdz šim zināmie dati par šo purvu kūdras iegulu īpašībām apkopoti Kūdras fondā (Kūdras fonds 1980) vai fragmentāri aprakstīti atsevišķos zinātniskos pētījumos (Galeniece, 1960; Lācis un Kalniņa, 1998; Kalniņa et al., 2003; Kalniņa, 2008 b).

Pēc vispārīgām augāja pazīmēm, Dzelves purvā, Teiču purvā, Sudas purvā un Lielajā Ķemeru tīrelī veikto kūdras urbumu apkārtnē sastopami līdzīgi lēzenu ciņu mikroreljefā veidojušies tipiski augstā sūnu purva biotopu kompleksi ar *Oxycocco-Sphagnetea* klases augu sabiedrību veidotu veģētāciju. Zemsedzē dominē sfagnu sugas: *Sphagnum magellanicum* un *Sph. Fuscum* ar *Sph. rubellum*, *Sph. tenellum*, *Aulacomium palustre*, *Polytrichum commune* un citu sūnu sugu veidotu mozaīku. Sīkkrūmu (dominējoši *Calluna vulgaris*) īpatsvars nepārsniedz 50-60 %. Lakstaugu un sīkkrūmu stāvā sastopami arī *Empetrum nigrum*, *Eriophorum vaginatum*, *Oxycoccus palustris*, *Drosera rotundifolia*, *Andromeda polifolia*. *Eriophorum vaginatum*, savstarpēji salīdzinot pētītos purvus, proporcionāli lielākus pārklājumus veido Sudas purvā. Taurenes purvā un Eipura purvā būtiskas purva platības daļas aizņem purvainu mežu tipu biotopi, bet kūdras paraugu ievākšanas vietas, salīdzinot ar pārējiem pētījuma purviem, šeit raksturojamas kā mežainākas un nosacīti sausāka, priežu augstums pārsniedz 6 m, vainagu saslēgums - 30 %.

Dzelves, Eipura, un Taurenes purvā veikts kūdras urbums līdz purva ieplakas minerālajam pamatslānim un attiecīgi iegūtas 3,5 - 4,0 m garas kūdras urbumu serdes. Teiču purvā, Lielajā Ķemeru tīrelī un Sudas purvā analizēti 1,5 m dziļi kūdras urbumi. Analizētajās kūdras griezumos noteikti 19 kūdras veidi (3.1. tabula), no tām 6 augstā tipa, 3 pārejas un 10 zemā tipa kūdras.

**3.1. tabula**

**Analizētajos kūdras griezumos noteiktie kūdras veidi**

Kūdras veids	Taurenes purvs	Eipura purvs	Dzelves purvs	Sudas purvs	Teiču purvs	Lielais Ķemeru tīrelis
	pilns griezumums			purva virskārta		
	kūdras griezuma dziļums (cm)					
	400	400	350	150	150	150
Augstā tipa priežu sfagnu	x		x		x	x
Augstā tipa <i>Sph. fuscum</i>		x	x	x	x	x
Augstā tipa <i>Sph. magellanicum</i>				x	x	x
Augstā tipa spilvju sfagnu		x	x	x	x	
Augstā tipa priežu-spilvju		x	x			
Augstā tipa priežu		x				
Pārejas tipa sfagnu	x					
Pārejas tipa koku-zāļu	x					
Pārejas tipa koku		x				
Zemā tipa koku	x					
Zemā tipa koku-zāļu	x	x				
Zemā tipa koku-grīšļu	x					
Zemā tipa koku-hipnu	x					
Zemā tipa grīšļu	x					
Zemā tipa grīšļu-hipnu	x	x				
Zemā tipa niedru-grīšļu	x					
Zemā tipa zāļu	x					
Zemā tipa zāļu-hipnu	x					
Zemā tipa hipnu		x				

Kūdras griezumos līdz purva līdz ieplakas pamatnei Taurenes purvā konstatēti 12 kūdras veidi, Eipura purvā – 8, bet Dzelves un purvā – 4 kūdras veidi. Virsējos 150 cm kūdras slāņos Sudas purvā un Lielajā Ķemeru tīrelī noteikti 3, bet Teiču purvā – 4 augstā tipa kūdras veidi. Pārejas un zemā tipa kūdras noteiktas tikai Taurenes un Eipura purvā. Eipura purvā pārejas tipa kūdra noteikta purva griezuma apakšējā daļā, bet Taurenes purvā, tuvu purva virskārtai, jeb 14-35 cm dziļā slānī. Salīdzinot visu pētīto purvu kūdras veidu sastopamību, visizplatītākā ir augstā tipa *Sph. fuscum* kūdra, kas netika konstatēta tikai Taurenes purvā. Taurenes purvā konstatēti 9 citos purvos

nenoteikti kūdras veidi, bet Eipura purvā – 3. Taurenes purva kūdras botāniskais sastāvs no pārējo pētīto purvu kūdras botāniskā sastāva būtiski atšķiras ar lielo zemā tipa un koku kūdras īpatsvaru. No 400 cm gara kūdras serdes griezumā zemā tipa kūdra noteikta 375 cm. Dzelves purva kūdras griezumā konstatētas tikai augstā tipa kūdras.

Taurenes purva kūdras botāniskajā sastāvā konstatētas 18, Eipura purva 16, bet Dzelves purvā 7 augu sugu atliekas (3.2. tabula). Teiču un Sudas purva 150 cm garajās kūdras serdēs noteiktas 6 augu sugu atliekas, bet Lielajā Ķemeru tīrelī – 9. Tikai priedes un *Eriophorum vaginatum* atliekas sastopamas visu analizēto purvu kūdrās. Taurenes purva kūdra pēc botāniskā sastāva vērtējamas kā visatšķirīgākā, jo no pārējo pētīto purvu kūdras tā būtiski atšķiras gan ar tajā noteiktajām lakstaugu, gan kūdras veidojošo sfagnu sugu proporcijām, *Sph. magellanicum* un *Sph. fuscum* trūkumu.

**3.2. tabula**  
**Kūdras nogulumos konstatētās dominējošās augu sugas**

Kūdras veids	Taurenes purvs	Eipura purvs	Dzelves purvs	Sudas purvs	Teiču purvs	Lielais Ķemeru tīrelis
	pilns griezums			purva virskārta		
	kūdras griezumā dziļums (cm)					
	400	400	350	150	150	150
<i>Pinus</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Betula, Alnus</i>	x	x				
<i>Sphagnum fuscum</i>		x	x	x	x	x
<i>Sphagnum magellanicum</i>		x	x	x	x	x
<i>Sphagnum angustifolium</i>	x	x		x	x	x
<i>Sphagnum subsecundum</i>	x					
<i>Sphagnum rubellum</i>			x		x	x
<i>Hipnu sūnas</i>	x	x	x			
<i>Eriophorum (vaginatum)</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Carex lasiocarpa</i>	x	x				
<i>Carex limosa</i>	x	x				
<i>Carex riparia</i>	x	x				
<i>Carex apronpiquata</i>	x					
<i>Carex teretiuscula</i>	x	x				
<i>Scheuchzeria palustris</i>	x					x
<i>Typha latifolia</i>	x					
<i>Oxycoccus</i>				x	x	x
<i>Menyanthes</i>	x	x				
<i>Phragmites</i>	x					
<i>Equisetum</i>	x	x				
<i>Scirpus</i>	x					
<i>Nymphaeaceae</i>	x					

Analizēto purvu kūdras slāņu botāniskā analīze norāda uz līdzīgām kūdru veidojošām augu sabiedrībām gan purvos no atšķirīgiem ģeogrāfiskiem rajoniem (Taurenes un Eipura purvi), gan arī dažādos vēsturiskajos laikos viena purva griezumā. Kūdras dziļākos slāņos noteiktā augu sastāva neatbilstība kūdras augšējiem slāņiem, skaidrāk novērojama Dzelves, Taurenes un Eipura purvos un ir saistīta gan ar purvu autogēnās attīstības gaitu, gan konkrētā laika posma purva tipu, purviem pakāpeniski attīstoties par augstā tipa purvu formācijām.

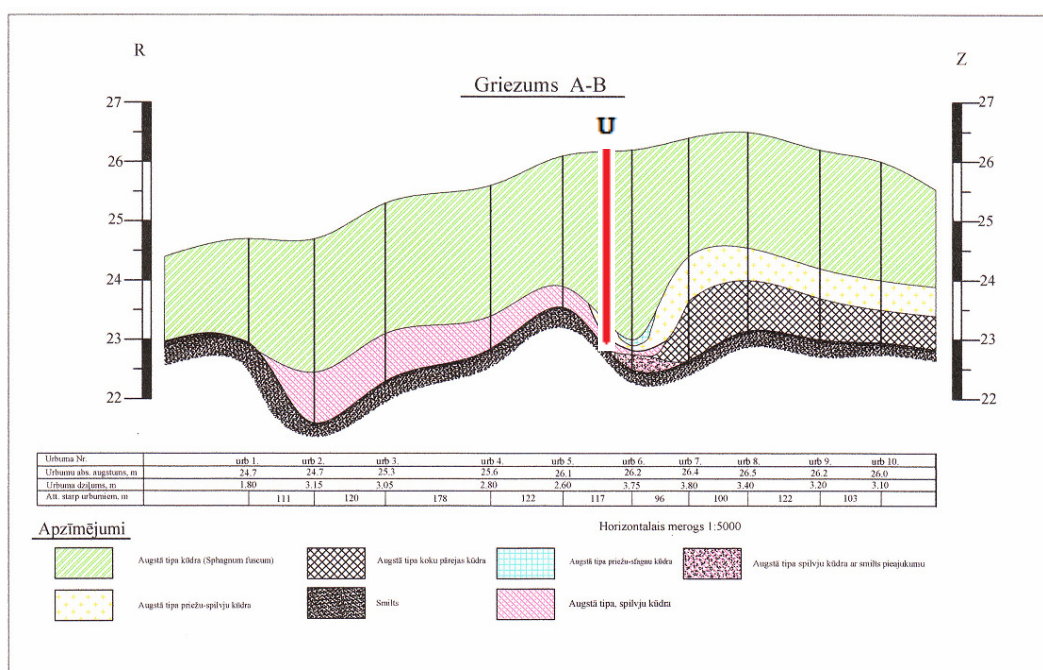
**Dzelves purvs** ir augstā (sūnu) tipa purvs ar lāmu un ezeriņu kompleksu tā centrālajā un ZA daļā. Purva ziemeļrietumu daļa ir susināta un sagatavota kūdras ieguvei, bet susināšanai veidotie grāvji daļu purva ūdeņu noved uz Pēterupīti. Kūdras iegulu apsekojuma un inventarizācijas rezultātā (Kūdras fonds 1980) noteikts, ka kūdras slāņa maksimālais biezums ir 6 m, vidējais biezums – 2,4 m, kūdras vidējais pH ir 4,0. Augstā tipa kūdra sastopama 1181 ha, pārejas tipa 26 ha, bet zemā tipa kūdra 108 ha lielā platībā. 2001.-2003. gados Emerald/Natura 2000 projekta ietvaros Dzelves–Kroņa purvā ir veikta sugu un biotopu inventarizācija (Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra dati).

Purva centrālās, klajākās daļas apaugums ar kokiem neliels, šeit sastopamas galvenokārt skrajas 3-4 m augstas priedes, reti jauni bērzi. Kokaudzes biežība un augstums pieaug lāmu apmalēs un purva salās, kur izplatītas *Ledum palustre* audzes. Sfagnu segu pamatā veido *Sph. fuscum* un *Sph. magellanicum* ar citu sfagnu sugu (*Sph. tenellum*, *Sph. rubellum*) piejaukumu. *Calluna vulgaris* īpatsvars stāvā vidēji sastāda 50-60 %, *Eriophorum vaginatum* bieži sastopama visā apsekotajā teritorijā. Seklās ieplakās, lāmu malās sastopamas *Rhynchospora alba*, *Scheucheria palustris*, *Drosera longifolia*, *Carex lasiocarpa*. Purvā konstatētā Latvijā īpaši aizsargājamā augu suga *Trichophorum caespitosum* bagātīgas audzes veido susināšanas pasākumu ietekmētajās platībās Dzelves purva Z, Z-R malā, kur ievērojami palielinājies viršu (līdz pat 90%) un attiecīgi samazinājies sfagnu īpatsvars. Kūdras ieguves lauku izveides izraisītā hidroloģiskā režīma maiņa ietekmē lielu pārējā purva daļas biotopu dabisko attīstību, grāvju tuvumā izraisot viršu un bērzu audžu veidošanos.

Veiktie nogulumu urbumi parāda, ka Dzelves purva ieplakas pamatni veido smilts nogulumi (3.1. attēls). Kūdras šķērsriezuma apakšējos slāņos 350 – 370 cm dziļumā konstatētā smilts un ar organisko materiālu sajaukti smilts nogulumi, kā arī iegūtie radiolokācijas zondēšanas rezultāti liecina, ka Dzelves purvs veidojies plašā, līdzenā ieplakā uz glaciolimniskas Baltijas ledus ezera smilts. Radiooglekļa izotopa

<sup>14</sup>C datējumi rāda, ka pārpurvošanās sākusies apmēram pirms 5117±60 gadiem, jeb atlantiskajā periodā, pārmitros apstākļos vispirms uzkrājoties augstā tipa spilvju un priežu-silvju kūdras slāņiem 20 cm biezumā ar augstu sadalīšanās pakāpi 60-30%. Atzīmējams, ka jau šo kūdru veidošanā piedalās arī *Sph. fuscum* un *Sph. magellanicum*.

Tomēr, purva zondējumos dažās vietās konstatētais sapropelis norāda uz purva pamatnes neviendabību un atšķirīgiem teritorijas pārpurvošanās un kūdras uzkrāšanās iemesliem. Teritorijas pārpurvošanās sākuma posmos, pirms 4500 gadiem, kūdra urbuma vietā kūdra uzkrājusies ar ātrumu apmēram 0,8 mm/gadā.

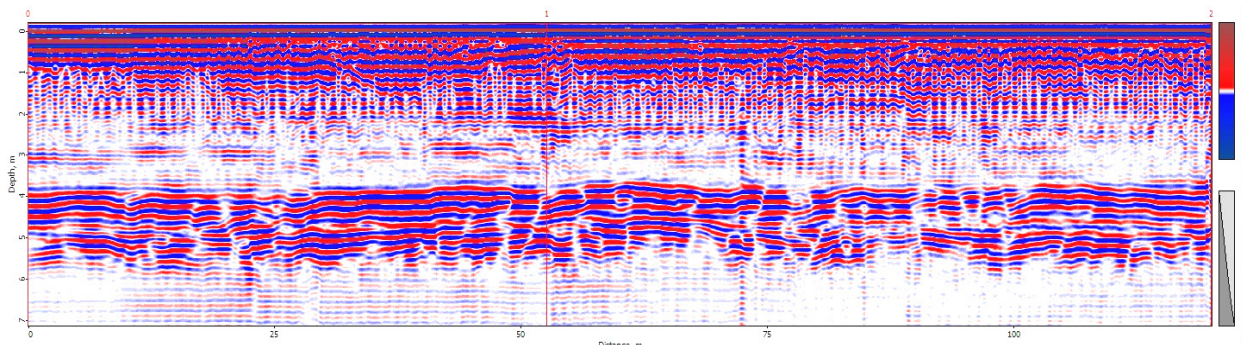


### 3.1. attēls. Dzelves purva šķērsgriezums, u – urbuma vieta (sastādījuši L. Kalniņa un J. Kilups)

Analizējot augu atliekas, redzams, ka apmēram pirms 4000 gadu, dažu simtu gadu laikā teritorijā pieaudzis apaugums ar priedi, bet kūdras uzkrāšanās intensitāte šajā laikā palēninājusies (1., 2. pielikums). Turpmākajos gados kūdra uzkrājusies vidēji 2,2 mm gadā un līdz pat mūsdienām nodrošinājusi salīdzinoši strauju augstā purvu attīstību. Tomēr pēdējos 1000-1200 gadus vērojama kūdras uzkrāšanās intensitātes samazināšanās līdz 0,6-0,8 mm gadā. Par to, ka kūdras uzkrāšanās un purva veidošanās urbuma apvidū apsekotajā segmentā noritējusi strauji un salīdzinoši vienmērīgi, liecina arī kūdras nogulumu slāņu raksturošanai izmantotā radiolokācija,

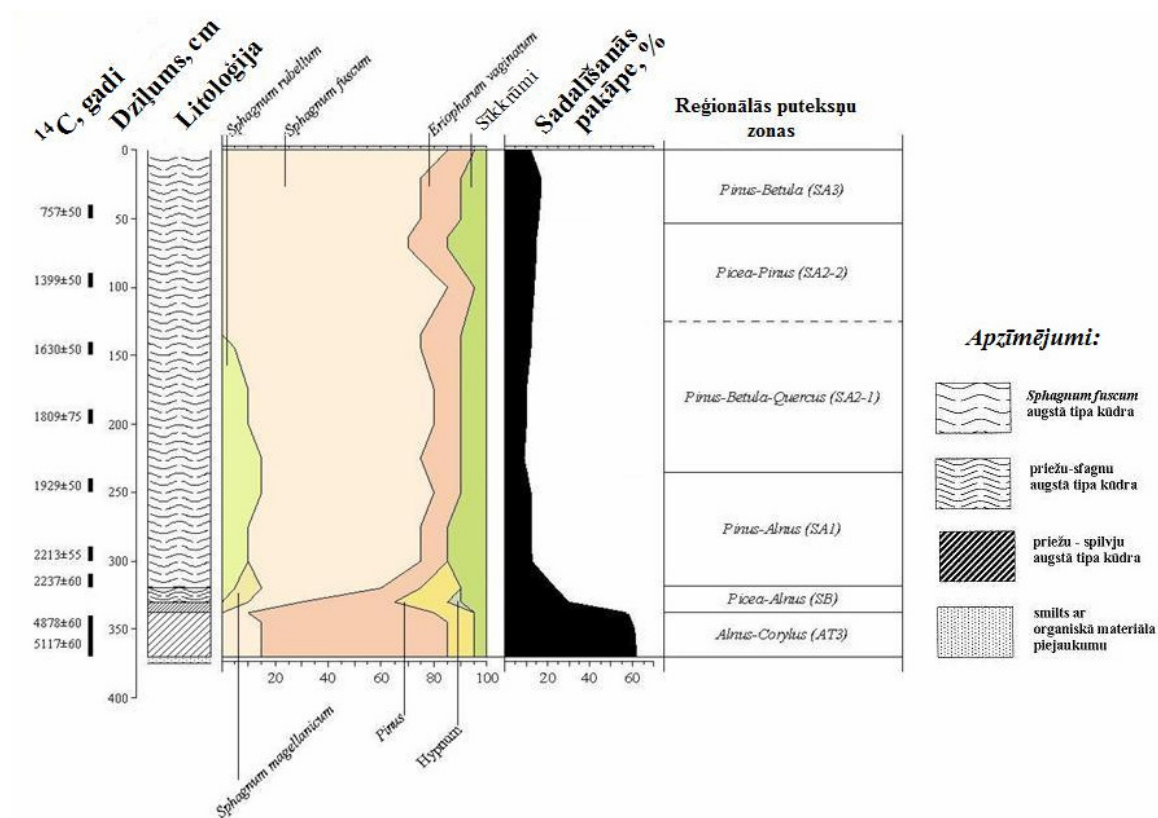


uzrādot vienmērīgu signāla intensitātes samazināšanos līdz minerālās grunts pamatnei (3.2. attēls).



**3.2. attēls. Kūdras nogulumu attēlojums izmantojot radiolokāciju Dzelves purvā, ar sarkano līniju apzīmēta ģeoloģiskā urbuma vieta (sastādījis G. Sičovs)**

Pētījumā analizētajā Dzelves purva kūdras griezumā konstatēti 4 augstā tipa kūdru veidi (3.3. attēls). Homogēna, gaiši brūna, mazaizsadalījusies (10-14 %) augstā tipa *Sph. fuscum* kūdra noteikta līdz pat 328 cm dziļumam. Dziļāk tā uzguļ dažus cm bieziem vidēji (25-30%) vai labi sadalījušās (35-55%) priežu-sfagnu, priežu-spilvju un spilvju-sfagnu kūdras slāņiem.



**3.3. attēls. Dzelves purva nogulumu un kūdras botāniskais sastāvs**

Augstākā sadalīšanās pakāpe 55-60 % noteikta priežu-spilvju kūdrai 340-350 cm dziļumā (3.3. attēls). Šie rezultāti ir salīdzināmi ar P.Nomaļa (Nomals 1943) un Kūdras fonda datiem (LPSR Kūdras fonds, 1980), kas Dzelves purva kūdras iegulas raksturo kā maz sadalījušos kūdru līdz 2 m dziļumam, dziļāk – kā vidēji un labi sadalījušos, ar nogulumos noteikto pelnu saturu 1,4 – 4,1 % augstā tipa kūdrā un 8,2 % zemā tipa kūdrā. P. Nomaļa vadītajos Dzelves purva pētījumos, kamēr purvs vēl nav bijis susināts, ūdens piesātinājums kūdrā dažādos slāņos mainījies no 89,75 % līdz 95,5 %.

Liels sfagnu sūnu īpatsvars rada kūdru ar izteikti zemu minerālvielu daudzumu sausnē – 0,46-1,56 % augstā tipa kūdrās (3.5.tabula), kas ir zemākās noteiktās vērtības starp visiem pētījumā analizētajiem slāņiem. Dzelves purva ietvaros proporcionāli augstais pelnu saturs 6,68 % 345-350 cm dziļos slāņos liecina par kopumā nelielu sūnu īpatsvaru augstā tipa spilvju kūdru veidojošajā veģetācijā, un botāniskā sastāva analīze apliecina augstāku *Eriophorum vaginatum* atlieku (70 %) sastopamību šajā nogulumu daļā.

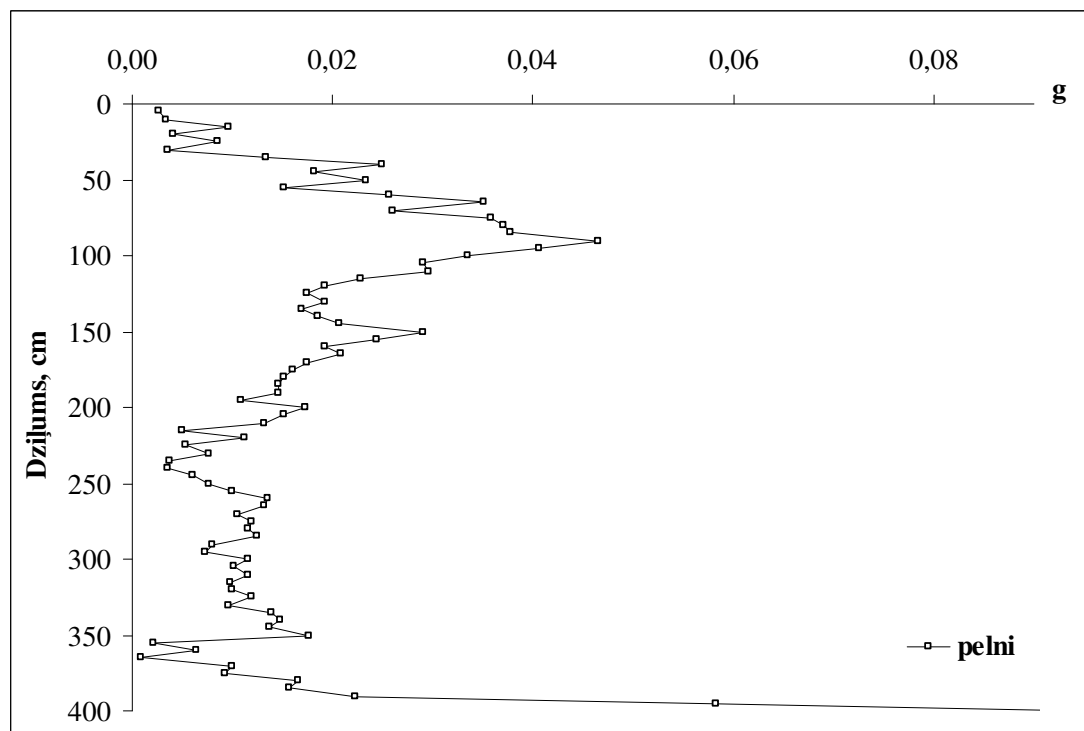
Apsekojuma vietā, augstā tipa *Sph. fuscum* kūdra Dzelves purvā veido salīdzinoši viendabīgu, mazsadalījušos (10-17%) 320 cm biezu kūdras slāni (3.2., 3.3., 3.4. attēls). Pētītajā kūdras kolonnā, Dzelves purva kūdras nogulumu botānisko sastāvu raksturo *Sph. fuscum*, *Sph. magellanicum*, *Sph. rubellum*, *Pinus*, *Eriophorum vaginatum*, *Hypnum* un sīkrūmi (3.3. attēls). Priežu atliekas konstatētas 135-175 cm dziļumā un slāņos, kas dziļāki par 320 cm, hipnu sūnas konstatētas tikai 330-338 cm slānī. Kā jau minēts, *Sph. fuscum* un *Sph. magellanicum* konstatētas jau pašos apakšējos slāņos, kas sajaukušies ar smilts materiālu. *Sph. magellanicum* konstatēts gan tikai apakšējos 30 cm, savukārt 144-330 cm dziļos slāņos, kas vecāki par 1500 gadiem, kūdras botāniskajā sastāvā parādās 10-15 % *Sph. rubellum*.

Līdzīgi, kā tas tiek atzīmēts literatūrā (Clymo and Reddaway, 1974), *Sphagnum* tipa kūdru slāņi ar *Sph. rubellum* atšķiras ar nedaudz zemāku sadalīšanās pakāpi (9-13 %) no citiem tā paša kūdras tipa slāņiem bez *Sph. rubellum*, kuros sadalīšanās pakāpe sasniedz 15-17 %.

## 3.2. Kūdras sastāvs un tā mainības izpēte

### 3.2.1. Kūdras elementsastāva analīze

Kūdras sastāva pamatmasu veido organisko vielu veidojošie ķīmiskie elementi – C, H, N, S, O un minerālvielas. Savukārt kūdras sadalīšanās pakāpe, kuru ietekmē kūdru veidojošās augu sugas, ir mainīga un pētītajos purvos svārstās no 5 līdz 55% pat viena purva šķērsgrīzumā (3.3., 3.6. attēls). Augstā tipa sfagnu sūnu kūdrām sadalīšanās pakāpe visos purvos ir zema un variē no 5 līdz 10%, turklāt augsta sadalīšanās pakāpe (līdz 55%) raksturīga koku grupas kūdrai. Maz sadalījušajās oligotrofo purvu (Teiču purva, Lielā Ķemeru tīreļa, Dzelves purva) sfagnu kūdrās noteiktais pelnu saturs ir 2,1–5,2%, kas atbilst vidējam pelnu saturam šādos substrātos, kamēr pārejas un eitrofos purvos pelnu saturs sasniedz 10,9 % (Yudina and Saveleva, 2008). Detalizēta pelnu satura izpēte veikta Taurenas purvā (3.15. attēls).



3.15. attēls. Pelnu saturs Taurenas purva kūdras kolonnā

Purva augšējā daļā pelnu saturs ir relatīvi zems. No 150 cm dziļuma Taurenas purva zemā kūdras tipa slāņos ar *Carex lasiocarpa* un *Hypnum* sūnām vērojamas nosacīti izlīdzinātākas pelnu satura vērtības. Virsējie augstā tipa un pārejas tipa kūdras slāņi līdz 25 cm un hipnu kūdra 350–365 cm dziļumā ir ar 3 reizes mazāku pelnu saturu nekā 45–110 cm dziļumā esošie koku un koku–zāļu kūdras slāņi.

Pelnainības analīze kūdras slāņos parāda likumsakarīgu minerālvielu daudzuma pieaugumu apakšējos kūdras noguluma slāņos, kas ir nabadzīgāki ar sfagnu sūnām un pakļauti gruntsūdeņu ietekmei (3.5, 3.6. tabula) (ja kūdras šķērsgriezums tiek analizēts līdz purva pamatnei). Pelnu saturs kūdras slānī vienlaikus parāda gan kūdras uzkrāšanās ātrumu, gan putekļu jeb piesārņojuma pieplūdes gaitu (Malawaska et al., 2006). Tādējādi pelnu saturs pieaugums Tauresnes purva 50–100 cm dziļos slāņos skaidrojams ar ienesi no blakus teritorijām un vienlaikus ar atšķirībām kūdras botāniskajā sastāvā, jo šo slāņu veidošanā lielāka nozīme bijusi priedēm un grīšļiem, un izveidojusies zemā tipa koku kūdra (3.9. attēls). Tomēr ne visos gadījumos konstatējamas tiešas kopsakarības starp kūdras botānisko sastāvu un pelnu saturu kūdrā (3.7., 3.8, 3.9. tabula).

Salīdzinot slāņus, Eipura purvā pelnu saturam lielāka vērtība ir noteikta augšējā 5 cm kūdras slāņa paraugā (3,61%) un nogulumu apakšējā daļā, parādoties koku kūdrai, kurā pelnu saturs pieaug no 3,27% 290 cm dziļumā līdz 6,01% 400 cm dziļos slāņos. Kūdras urbuma serdes vidusdaļā 70–215 cm dziļumā pelnainības vērtības ir līdzīgākas un svārstās no 1,1 līdz 1,97%, zemākās vērtības 140–215 cm dziļumā – no 1,18 līdz 1,11%. Pētījumos par pelnu saturu kūdras slāņos noteiktas vispārīgas likumsakarības, kas liecina, ka pelnu saturs pieaug, palielinoties slāņu dziļumam, no vērtībām, kas raksturīgas sfagnu kūdru virsējiem slāņiem (> 3%), līdz tādām, kas tipiskas dziļākos slāņos – parasti zāļainākām un minerogēnākām kūdrām (> 5%) (Steinmann and Shotyk, 1997). Vairumā Šveices augsto purvu paraugu pelnu saturs ir 1–2,5% (Steinman and Shotyk, 1997), kas vēlreiz apliecina nokrišņu daudzuma un sastāva ietekmi uz kūdras raksturojošiem parametriem.

**3.5. tabula**  
**Pelnu saturs un sadalīšanās pakāpe Dzelves purva kūdras slāņos**

<b>Dziļums (cm)</b>	<b>Kūdras tips</b>	<b>Pelnainība (%)</b>	<b>Sadalīšanās pakāpe (%)</b>
0–5	augstā tipa <i>Sph. fuscum</i>	1,56	12
100–105	augstā tipa <i>Sph. fuscum</i>	0,56	16
200–205	augstā tipa <i>Sph. fuscum</i>	0,46	10
300–305	augstā tipa <i>Sph. fuscum</i>	1,17	13
345–350	augstā tipa spilvju	6,68	> 60

**3.6. tabula**  
**Pelnu saturs un sadalīšanās pakāpe Eipura purva kūdras slāņos**

<b>Dziļums (cm)</b>	<b>Kūdras tips</b>	<b>Pelnainība (%)</b>	<b>Sadalīšanās pakāpe (%)</b>
0–5	augstā tipa <i>Sph. fuscum</i>	3,61	< 10%
70–75	augstā tipa <i>Sph. fuscum</i>	1,80	10%
80–85	augstā tipa <i>Sph. fuscum</i>	1,97	12%
140–145	augstā tipa spilvju-sfagnu	1,18	32%
210–215	augstā tipa spilvju-sfagnu	1,11	29%
290–295	augstā tipa priežu-spilvju	3,27	39%
340–345	pārejas tipa koku kūdra	4,89	58%
395–400	zemā tipa koku-zāļu	6,01	56%

**3.7. tabula**  
**Pelnu saturs un sadalīšanās pakāpe Teiču purva kūdras slāņos**

<b>Dziļums (cm)</b>	<b>Kūdras tips</b>	<b>Pelnainība (%)</b>	<b>Sadalīšanās pakāpe (%)</b>
5–10	augstā tipa <i>Sph. fuscum</i>	1,74	22
10–15	augstā tipa spilvju-sfagnu	1,33	30
25–30	augstā tipa priežu-sfagnu	2,53	26
45–50	augstā tipa <i>Sph. magellanicum</i>	0,7	14
75–80	augstā tipa <i>Sph. fuscum</i>	0,27	16
95–100	augstā tipa <i>Sph. fuscum</i>	0,28	12
125–130	augstā tipa spilvju-sfagnu	0,31	25
140–145	augstā tipa spilvju-sfagnu	0,23	25

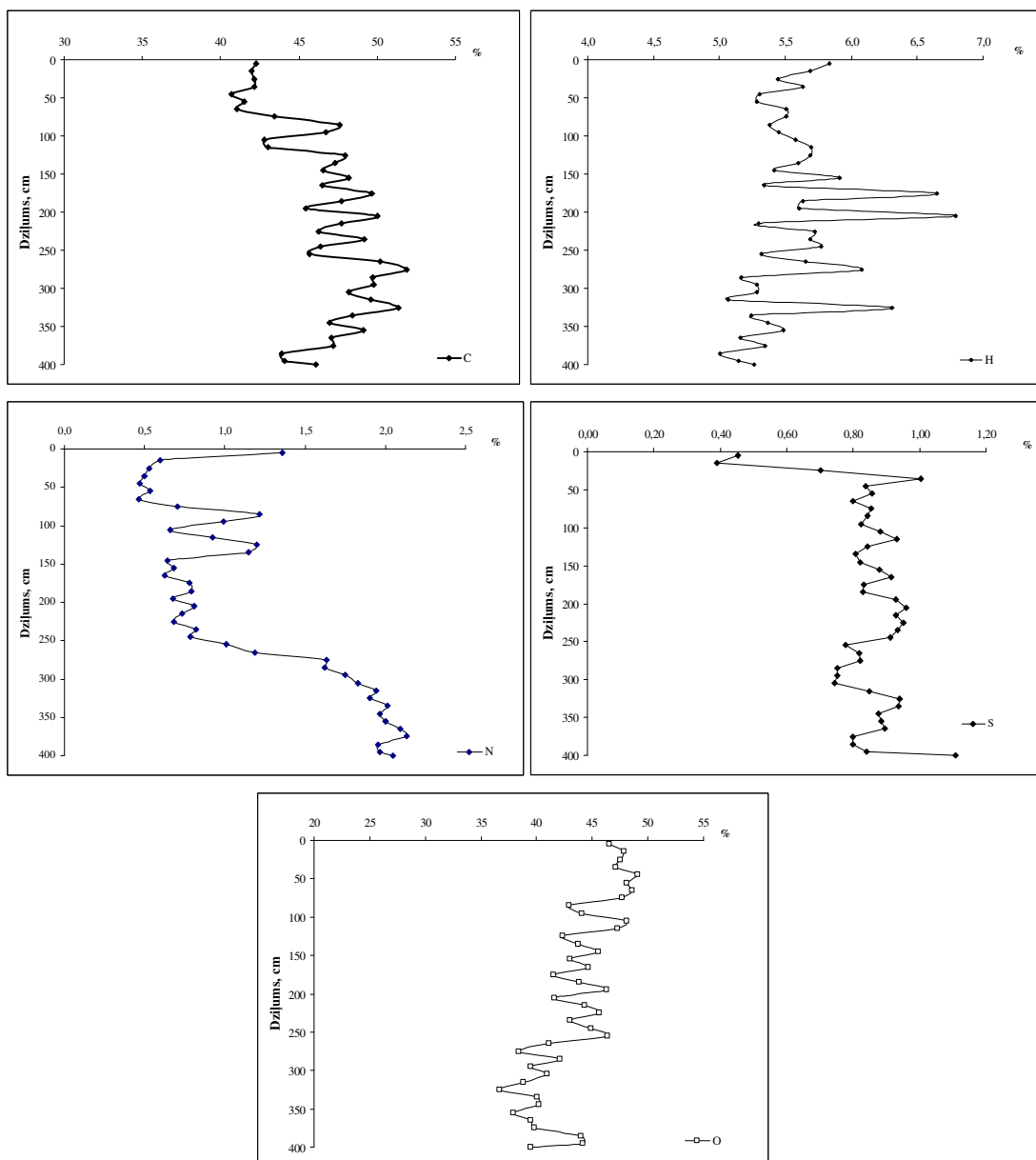
**3.8. tabula**  
**Pelnu saturs un sadalīšanās pakāpe Sudas purva kūdras slāņos**

<b>Dziļums (cm)</b>	<b>Kūdras tips</b>	<b>Pelnainība (%)</b>	<b>Sadalīšanās pakāpe (%)</b>
5–10	augstā tipa <i>Sph. magellanicum</i>	2,07	12
25–30	augstā tipa spilvju-sfagnu	2,37	25
45–50	augstā tipa spilvju-sfagnu	0,47	28
75–80	augstā tipa <i>Sph. fuscum</i>	0,26	14
95–100	augstā tipa <i>Sph. fuscum</i>	0,28	14
125–130	augstā tipa <i>Sph. fuscum</i>	0,21	14
140–145	augstā tipa <i>Sph. fuscum</i>	0,18	11

**3.9. tabula**  
**Pelnu saturs un sadalīšanās pakāpe Ķemeru purva kūdras slāņos**

<b>Dziļums (cm)</b>	<b>Kūdras tips</b>	<b>Pelnainība (%)</b>	<b>Sadalīšanās pakāpe (%)</b>
5–10	augstā tipa <i>Sph. magellanicum</i>	1,51	15
25–30	augstā tipa <i>Sph. magellanicum</i>	0,23	14
45–50	augstā tipa priežu-sfagnu	0,49	23

Kūdras pamatmasa sastāv no dzīvo organisko vielu veidojošiem elementiem— C, H, N, S, O, kuru saturs padziļināti tika izpētīts Dzelves un Eipura purva kūdrā. Eipura purva kūdras elementsastāvs (3.16. attēls) mainās visai plašās robežās: C – no 40 līdz 52%, H – 5–6,8%, N – 0,4–2,8%. Kūdru ar zemāku sadalīšanās pakāpi raksturo zemāks oglekļa saturs tās sastāvā (40–47%), un tieši šāds sastāvs raksturīgs lielākajai daļai Dzelves purva kūdras profilam (3.10. tabula), bet, palielinoties sadalīšanās pakāpei, oglekļa saturs kūdrā pieaug. Galvenā kūdras masu veidojošā elementa – oglekļa – satura mainībai visai maz līdzības ar kūdras sadalīšanās pakāpes un to veidojošo augu botāniskā sastāva mainības raksturu pētītajos purvos.



**3.16. attēls. Eipura purva kūdras elementsastāvs**

Slāpekļa satura mainība ļauj precīzāk izsekot kūdras sastāva mainības raksturam, jo slāpekļa paaugstināti daudzumi kūdras sastāvā raksturīgi pašiem augšējiem kūdras slāņiem, un to avots, visticamāk, ir slāpekli saturoši savienojumi (aminoskābes, olbaltumvielas, DNS un tās fragmenti, slāpekli saturoši heterocikliskie savienojumi un citi) kūdru veidojošos augos, bet, tiem sadaloties, notiek slāpekļa atbrīvošanās un vai nu pārveidošanās gāzveida savienojumos ( $N_2$ ,  $N_2O$ ), vai arī ūdenī šķīstošos savienojumos un pārnese kūdras profila robežās. Paaugstinātas slāpekļa koncentrācijas konstatētas kūdras profila apakšējā zonā gan Dzelves, gan Eipura purvā, un to avots var būt vai nu purva evolūcijas sākotnējā fāzē dominējošo augstāko augu paaugstinātais slāpekļa saturs, vai arī slāpekļa savienojumu ieskalošāns un sorbcija ar gruntsūdeņiem, respektīvi, faktors, kas nosaka paaugstinātas metālisko un

nemetālisko elementu koncentrācijas kūdras profilā (sk. 3.3. nodaļu). Slāpekļa koncentrācijas paaugstinātas vērtības kūdras slāņos Eipura purvā 75–150 cm un 210–380 cm dziļumā saistāmas ar priežu-spilvju, priežu augstā tipa un koku pārejas tipa kūdras sastāva specifiku, bet purva apakšējos slāņos ar koku-zāļu tipa kūdras klātbūtni.

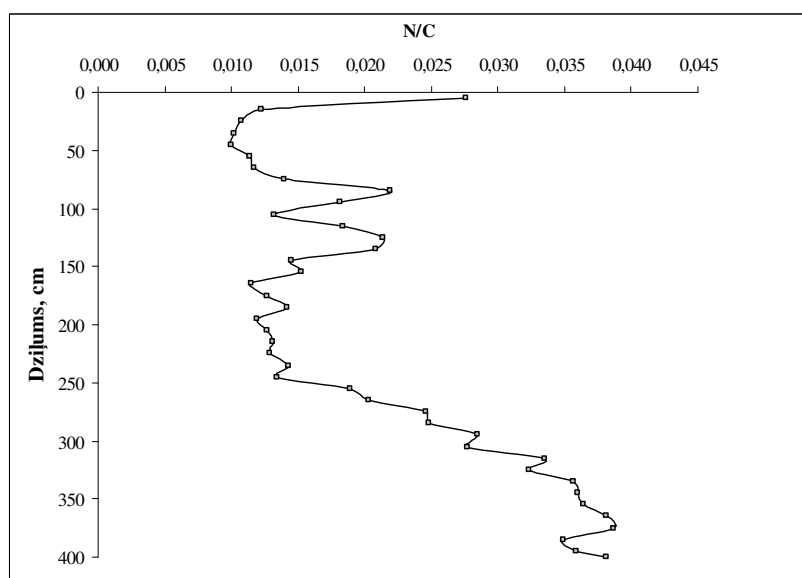
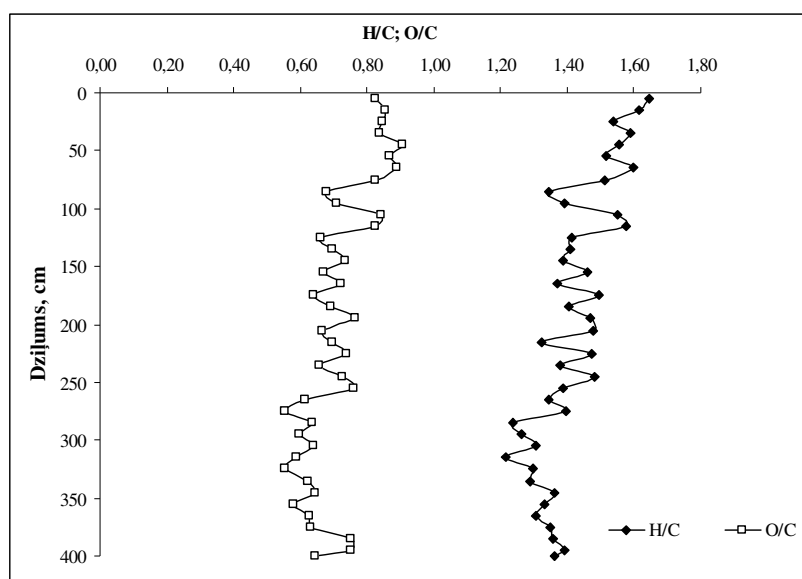
**3.10. tabula**  
**Kūdras sadalīšanās pakāpe un tās elementsastāvs**  
**Dzelves purva kūdras profilā**

<b>Dziļums (cm)</b>	<b>Sadalīšanās pakāpe (%)</b>	<b>C (%)</b>	<b>H (%)</b>	<b>N (%)</b>	<b>S (%)</b>
5	12	44,77	5,91	0,73	0,89
105	14	45,68	5,78	0,53	0,88
160	12	46,05	5,81	0,55	0,88
205	10	45,53	5,60	0,47	0,81
240	9	44,84	5,47	0,45	0,88
305	13	47,42	5,75	0,76	0,87
320	12	45,73	5,55	0,62	1,22
325	24	44,73	5,44	0,60	0,64
335	30	52,10	5,20	1,51	0,73
340	38	52,70	5,20	1,70	0,77
350	> 60	55,53	6,20	1,23	1.19

Sēra koncentrācijas ir relatīvi samazinātas kūdras augšējos slāņos, bet pieaug un saglabājas relatīvi maz mainīgas kūdras profila tilpumā. Ūdeņraža un skābekļa koncentrāciju mainība kūdras profilā visai nosacīti saistāma ar kūdras sastāva pārmaiņām, ko nosaka šo parametru relatīvi necīgā variabilitāte kūdras profila robežās. Iespējamais cēlonis šo faktoru mainības ierobežotajai atkarībai no kūdras sastāva mainības ir tas, ka šie elementi ietilpst daudzu strukturāli atšķirīgu savienojumu sastāvā un to mainību ietekmē šo savienojumu savstarpējās pārvēršanās procesi kūdras sastāva veidošanās gaitā.

Elementsastāva analīzē Eipura purvā novērojamas sakarības starp N, O, C koncentrācijām un kūdras sadalīšanās pakāpi. N/C attiecība skaidri parāda 3 zonas: augšējo 0–10 cm, 80–150 cm zonu un zonu, kas dziļāka par 240 cm (3.17. attēls).



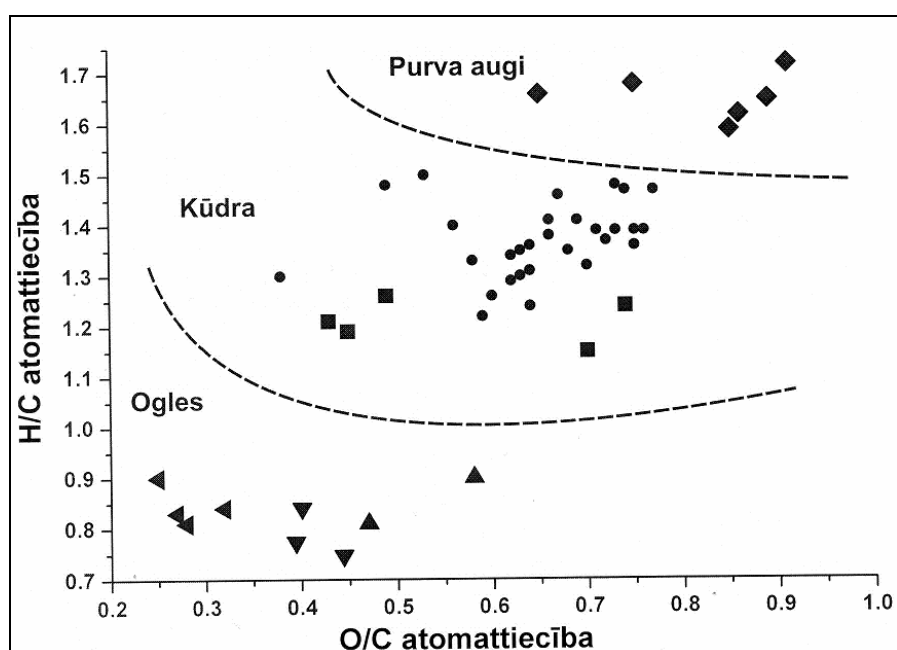


**3.17. attēls. Kūdras veidojošo elementu attiecību mainības raksturs Eipura purva kūdrā**

Līdz ar to var atzīt, ka N/C attiecība izmantojama kūdras sadalīšanās pakāpes izvērtēšanai. H/C un O/C attiecības samazinās, palielinoties organiskās vielas sadalīšanās pakāpei, tomēr šo attiecību mainības raksturs liecina par kūdras relatīvi homogēno sastāvu. N/C attiecības mainības izvērtējums ir nozīmīgs, lai izvērtētu kūdras praktiskās izmantošanas iespējas, īpaši lauksaimniecībā, bet O/C mainība norāda uz kūdras sadalīšanās pakāpes izmaiņām, iespējams, pateicoties kūdras veidojošas organiskās vielas degradācijai, jo O/C attiecības parāda ogļhidrātu

struktūru un karboksilgrupu un hidroksilgrupu satura samazināšanos dziļumā, slāņos ar augstu kūdras sadalīšanās pakāpi.

N/C attiecības ir svarīgs raksturlielums, kas izsaka kūdras organiskās vielas kā barības vielu avota kvalitāti. N/C attiecība akrotelmā dziļumā samazinās un parāda C zudumu šajos slāņos (Malmer et al., 1992). Ja N/C attiecība ir liela, tā liecina par abu šo elementu nesabalansētību un organismiem rodas N deficīts, kas ierobežo organismu attīstību. Kūdras sastāvu veidojošo elementu attiecību mainības analīzei izmantojams Van Krevelena grafiks (3.18. attēls), kuru plaši lieto organiska sastāva nogulumiežu bioģeoķīmisko pārvērtības procesu izpētei (Krevelen, 1950; Krevelen, 1984).



**3.18. attēls. Van Krevelena grafiks (H/C pret O/C atomattiecības) kūdras augiem (◆) pētīto purvu kūdrai (●), IHSS references kūdras paraugiem un kūdrai no augstajiem purviem (■), brūnoglēm (▲), akmeņoglēm (◄), lignītam (▼) (sastādīts, izmantojot Krevelen, 1984)**

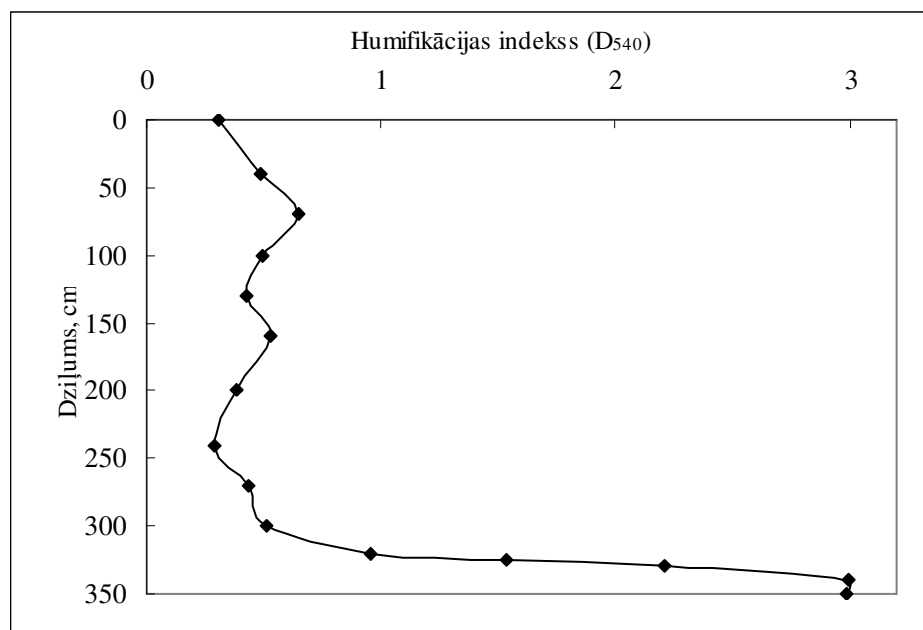
H/C pret O/C atomattiecību maiņa parāda vielu sastāva izmaiņas, kas saistītas ar organiskās vielas sadalīšanos, un veidoto savienojumu ķīmiskā sastāva pārmaiņu tendences un līdz ar to ļauj raksturot pārmaiņas, kuras rodas kūdras veidošanās gaitā, vispirms notiekot skābekļa satura samazināšanās un oglekļa satura relatīvā pieauguma procesam, dzīvajai organiskajai vielai sadaloties. Purva augus, kas veido kūdras, raksturo relatīvi augsta O/C ( $> 0,7$ ) un H/C atomattiecības ( $> 1,5$ ), ko nosaka augsts skābekli saturošu struktūru saturs to sastāvā (ogļhidrāti, lignīns, kā arī aminoskābes,

lipīdi un citas savienojumu grupas, kas veido dzīvos organismus) (Орлов, 1990). No otras puses, organiskajai vielai sadaloties, notiek labilāko struktūru (ogļhidrāti, lipīdi, aminoskābes, nukleīnskābes) degradācija un tālāki transformācijas procesi, kuri noslēdzas ar akmeņogļu veidošanās procesiem, rodoties kondensētām, poliaromātiskām struktūrām, kādas raksturīgas oglēm (Visser, 1983). Kā redzams 3.18. attēlā, pētījumā analizētās kūdras atrodas oglekļa savienojumu bioģeoķīmisko pārvērtību procesu sākumstadijā, respektīvi, H/C attiecības ir robežās no 1,2 līdz 1,6, bet O/C atomattiecības mainās no 0,4 līdz 0,9. No šāda viedokļa vērtējot, kā kūdras nogulumu pilnā profilā mainās elementi, kas veido kūdras sastāvu (3.17. attēls, 3.10. tabula), redzams, ka H/C un O/C attiecības ir paaugstinātas kūdras nogulumu augšējos 50 cm, bet pēc tam sāk visai izteikti samazināties Eipura purvā, bet Dzelves purvā tās mainās visai maz (kas atbilst kūdras sastāva mainības raksturam) līdz pat 335 cm dziļumam, kad sāk dominēt augstas sadalīšanās pakāpes kūdra.

### **3.2.2. Spektroskopisko analīžu metožu izmantošana kūdras īpašību raksturošanā**

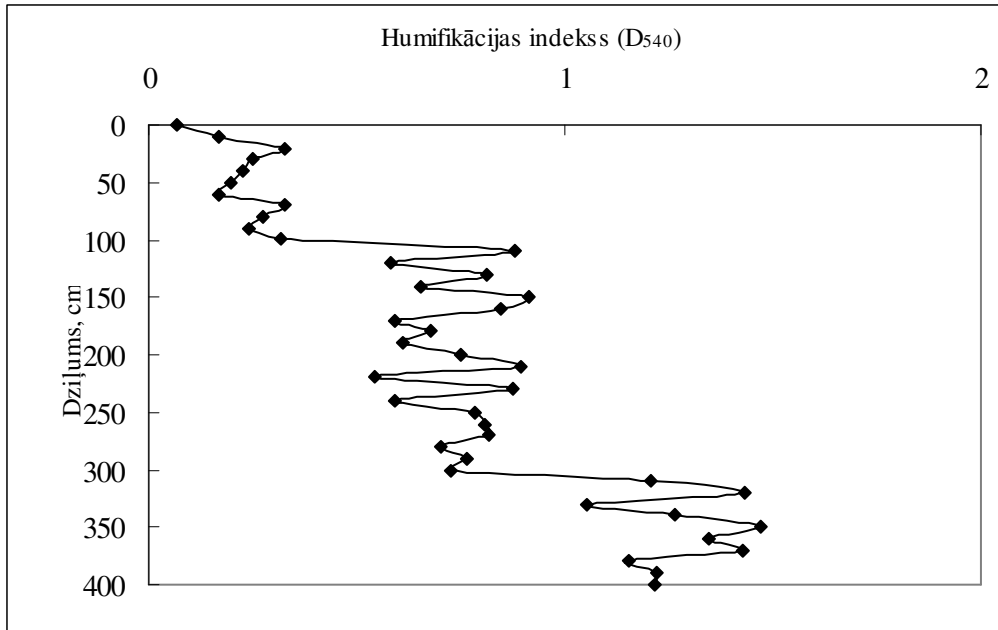
Kūdras elementsastāva mainība ir cieši saistīta ar tā organiskās vielas humifikāciju. Humifikācija ir nozīmīgākais kūdras veidošanās bioģeoķīmisko pārvērtību process (Francioso et al., 2003). Priekšstatam par humifikācijas un dzīvās organiskās vielas pārvērtību procesiem ir būtiska oglekļa bioģeoķīmiskās aprites izpratnei (Hargitai, 1994). Oglekļa bioģeoķīmiskās aprites ciklā notiekošo procesu izpētei svarīgi zināt nozīmīgākos dzīvās organiskās vielas pārvērtību procesus – izejas organisko vielu sadalīšanās reakcijas; noturīgu organisko vielu veidošanās procesus – humifikāciju, vienlaikus saistot to ar kūdras sastāva un tā veidošanās gaitu. Promocijas darbā pētītas kūdras īpašības tās kolonnā atšķirīgas uzbūves augstā tipa purvos atkarībā no humifikācijas procesu rakstura, kā arī pētīti rādītāji, kas izmantojami humifikācijas procesa raksturošanai.

Tā kā humifikācija izprotama kā humusvielu veidošanās, sadaloties dzīvajai organiskajai vielai, tad humifikācijas pakāpes noteikšanai ieteikts lietot kopējās organiskās vielas kūdrā un humifikācijas gaitā veidoto humusvielu attiecību, kūdras sārmaina ekstrakta sorbcijas vērtību pie 540 nm, humīnskābju un fulvoskābju attiecības, kā arī veidoto humusvielu fluorescentās īpašības (Borgmark, 2005).

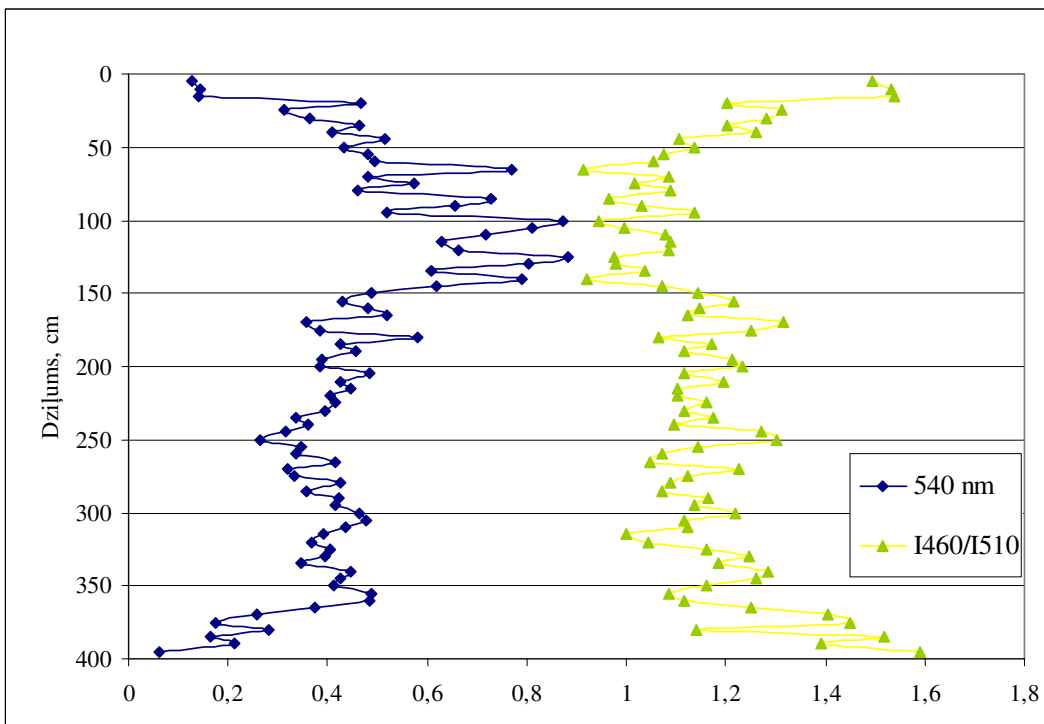


**3.19. attēls. Humifikācijas indeksa (sorbcijas pie 540 nm) mainība Dzelves purva kūdras profilā**

Visai plaši kūdras humifikācijas novērtēšanai tiek izmantota tās ekstrakta sārmainā vidē (faktiski noteiktos apstākļos izdalīto humusvielu koncentrācija) sorbcija pie 540 nm (Caseldine et al., 2000; Borgmark 2005) – humifikācijas indekss. Šī humifikācijas indeksa mainības raksturs pētītajos purvos attēlots 3.29.–3.21. attēlā. Dzelves purvā humifikācijas indeksa vērtības ir relatīvi zemas un maz mainās apmēram līdz 3 m dziļumam, kur tās ievērojami pieaug un līdz ar to acīmredzami korelē ar šī purva uzbūvi, respektīvi, tikai pašā purva apakšējā zonā parādās kūdra ar augstu humifikācijas pakāpi. Humifikācijas indeksa mainības raksturs Eipura profilā uzrāda trīs slāņu zonas: 0–1 m, 1–3 m un purva apakšējo zonu. Var pieļaut, ka šāds iedalījums saistāms ar procesiem akrotelmā un relatīvi mazzsadalījušās kūdras klātbūtni, dominējošo kūdras masu, bet ievērojami sadalījušās kūdras klātbūtni purva dziļākajos slāņos.

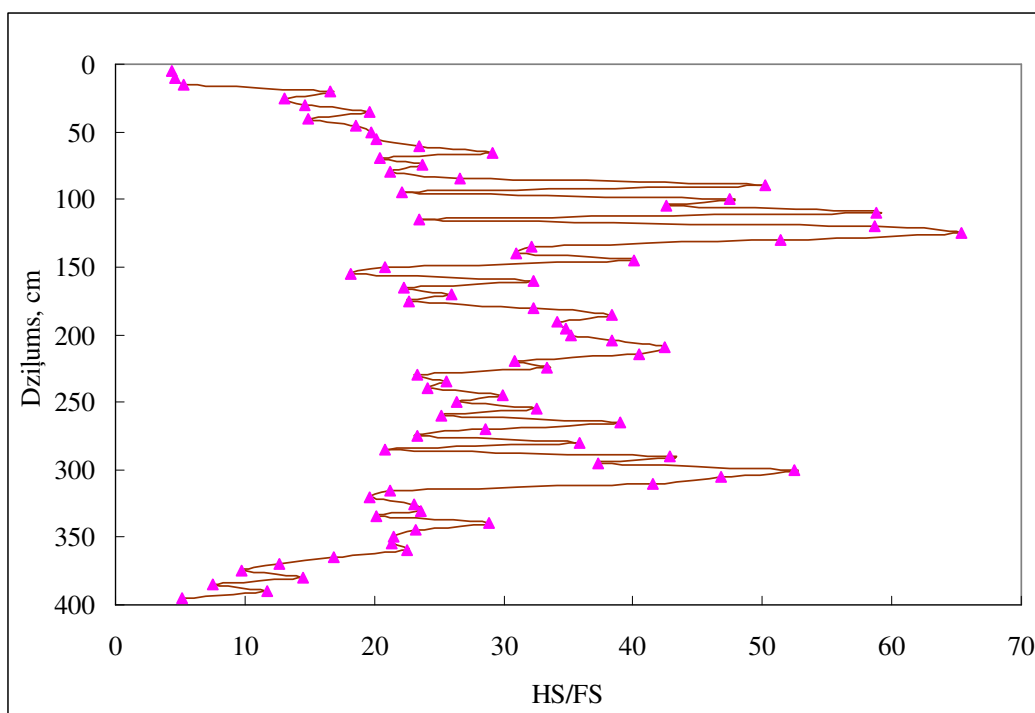


3.20. attēls. Humifikācijas indeksa (sorbcijas pie 540 nm) mainība Eipura purva kūdras kolonnā



3.21. attēls. Taurenas purva kūdras profila humifikācijas rādītāju (D<sub>540</sub>) humifikācijas indekss (Borgmark, 2005) un fluorescences intensitātes (I<sub>460</sub>/I<sub>510</sub>) mainības raksturs

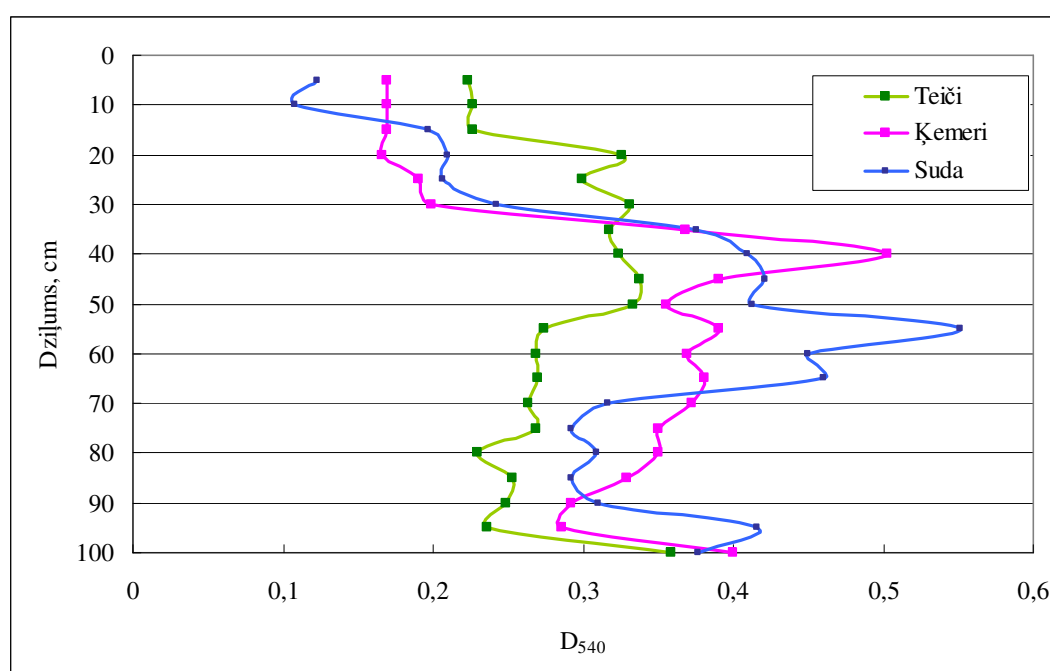
Humifikācijas procesam Taurenes purvā ir raksturīgas augstas humifikācijas indeksa vērtības 0,5–1,5 m dziļā kūdras slānī, bet apakšējā un augšējā kūdras zonā tā vērtības ir visai zemas (3.21. attēls). Humifikācijas raksturs Taurenes purvā analizēts, salīdzinot humifikācijas indeksa vērtības ar fluorescences intensitātes ( $I_{460}/I_{510}$ ) mainības raksturu. Fluorescences intensitātes ( $I_{460}/I_{510}$ ) attiecības ieteiktas kā humifikācijas rādītājs (Zsolnay et al., 1999; Fong and Mohamed, 2006), jo tā raksturo fluorescējošo struktūru klātbūtni organiskajā vielā, kas veido kūdru, bet, tā kā to avots ir dzīvā organiskā viela, tad attiecību mainība izmantojama humifikācijas procesa raksturošanai. Kā redzams 3.21. attēlā, humifikācijas indeksa (sorbcija pie 540 nm) mainības raksturs ir spoguļsimetrisks fluorescences intensitātes ( $I_{460}/I_{510}$ ) mainībai. Fluorescences intensitātes ( $I_{460}/I_{510}$ ) attiecības mainības raksturs uzrāda paaugstinātu fluorescējošo struktūru klātbūtni kūdras augšējos slāņos (kas būtu saistāms ar fotosintezējošo pigmentu palieku klātbūtni zemākas sadalīšanās pakāpes kūdrā, bet šī rādītāja vērtības, izrādās, ir paaugstinātas arī kūdras apakšējos slāņos. Lai izskaidrotu organisko vielu pārvērtību raksturu Taurenes purvā (kas pēc savas uzbūves ievērojami atšķiras no pārējiem pētītajiem purviem – sk. 3.1. nodaļu), tika izmantotas humīnskābju/fulvoskābju daudzuma attiecības kūdrā (3.22. attēls).



**3.22. attēls. Humīnskābju un fulvoskābju attiecību mainības raksturs Taurenes purva kūdras profilā**

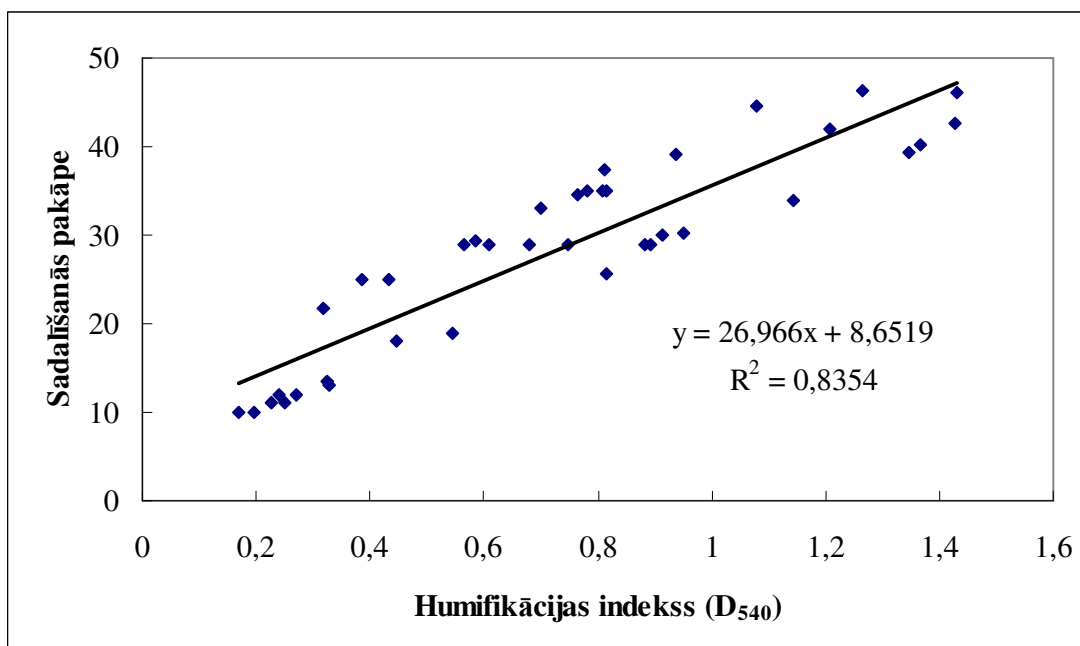
Fulvoskābju daudzums humusvielu sastāvā ir augstāks purva augšējās un apakšējās horizontos, turklāt purva augšējā daļā tas ir saistāms ar izejas organiskās vielas sadalīšanās relatīvi zemāko pakāpi, bet purva apakšējā slānī to var izskaidrot ar gruntsūdeņu ietekmi, respektīvi, ar humīnskābju degradāciju, veidojoties fulvoskābēm. Uz šāda humifikācijas procesa gaitas iespējamību jau 1990. gadā ir norādījis D. Orlovs (Orlov, 1990), un tā izskaidro gan humifikācijas indeksa ( $D_{540}$ ), gan arī fluorescences intensitātes ( $I_{460}/I_{510}$ ) mainības raksturu.

Apsēkotajā Lielā Ķemeru tīreļā, Teiču un Sudas purvā humifikācijas indeksa vērtības ir zemas kūdras augšējās 30 cm, bet pēc tam visai strauji pieaug fluktuējot atkarībā no kūdras botāniskā sastāva (3.23. attēls).

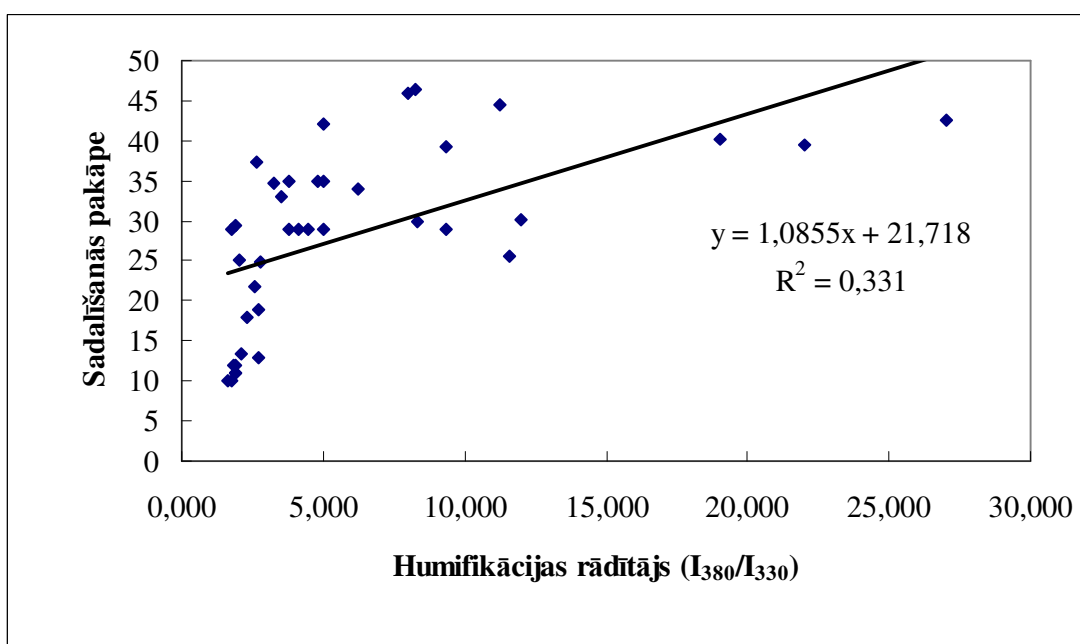


**3.23. attēls. Humifikācijas indeksa (sorbcijas pie 540 nm) mainība Teiču, Ķemeru un Sudas purva kūdras kolonnās**

Lai izprastu kopsakarības starp kūdras veidošanos, sastāvu un humifikāciju raksturojošajiem procesiem, tika analizētas atbilstošo parametru kopsakarības (3.24.–3.26. attēls). Kā redzams 3.24. attēlā, pastāv cieša korelācija starp kūdras humifikācijas indeksu ( $D_{540}$ ) un tās sadalīšanās pakāpi pētītajā Eipura, Dzelves, Teiču, Ķemeru un Sudas purvā. Tajā pašā laikā, kaut arī Taurenas purvā korelācija starp humifikācijas indeksu un tās sadalīšanās pakāpi ir pozitīva, tās determinācijas koeficients ir ievērojami zemāks ( $R^2 = 0,628$ ).



**3.24. attēls. Korelācija starp kūdras humifikācijas indeksu ( $D_{540}$ ) un tās sadalīšanās pakāpi Eipura, Dzelves, Teiču, Sudas purvā un Lielajā Ķemeru tīrelī**

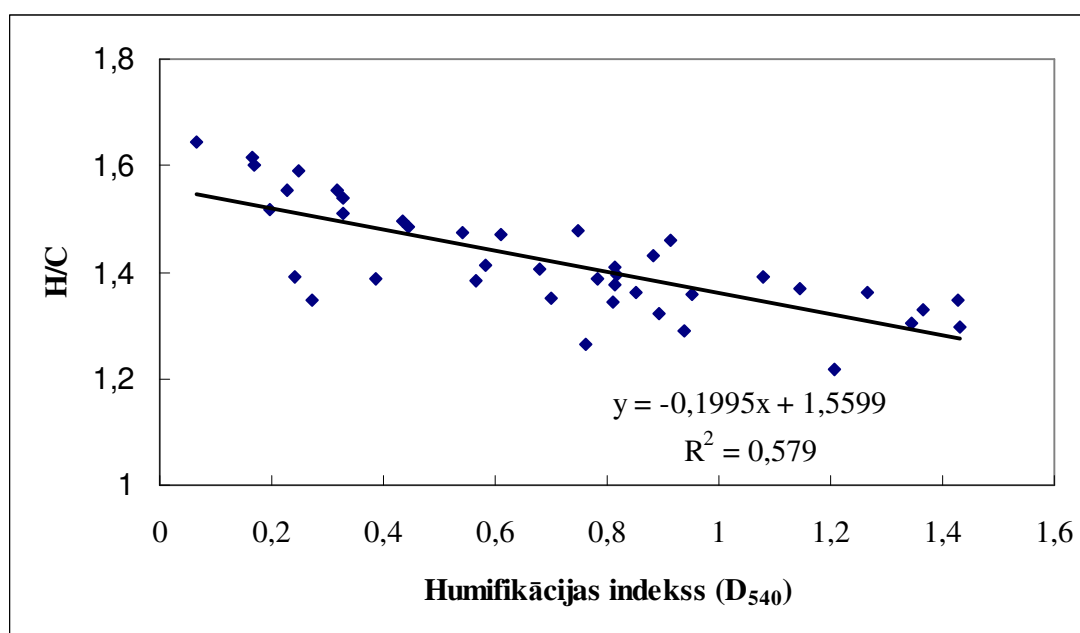


**3.25. attēls. Korelācija starp kūdras humifikācijas rādītāju fluorescences intensitātes attiecību ( $I_{460}/I_{510}$ ) un tās sadalīšanās pakāpi Eipura, Dzelves, Teiču, Sudas purvā un Lielajā Ķemeru tīrelī**

Korelācija starp humifikācijas rādītāju (fluorescences intensitātes attiecību –  $I_{460}/I_{510}$ ) un kūdras sadalīšanās pakāpi Eipura, Dzelves, Teiču, Sudas purvā un Lielajā Ķemeru tīrelī ir ievērojami mazāk izteikta, un līdz ar to šī literatūrā ieteiktā rādītāja ( $Z_{solnay}$



et al., 1999) izmantošanas iespējas kūdras humifikācijas raksturošanai ir mazākas. Pastāv izteikta korelācija (3.26. attēls) starp kūdras humifikācijas indeksu ( $D_{540}$ ) un



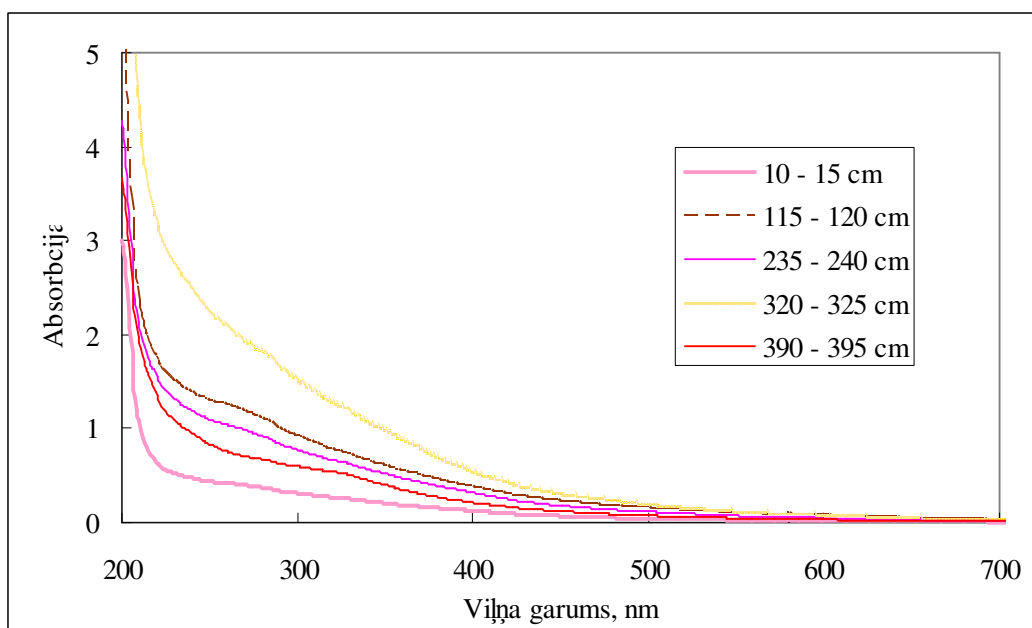
**3.26. attēls. Korelācija starp kūdras humifikācijas indeksu ( $D_{540}$ ) un H/C atomattiecībām kūdrā Eipura, Dzelves, Teiču, Sudas purvā un Lielajā Ķemeru tīrelī**

H/C atomattiecībām Eipura, Dzelves, Teiču, Sudas purva un Lielā Ķemeru tīrelī kūdrā, kas, tāpat kā Van Krevelena grafiks, parāda humifikācijas gaitā notiekošo procesu būtību, proti, ūdeņradi (kā arī skābekli un slāpekli) saturošo struktūru atšķelšanos no organiskās vielas tās pārvērtību gaitā.

### **3.2.2. Spektroskopiskā analīzes metožu izmantošana kūdras īpašību raksturošanā**

Kūdras veidošanās un tās sastāva mainības raksturošanai var izmantot spektroskopiskās analīzes metodes. Promocijas darbā pētītas iespējas izmantot UV-Vis, fluorescences un infrasarkanās sorbcijas metodes kūdras sastāva izpētei.

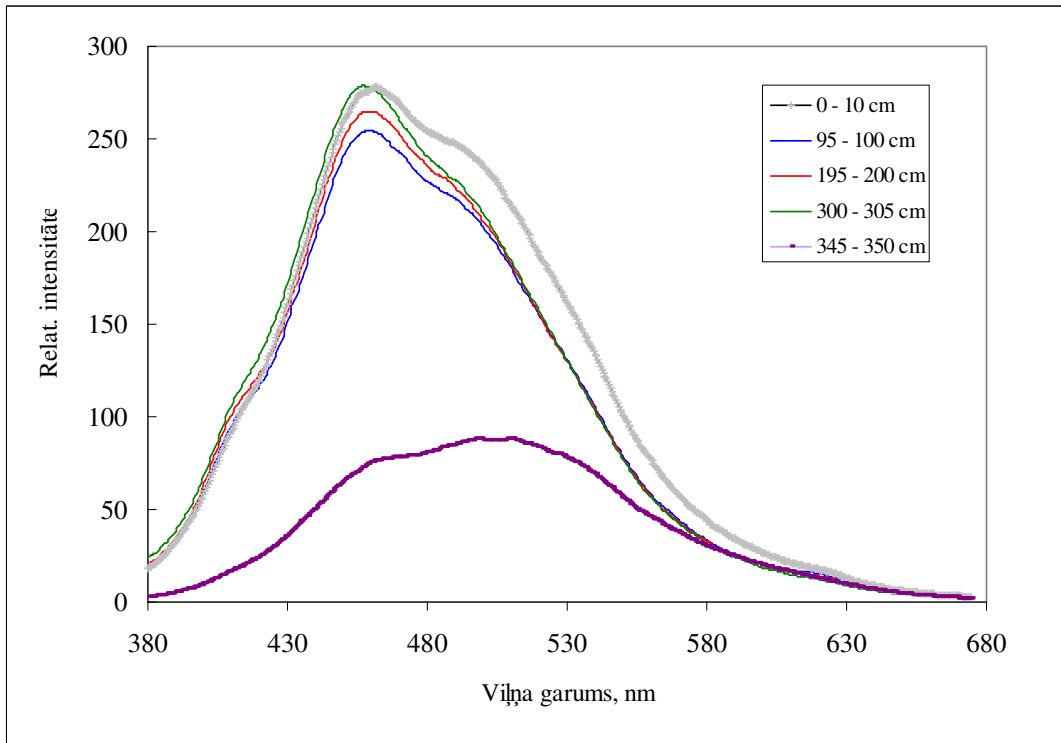
Kūdras ekstrakta UV-Vis spektrus raksturo relatīvi monotona spektra intensitātes samazināšanās un nelielu sorbcijas maksimumu „plecu” klātbūtne (3.27. attēls).



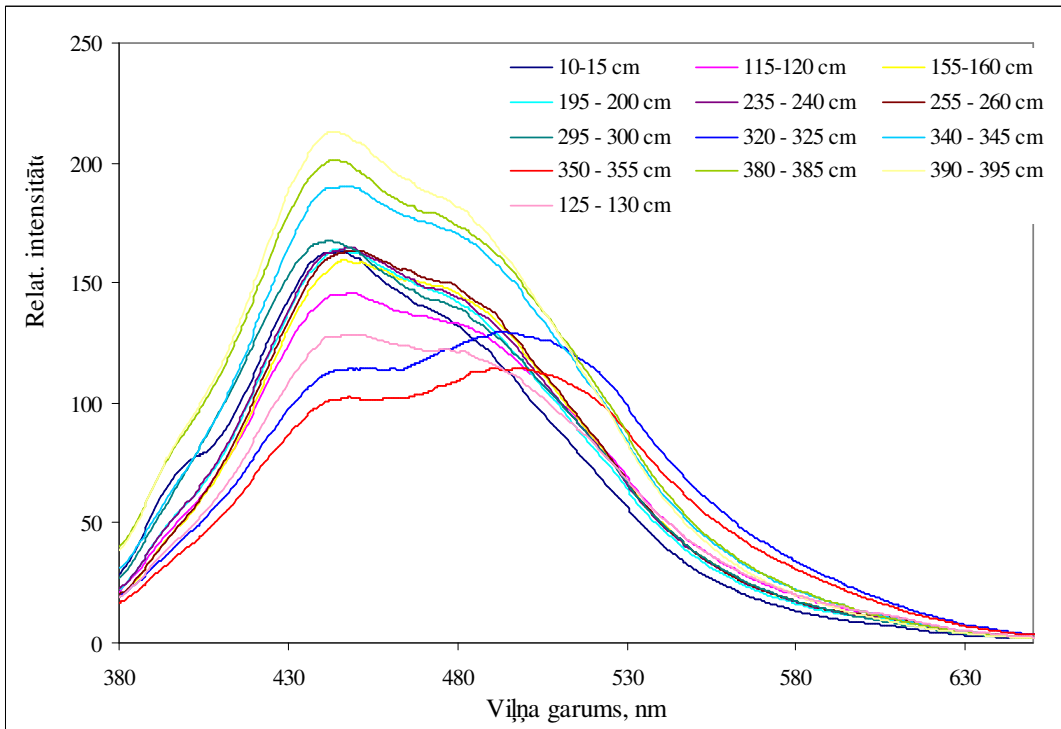
**3.27. attēls. Eipura purva kūdras ekstrakta UV-Vis spektrs**

Kaut arī kūdras ekstrakts ar 0,1 N NaOH ir visai intensīvi krāsots, ko nosaka tā sastāvā esošās humusvielas, tomēr sorbcija spektra redzamajā daļā ir relatīvi mazintensīva, salīdzinot ar sorbciju spektru UV daļā (200–380 nm). Saskaņā ar zinātniskajā literatūrā apskatītajiem HV uzbūves modeļiem intensīvo sorbciju spektra UV sākumdaļā rada nepiesātinātas struktūras, kurām raksturīgs „plecs” pie 280 nm. Kā redzams 3.29. attēlā, sorbcijas intensitāte šajā reģionā ir vairāk izteikta dziļāk izvietotai kūdrai. Tomēr kūdras profilā konstatētās atšķirības ir uzskatāmas par relatīvi niecīgām un tās sasaistīt ar kūdras veidošanās gaitā konstatētajām atšķirībām tās sastāvā ir visai grūti.

Fluorescences emisijas spektroskopija uzrāda kūdras sārmainā ekstraktā izteiktu divu signālu klātbūtni, viens no tiem ( $\lambda \sim 450$  nm) saistāms ar fluoroforu struktūru klātbūtni, kuras avots ir hinonu klātbūtne kūdras sastāvā, bet otrs (lielākajā daļā spektru redzams kā spektra „plecs”  $\lambda \sim 480$  nm) parāda aromātisko un poliaromātisko struktūru klātbūtni (Peuravori et al., 2002). Izvērtējot iegūtos spektrus (3.28., 3.29. attēls), redzams, ka, palielinoties kūdras parauga dziļumam, palielinās aromātisko struktūru daudzums kūdras ekstraktā, tomēr būtiskas atšķirības spektra raksturā, piemēram, Dzelves purva kūdrā, novērojama tikai kūdras apakšējās horizontos, kurus raksturo augsta sadalīšanās pakāpe.



**3.28. attēls. Dzelves purva kūdras ekstrakta fluorescences emisijas spektrs ( $\lambda_{exc} = 350$  nm)**



**3.29. attēls. Eipura purva kūdras ekstrakta fluorescences emisijas spektrs ( $\lambda_{exc} = 350$  nm)**

Fluorescences spektroskopija līdz ar to ļauj raksturot būtiskus kūdras sastāva veidošanās procesus un papildināt kūdras raksturojumu ar informāciju par aromātiskas uzbūves struktūru veidošanos kūdras sastāvā.

Infrasarkanās sorbcijas spektroskopijai ir daudzas būtiskas atšķirības un priekšrocības salīdzinājumā ar citām spektroskopiskās analīzes metodēm, jo tā ļauj raksturot daudzu nozīmīgu funkcionālo grupu (3.11. tabula) klātbūtni kūdras sastāvā (-hidroksilgrupas -OH, karboksilgrupas -COOH, metilēngrupas-CH<sub>2</sub>- un daudzas citas), kā arī tā izmantojama neapstrādātiem kūdras paraugiem. Promocijas darbā spektroskopiski analizēta atšķirīga dziļuma kūdras veidojošo augu infrasarkanās sorbcijas Furjē transformācijas (FT-IS).

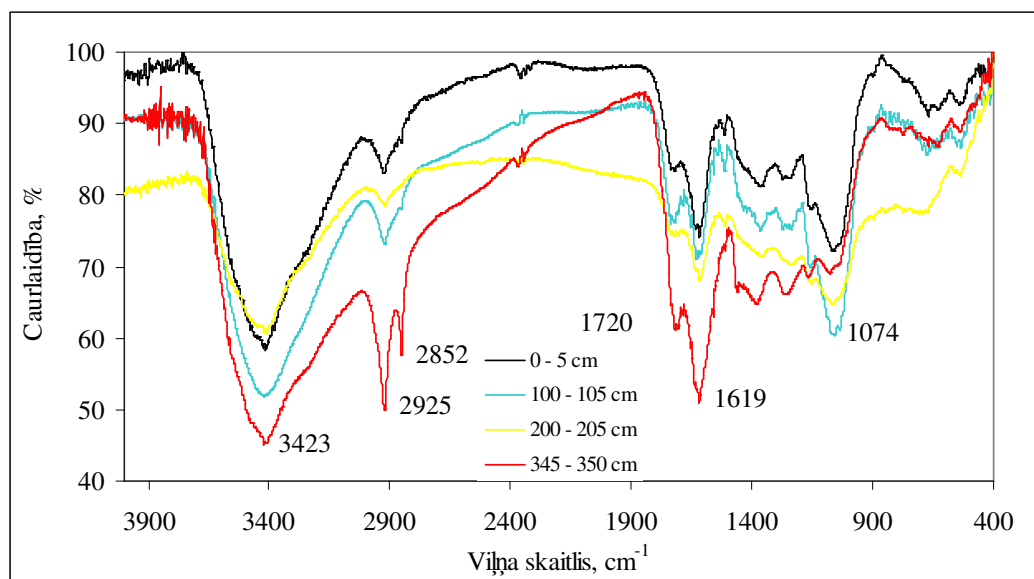
**3.11. tabula**

**Galvenās sorbcijas līnijas kūdras infrasarkanās sorbcijas Furjē transformācijas spektros (pēc Aiken et al., 1985; Sposito, 1989).**

<b>Viļņa skaitlis (cm<sup>-1</sup>)</b>	<b>Raksturojums</b>
<b>3670–3300</b>	Ar ūdeņraža saitēm saistītas OH grupas, brīvās OH
<b>3077–3030</b>	Aromātiskās C–H valences svārstības
<b>2950–2850</b>	Alifātiskās C–H, CH <sub>2</sub> , CH <sub>3</sub> valences svārstības
<b>2850–2500</b>	Karboksilātjoni
<b>1725–1640</b>	Karbonskābju C=O valences svārstības
<b>1640–1585</b>	C=O dubultsaišu deformācijas svārstības cikliskos un acikliskos savienojumos, ketonos un hinonos
<b>1515</b>	Benzola un piridīna gredzenu C=C deformācijas svārstības
<b>1470–1420</b>	Alifātiskās C–H deformācijas svārstības
<b>1400–1390</b>	OH deformācijas un C–O valences svārstības fenolu OH, C–H deformācijas CH <sub>3</sub> grupās
<b>1390–1332</b>	Karbonskābju sāļu C=O
<b>1280–1137</b>	C–O esteru, ēteru un fenolu valences svārstības
<b>1090–1040</b>	C–O spirtu un polisaharīdu valences svārstības
<b>880–750</b>	Ar ūdeņraža saitēm saistītās OH grupu deformācijas svārstības karboksilgrupās
<b>650–510</b>	COOH deformācijas svārstības

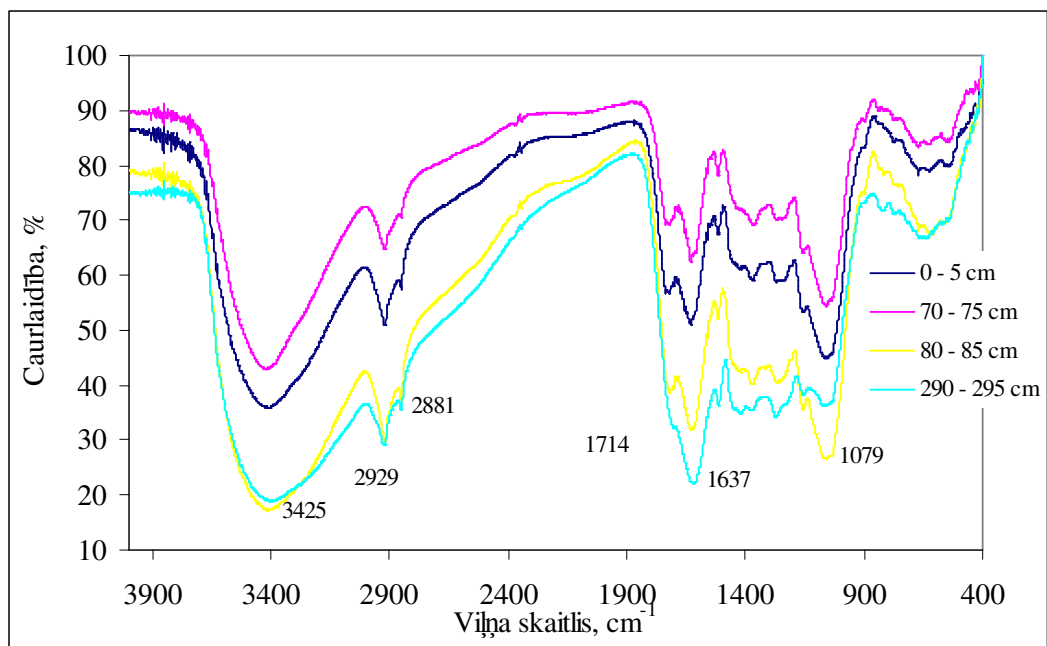
Pētīto purvu kūdras FT-IS spektri savstarpēji ir līdzīgi (3.30.–3.32. attēls), jo dominējošās struktūras un to funkcionālās grupas ir vienādas un to koncentrācijas līdzīgas, bet purva veidošanās apstākļi acīmredzot IS spektru raksturu ietekmē maz. Kūdras veidojošo augu spektri (3.38. attēls) būtiski atšķiras no kūdras spektriem.

Visu pētīto kūdras paraugu (3.30.–3.32. attēls), kā arī kūdru veidojošo augu (3.33. attēls) FT-IR spektros (3.30.–3.32. attēls) nozīmīgākie maksimumi ir spektra daļā no 3700 līdz 3300  $\text{cm}^{-1}$ , kas raksturīga hidroksilgrupām. Atšķirības starp kūdrām izpaužas tikai kā šī maksimuma intensitāte attiecībā pret citiem FT-IR spektra maksimumiem. Slāpekļa saturs kūdrā parasti ir zems, tādēļ arī izteikti amīnu un amīdu absorbcijas maksimumi FT-IR spektros nav novērojami. Absorbciju 2950–2850  $\text{cm}^{-1}$  rada alifātiskās metilgrupu un metilēngrupu C-H valences svārstības, un šī josla vairāk izteikta ir kūdrā, kuras sadalīšanās pakāpe ir augstāka. Salīdzinot caurlaidības intensitāti, šajā spektra daļā redzamas izmaiņas kūdras sastāvā pieaugot tās sadalīšanās pakāpei, un procesi, kas saistās ar sarežģītas uzbūves dzīvo organisko vielu raksturojošo savienojumu pārvēršanos par relatīvi vienkāršas uzbūves, bet alifātiskas vai aromātiskas grupas saturošiem savienojumiem. Karbonskābju C=O valences svārstības (1725–1640  $\text{cm}^{-1}$ ) kūdras veidojošo augu spektros ir visai maz izteiktas, bet, notiekot kūdras veidošanās procesiem, to intensitāte pieaug tieši tāpat kā absorbcijas maksimums ketonu un aldehīdu C=O dubultsaišu svārstību dēļ gan cikliskos savienojumos, gan arī ketonos un hinonos (1640–1585  $\text{cm}^{-1}$ ).

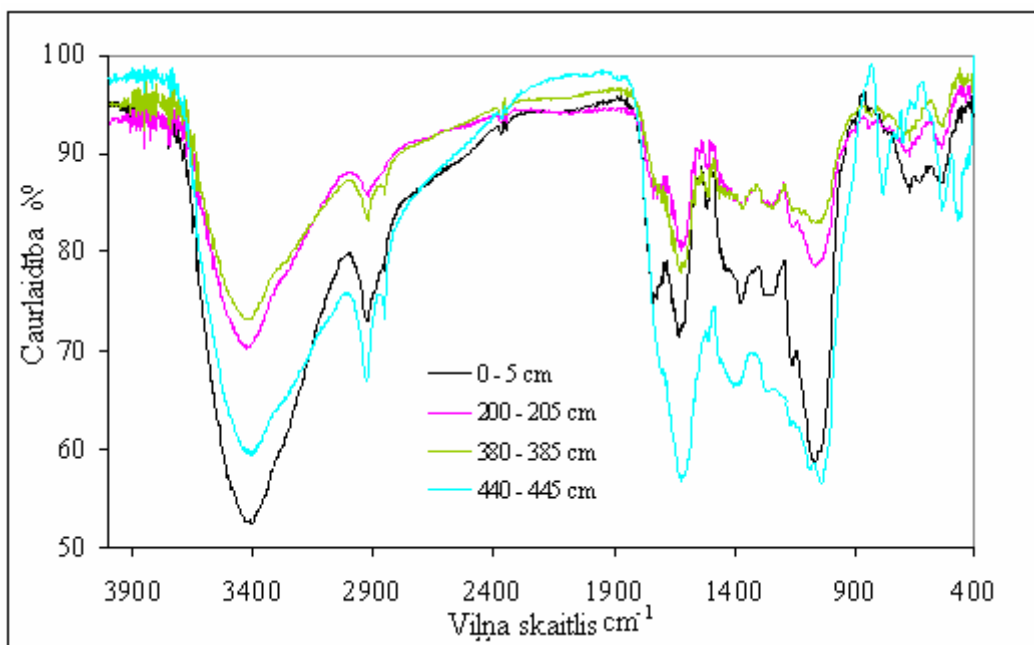


**3.30. attēls. Dzelves purva infrasarkanās absorbcijas Furjē transformācijas spektri.**

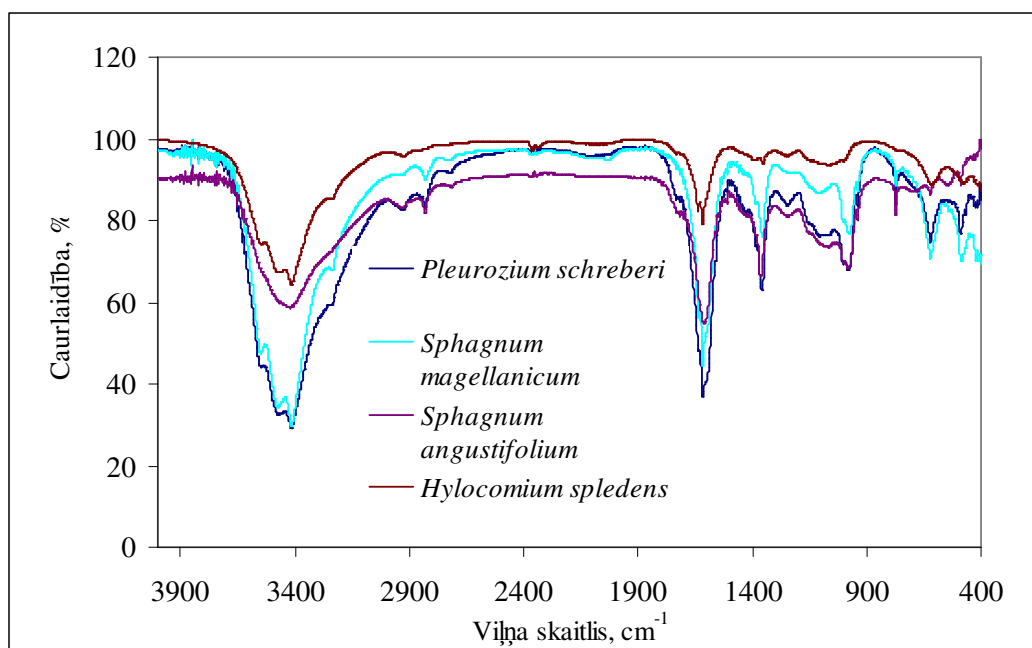
Reģionā zem 1500  $\text{cm}^{-1}$  kūdras IR spektru ir grūti interpretēt, jo šajā reģionā raksturīgās spektra līnijas var piederēt ļoti dažādām struktūrelementu grupām. Neliels absorbcijas maksimums pie 1400  $\text{cm}^{-1}$  ir novērojams visos analizētajos kūdras paraugu spektros, tas varētu būt raksturīgs hidroksilgrupu deformācijām un C-O valences svārstībām fenolu OH grupās.



**3.31. attēls. Eipura purva infrasarkanās sorbcijas Furjē transformācijas spektri**



**3.32. attēls. Tauresnes purva infrasarkanās sorbcijas Furjē transformācijas spektri**



**3.33. attēls. Dažu sūnu sugu infrasarkanās sorbcijas Furjē transformācijas spektri**

Visos spektros ir novērojama absorbcijas josla  $1200\text{ cm}^{-1}$  apgalbā, kas raksturīga C-O valences svārstībām un O-H deformācijas svārstībām COOH grupās, kā arī  $1050\text{ cm}^{-1}$  apgalbā redzama spirtos vai ogļhidrātos esošo C-O grupu valences svārstību josla. Sorbcijas līniju intensitātes mainība „pirkstu nospiedumu” spektra rajonā uzrāda izmaiņas, kuras notiek kūdras veidošanās un nobriešanas procesā un ir saistāma ar ogļhidrātu degradāciju.

Analizējot Eipura purva 0–5cm, 70–75cm, 80–85 cm dziļumā esošos kūdras paraugus (3.31. attēls), iegūti pietiekami atšķirīgi infrasarkanās sorbcijas Furjē transformācijas spektri, lai gan šie atlasītie kūdras paraugi ir līdzīgi pēc botāniskā sastāva un sadalīšanās pakāpes (mazsadalījusies *Sph. fuscum* kūdra). Vienlaikus pēc botāniskā sastāva un sadalīšanās pakāpes atšķirīgais 290–295 cm slānis (labi sadalījusies priežu-spilvju augstā tipa kūdra) uzrāda līdzīgu absorbcijas spektru kā mazsadalījusies augstā tipa kūdra no 80–85 cm dziļā slāņa.

Līdzīgi rezultāti iegūti, analizējot pēc botāniskā sastāva atšķirīgus kūdras slāņus, kā tas redzams 3.32. attēlā, jo 200–205 cm kūdras slāni Taurenes purvā (3.32. attēls) veido vidēji sadalījusies zemā tipa zāļu kūdra, bet 380–385 cm kūdras slāni veido vidēji sadalījusies zemā tipa zāļu-hipnu kūdra. No otras Dzelves purva kūdras

FT-IR spektros (3.30. attēls) būtiskas atšķirības novērojamas tikai kūdras slānim, kas atrodas 345–350 cm dziļumā.

Kaut arī infrasarkanā starojuma sorbcijas spektroskopija ir informatīva analīzes metode, ir skaidri redzams, ka tā spēj raksturot tikai daļu no procesiem, kas notiek kūdras veidošanās gaitā, un vispirms tā ļauj raksturot kūdras veidojošo augu transformācijas gaitu un kūdras veidošanās procesus.

### ***Kopsavilkums***

Pētījumos par pelnu saturu kūdras slāņos noteiktas vispārīgas likumsakarības, kas liecina, ka pelnu saturs pieaug, palielinoties slāņu dziļumam no vērtībām, kas raksturīgas sfagnu kūdras virsējiem slāņiem (>3%) līdz tādām, kas dziļākos slāņos parasti tipiskas zāļainākām un minerogēnākām kūdrām (>5%) (Steinmann and Shotyk, 1997).

Salīdzinot ar oglekļa saturu kūdrā, slāpekļa satura mainība kūdrā ļauj precīzāk izsekot kūdras sastāva izmaiņām (sadališanās pakāpē, botāniskajā sastāvā). H/C pret O/C atomattiecību maiņa parāda kūdras sastāva pārmaiņas, kas saistītas ar organiskās vielas sadalīšanos. Fulvoskābju daudzums humusvielu sastāvā augstāks ir purva augšējās un apakšējās horizontos. H/C un O/C attiecības samazinās, palielinoties organiskās vielas sadalīšanās pakāpei, bet C/N attiecības samazināšanās norāda uz kūdras sadalīšanās pakāpes pieaugumu, arī N/C attiecība izmantojama kūdras sadalīšanās pakāpes izvērtēšanai. Pētītajās kūdrās konstatēta izteikta korelācija starp kūdras humifikācijas indeksu ( $D_{540}$ ) un H/C atomattiecībām, kas parāda humifikācijas gaitā notiekošo procesu būtību jeb ūdeņradi (kā arī skābekli un slāpekli) saturošo struktūru atšķelšanos no organiskās vielas tās pārvērtību gaitā.

Fluorescences spektroskopija ļauj raksturot būtiskus kūdras sastāva veidošanās procesus un dod iespēju papildināt kūdras raksturojumu ar informāciju par aromātiskās uzbūves struktūru veidošanos kūdras sastāvā. Visu pētīto kūdras Furjē transformācijas infrasarkanajos spektros nozīmīgākie maksimumi ir hidroksilgrupām raksturīgajā spektra daļā no 3700 līdz 3300  $\text{cm}^{-1}$ . Atšķirības starp kūdrām izpaužas tikai kā šī maksimuma intensitāte attiecībā pret citiem FT-IR spektra maksimumiem. Humifikācijas indeksa mainības raksturs kūdras griezumā uzrāda trīs slāņu zonas 0–1 m; 1–3 m un purva apakšējo zonu.



### **3.3. Metālisko un nemetālisko elementu akumulācijas raksturs kūdrā un to ietekmējošie faktori**

#### **3.3.1. Metālisko un nemetālisko elementu koncentrācija pētīto purvu kūdrā**

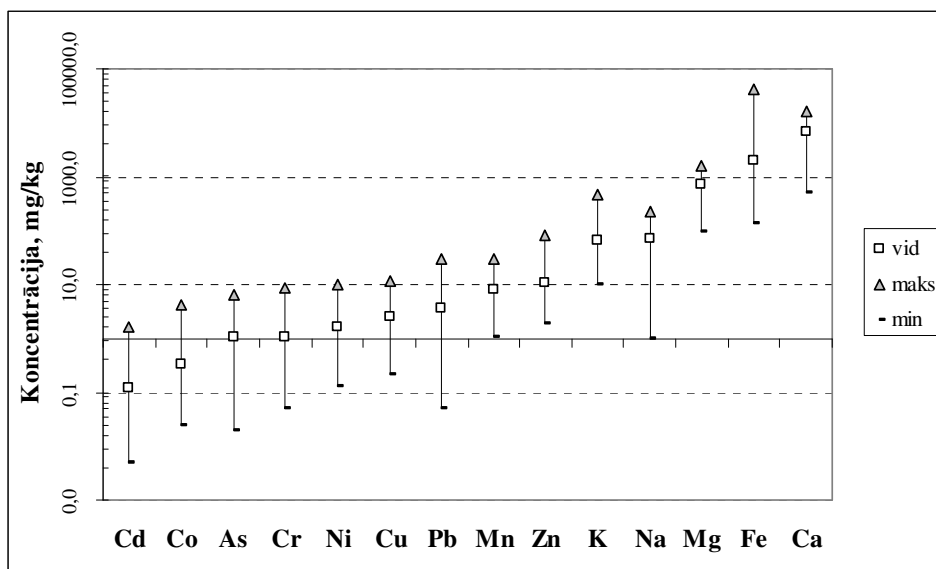
Metālisko un nemetālisko elementu satura izpēte kūdrā ir svarīga, lai izvērtētu kūdras izmantošanas iespējas un pētītu vides mainības un piesārņojuma plūsmu raksturu vēsturiski ilgā periodā. Kūdras ķīmiskais sastāvs Latvijā līdz šim pētīts visai maz (Gemste u. c., 1999; Kalniņa et al., 2003; Nikodemus u. c., 2008). Kūdras veidojošo savienojumu spējas mijiedarboties ar metāliskiem un nemetāliskiem elementiem to konkrētajās atrašanās formās, elementu saturs vidē un tā mainība purva veidošanās gaitā, un daudzi citi ļoti variabli faktori var noteikt ievērojamās atšķirības gan starp dažādu elementu koncentrācijām kūdrā, gan arī starp pētītajiem purviem. Līdz ar to izpratne par ķīmisko elementu saturu un to uzkrāšanās raksturu kūdrā var sniegt būtisku informāciju par purvu un kūdras veidošanās gaitu, kā arī par to, kāds ir bijis un kāds pašlaik ir elementu plūsmu un izkļedes raksturs. Ķīmisko elementu saturu kūdrā ir svarīgi pētīt tāpēc, lai izprastu tādu procesu raksturu, kuri ietekmē elementu biogeoķīmisko apriti, un lai novērtētu iespējamo kūdras piesārņojumu (paaugstinātas elementu koncentrācijas) un tā mainību laika gaitā, kas ir īpaši nozīmīgi kūdras rūpnieciskajās ražošanā. Tā kā purvu veidošanos iespaido lokālie un reģionālie vides apstākļi, ir svarīgi veikt šos pētījumus konkrētajā reģionā (šajā gadījumā – Latvijā). Ņemot vērā to, ka metālu akumulācijas procesi pamatojas uz fizikālķīmisku iedarbību starp metālu joniem vai to savienojumiem, kuru formā tie atrodas, un noteiktām funkcionālām grupām, struktūrām vai saistīšanās centriem kūdras sastāvā, ir svarīgi izprast procesu raksturu un kopsakarības starp kūdras sastāvu, tās humifikācijas gaitu un elementu koncentrāciju.

Līdz šim Latvijā veiktajos pētījumos ir noskaidrots, ka vides piesārņojumam raksturīgāko elementu (Zn, Pb, Cd, V, Cu) augstāka koncentrācija, līdzīgi kā citur Eiropā, konstatējama kūdras slāņos, kas veidojušies 20. gadsimta 60.–90. gados. Vienlaikus minētie pētījumi nedod iespēju korekti raksturot vides apstākļu mainību, kā arī salīdzināt Latvijā iegūtos rezultātus ar citos pasaules reģionos iegūtajiem datiem.

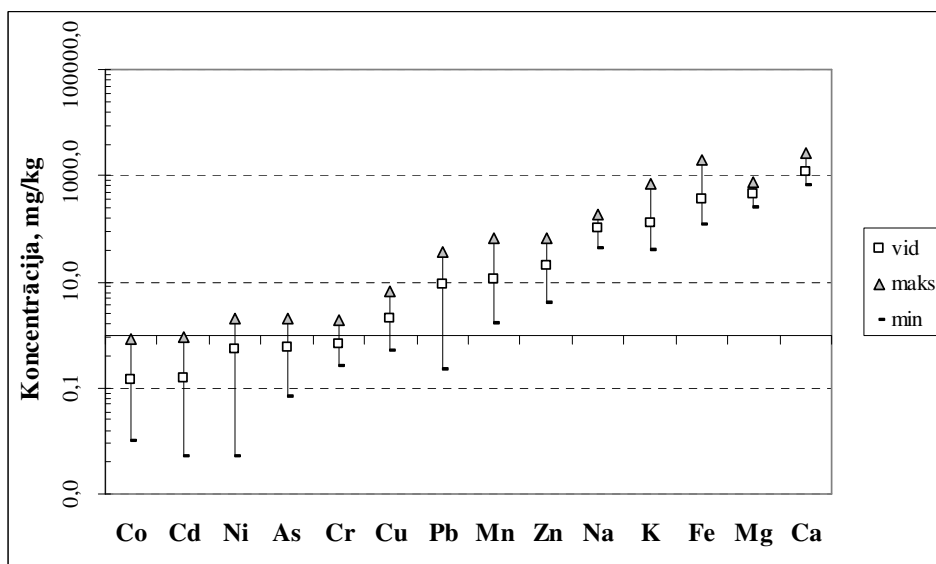
Promocijas darbā 6 purvu kūdrā tika noteikts 15 ķīmisko elementu – Fe, Mn, Zn, Na, K, Pb, Mg, Ca, Cu, Cd, Cr, Co, Ni, As un Hg – saturs un izkļiede kūdras kolonnā. Elementu izvēli noteica to nozīmība vidē notiekošo procesu (dabiskās un

antropogēnās akumulācijas procesi, vielu plūsmas) izpratnei un tas, kādā mērā katrs no tiem var reprezentēt ķīmisko elementu avotus, plūsmas un akumulācijas raksturu un likumsakarības. Veiktais pētījums parādīja, ka dažādu elementu koncentrācijas būtiski mainās gan vienā kūdras griezumā (vienā kūdras kolonnā), gan vienāda dziļuma vai vienāda vecuma kūdrās dažādos purvos (3.34., 3.35. attēls).

Lai novērtētu kūdras sastāva un tās veidošanās apstākļu ietekmi uz elementu koncentrāciju kūdrā un analizētu metālisko un nemetālisko elementu koncentrāciju 3 pētītajos purvos pilnā to profilā (Dzelves purvā līdz 350 cm dziļumam, bet Eipura un Taurenas purvā līdz 400 cm dziļumam), bet Sudas, Teiču purva un Lielā Ķemeru tīreļa kūdras augšējo slāņu griezumā kolonnā līdz 150 cm dziļumam, kūdras kolonnas sadalītas 5 cm biezos slāņos, kas vidēji atbilst kūdras akumulācijai apmēram 50–70 gadu laikā. Elementu koncentrāciju sadalījumu kūdras profilā raksturo augsta variabilitāte, turklāt pastāv līdzīgas koncentrāciju mainības tendences starp elementiem atkarībā no to iespējamās izcelsmes avotiem purvu kūdrā.



**3.34. attēls. Ķīmisko elementu koncentrāciju intervāls pilnos kūdras griezumos Dzelves, Eipura un Taurenas purvā**



### 3.35. attēls. Ķīmisko elementu koncentrāciju intervāls Lielā Ķemeru tīrelī, Sudas purva un Teiču purva 150 cm dziļos kūdras griezumos

Noteikto elementu koncentrāciju analīze parādīja, ka to vislielākās izkliedes (no 68119 mg/kg līdz 121 mg/kg), apskatot Taurenes, Eipura un Dzelves purva kūdras pilnos griezumus, novērojamas As (0,02–188,17 mg/kg), Pb (0,05–30,1 mg/kg), Ni (0,13–76,2 mg/kg) un Fe. Ni un As kopumā visvairāk tika konstatēti Eipura un Taurenes purvā, jo īpaši kūdras griezumā dziļākajos horizontos. Analizējot 150 cm dziļos nogulumus Teiču un Sudas purvā un Lielajā Ķemeru tīrelī, lielākie izkliedes intervāli noteikti Ni (0,01–2,05 mg/kg) un Pb (0,22–36,6 mg/kg). Attiecīgi vismazākie izkliedes intervāli starp maksimālo un minimālo koncentrāciju konstatētas Mg 150 cm dziļos nogulumos (244–733 mg/kg). Salīdzinoši lielas koncentrāciju starpības novērotas Mn, kas mainās no 1,1 mg/kg līdz 67,2 mg/kg, bet Zn koncentrācijas mainās no 1,8 mg/kg līdz 83,3 mg/kg.

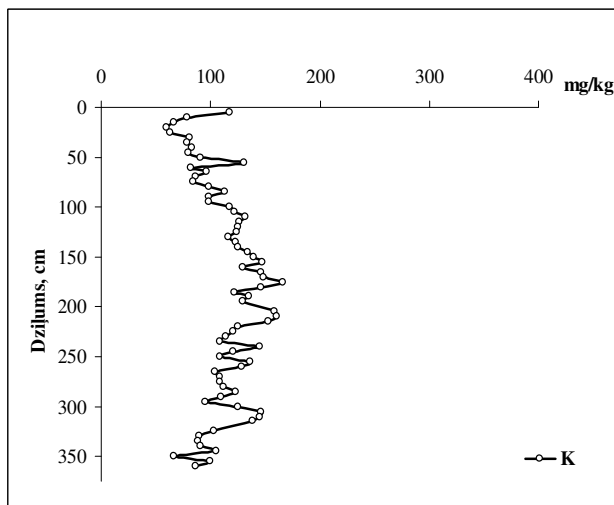
Iegūtie rezultāti norāda uz pētāmo paraugu izvietojuma kūdras kolonnas nozīmi turpmākā datu interpretācijā. Analīzē izmantojot tikai virsējos slāņus (3.34. attēls), nevis pilnu kūdras griezumā jeb visu kolonnu (3.35. attēls), tiek iegūtas ne tikai atšķirīgas elementu vidējās koncentrācijas un svārstību intervāli, bet mainās arī elementu secība rindā, kārtējot tos pēc vidējās koncentrācijas.

K, Ca un Mg ir biofilīti elementi, kuri ir cieši saistīti ar augu augšanas procesiem. K augi izmanto biomasas producēšanā, tāpēc tas lielās koncentrācijās ir konstatējams augšējos kūdras slāņos purva virspusē, kur nesadalījušās augu atliekas sastopamas vēl kopā ar dzīvajām augu daļām. Tā kā kālijs ir ļoti kustīgs, tas viegli atbrīvojas no augu atliekām (Damann, 1978). Kopumā kālija koncentrācija kūdras virskārtā pētāmos Latvijas purvos mainās no 220 līdz 400 mg/kg, bet Sudas purvā tā sasniedz 720 mg/kg (3.36. att.). Nozīmīgo koncentrācijas starpību starp Sudas purva kūdras virskārtu un pārējo purva virsējiem kūdras slāņiem iespējams skaidrot ar relatīvi augsto *Eriophorum vaginatum* (3.12. attēls) īpatsvaru Sudas purva augājā (*Eriophorum vaginatum* satur vairāk K nekā sūnas un citi purva augi) (3.12. tabula).

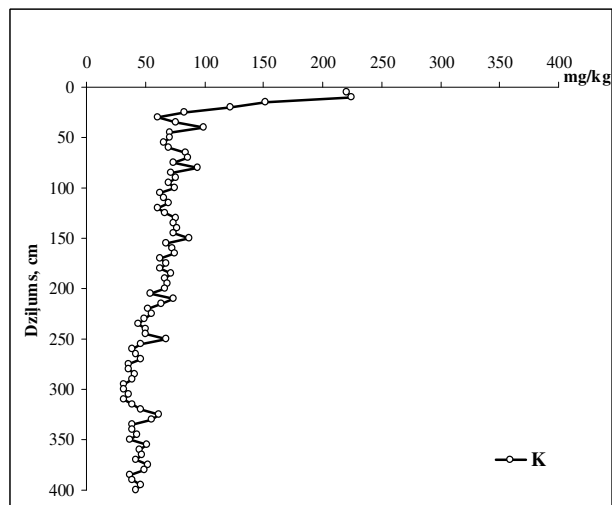
Būtiski K saturu noņemtājā kūdras paraugā ietekmē arī sūnu dzīvo šūnu daudzums. G. Tabors (Tabors, 2007), pētot K migrāciju *Hylocomium splendens*, konstatēja, ka K relatīvi daudz ir sūnu stumbrā (42–44 %), kas, sadaloties auga atliekām, pārveidojās vislētāk. Līdz ar to K daudzumu kūdras virskārtā var ietekmēt

arī šūnu noārdīšanās pakāpe (3.4., 3.7. attēls). K īpatnējo akumulācijas raksturu, salīdzinot ar citiem ķīmiskiem elementiem purvu kūdrā, parāda arī korelācijas koeficienti, jo lielākajā daļā pētāmo purvu starp K un citiem ķīmiskiem elementiem, sevišķi kūdras kolonnas vidus un apakšējā daļā, nav novērojama cieša korelācija (3.43. attēls).

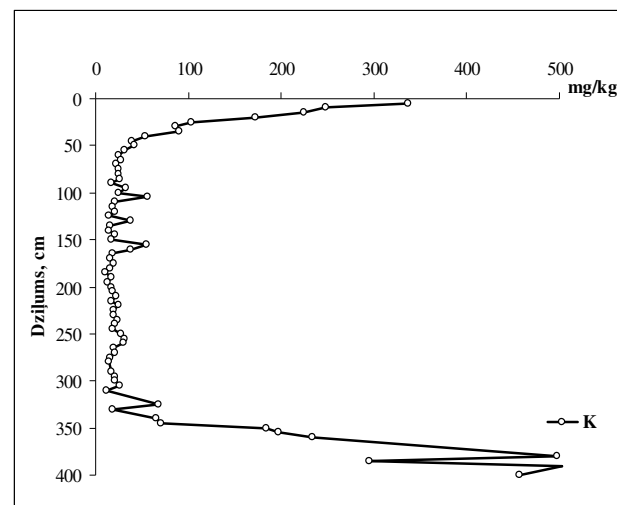
Novērtējot Ca sastopamību, redzams, ka Ca uzrāda līdzīgas koncentrācijas Sudas, Dzelves, Teiču purva un Lielā Ķemeru tīreļa augšējos 150 cm (vidēji svārstoties 809–1671 mg/kg robežās) un būtiski augstākas vērtības Eipura un Tauresnes purvā. Ca pieder pie tiem ķīmiskiem elementiem, kurš parasti augstākās koncentrācijās ir tajā kūdras anaerobajā zonā, kuru papildus ietekmē gruntsūdeņu pieplūde. Līdzīga situācija ir arī pētījuma purvos. Eipura un Dzelves purvā Ca koncentrācija sāk pieaugt 2,5 m dziļumā. Visaugstākā Ca koncentrācija – 13793 mg/kg – konstatēta Eipura purvā 375–380 cm dziļumā (3.37. attēls). Eipura purvā Ca maksimālā koncentrācija, salīdzinot ar Dzelves purvu, ir vairāk nekā divas reizes augstāka. Minēto koncentrācijas starpību nosaka kūdras sastāva atšķirības – Eipura purvā, sākot ar 3,35 m dziļumu, sastopama koku kūdra, kas parasti veidojas pārejas tipa purvā, bet Dzelves purvā *Sph. fuscum* kūdra, kas veidojas augstajā purvā. Kūdras veidošanās apstākļus un arī gruntsūdens pieplūdi nosaka kūdras (purva) iegulas pamatne. Dzelves purva pamatne ir līdzena, kas sekmē augstā purva veidošanos attīstību, bet Eipura purvs atrodas reljefa pazeminājumā. Tiek uzskatīts, ka kopumā Ca relatīvi labi izskalojas no kūdras slāņiem, bet to migrāciju ietekmē dzelzs oksīdu un organisko koloīdu klātbūtne, jo  $Ca^{2+}$  sorbējas uz minēto kompleksu virsmām (Syrovetnik et al., 2007).



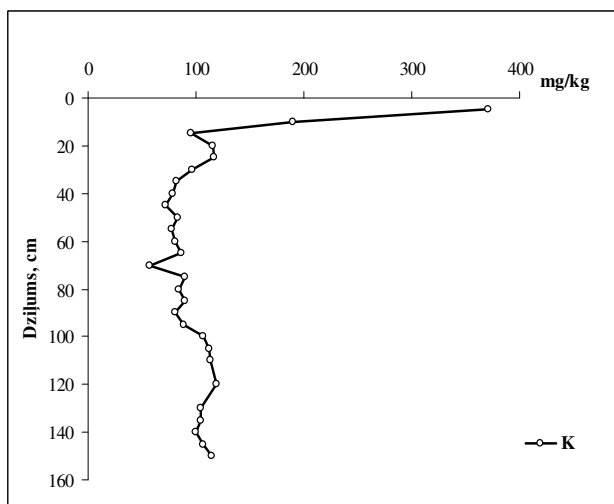
**A**



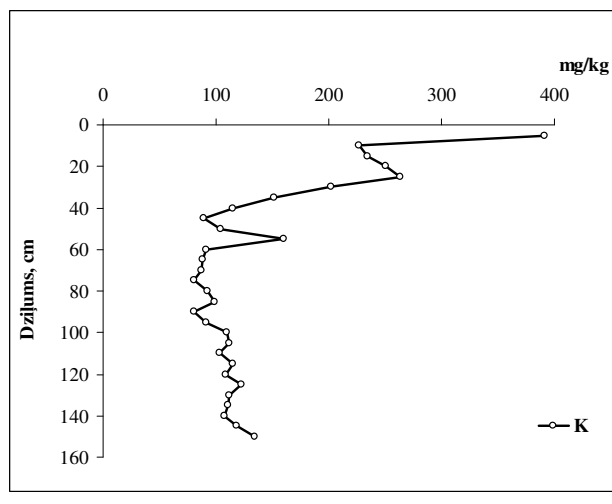
**B**



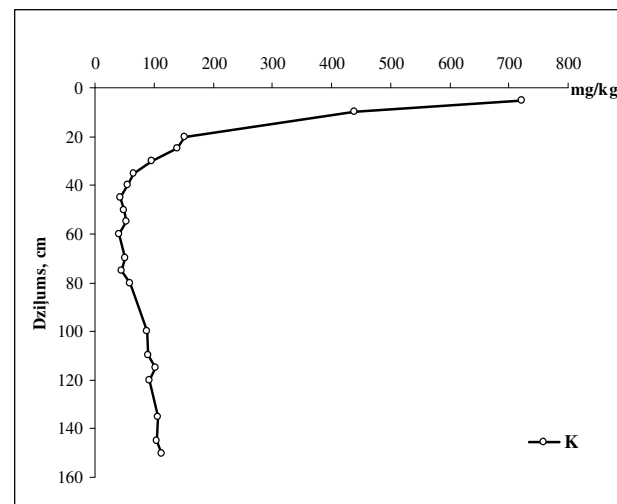
**C**



**D**

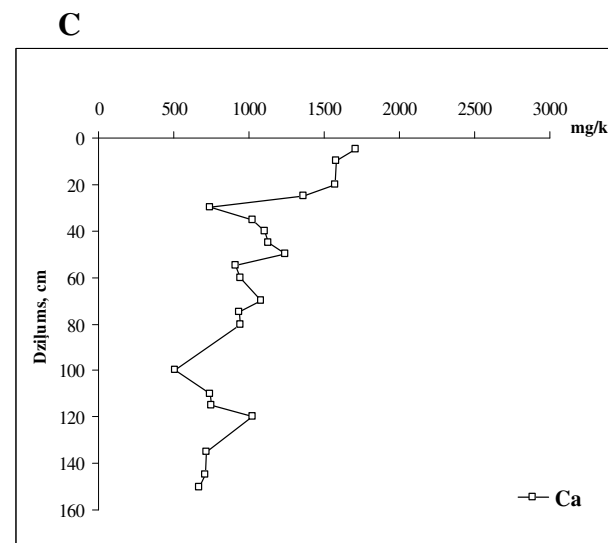
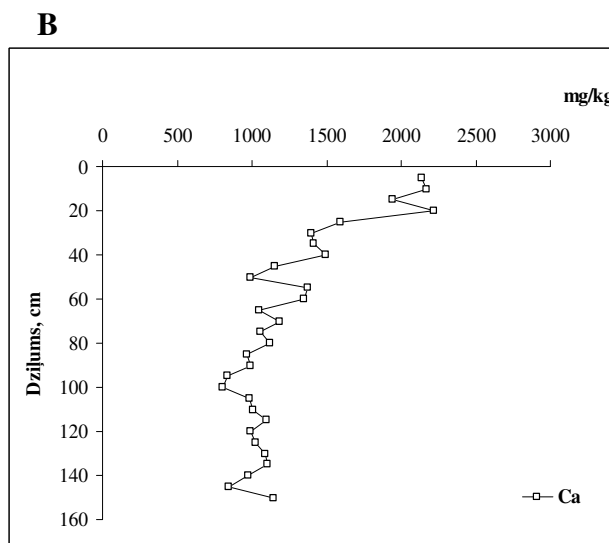
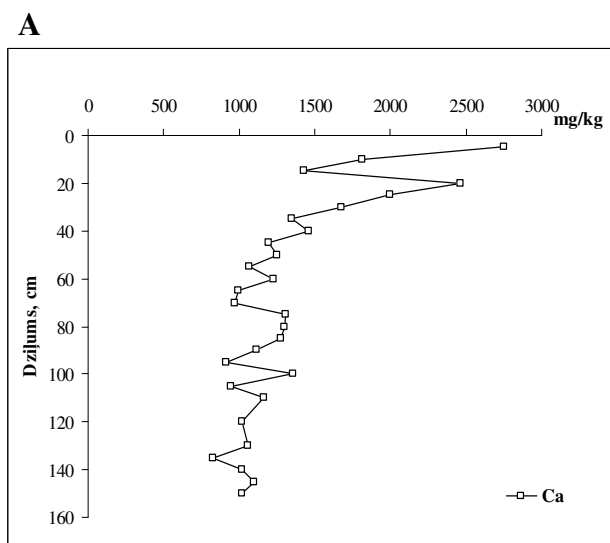
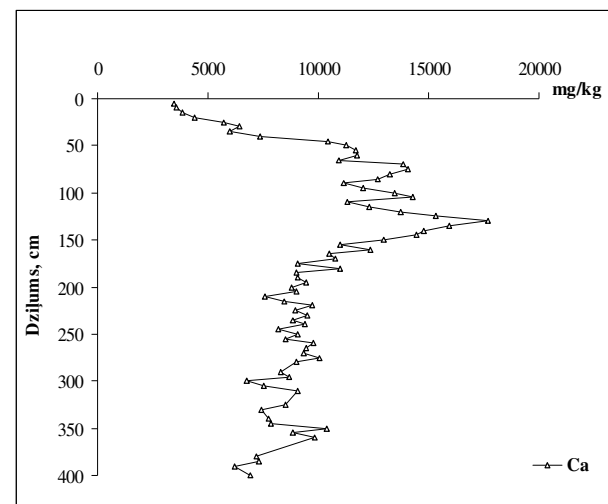
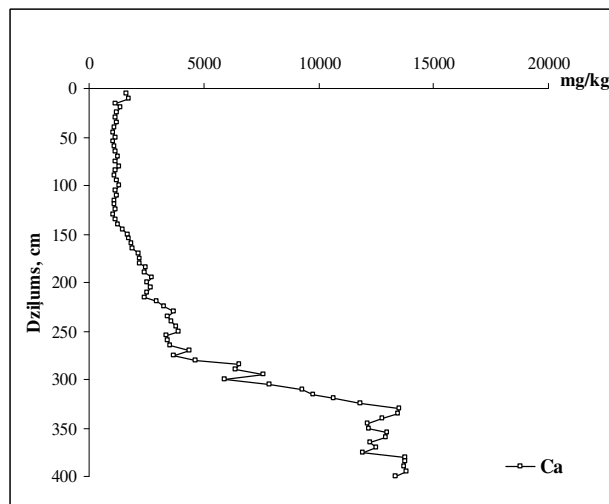
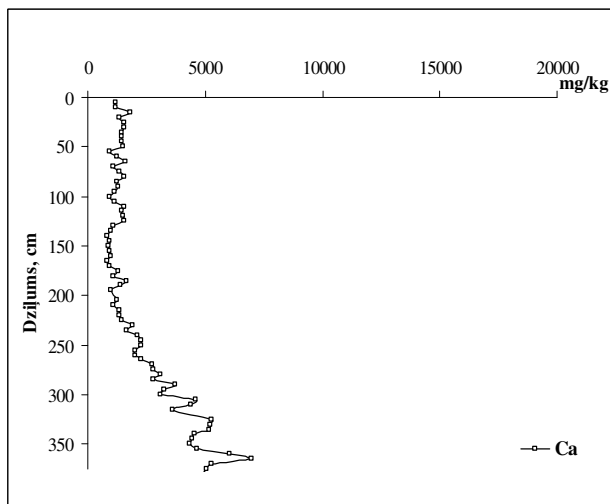


**E**



**F**

**3.36. attēls. K sadalījums Dzelves purva (A), Eipura purva (B), Tauresnes purva (C), Lielā Ķemeru tīreļa (D), Teiču purva (E) un Sudas purva (F) kūdras griezumos**



**D**

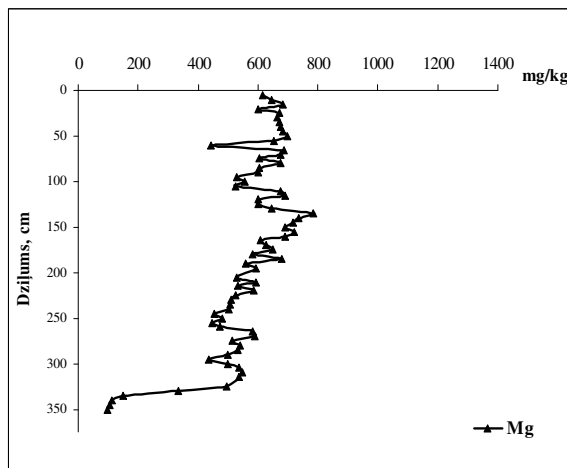
**E**

**F**

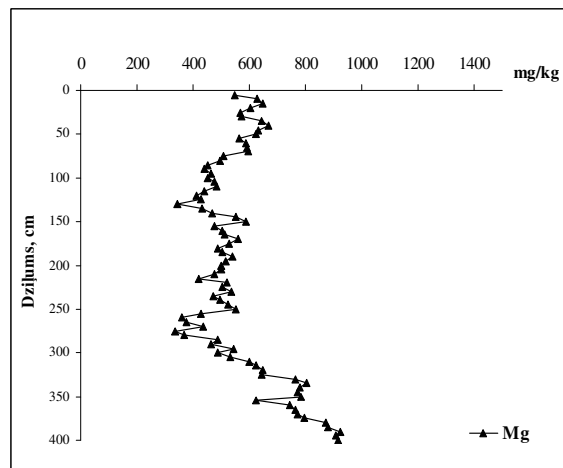
**3.37. attēls. Ca sadalījums Dzelve purva (A), Eipura purva (B), Taurenes purva (C), Lielā Ķemeru tīreļa (D), Teiču purva (E) un Sudas purva (F) kūdras griezumos**

Fe oksīdu ietekmi uz Ca akumulāciju pētāmo puvu kūdrā parāda arī korelācija starp Ca un Fe saturu dažādos kūdras slāņos visos pētītos purvos, izņemot Lielā Ķemeru tīreļa un Dzelves purva vidusdaļu un Taurenes purva dziļākos slāņus (3.43. attēls). Taurenes purva kūdrā Ca akumulācijas gaita kūdras kolonnā būtiski atšķiras no situācijas Dzelves un Eipura purvā (3.37. attēls C, A, B). Taurenes purvā Ca koncentrācija strauji pieaug, sākot ar 50 cm dziļumu, līdz ar koku-grīšļu kūdras uzkrāšanos un pēc tam būtiski nemainās. Tāpēc secināms, ka kūdras botāniskais sastāvs, kas atspoguļo arī purvu barošanas apstākļu maiņu, būtiski ietekmē Ca saturu kūdrā. Bet tas ir pretrunā A. Dammana (Damman, 1978) pētījuma rezultātiem, kuros Ca, Mg un P koncentrācijas izmaiņas tiek saistītas galvenokārt ar purva ūdens svārstību izmaiņām. Domājams, ka Ca izmaiņas kūdras virskārtā patiešām ietekmē ūdens līmeņa svārstības, bet dziļākajos slāņos to iespaido pārējie iepriekš minētie faktori. Nozīmīgs faktors, kas ietekmē Ca akumulāciju kūdras kolonnas dziļākos slāņos, ir gruntsūdens pieplūde un tās ķīmiskais sastāvs, jo īpaši Latvijā, jo Ca satur Latvijā izplatītie morēnu nogulumi.

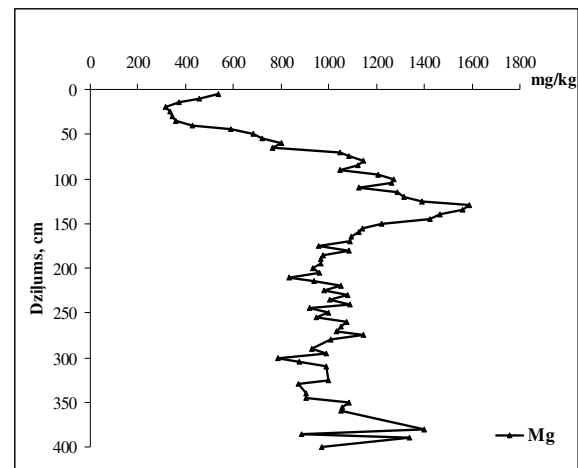
Nedaudz paaugstināta Mg (līdzīgi kā Ca) koncentrācija novērojama virsējā kūdras slānī, kur ir vairāk augu dzīvo šūnu (3.38. attēls), bet dziļākos slāņos elementa koncentrācija samazinās. Tas skaidrojams ar A. Dammana (Damman 1978) secinājumu, ka Mg ļoti strauji izskalojas no labi drenētu kupolu virsmas. Minētā likumsakarība ir novērota visos pētītos purvos, bet tikai atšķirīgos dziļumos. Lielajā Ķemeru tīrelī elementa koncentrācijas samazinājuma tendence ir konstatējama līdz 70 cm, Sudas purvā līdz 60 cm, Teiču purvā līdz 160 cm, bet Eipura purvā līdz 140 cm dziļumam. Eipura purvā pēc nelielas Mg koncentrācijas samazināšanās salīdzinājumā ar kūdras virskārtu tā koncentrācija pakāpeniski palielinās, pieaugot kūdras dziļumam, un šis pieaugums sakrīt ar augstā purva tipa kūdras nomainību uz pārejas un vēlāk uz zemā purva tipa kūdras. Mg koncentrācijas vērtības Eipura purvā svārstās ap 500 mg/kg. Augstākās koncentrācijas novērojamas arī slāņos, kas dziļāki par 370 cm – 772–926 mg/kg. Savādāk notiek, salīdzinot ar iepriekš aprakstītajiem purviem, Mg izkliede Taurenes purvā, kurā maksimālās Mg koncentrācijas 1589 mg/kg konstatētas 125–130 cm dziļumā un otra maksimālā vērtība (1401 mg/kg) 380 cm dziļumā jeb tuvu pie purva pamatnes. Minētā koncentrācija konstatēta koku kūdrā (3.9. attēls), un tā ir augstākā koncentrācija no visām pētījumā analizēto dažādo purvu kūdras slāņu koncentrācijām. Tas parāda, ka Mg uzkrājas koku kūdrā. Ca un Mg ir pieskaitāmi pie



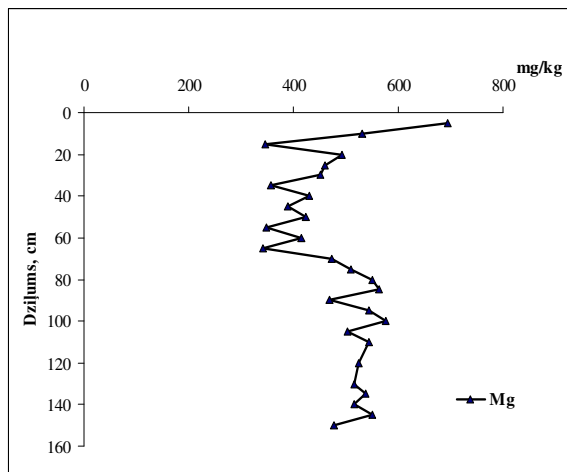
**A**



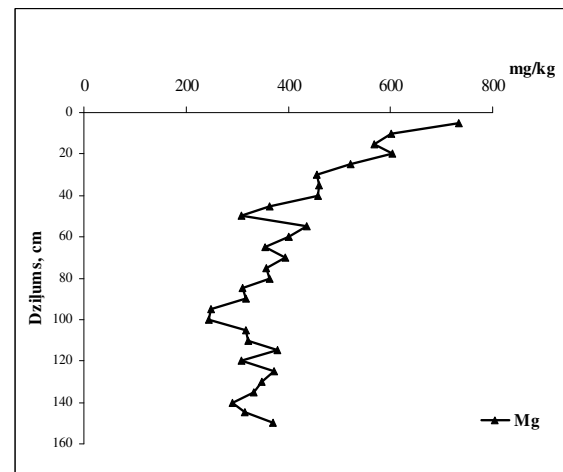
**B**



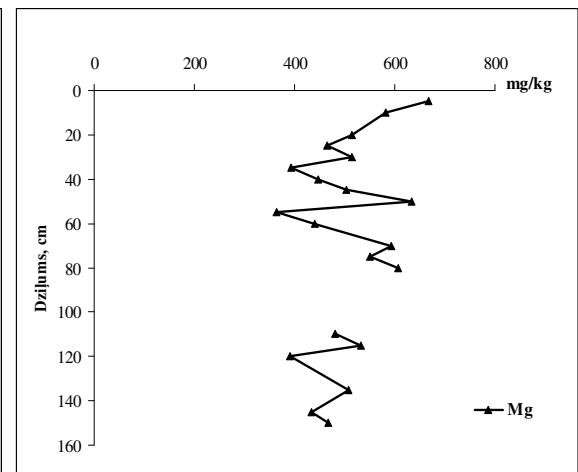
**C**



**D**



**E**



**F**

**3.38. attēls. Mg sadalījums Dzelves purva (A), Eipura purva (B), Taurenas purva (C), Lielā Ķemeru tīreļa (D), Teiču purva (E) un Sudas purva (F) kūdras griezumos**

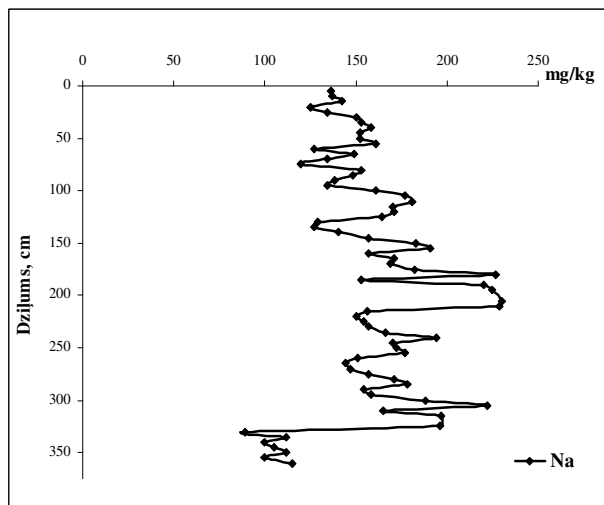


aktīvi migrējošiem katjoniem (Fortescue, 1985). Taurenes purva novietojums reljefa pazeminājumā īpaši sekmē minēto elementu nonākšanu purvu kūdrā ar gruntsūdeņiem gan attiecīgā slāņa veidošanās laikā, gan arī mūsdienās.

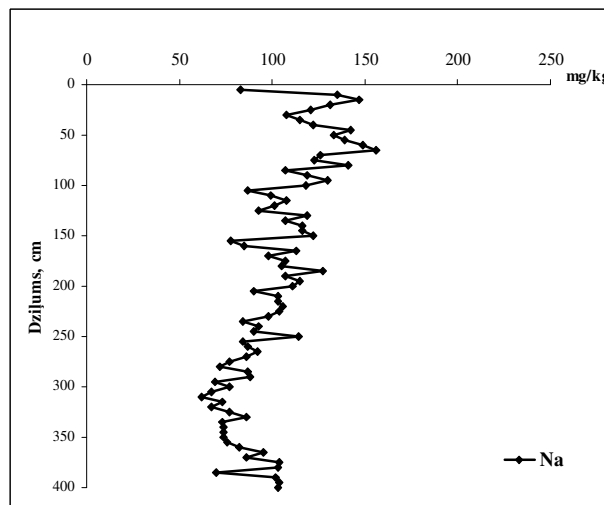
Līdz ar to Mg izplatības īpatnība kūdras augšējos slāņos vispirms saistāma ar magnija klātbūtni veģetācijas sastāvā, bet Mg koncentrācijas palielināšanās apakšējos slāņos – ar iespējamu gruntsūdeņu pieplūdi, kas Latvijas apstākļos ir visai bagāti ar magnija joniem, pieplūdi un botāniskā sastāva maiņu – apakšējie slāņi parasti ir ar lielāku zāļu-grīšļu-koku kūdras tipu īpatsvaru.

Kūdras kolonnas virsējos slāņos, līdzīgi kā K izklīdē, augstākas ir Na koncentrācijas (3.36., 3.39. attēls). Na loma vielu biogeoķīmiskajā apritē ir salīdzinoši mazāk pētīta, jo Na, pretēji Ca, Mg un K, nav primāri nepieciešams augiem. Na izplatība vidē reģionāli var tikt saistīta ar jūru gaisa masām. To daļēji parāda augstākās Na koncentrācijas kūdras virskārtā purvos, kas Latvijā ģeogrāfiski atrodas tuvāk Rīgas līcim (Lielais Ķemeru tīrelis, Eipura un Dzelves purvs), salīdzinot, piemēram, ar Teiču purvu (2.1. attēls), kas atrodas relatīvi tālāk no Baltijas jūras. Na koncentrācija nedaudz pieaug Eipura purvā 50–70 cm slānī, bet Lielajā Ķemeru tīrelī – sākot ar 80 cm. Domājams, ka Na uzkrāšanās novērojama zem vasaras ūdens līmeņa (Damman, 1978). Lai gan Na izcelsmes avoti ir atšķirīgi, kūdras virskārtā Na koncentrācijai ir novērojama korelācija ar vairākiem elementiem, tomēr elementu spektrs, ar kuru pētāmajam elementam ir cieša korelācija, dažādos purvos ir atšķirīgs (3.3.2. nodaļa, 3.43. attēls). Redzams, ka atšķirīgas ir arī Na koncentrācijas korelācijas ar citu elementu koncentrācijām, atsevišķi aplūkojot kūdras kolonnas vidējos un dziļākos slāņus.

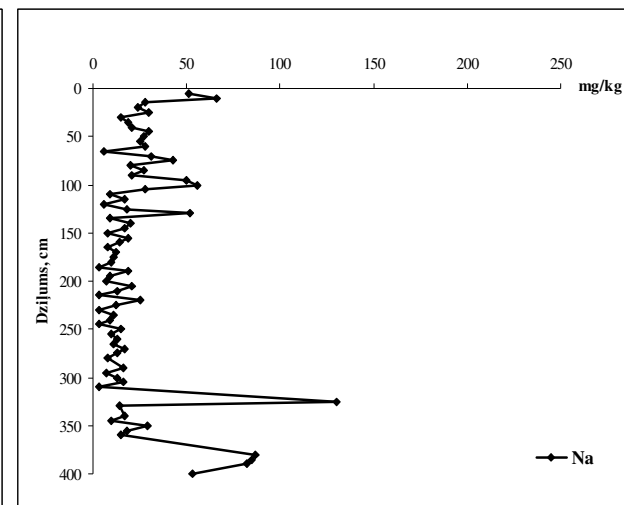
Fe koncentrācija pētītajās kūdras kolonnās, izņemot Taurenes purvu, vertikālā griezumā mainās līdzīgi Ca koncentrācijai (3.37., 3.40. attēls). To parāda jau iepriekš pieminētā ciešā savstarpējā korelācija starp Ca un Fe. Fe vērtības Dzelves purvā, Lielajā Ķemeru tīrelī, Teiču un Eipura purva virsējos kūdras slāņos 0–5 cm dziļumā ir apmēram divas reizes lielākas nekā 20–30 cm dziļos slāņos. Atsevišķi pētījumi citviet pasaulē minēto tendenci skaidro ar antropogēno faktoru ietekmi (Glooshenko, 1989). Tomēr pietiekami lielā Fe koncentrācijas atšķirība starp kūdras virskārtām Eipura purvā (717 mg/kg) un Dzelves purvā (316 mg/kg), lai gan purvi ģeogrāfiski atrodas relatīvi tuvu, vairāk liecina, ka nepiesārņotos vides apstākļos Fe daudzumu kūdrā nosaka kūdras sastāvs. Par to liecina arī purvu kūdras veidojošo augu ķīmiskās analīzes rezultāti (3.12. tabula) un atsevišķi pētījumi citviet pasaulē (Shotyk et al.,



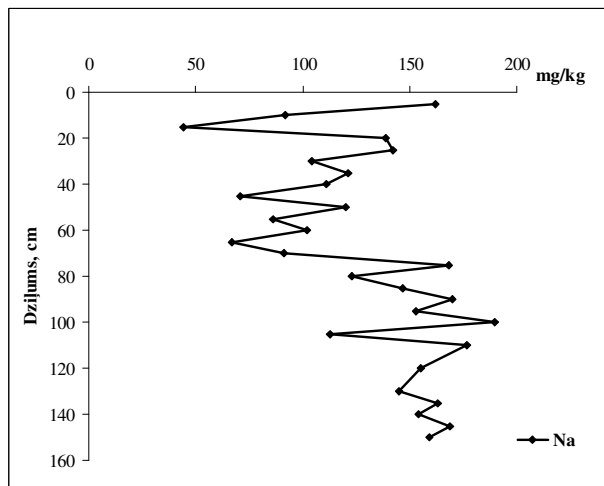
**A**



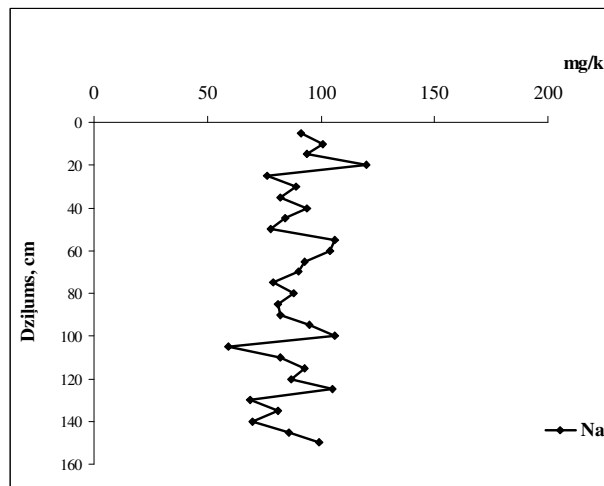
**B**



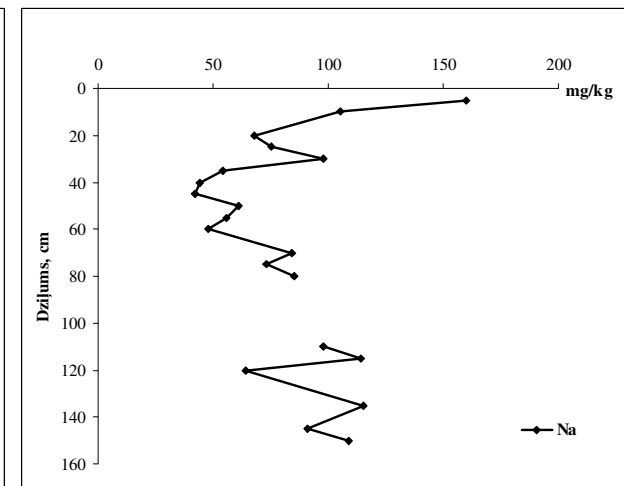
**C**



**D**

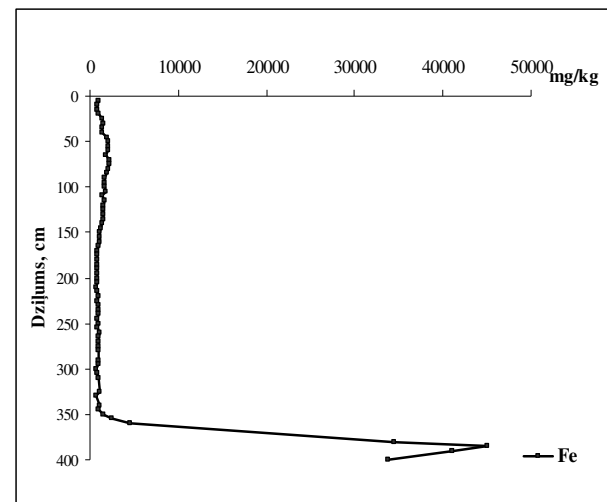
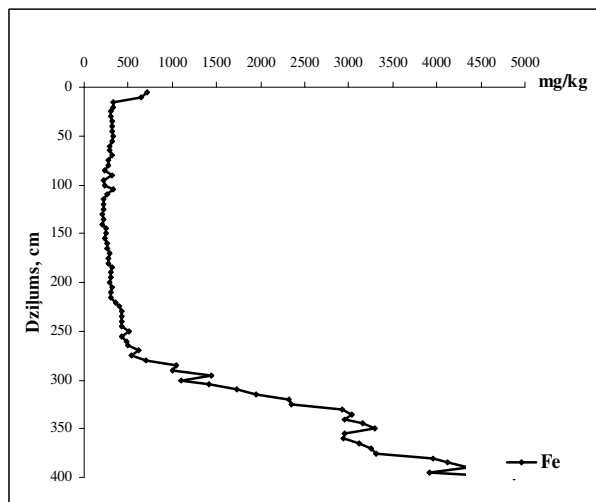
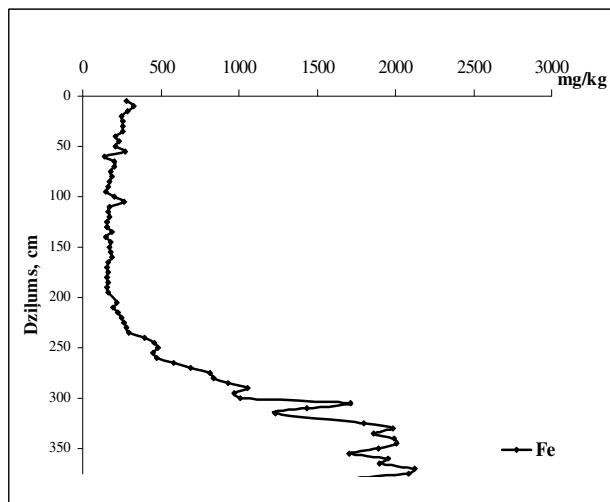


**E**

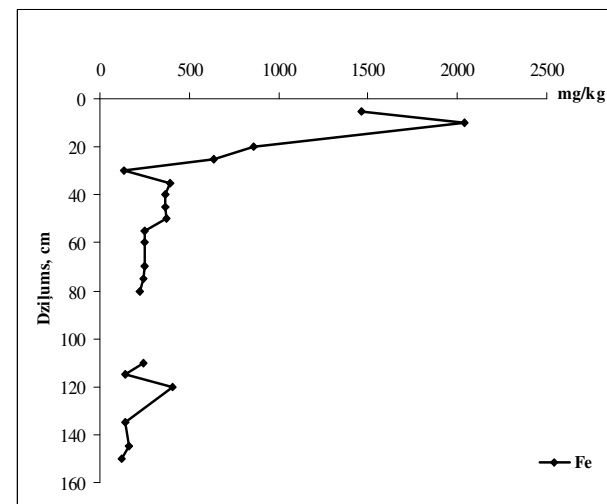
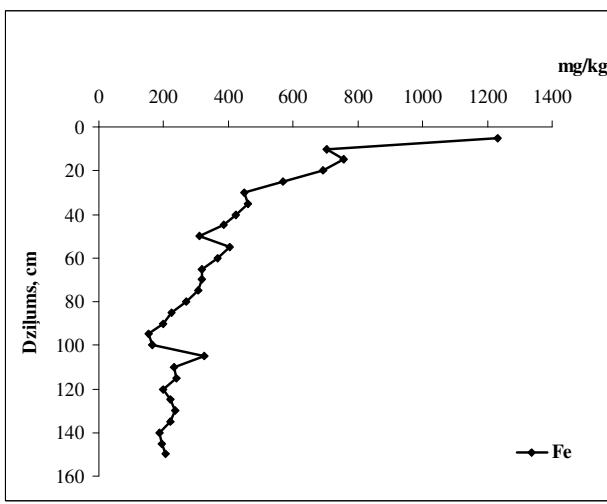
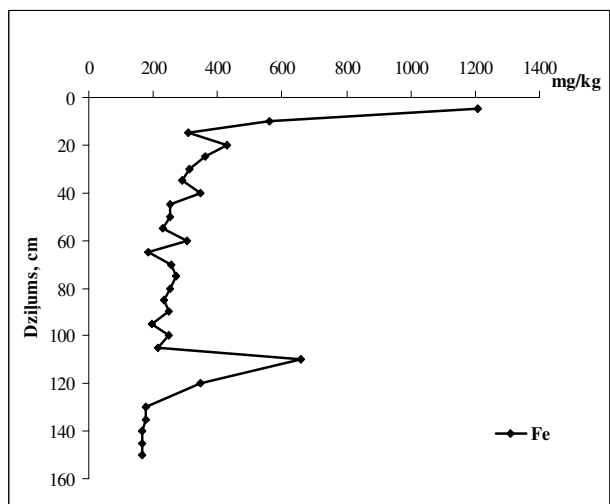


**F**

**3.39. attēls. Na sadalījums Dzelves purva (A), Eipura purva (B), Taurenas purva (C), Lielā Ķemeru tīreļa (D), Teiču purva (E) un Sudas purva (F) kūdras griezumos**



**A B C**

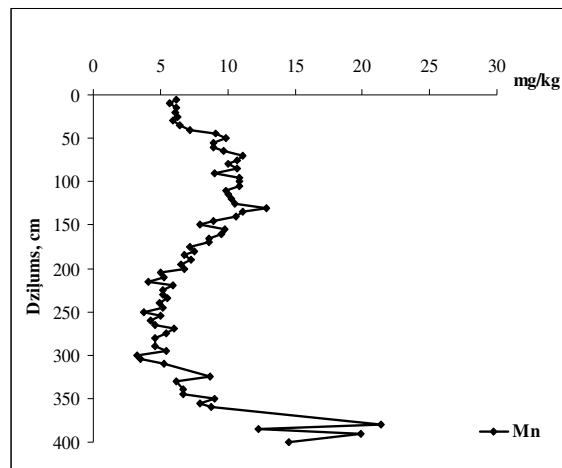
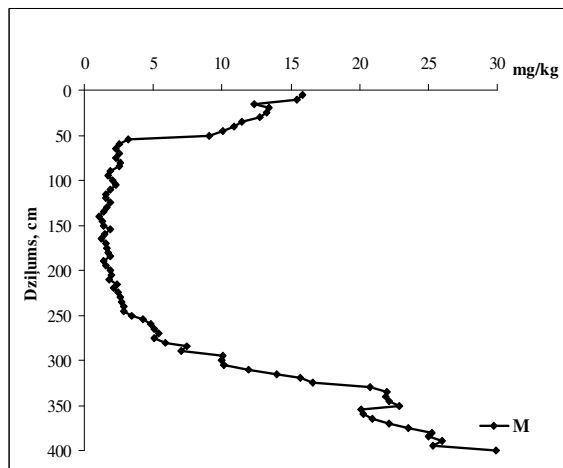
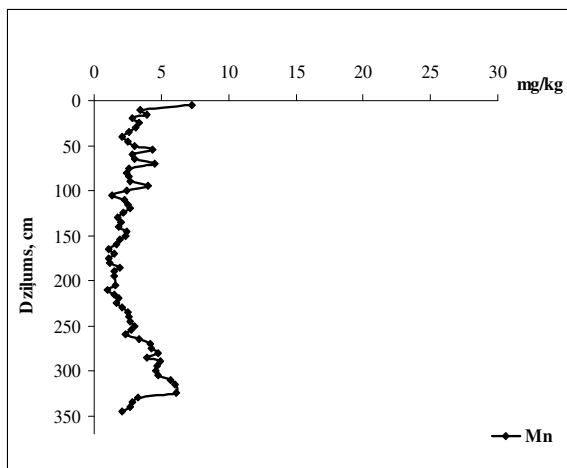


**D E F**

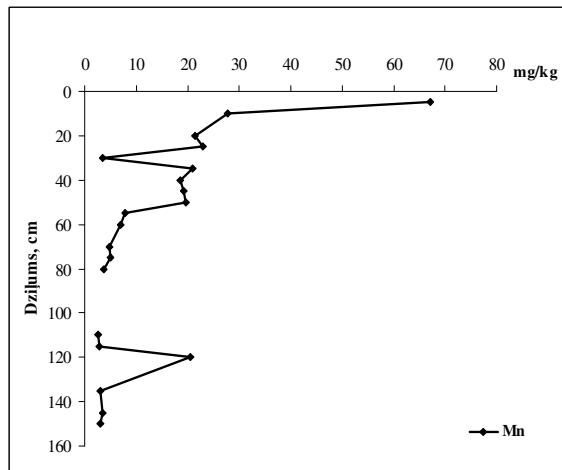
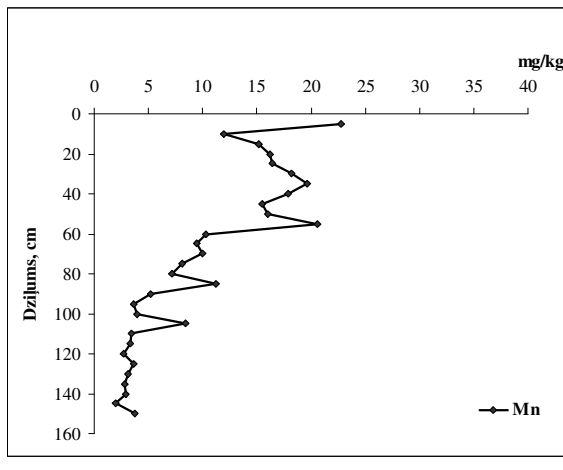
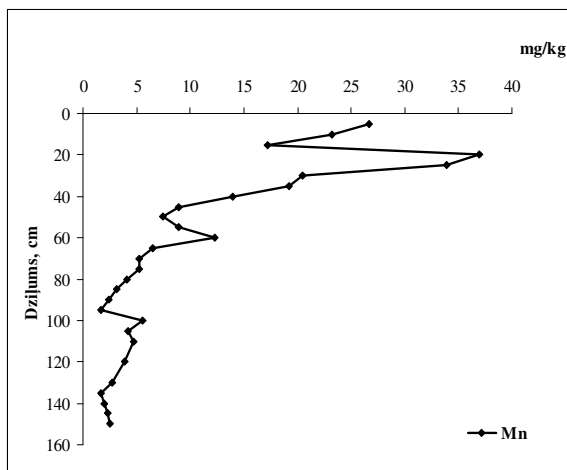
**3.40. attēls. Fe sadalījums Dzelves purva (A), Eipura purva (B), Taurenas purva (C), Lielā Ķemeru tīreļa (D), Teiču purva (E) un Sudas purva (F) kūdras griezumos**

2003). Tajā pašā laikā Sudas purvā virsējā 5 cm kūdras slānī Fe vērtības tomēr ir mazākas nekā dziļāk esošajā 5–10 cm slānī. Dziļākos slāņos (30–150 cm) Fe koncentrācijas Dzelves, Teiču, Sudas purvā un Lielajā Ķemeru tīrelī ir līdzīgas un svārstās 200–400 mg/kg robežās. Augstākās Fe koncentrācijas Dzelves un Eipura purvā ir kūdras dziļākos slāņos, tuvu pie purva pamatnes. Fe koncentrācija minētajos purvos pakāpeniski pieaug, sākot ar 250–270 cm lielu dziļumu. Šāda Fe uzkrāšanās dziļākos kūdras slāņos varētu liecināt par Fe migrāciju ar purva ūdeņiem no purvu pamatnes veidojošiem nogulumiem. Taurenes purvā nav novērojama šāda pakāpeniska Fe koncentrācijas palielināšanās līdz ar dziļuma pieaugumu, bet ir konstatēts ļoti straujš pieaugums starp 360 un 400 cm, sasniedzot augstāko koncentrāciju 68119 mg/kg 380–390 cm dziļumā. Šo augsto Fe koncentrāciju zāļu hipnu kūdrā iespējams skaidrot ar Fe migrāciju ar gruntsūdeņiem un akumulāciju purva dziļākos slāņos, pateicoties tā novietojumam nelielā ieplakā. Apkārtņē esošie fluvioglaciālie nogulumi sekmē dzelzs oksīdu izskalošanos un pārvietošanos ar gruntsūdeņiem. Taurenes purvā atšķiras arī Fe sastopamība augšējos 160 cm: Fe vērtības pieaug līdz 70 cm dziļumam un tikai tad sāk pakāpeniski samazināties, koncentrāciju svārstībām ap 900 mg/kg izlīdzinoties 160–300 cm dziļos slāņos.

Mn kūdras kolonnā novērojama strauja koncentrācijas samazināšanās virsējā 80 cm slānī, bet, sākot ar 200 cm dziļumu, konstatēts pakāpenisks tā pieaugums (3.41. attēls). Šāda Mn izkliedes gaita konstatēta visos pētītajos purvos, izņemot Taurenes purvu. Mangāna dioksīds anaerobos apstākļos reducēšanas reakciju rezultātā veido kustīgu katjonu, kurš, atšķirībā no dzelzs, izskalojas ne tikai no purva pastāvīgās anaerobās zonas, bet arī no ūdens līmeņa svārstību zonas (Damman, 1978), kas, piemēram, Lielajā Ķemeru tīrelī pētījuma vietā ir 15–45 cm dziļumā (LVGMC dati). Kā redzams 3.41. D attēlā, Mn koncentrācijas samazināšanās Lielajā Ķemeru tīrelī sākas no 20 cm, bet Fe koncentrācijas no kūdras virskārtas vai no 20 cm zonas (3.40. D attēls) būtiski nemainās. Mn saturs Dzelves purva virsējos kūdras slāņos ir zemāks nekā citos pētījuma purvos, tomēr arī šeit, slāņos, kas dziļāki par 20–30 cm, Mn koncentrācijas kļūst līdzīgas tām Mn koncentrācijām, kādas ir pārējo augsto purvu kūdrās, izņemot Taurenes purvu. Mn un citu ķīmisko elementu attiecības ir atšķirīgas gan purvos, gan arī kūdras slāņos (3.53. attēls). Tas apliecina, ka Mn uzkrāšanos kūdrā ietekmē ļoti daudz faktoru. Līdzīgi kā Ca ar Fe, arī Mn un Fe koncentrācijas kūdras kolonnā vairumā gadījumu uzrāda



A B C



D E F

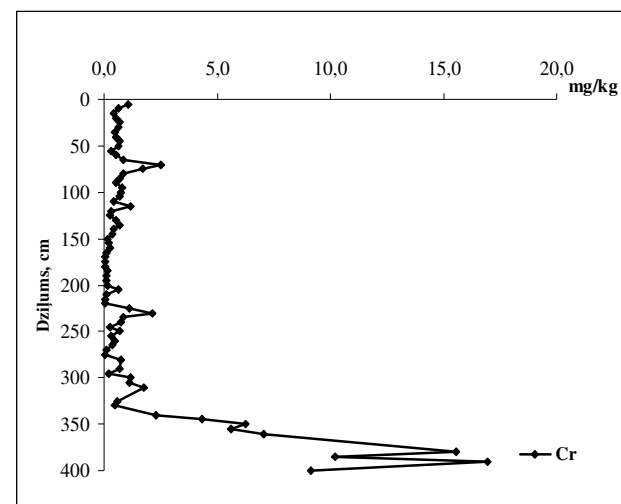
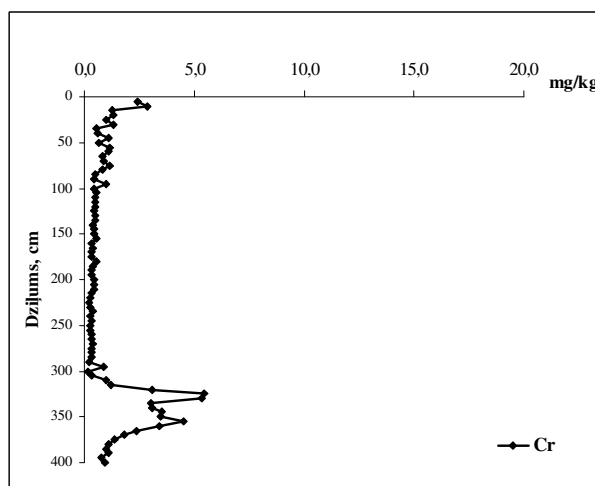
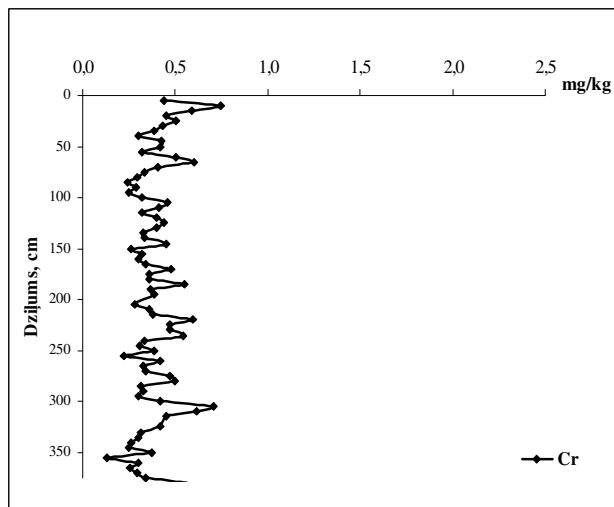
3.41. attēls. Mn sadalījums Dzelves purva (A), Eipura purva (B), Taurenes purva (C), Lielā Ķemeru tīreļa (D), Teiču purva (E) un Sudas purva (F) kūdras griezumos

savstarpēji ļoti ciešu korelāciju, kas apstiprina faktu, ka arī  $Mn^{2+}$ , tāpat kā  $Ca^{2+}$ , sorbējas uz dzelzs oksīdu virsmām (Syrovetnik et al., 2007). Taurenes purva kūdras kolonnā Mn koncentrācija pieaug ne tikai purva dziļākajos slāņos, bet arī tajos, kas atrodas zem ūdens līmeņa svārstības zonas, tas ir, starp 50 un 140 cm, kuru veido koku un koku zāļu kūdra. Tas liecina, ka, līdzīgi kā Ca, arī Mn var uzkrāties zemā purva tipa koku kūdrā ne tikai pie purva pamatnes, bet arī kolonnas vidusdaļā.

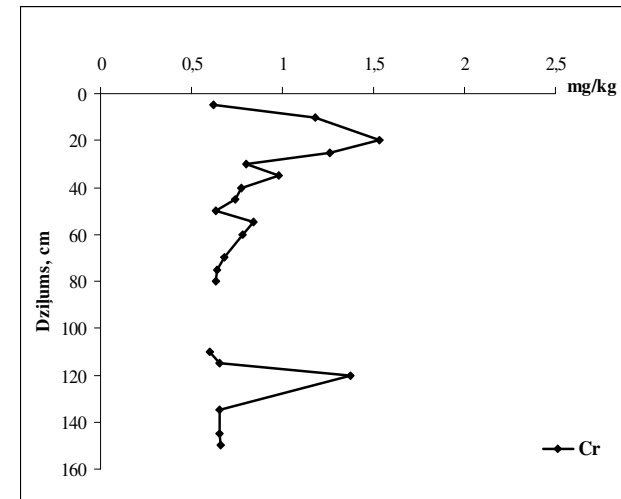
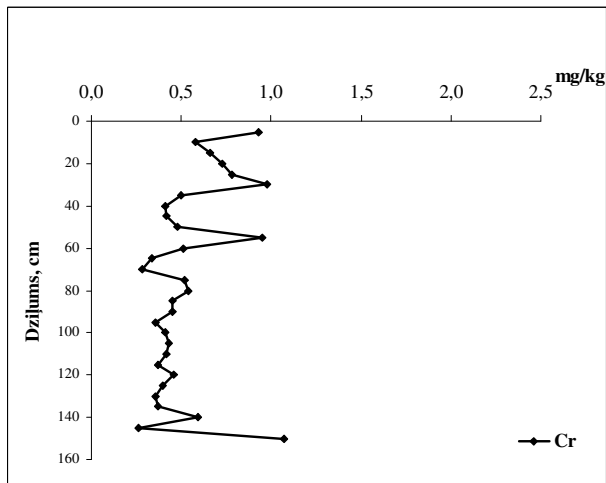
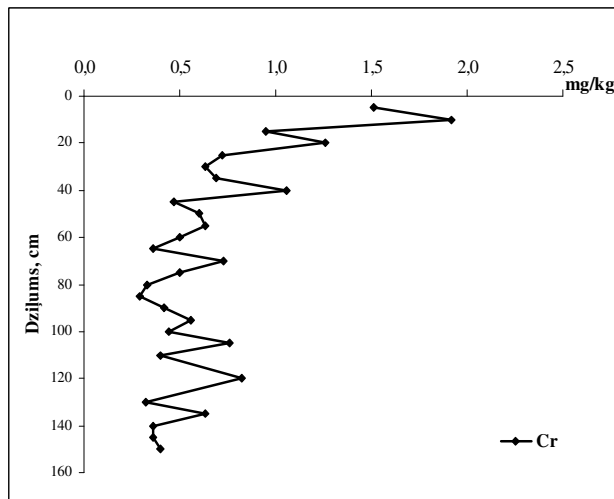
Pb, Cd, Zn, Ni, Cu, Co, Cr, Hg un As uzkrāšanos kūdrā daudzi pētnieki (Jensen, 1997; Damman, 1978; Dissanayake and Weerassoriya, 1981; Biester et al., 2001; Coggins et al., 2006; De Vleeshouer et al., 2007; Shotyk, 2000; Tērauda un Nikodemus, 2006) saista ar minēto elementu izsēšanos no atmosfēras.

Cr saturs kūdrā un tā mainība pasaulē ir relatīvi maz pētīta. Parasti tā pieaugumu sūnās saista ar industriālo darbību (Nikodemus et al., 2004). Cr koncentrācija virsējos pētītajos kūdras slāņos līdz 5 cm dziļumam svārstās no 0,93 līdz 1,08 mg/kg, bet līdz 150 cm dziļumam – no 0,6 līdz 1,51 mg/kg (3.42. attēls). Visaugstākā Cr koncentrācija konstatēta Taurenes purvā 385–390 cm dziļumā – 16,95 mg/kg. Virsējā 20 cm kūdras slānī augstākā koncentrācija, kas pārsniedz 1,5 mg/kg, ir Eipura, Lielā Ķemeru tīreļa un Sudas purvā. Tas parāda, ka Cr koncentrāciju kūdras virskārtā nosaka cilvēka industriālās darbības ietekme, jo augstāka Cr koncentrācija ir Rīgas apkārtnes purvos. Sākot ar 50 cm dziļumu, visos purvos, izņemot atsevišķus slāņus Teiču, Sudas un Taurenes purvā, Cr koncentrācija svārstās ap 0,5 mg/kg. Tas liecina, ka kūdras sastāva maiņa Cr saturu kūdrā būtiski neietekmē. Strauji Cr saturs pieaug Taurenes purvā 310 cm dziļumā. Eipura un Taurenes purvā Cr koncentrācijas nozīmīgs pieaugums konstatēts zemā tipa kūdrā (koku kūdra, grīšļu-hipnu kūdra, 3.6., 3.9. attēls), un līdz ar to var uzskatīt, ka novērotais būtiskais Cr satura pieaugums saistīts ar tā ienesi ar gruntsūdeņiem. Minētā likumsakarība nav tik izteikta Dzelves purvā, kurš salīdzinājumā ar Eipura un Taurenes purvu nav veidojies ieplakā.

Pb izplatībā pētītajos purvos skaidri novērojamas paaugstinātas koncentrācijas kūdras nogulumu augšējos slāņos un būtiska koncentrāciju samazināšanās slāņos, kas dziļāki par 60 cm (3.43. attēls). Maksimāli augstākā Pb koncentrācija konstatēta Sudas purvā – 36,6 mg/kg. Augsta Pb koncentrācija (30,01 mg/kg) noteikta arī Eipura purvā apmēram 60 gadus vecos kūdras paraugos 0–10 cm dziļumā. Vienlaikus pētījums rāda, ka atsevišķos purvos (Sudas un Teiču purvā) virsējais kūdras slānis satur nedaudz mazāk Pb nekā dziļāk esošie kūdras slāņi. No vienas puses, tas varētu liecināt par svina izsēšanos no atmosfēras samazināšanos Latvijā pēdējos divdesmit gados (Nikodemus u. c., 2003).

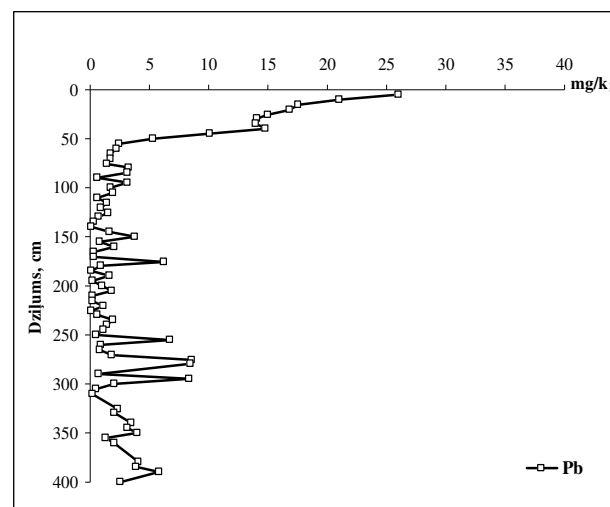
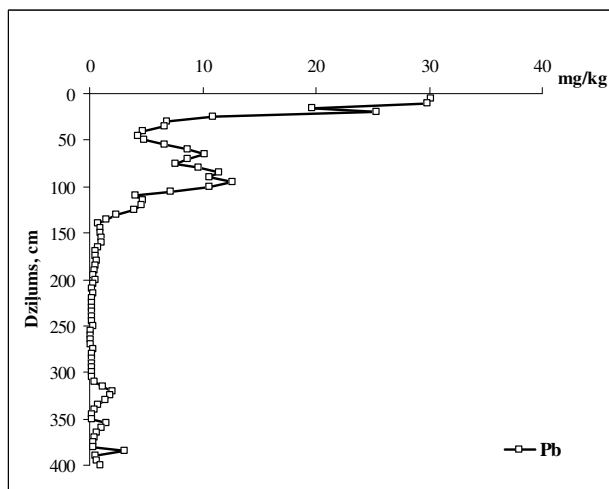
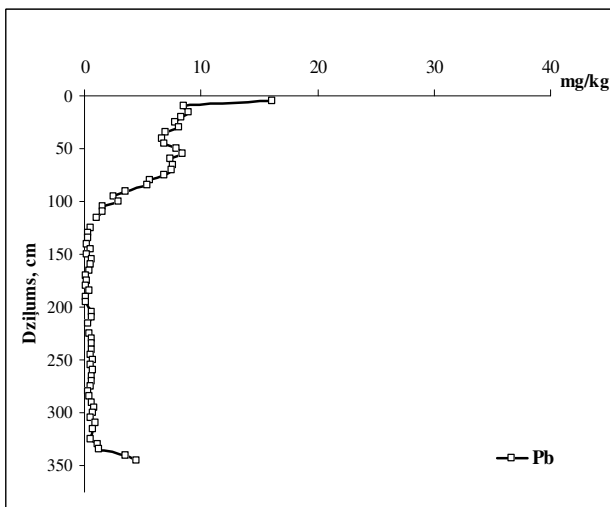


A B C

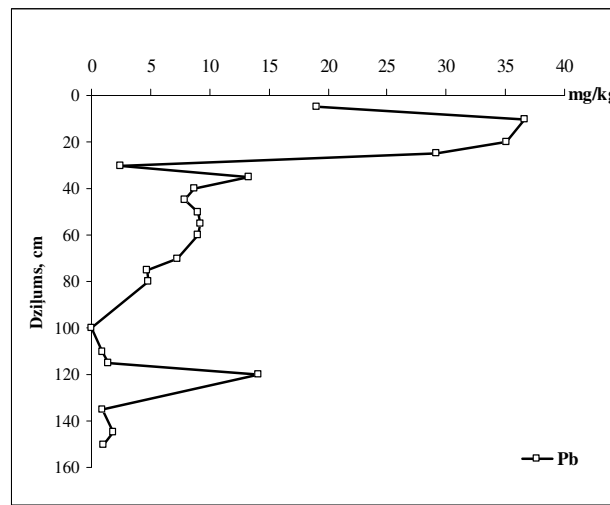
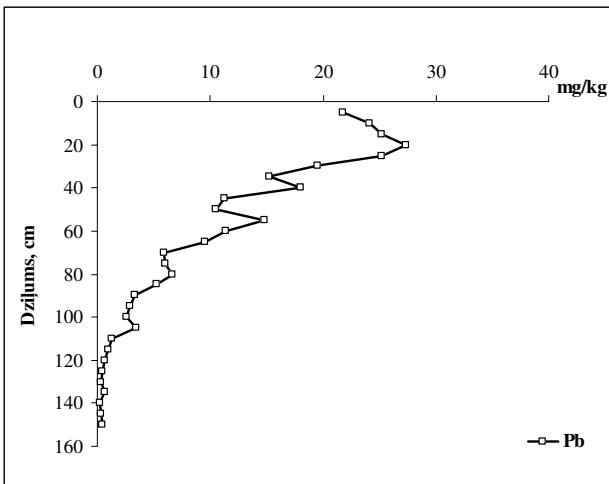
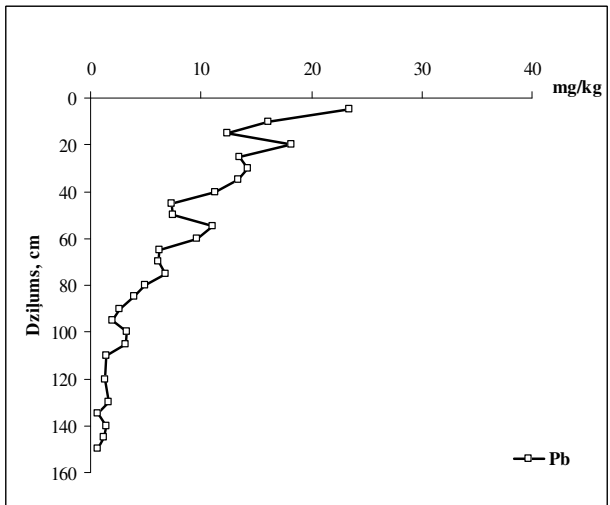


D E F

3.42. attēls. Cr sadalījums Dzelves purva (A), Eipura purva (B), Taurenes purva (C), Lielā Ķemeru tīreļa (D), Teiču purva (E) un Sudas purva (F) kūdras griezumās



**A B C**



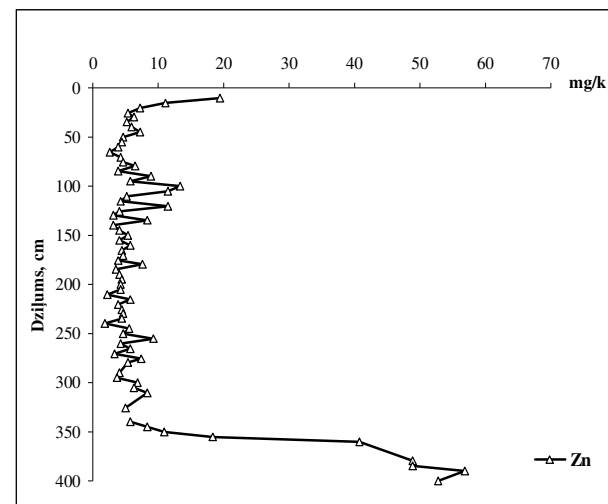
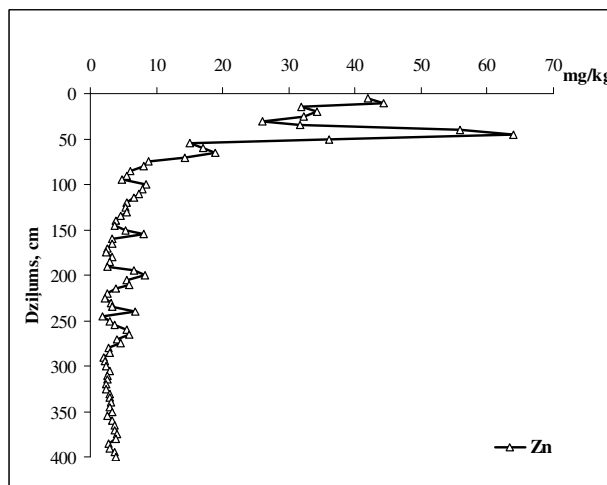
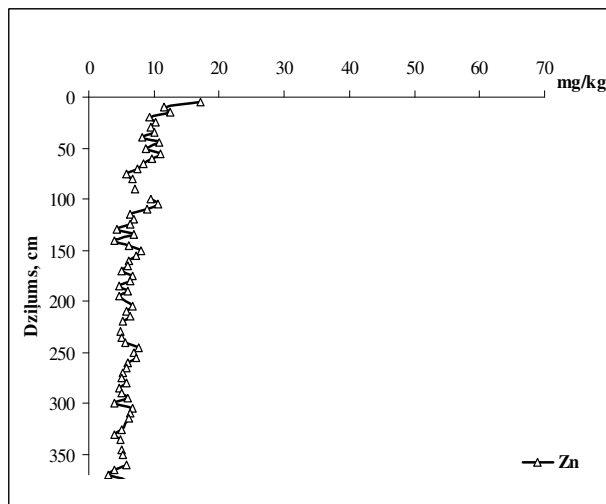
**D E F**

**3.43. attēls. Pb sadalījums Dzelves purva (A), Eipura purva (B), Taurenes purva (C), Lielā Ķemeru tīreļa (D), Teiču purva (E) un Sudas purva (F) kūdras griezumos**

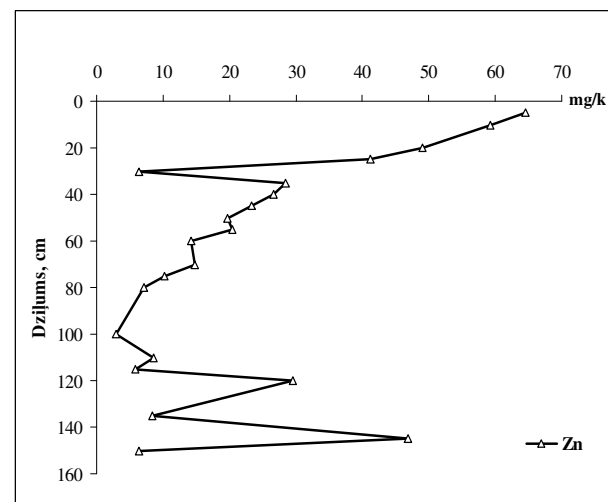
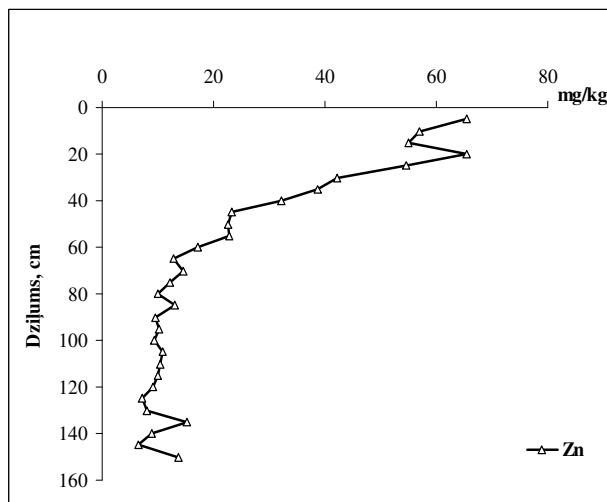
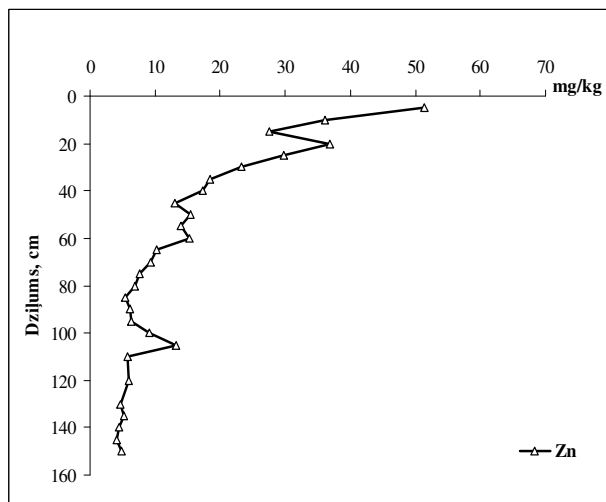


Dānijā maksimālā Pb, Hg, As uzkrāšanās kūdrā tiek datēta ar 1954. gadu, bet pēc tam koncentrācija kūdrā samazinās (Shotyk et al., 2003). Līdzīgi novērojumi, izmantojot sūnas, veikti arī Lielbritānijā (Shobolt et al., 2007). Tomēr pašreiz šādi nevar nepārprotami interpretēt Pb koncentrācijas samazināšanos virsējos kūdras slāņos Latvijā, jo visos purvos minētā tendence nav novērojama. Pēc absolūtiem skaitļiem savā starpā salīdzinot Pb koncentrāciju kūdras kolonnas virsējos slāņos, redzams, ka tā mainās robežās no 16,8 g/kg Dzelves purvā līdz 30,1 mg/kg Eipura purvā. Relatīvi augsto Pb koncentrāciju Eipurā varam skaidrot ar Rīgas un tās piesārņojuma avotu ietekmi. 20./21. gs. strauji samazinoties reģionālam piesārņojuma līmenim, samazinās arī Pb izsēšanās no atmosfēras, kas atbilstoši atspoguļojās Pb koncentrācijas izmaiņā kūdras kolonnā. Kopumā visiem pētītajiem purviem Pb koncentrācijas samazināšanās novērojama līdz 1 m dziļumam. Lielākās koncentrācijas (piemēram, Eipura purvā) ir virsējos 10 cm, kas veidojušies aptuveni pēdējo 40 gadu laikā, kad Latvijā bija visaugstākais atmosfēras piesārņojums, kas, ņemot vērā kūdras slāņa ikgadējo pieaugumu, atbilst pēdējiem 450 gadiem.. Pētījums rāda, ka, līdzīgi kā citās valstīs (Martinez-Cortizas et al., 2002; Shotyk 2000), Pb saturs kūdras nogulumos visai precīzi atbilst Pb antropogēno emisiju mainībai, bet to koncentrāciju kūdrā ietekmē arī citi faktori, to skaitā kūdras sastāvs un ūdens plūsmas purvā. Ar kūdras sastāva izmaiņām var skaidrot Pb koncentrācijas pieaugumu Taurenes purvā 100–150 cm un 250–300 cm dziļos kūdras slāņos. Pb izklidē (līdzīgi kā turpmāk aprakstītā Zn izklidē) visos pētījuma purvos pēc Pb koncentrācijas ievērojamas samazināšanās zīmīgi izdalās atkārtots Pb koncentrācijas pieaugums apmēram 50–70 cm dziļumā. Relatīvi ar svinu visnepiesārņotākie ir Teiču un Dzelves purva nogulumu, bet skaitliski viszemākās Pb koncentrācijas 0,2–0,3 mg/kg noteiktas Eipura purva 205–305 cm dziļajos kūdras slāņos. Tā kā Taurenes purvs atrodas Taurenes integrālā monitoringa stacijā, kur notiek visaptveroša piesārņojuma izsēšanās kontrole (Tērauda, 2008), var pieņemt, ka Pb koncentrācija 3,58 mg/kg *Sph. magellanicum* sūnā (3.12. tabula) un 26,01 mg/kg kūdras kolonnas virsējā slānī raksturo 11,7 g/ha Pb izsēšanās ar nokrišņiem gada laikā. Tomēr, lai varētu minēto izvirzīto tēzi apstiprināt, nepieciešams veikt detalizētākus pētījumus.

Visos pētītajos purvos kūdras virskārtā Pb koncentrācijai novērojama ir ļoti cieša korelācija ar Zn saturu kūdras kolonnas slāņos (3.43., 3.44. attēls). Augstākā Zn koncentrācija visos purvos, izņemot Eipura un Teiču purvu, ir virsējā slānī. Augstākā Zn koncentrācija ir Sudas (64,5 mg/kg) un Teiču purvā (65,5 mg/kg), kā arī Eipura purva 60–70 cm dziļā kūdras slānī. Vērtējot Rīgas apkārtnes purvu



**A B C**

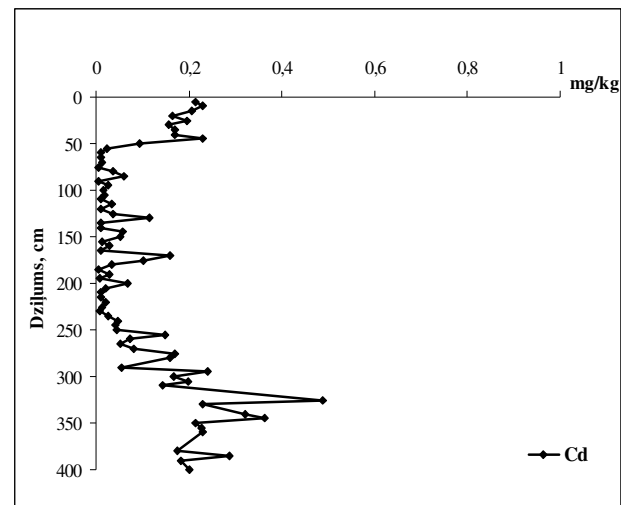
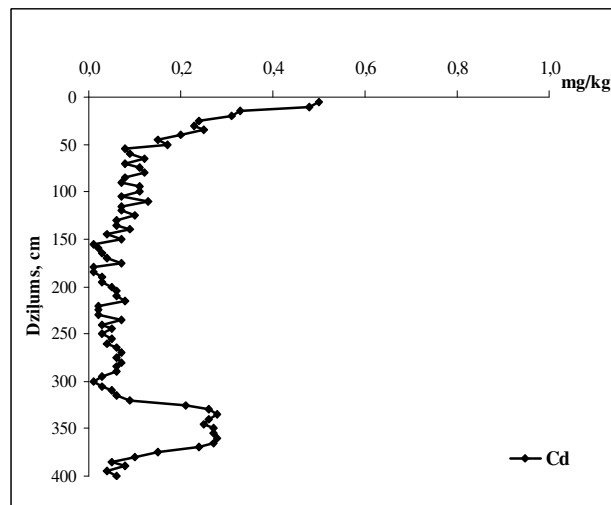
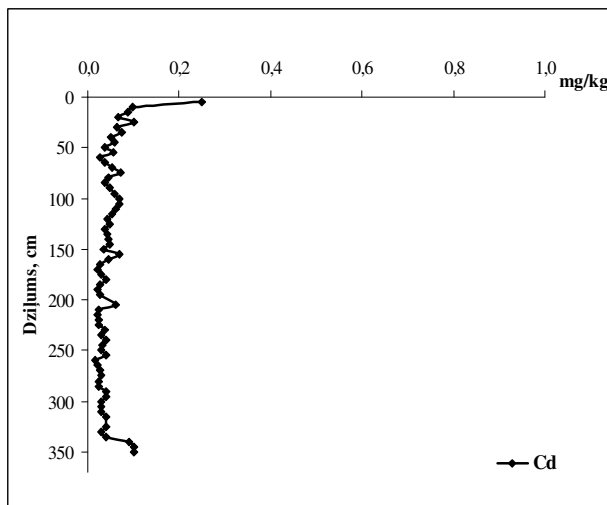


**D E F**

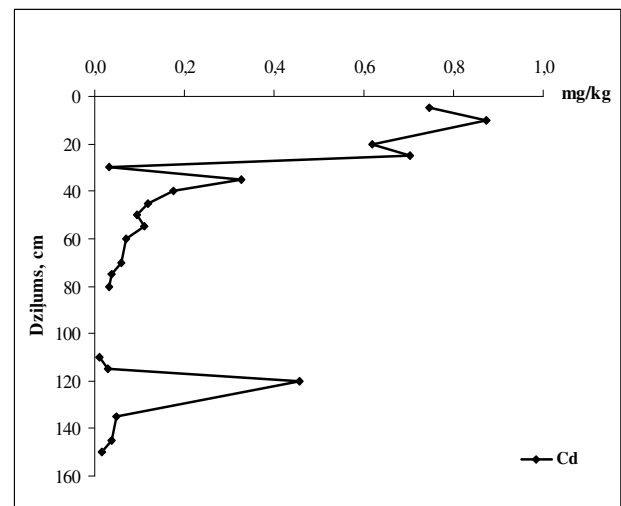
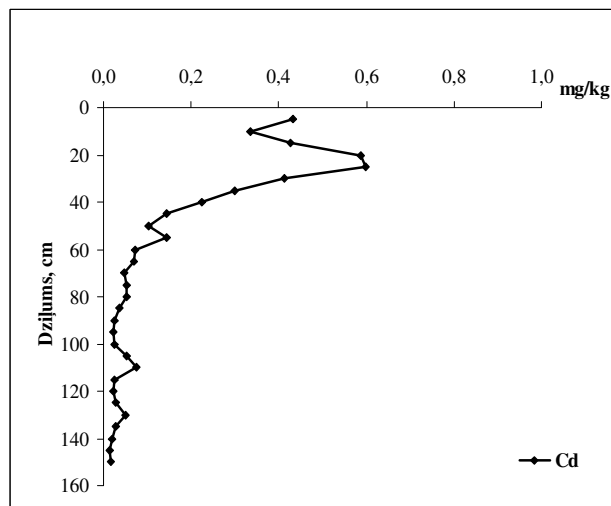
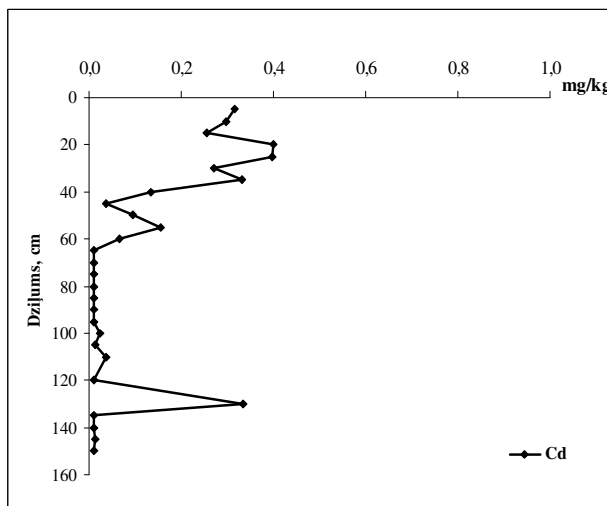
**3.44. attēls. Zn sadalījums Dzelves purva (A), Eipura purva (B), Tauresnes purva (C), Lielā Ķemeru tīreļa (D), Teiču purva (E) un Sudas purva (F) kūdras griezumos**

(Dzelves, Eipura, Sudas purva un Lielā Ķemeru tīreļa) virsējo slāņu ķīmisko sastāvu, redzams, ka Zn koncentrācija šajos purvos būtiski atšķiras. Zemāka Zn koncentrācija kūdras virskārtā ir Taurenes un Dzelves purvā (vidēji 20 mg/kg mg/kg). Pētītajos purvos Zn koncentrācija vertikālā griezumā kopumā samazinās līdzīgi Pb koncentrācijai, tomēr atsevišķos gadījumos Zn saturā pa slāņiem ir novērojamas krasas svārstības. Piemēram, Eipura purvā augstākā Zn koncentrācija (mg/kg) ir 50–60 cm kūdras slānī, kuru veido *Sph. fuscum* kūdra un kura būtiski neatšķiras no seklāk un dziļāk esošiem kūdras slāņiem. Teiču purvā nedaudz paaugstināta koncentrācija, salīdzinot ar virsējo slāni, ir 20–25 cm dziļā kūdras slānī. Kā atzīmē A. Damman (Damman, 1978), Zn ūdens līmeņa svārstības zonā var reducēties par nešķīstošu ZnS. Pie zemākiem ūdens līmeņiem sulfīdjons oksidējas par sulfātjonu un Zn kļūst kustīgs. Tas veicina Zn izskalošanos no kūdras, vēl pirms tas nokļūst pastāvīgi anaerobajā zonā. Pamatojoties uz iepriekš minēto pētījumu rezultātiem, var pieņemt, ka Zn koncentrācijas nevienmērīgo dabu nosaka ūdens līmeņa svārstības purvā un ar to saistītā ķīmiskā elementa pārvērtības, migrācija un akumulācija. Taurenes purvā augstākā Zn koncentrācija konstatēta purva dziļākos slāņos, kur kūdra saskaras ar purva pamatni. Nevienā no citiem pētītajiem purviem šāds Zn koncentrācijas pieaugums purva dziļākos slāņos nav ticis konstatēts. To neuzrāda arī kūdras izpēte Sudas purvā un Lielajā Ķemera tīrelī, kur Zn koncentrācija bija zemāka par 10 mg/kg. Līdz ar to domājams, ka augsto Zn koncentrāciju kūdras dziļākos slāņos nosaka Taurenes purva lokālie ģeomorfoloģiskie apstākļi un tā novietojums relatīvi dziļā un nelielā ieplakā, un tas sekmē Zn un citu metālu migrāciju ar gruntsūdeņiem no apkārtējās teritorijas.

Visos pētījuma purvos augšējos kūdras slāņos apmēram līdz 60 cm dziļumam konstatētas augstākas Cd koncentrācijas nekā dziļāk esošos slāņos (3.45. attēls). Cd līdzīgi kā Pb un Zn uzkrāšanās kūdras kolonnā tiek saistīta ar cilvēka saimniecisko darbību. Tas arī nosaka, ka kūdras virsējā slānī Cd ir relatīvi vairāk, salīdzinot ar kolonnas vidējo un apakšējo daļu. Visaugstākā koncentrācija konstatēta Sudas purvā 10–20 cm dziļumā, kur tā sasniedz 0,84 mg/kg, bet otra augstākā ir Teiču purvā 20–25 cm dziļumā, kur tā sasniedz 0,6 mg/kg. Pētīto purvu kūdras virsējos slāņos Cd koncentrācija būtiski neatšķiras. Tas liecina, ka purvu tuvumā nav bijis nozīmīgs lokāls Cd piesārņojuma avots.



A B C

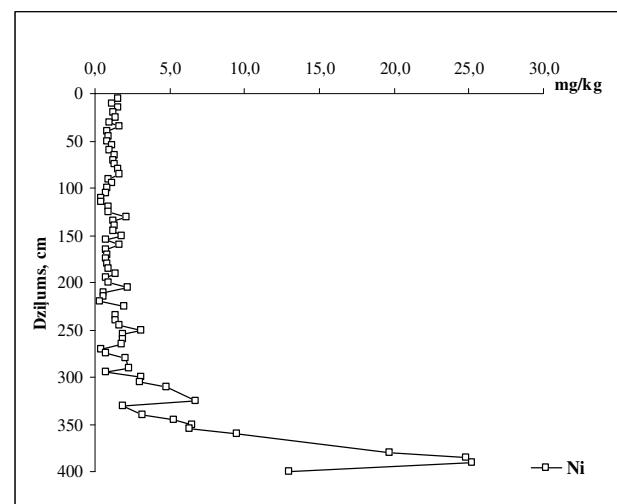
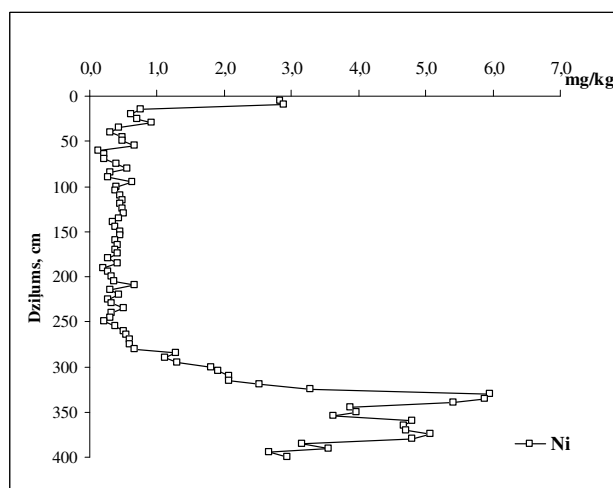
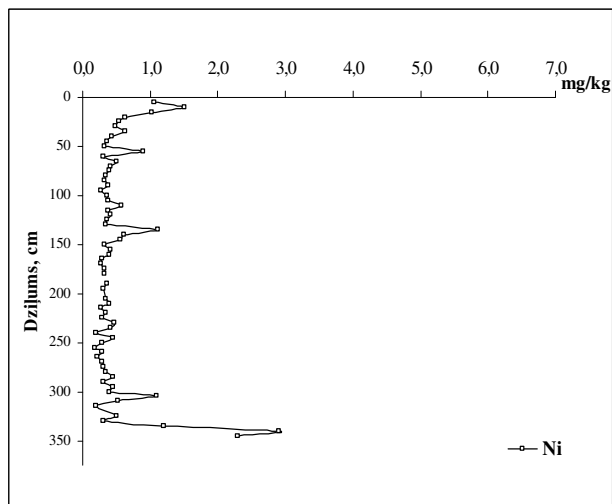


D E F

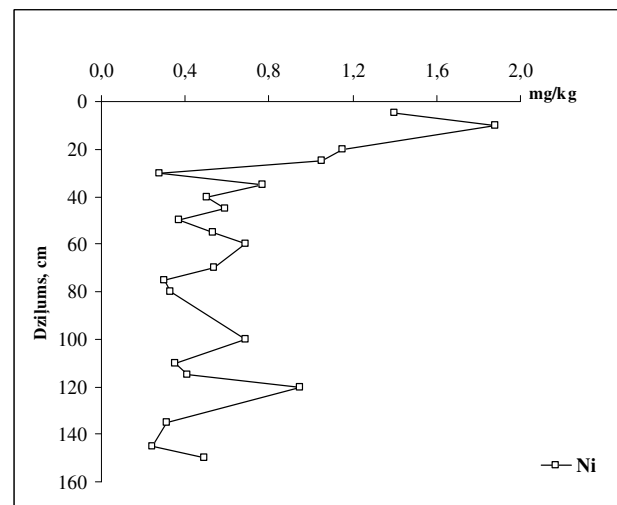
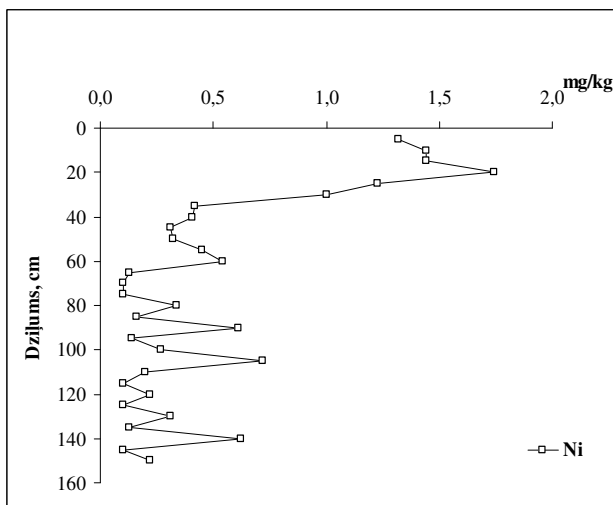
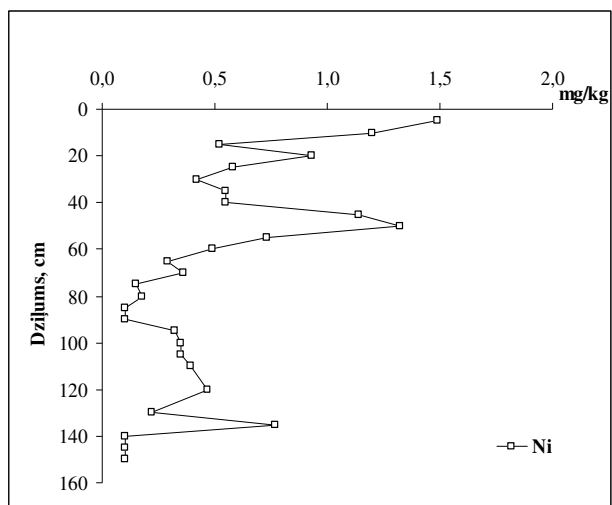
3.45. attēls. Cd sadalījums Dzelves purva (A), Eipura purva (B), Taurenas purva (C), Lielā Ķemeru tīreļa (D), Teiču purva (E) un Sudas purva (F) kūdras griezumās

Purvu pētījumi rāda, ka *Sph. magellanicum* sūnas Lielajā Ķemeru tīrelī satur 0,13 mg/kg Cd, bet Taurenes purvā attiecīgi 0,20 mg/kg Cd (3.12. tabula). Salīdzinot iegūtos sūnu analīzes datus ar kūdras virskārtas datiem, redzams smago metālu akumulācijas efekts un tas, ka kūdras virskārta satur divas reizes vairāk minētā elementa nekā augu atliekās dominējošā sfagnu sūna. Cd tāpat kā Pb un Zn koncentrācija strauji samazinās dziļākos kūdras slāņos. Līdzīgi kā Īrijā (Coggins et al., 2006) un citviet Eiropā, nozīmīgākais Cd koncentrācijas pieaugums arī Latvijā sākās pēc Otrā pasaules kara. Pb un Cd ir starp tiem pētītajiem elementiem, kuri dabiskā veidā Latvijā tikpat kā nav sastopami Latvijas kvartāra segas nogulumos un minerālaugsnēs, tāpēc Cd un Pb koncentrācija nepalielinās zemā purva kūdrā, izņemot atsevišķus slāņus Taurenes (Pb) un Eipura purvā (Cd). Pašlaik, balstoties uz apskatīto literatūru, kā arī analizējot dažādus iespējamus faktoros, nevar precīzi noteikt minēto elementu koncentrācijas pieauguma cēloņus atsevišķos purvos kūdras kolonnas dziļākos slāņos.

Ni arī ir viens no smagajiem metāliem, kas izsēžas no atmosfēras vides piesārņojuma dēļ (kurš rodas, piemēram, dedzinot naftas produktus), un tāpēc ir paaugstināta Ni koncentrācija kūdras kolonnas virsējos slāņos (3.46. attēls). Latvijā pētītajos purvos visaugstākā Ni koncentrācija konstatēta Eipura purvā, kur purva virskārtā tā sasniedz 3,0 mg/kg. Citos purvos tā ir no 1,0 līdz 2,0 mg/kg. Salīdzinot ar Pb, Zn un Cd, Ni koncentrācija vertikāli samazinās straujāk. No vienas puses, tas varētu liecināt, ka Ni piesārņojums lielos daudzumos atmosfērā nonācis relatīvi vēlāk nekā Pb, Zn un Cd, jo naftas produktus apkurē vēsturiski sāka izmantot daudz vēlāk nekā akmeņogles un svinu saturošu degvielu autotransportā. Ni koncentrācijai ir raksturīga tendence strauji palielināties slāņos, kas dziļāki par 3 m, kur uzkrāšanās notikusi zāļu-hipnu kūdrā Taurenes un Eipura purvā. Pie purva pamatnes metāla koncentrācija samazinās. Ni augsnē labi migrē  $\text{Ni}^{2+}$  katjonu formā, tāpēc ir paaugstināts Ni daudzums purva slāņos, kas savulaik barojušies ar gruntsūdeņiem. Uz antropogēnu faktoru ietekmi norāda paaugstinātā Ni koncentrācija Sudas, Teiču, Eipura purva un Lielā Ķemeru tīreļa kūdras virsējos slāņos. Turpretī niķeļa izplatību var skaidrot ne tikai ar antropogēniem, bet arī ar dabiskiem procesiem, jo niķelis ir saistīts arī ar pamatiežu dēdēšanas procesiem. Fe un Ni klātbūtni dziļākos slāņos bieži veicina ieskalošanās procesi no minerālaugsnēm. Līdzīga uzkrāšanās gaita kā Ni kūdras kolonnā ir Cu. Izņemot Taurenes purvu, Cu, salīdzinot ar kolonnas vidusdaļu, nedaudz augstākā koncentrācijā sastopams kūdras kolonnas virskārtā (0–30 cm dziļumā). Nozīmīgs Cu satura pieaugums konstatēts kūdras dziļākajos slāņos (3.47. attēls). Uzskata, ka Cu labi sorbējas uz

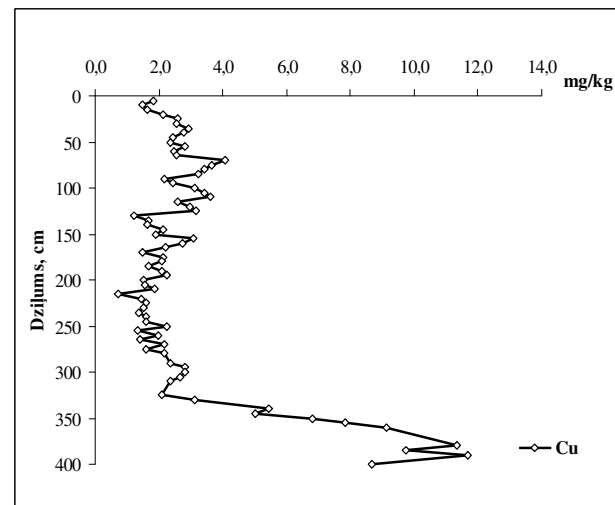
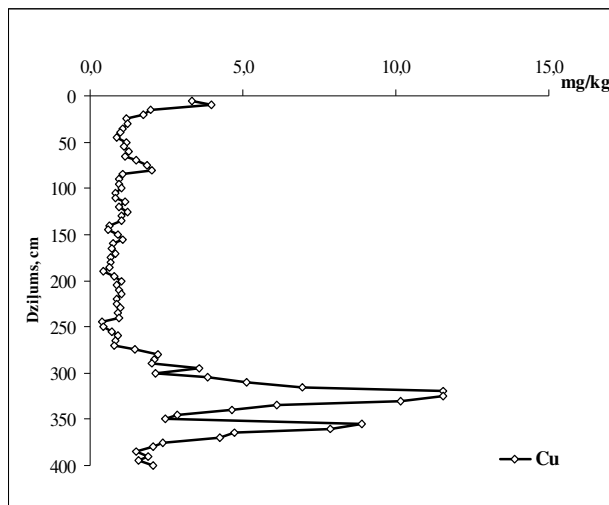
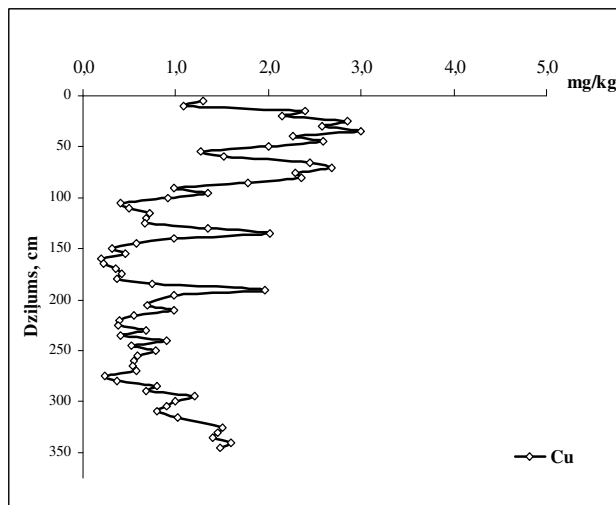


ABC

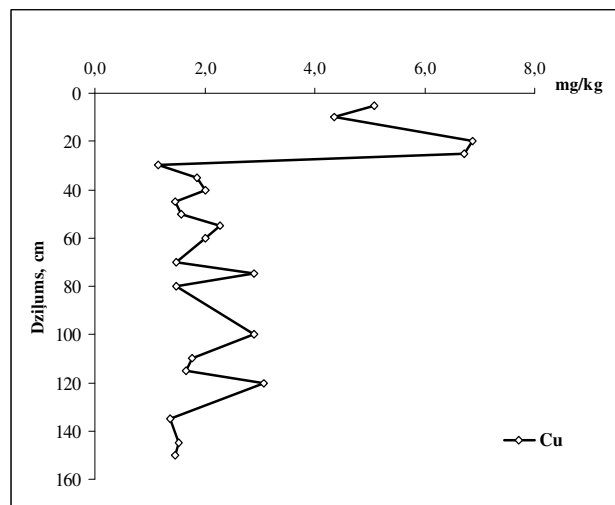
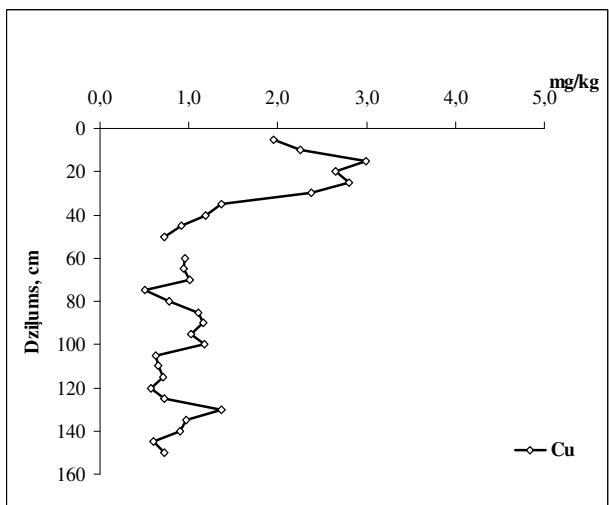
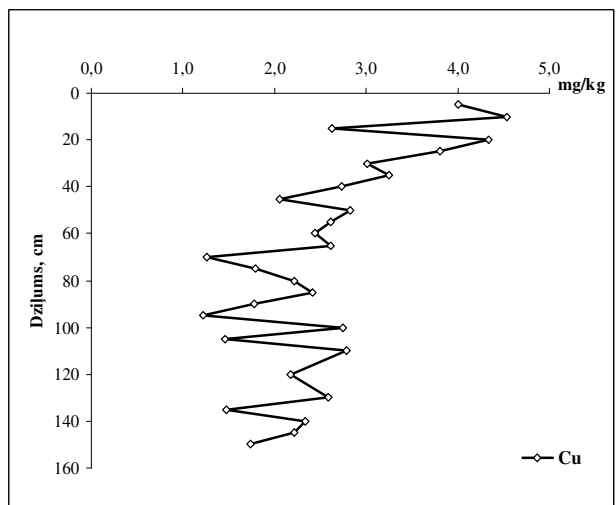


DEF

3.46. attēls. Ni sadalījums Dzelves purva (A), Eipura purva (B), Taurenas purva (C), Lielā Ķemeru tīreļa (D), Teiču purva (E) un Sudas purva (F) kūdras griezumos



**A B C**



**E F G**

**3.47. attēls. Cu sadalījums Dzelves purva (A), Eipura purva (B), Taurenes purva (C), Lielā Ķemeru tīreļa (D), Teiču purva (E) un Sudas purva (F) kūdras griezumos**

limonīta, organiskajām vielām un māla minerāliem (Gilucis, 2007). Purvos Cu oksīdu formā veido ļoti stabilus kompleksus ar humusvielām (Syrovetnik, 2005), tāpēc purvu virskārtā ir relatīvi augsta Cu koncentrācija. Minētie stabilie kompleksi varētu būt atsevišķo blakus esošo kūdras slāņu relatīvi lielo koncentrāciju starpību cēloņi. Tā kā pētīto purvu apkārtnē ir relatīvi maz māla minerālu, iespējams, ka Cu kūdras kolonnas dziļākos slāņos uzkrāties gruntsūdens plūsmu dēļ un minētā elementa bioakumulācijas rezultātā zemā purva veģetācijā. To apstiprina arī fakts, ka Dzelves purvā, kur dziļākos kūdras slāņus veido priežu-sfagnu un *Sph. fuscum* kūdra, tik liels Cu koncentrācijas pieaugums nav novērots.

Co līdzīgi kā vairāki iepriekš apskatītie metāli visos pētītajos purvos augstākā koncentrācijā ir kūdras virskārtas slānī no 5–20 cm (3.48. attēls). Kūdras kolonnas vidusdaļā novērotas ļoti zemas Co koncentrācijas, bet tās sāk pieaugt aptuveni 3 m dziļumā, un to var skaidrot tāpat kā Cu koncentrācijas izmaiņas.

Lai papildinātu priekšstatu par toksisko elementu sastopamību dabiskajās ekosistēmās, pirmo reizi Latvijā kūdrās tika noteikta As (visos pētījuma purvos, 3.39. attēls) un Hg koncentrācija Dzelves un Tauresnes purvā (3.49., 3.50., 3.51. attēls).

As saturs līdz šim kūdras kolonnās pasaulē ir relatīvi maz pētīts (De Vleeschouwer et al., 2007; Krachler et al., 2003; Rothwell, 2009). Tiek uzskatīts, ka Latvijas kvartāra segas nogulumos un augsnēs As ir relatīvi maz – smilts augsnēs 0,9–1,6 mg/kg, bet māla augsnēs vidēji 3,1 mg/kg (Gilucis, 2007). Paaugstinātais As saturs pētīto purvu kūdras augšējos slāņos apmēram līdz 50 cm dziļumam noteikti saistāms ar tā antropogēnu izcelsmi un cilvēka darbības rezultātā piesārņotiem atmosfēras nokrišņiem, savukārt kūdras profila dziļākos horizontos atrastās augstās As koncentrācijas (Eipura purvā apmēram 7,0 mg/kg 390 cm dziļumā un Tauresnes purvā vairāk nekā 12 mg/kg slāņos, kas dziļāki par 355 cm) liecina par nozīmīgo gruntsūdens un spiedes ūdeņu nozīmi As migrācijā.



## SECINĀJUMI

1. Izpētei izvēlētie purvi reprezentē augstu kūdras sastāva un purva ģenēzes mehānismu dažādību pie relatīvi atšķirīgiem to veidošanās apstākļiem. Dzelves, Sudas, Teiču purva un Lielajā Ķemeru tīreļa kūdras botāniskais sastāvs un kūdras nogulumus veidojošie kūdru tipi ir līdzīgi, bet atšķiras to biezums un novietojums kūdras kolonnā. Izmantojot  $^{14}\text{C}$  datējumu, konstatēts, ka 1m dziļumā Eipura purvā ir 495 gadus veca kūdra, Lielajā Ķemeru tīrelī, Teiču un Sudas purvā – 1120–1220 gadus veca kūdra, Dzelves purvā –1630 un Taurenes purvā – 4840 gadus veca kūdra. Pētījumā iegūtie dati parāda, ka Teiču purvā, Lielajā Ķemeru tīrelī un Eipura purvā kūdra sevišķi aktīvi veidojusies un biezākus kūdras slāņus uzkrājusi pēdējos 3000 gadus jeb subatlantiskajā laikā. Pēc kūdras slāņu absolūtā vecuma noteikšanas var pieņemt, ka kopumā pētītajos purvos 250 gadi (industriālais laikmets) atbilst 20–25 cm kūdras slānim, bet Eipura purvā – 60–65 cm kūdras slānim un Taurenes purvā – 5 cm kūdras slānim.

2. Purvu un kūdras ģenēzes izpētei būtiski pielietot multiparametru izpētes metodes, kuras ietver ne tikai botāniskā sastāva, putekšņu spektra, sadalīšanās pakāpes noteikšanu, bet arī kūdras elementsastāva, fizikāli ķīmisko raksturlielumu analīzi un spektroskopijas metožu pielietojumu.

3. Kūdras humifikācijas izpēte un spektroskopiskais raksturojums kūdras griezumā uzrāda trīs slāņu zonas: 0–1 m, 1–3 m un purva apakšējo zonu, turklāt pastāv izteikta korelācija starp kūdras humifikācijas raksturlielumiem un? to veidojošo elementu atomattiecībām, kas atsedz humifikācijas gaitā notiekošo procesu būtību, proti, purvu veidojošās biotas organisko vielu pārvērtību raksturu kūdras veidošanās gaitā. H/C pret O/C atomattiecību maiņa parāda kūdras sastāva pārmaiņas, kuras saistītas ar organiskās vielas sadalīšanos un kuras notiek kūdras veidošanās gaitā. H/C un O/C attiecības samazinās, palielinoties organiskās vielas sadalīšanās pakāpei, bet C/N attiecības samazināšanās norāda uz kūdras sadalīšanās pakāpes pieaugumu. N/C attiecība izmantojama kūdras sadalīšanās pakāpes izvērtēšanai.

4. Koncentrāciju variabilitāte dažādiem elementiem ir būtiski mainīga gan vienā kūdras griezumā (vienā kūdras kolonnā) , gan starp vienāda dziļuma vai vienāda vecuma kūdrām dažādos purvos. Tas liecina, ka ķīmisko elementu saturs purvu kūdrā

ir atkarīgs gan no kūdras, gan no pētītā elementa īpašībām.

5. Metālisko un nemetālisko elementu akumulācijas raksturs apliecina būtisku daudzu metālisko un nemetālisko elementu uzkrāšanos pēdējo 200–300 gadu laikā. Tas līdzīgi kā citos pasaules reģionos uzrāda būtisku antropogēnā piesārņojuma pieaugumu, no vienas puses, bet, no otras puses, – iespējas kūdru izmantot vides kvalitātes mainības izpētei. Ni, Zn, Cu, Pb, As koncentrācija visjaunākajos kūdras slāņos līdz 5–10 cm dziļumam ir zemāka nekā sekojošajos 10–40 cm dziļos slāņos. Tātad pēdējos gadu desmitos atmosfēras piesārņojums ir samazinājies salīdzinājumā ar situāciju nesenā pagātnē.

6. Metālisko un nemetālisko elementu akumulācijas rakstura izpēte pētītajos purvos, analizējot purvu kā vienotu sistēmu (ne tikai augšējās purva slāņus), pierāda, ka dabiskie akumulācijas procesi dažādās purva zonās ir visai atšķirīgi, bet purva apakšējā daļā pat prevalē, salīdzinot ar antropogēnās akumulācijas procesiem. Pētījums Latvijā parādīja, ka daudzi ķīmiskie elementi (Cu, Cr, Mg, Mn, Fe, Ca, As, Ni) uzkrājas purva dziļākos slāņos (sākot ar 250 cm dziļumu). Katram elementam atkarībā no konkrētā purva uzbūves koncentrācijas straujš pieaugums sākas atšķirīgos dziļumos. Metālisko un nemetālisko elementu akumulācija purvu pamatnes slāņos var ietekmēt šīs purva daļas praktiskās izmantošanas iespējas.

7. Kūdra purvos veido 3 līmeņu sistēmu ar atšķirīgiem šajos līmeņos norisošo procesu raksturiem. Tiek izšķirta kūdras augšējā, vidusdaļa un apakšējā daļa. Kūdras augšējā daļā raksturīga antropogēnā un ar atmosfēras nosēdumu akumulāciju saistītā elementu uzkrāšanās, kūdras slāņa vidusdaļa ir purva dabisko procesu ietekmes zona, bet dziļāko (apakšējo) daļu ietekmē gruntsūdeņi, spiedes ūdeņi un purva pamatnes minerālieži.

## IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS

1. Aiken G. R., McKnight D. M., 1985. Humic Substances in Soil, Sediment, and Water Geochemistry, Isolation, and Characterization. New York, John.
2. Aizsargjoslu likums, 11.03.1997., ar spēkā esošiem grozījumiem.
3. Aulio K., 1985. Metal accumulation capacity of five species of sphagnum moss. *Environmental Contamination and Toxicology*, 35, 439–442.
4. Auniņš (red.), 2010. Eiropas Savienības īpaši aizsargājami biotopi Latvijā. Rokasgrāmata, 319.
5. Bambe B., 1991. Dažu sfagnu sugu augšanas dinamika Teiču Valsts rezervātā. *Mežsaimniecība un mežrūpniecība*, 1, 43–45.
6. Bambe B., 1998. Purvu veģetācijas dinamika Teiču rezervātā. *LU zinātniskie raksti*, 613, 56–66.
7. Bambergs K., 1997. Purvu izcelšanās holocēnā. *Latvijas Ģeoloģijas vēstis* (3), 25–30.
8. Barthelmes A., Couwenberg J., 2008. Carbon accumulation in alder carrs (case studies from north-east Germany). In: Farrell, C. & Feehan, J. (eds.): *After Wise Use – the Future of Peatlands. Proceedings of the 13th International Peat Congress*, Tullamore. Int. Peat Society, Jyväskylä, 564–568.
9. Bauer I. E., Gignac L. D., Vitt D. H., 2003. Development of peatland complex in boreal Western Canada: lateral site expansion and local variability in vegetation succession and long-term peat accumulation. *Canadian Journal of Botanic*, 81, 833–847.
10. Bioloģiskās daudzveidības nacionālā programma, akceptēta LR MK 16.05.2000.
11. Belyea L. R., Clymo R. S., 2001. Feedback control of the rate of peat formation. *Proceedings of the Royal Society of London: Biological Sciences*, 268, 1315–1321.
12. Biester H., Kilian R., Franzen C., Woda C., Mangini A., 2002. Elevated mercury accumulation in a peat bog of the Magellanic Moorlands, Chile (53°S) – an anthropogenic signal from the Southern Hemisphere. *Earth and Planetary Science Letters*, 201, 609–620.
13. Black W. A. P., Cornhill W. J., Woodwaed F. N., 1955. A preliminary investigation on the chemical composition of sphagnum moss and peat. *Journal of Applied Chemistry*, 5, 484–492.
14. Bogans E., Svagere A., Silamikele I., Sīre J., 2010. Analysis of mercury in peat from several places in Latvia using atomic absorption spectrometry. In: *Abstracts of the 5th Nordic Conference on Plasma Spectrochemistry*, Loen, Norway, 89.
15. Bohlin E., Hämäläinen M., Sundén T., 1989. Botanical and chemical characterization of peat using multivariate methods. *Soil Science*, 147 (4), 252–263.

16. Borgmark A., 2005. Holocene climate variability and periodicities in south-central Sweden, as interpreted from peat humification analysis. *The Holocene*, 15, 387–395.
17. Boylan N., Long M., 2007. Characterisation of peat using full flow penetrometers. In: *Soft Soil Engineering* (Chan and Law eds.), Taylor & Francis Group, London, 403–414.
18. Bozkurt S., Lucisano M., Moreno L., Neretnieks I., 2001. Peat as a potential analogue for the long-term evolution in landfills. *Earth-Science Reviews*, 53, 95–147.
19. Bragg O. M., Tallis J. H., 2001. The sensitivity of peat-covered upland landscapes. *Catena*, 42, 345–360.
20. Bragazza L., Siffi C., Iacumin P., Gerdol R., 2007. Mass loss and nutrient release during litter decay in peatland: the role of microbial adaptability to litter chemistry. *Soil Biology and Biochemistry*, 39, 257–267.
21. Brakšs N., 1961. *Purvi un kūdra*. Rīga: LPSR ZA izdevniecība, 90.
22. Bridgham S. D., Updegraff K., Pastor J., 1998. Carbon, nitrogen, and phosphorus mineralization in northern wetlands. *Ecology*, 79, No. 5, 1545–1561.
23. Brown P. A., Gill S. A., Allen S. J., 2000. Metal removal from wastewater using peat. *Water Research*, 34, 3907–3916.
24. Brūmelis G., 1992. Smago metālu kartēšana Latvijā, izmantojot spīdīgo stāvsūnu (*Hylocomium splendens* (Hedw.) Brid.). *Vides monitorings Latvijā*. Rīga, LR VAK pētījumu centrs, LU, 27.
25. Brūmelis G., Kursule A., Grīne I., Lācis A., Lapiņa L., Nikodemus O., Šarkovskis P., Viligurs K., 1996. Ķīmisko elementu koncentrācija kūdras slāņos. *Latvijas sūnu purvu monitorings*. Rīga, 41–57.
26. Bušs K., 1981. *Meža ekoloģija un tipoloģija*. Zinātne, Rīga, 65.
27. Caseldine C. J., Baker A., Charman D. J., Hendon D., 2000. A comparative study 11. of optical properties of NaOH peat extracts: implications for humification studies. *Holocene*, 10, 649–658.
28. Charman D., 2002. *Peatlands and environmental change*. University of Plymouth, UK, 302.
29. Chen Y., Senesi N., Schnitzer M., 1977. Information provided on humic substances by E<sub>4</sub>/E<sub>6</sub> ratios. *Soil Science Society of America Journal*, 41 (2), 352–358.
30. Clymo R. S., 1963. Ion exchange in *Sphagnum* and its relation to bog ecology. *Annals Botanica*, 27, 309–324.
31. Clymo R. S., 1983. Peat. In: *Mires: swamp, bog, fen and moor. General studies. Ecosystems of the world, General studies* (ed. Gore A. J. P.). Amsterdam: Elsevier, 159–224.

32. Clymo R. S., Reddaway E. J. F., 1974. Growth rate of *Sphagnum rubellum* Willd. On Pennine blanket bog. *Journal of Ecology*, 62 (1), 191–196.
33. Coccozza V., D'Orazio T. M., Shotyk M., Shotyk W., 2003. Characterization of solid and aqueous phases of a peat bog profile using molecular fluorescence spectroscopy, ESR and FT-IR, and comparison with physical properties, *Org Geochem*, 34, 49–60.
34. Coggins A. M., Jennings S. G., Ebinghaus R., 2006. Accumulation rates of the heavy metals lead, mercury and cadmium in ombrotrophic peatlands in the west of Ireland. *Atmospheric Environment*, 40, 260–278.
35. Coulson J. C., Butterfield J., 1978. An investigation of the biotic factors determining the rates of plant decomposition on Blanket Bog. *Journal of Ecology*, 66, 631–650.
36. Damman A. W. H., 1978. Distribution and movement of elements in ombrotrophic peat bogs. *Oikos*, 30, 480–495.
37. Diņķīte A., 2002. Purvu attīstības īpatnības Austrumlatvijas zemienē un Latgales augstienē. LU 60. zinātniskā konference. Ģeogrāfija, ģeoloģija, vides zinātne.
38. Dissanayake C. B., Weerasooriya S. V. R., 1981. Peat as a metal-trapping material in the purification of industrial effluents, *International environmental studies*, 17, 233–238.
39. De Vleeschouwer F., Gerard L., Goormaghtigh C., Mattielli N., Le Roux G., Fagel N., 2007. Atmospheric lead and heavy metal pollution records from a Belgian peat bog spanning the last millenia: Human impact on a regional to global scale. *Science of the Total Environment*, 377, 282–295.
40. Ellenberg H., 1988. *Vegetation ecology of Central Europe*. Science, 45.
41. FAO, 1998. World reference base for soil resources. World soil resources report No. 84, FAO, Rome, 88.
42. Fischer J., 1791. *Versuch einer Naturgeschichte von Livland*. Zweite vermehrte und verbesserte Auflage Königsberg.
43. Fong S. S., Mohamed M., 2007. Chemical characterisation of humic substances occurring in the peats of Sarawak, Malaysia. *Org. Geochem.*, 38 (6), 967–976.
44. Fontasyeva M. V., Steinnes E., 2005. Distribution of 35 elements in peat cores from ombrotrophic bogs studied by epithermal neutron activation analysis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 265 (1), 11–15.
45. Fortescue J. A. C., 1980. *Environmental geochemistry a holistic approach*. Springer-Verlag, 358.
46. Francioso O., Ciavatta C., Montecchio D., Tugnoli V., Sánchez-Cortés S., Gessa C., 2003. Quantitative estimation of peat, brown coal and lignite humic acids using chemical parameters, H-NMR and DTA analyses. *Bioresource technology*, 88, 189–195.

47. Frolking S., Roulet N. T., Moore T. R., Richard P. J. H., Lavoie M., Muller S. D., 2001. Modelling northern peatlands decomposition and peat accumulation. *Ecosystems*, 4, 479–498.
48. Fuchsman C. H., 1980. *Industrial chemistry and Technology*. Academic press, 279.
49. Galeniece M., 1935. Latvijas purvu un mežu attīstība pēcledus laikmetā. LU Raksti. Lauksaimniecības fakultātes sērija II (20). Rīga, 582–646.
50. Galeniece M., 1960. Dažu Kurzemes purvu stratigrāfija un ģenēze. *Grām.* Latvijas PSR veģetācija, III. Rīga, LPSR ZA izdevniecība, 21–41.
51. Galeniece M., 1976. Akadēmiķa Pētera Nomala atcerei. Dabas un vēstures kalendārs. Rīga, Zinātne.
52. Gemste I., Vucāns A., Ivbulis P., 1999. Kadmija saturs un bilance Latvijas lauksaimniecībā izmantojamo platību augsnēs. *Zeme. Daba. Cilvēks*. LU 57. konference.
53. Gemste I., Vucāns A., 2007. *Notekūdeņu dūņas*. Jelgava, 276.
54. Gilucis A., 2007. Mikro- un makroelementu satura un izplatības likumsakarības Latvijas augšņu virsējos horizontos. Promocijas darba kopsavilkums. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 29.
55. Glooshenko W. A., 1989. *Environmental Pollution*, 57.
56. Gorham, E., 1991. Northern peatlands: Role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. *Ecological Applications*, 1, 182–195.
57. Grosvalds I., Alksnis U., 2007. Docents Nikolajs Brakšs – dzīve un personība. LU Raksti. Zinātņu vēsture un muzejniecība, 704, 137–147.
58. Hargitai L., 1994. Biochemical transformation of humic substances during 46. humification related to their environmental functions. *Environment International*, 20 (1), 43–48.
59. Hartman M., Kaunisto S., Silfverberg K., 2001. Peat properties and vegetation along different trophic levels on an afforested, fertilised mire. *Suo*, 52 (2), 57–74.
60. Hájek T., 2009. Habitat and species controls on Sphagnum production and decomposition in a mountain raised bog. *Boreal research* 14, 947–958.
61. Hupel A.W., 1777. *Topographische Nachrichten von Lief- und Estland*. Riga, 1777.
62. Ikonen L., 1993. Holocene development and peat growth of the raised bog Pesansuo in southwestern Finland. *Geological Survey of finland*, 370, 58.
63. Illomets, M., Animagi, J., Kallas, R., 1995. Estonian peatlands: a brief review of their development, state, conservation, peat resources and management.
64. Indāns A. (red.), 1979. *Ģeoloģija*. Rīga, Zvaigzne, 375.

65. Ingram H. A. P., 1978. Soil layers in mires: function and terminology. *Journal of Soil Science*, 29, 224–227.
66. Jarrett P. M. (ed.), 1983. *Testing of Peats and Organic Soils*. STP 820, 236.
67. Jensen A., 1997. Historical deposition rates of Cd, Cu, Pb and Zn in Norway and Sweden estimated by  $^{210}\text{Pb}$  dating and measurement of trace elements in cores of peat bogs. *Water, Air and Soil Pollution*, 95, 205–220.
68. Johnson C., Damman A. W. H., 1991. Species-Controlled Sphagnum Decay on a South Swedish Raised Bog. *Oikos*, 61, 2, 234–242.
69. Jowsey P. C., 1966. An improved peat sampler. *New Phytol.* 65: 245–248.
70. Kabucis I. (red.), 2001. *Latvijas biotopi. Klasifikators*. LDF, Rīga, 96.
71. Kalnina L., 2007. Diversity of Mire Origin and History in Latvia. *Peatlands International*, 2, International Peat Society, Finland, 54–56.
72. Kalnina L., Lacis A., Kozlovs V., 2008. Mire stratigraphy and peat resources in In: *After wise use – the future of peatlands* (ed. C. Farrell, J. Feehan). *Proceedings of the 13th International Peat Congress*, Tullamore, Ireland, 1, 60–63.
73. Kalniņa L., 2008 a. 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.
74. Kalniņa L. 2008 b. Cenas tīreļa veidošanās un attīstība. *Grām. Pakalne M.* (red.) *Purvu aizsardzība un apsaimniekošana īpaši aizsargājamās teritorijās Latvijā*. Latvijas Dabas fonds, Jelgavas tipogrāfija. Rīga, 28–33.
75. Kalniņa L., Nikodemus O., Silamiķele I., Platniece D., 2003. Influences of hydrological change on peat humification, microfossil stratigraphy and chemistry in mires of Kemeru National Park // In: *Ecological processes in northern wetlands*. Tartu: Tartu University Press, 64–70.
76. Kizioł J., 2003. Effect of physical properties and cation exchange capacity on sorption of heavy metals on peat. *Polish Journal of Environmental Studies*, 11, 713–718.
77. Klavins M., Sire, J., Purmalis O., Meleciš V., 2008. Approaches to estimating humification for peat. *Mires and Peat*, 3, 1–17.
78. Kļaviņš M., 1993. Immobilization of humic substances. *Latvijas ķīmijas žurnāls*, 1, 96–102.
79. Konvencija par starptautiskas nozīmes mitrājiem, īpaši kā ūdensputnu dzīves vidi. 1971, Ramsāre.
80. Krevelen D. W. van, 1950. Graphical statistical method for the study of structure and reaction processes of coal. *Fuel*, 29, 269–284.
81. Krevelen D. W. van, 1984. Organic geochemistry – old and new. *Organical Geochemistry*, 65, 6, 1–10.

82. Kreile V., Namatēva A., 2007. Veģetācijas struktūra Teiču purva masīva Mindaugu kupola mikroainvās. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. LU 65. Zinātniskā konference. Rīga, LU, 55–57.
83. Koff T., Punning J.-M., Yli-Halla M., 1998. Human impact on a paludified landscape in northern Estonia. *Landscape and Urban Planning*, 41, 263–272.
84. Konrads P., 1929. Novērojumi purvu kultūrā. Lauksaimniecības pārvaldes izdevums. Rīga, 188.
85. Konvencija par starptautiskas nozīmes mitrājiem, īpaši kā ūdensputnu dzīves vidi. 1971 (stājās spēkā no 1975), Ramsāre.
86. Krachler M., Mohl C., Emons H., Shotyk W., 2003. Two thousand years of atmospheric rare elements (REE) deposition as revealed by ombrotrophic peat bog profile, Jura mountains, Switzerland. *Journal of Environmental Monitoring*, 5, 111–121.
87. Kuršs V., Stinkule A., 1997. Latvijas derīgie izrakteņi. Rīga, LU Ģeoloģijas institūts, 200.
88. Kuške E., Silamiķele I., Kalniņa L., Kļaviņš M., 2010. Peat formation conditions and peat properties: a study of two ombrotrophic bogs in Latvia. In: Klavins M. (ed.) *Mires and peat*, 56–70.
89. Laiviņš M., 1998. Latvijas ziedaugu un paparžaugu sabiedrību augstākie sintaksoni. *LU Zinātniskie raksti, Latvijas purvu veģetācijas klasifikācija un dinamika*, 613, 7–22.
90. Latvijas PSR Kūdras fonds, 1980. LPSR meliorācijas un ūdenssaimniecības ministrija. Latvijas Valsts Meliorācijas projektēšanas institūts. Rīga, 716.
91. Lācis A., 1996. Rietumlatvijas kūdras resursi. Valsts ģeoloģijas dienests. Rīga, 43.
92. Lācis A., Kalniņa L., 1998. Purvu uzbūve un attīstība Teiču valsts rezervātā. Latvijas purvu veģetācijas klasifikācija un dinamika. *LU Zinātniskie raksti*, 613, 39–55.
93. Laitinen J., Rehell S., Huttunen A., Tahvanainen T., 2007. Mire systems in Finland – special view to aapa mires and their water-flow pattern. *Suo*, 58 (1), 1–26.
94. Liepa I., 1974. Biometrija. Rīga, Zvaigzne, 236.
95. Levesque M. P., Diné H., 1982. Some morphological and chemical aspects of peats applied to the characterization of histosols. *Soil Science*, 133, 5, 324–332.
96. LR MK noteikumi Nr. 212 "Noteikumi par dabas liegumiem", 15.06.1999. (ar spēkā esošiem grozījumiem).
97. Malawska N., Ekonomiuk A., Wilkomirski B., 2006. Chemical characteristic of some peatlands in southern Poland. *Mires and Peat*, 1.



98. Malmer N., Horton D., Vitt D., 1992. Elemental concentrations in mosses and surface waters of western Canadian mires relative to precipitation chemistry and hydrology. *Ecography* 15, 114–128.
99. Maltby E., Proctor M. C. F., 1996. Peatlands: their nature and role in the biosphere. In: *Global Peat Resources* (ed. Lappalainen E.). International Peat Society, Finland, 11–19.
100. Markots A., Zelča L., Zelčs V., 1989. Augsto purvu fenomens. *Zinātne un tehnika*, 11, 26–28.
101. Markots A., Zelča L., Zelčs V., 1993. Dinamiskie sūnekļi. *Latvijas daba*, 2, Rīga, Gandrs, 20–21.
102. Martinez-Cortizas A., Pontevedra-Pombal X., Nóvoa Muñoz J. C., Garcia-Rodeja E., 1997. Four thousand years of atmospheric Pb, Cd and Zn deposition recorded by the ombrotrophic peat bog of Penido Vello (Northwestern Spain). *Water, Air and Soil Pollution*, 100, 387–403.
103. Martinez-Cortizas A., Garcia-Rodeja E., Pontevedra-Pombal X., Nóvoa Muñoz J. C., Weiss D., Cheburkin A., 2002. Atmospheric Pb deposition in Spain during the last 4600 years recorded by two ombrotrophic peat bogs and implications for the use of peat as archive. *The Science of the Total Environment*, 292, 33–44.
104. Masing V., 1984. Estonian bogs: plant cover, succession and classification. In: Moore, P. D. (ed.) *European mires*. Academic Press, London. 120–148.
105. Mauquoy D., Yeloff D., 2008. Raised peat bog development and possible responses to environmental changes during the mid- to late- Holocene. Can the palaeoecological record be used to predict the nature and response of raised peat bogs to future climate change? *Biodiversity and Conservation*, 17, 2139–2151.
106. McCune B., Mefford M. J., 1999. *Pc-ORD Multivariate analysis of ecological data*. Version 4.0. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, US.
107. McMorrow J. M., Cutler M. E., Evans M., 2002. Synergy of HyMap and digital elevation data for the analysis of upland peat erosion patterns and composition. Final report to BNSC and NERC.
108. Mažeika J., 2006. Use of lead-210 and carbon-14 in investigations of peat accumulation in Aukštumala raised bog, western Lithuania. *Baltica*, 19 (1), 30–37.
109. Mežals G., 1980. *Meža augsnes zinātne*. Rīga, Zvaigzne, 173.
110. Milori D. M. B. P., Martin-Neto L., Bayer C., Mielniczuk J., Bagnato V. S., 2002. Humification degree of soil humic acids determined by fluorescence spectroscopy. *Soil Science*, 167, 739–749.
111. Montanarella L., Jones R. J. A., Hiederer R., 2006. The distribution of peatland in Europe. *Mires and Peat* (1), article 01.
112. Moore P. D., Webb J. A., 1978. *An Illustrated Guide to Pollen Analysis*. Hodder and Stoughton, London, 133.

113. Muller S. D., Richard P. J. H., Laureche A. C., 2003. Holocene development of a peatland (southern Quebec): a spatio-temporal reconstruction based on pachymetry, sedimentology, microfossils and macrofossils. *The Holocene*, 13, 649–664.
114. Namatēva A., 2004. Teiču dabas rezervāta mikroainavas. III Latvijas ģeogrāfijas kongress. Latvijas ģeogrāfija Eiropas dimensijās. Rīga, LU, 43–44.
115. Namatēva A., 2010. Microladscapes in the Teiču bog and the Eiduki bog, the Austrumlatvija lowland. In: *Mires and Peat* (ed. M. Klavins). Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 96–114.
116. Nikodemus O., 1991. Ķīmisko elementu koncentrācija *Sphagnum magellanicum* Bird. sūnās Latvijā. *Latvijas Ārsts*, 6. Rīga, 41–48.
117. Nikodemus O., Brūmelis G., 1998. Monitoring of atmospheric heavy metal deposition in Latvia. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B*, 52, 17–24.
118. Nikodemus O., Brūmelis G., Tabors G., Lapina L., Pope S., 2003. Monitoring of air pollution in Latvia between 1990 and 2000 using the moss. In: *3<sup>rd</sup> International Workshop on Biomonitoring of Atmospheric Pollution*, Ljubljana, Slovenia, 712.1–712.10.
119. Nikodemus O., Brūmelis G., Tabors G., Lapiņa L., Pope S., 2004. Monitoring of air pollution in Latvia between 1990 and 2000 using moss. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 49, 521–531.
120. Nikodemus O., Kārklīņš A., Kļaviņš M., Melecis V., 2008. Augsnes ilgtspējīga izmantošana un aizsardzība. LU Akadēmiskais apgāds, 254.
121. Nomals P., 1936. Latvijas purvi. *Latvijas zeme, daba un tauta, Latvijas daba II. Valtera un Rapas akciju sabiedrības apgāds*, 259–320.
122. Nomals P., 1943. Vidzemes un Latgales purvu apskats. *Zemes bagātību pētīšanas institūts, IV (1)*. Rīga, 486.
123. Noteikumi par dabas liegumiem, 15.06.1999. LR MK Noteikumi Nr. 212 ar spēkā esošiem grozījumiem līdz 2010. gada maijam.
124. Novenko E. Yu, Volkova E. M., Nosova N. B., Zuganova I. S., 2009. Late Glacial and Holocene landscape dynamics in the southern taiga zone of East European Plain according to pollen and macrofossil records from the Central Forest State Reserve (Valdai Hills, Russia). *Quaternary international*, 207, 1–2, 93–103.
125. Nordén B., Bohlin E., Nilsson M., Albano Á., Röckner C., 1992. Characterization of particle size fractions of peat. An integrated biological, chemical, and spectroscopic approach. *Soil science*, 153, 382–396.
126. Novak M., Pacherova P., 2008. Mobility of trace metals in pore waters of two Central European peat bogs. *Science of the Total Environment*, 394, 331–337.

127. Novak M., Erel Y., Zemenova L., Bottrell S. H., Adamova M., 2008. A comparison of lead pollution record in *Sphagnum* peat with known historical Pb emission in the British Isles and Czech Republic. *Atmospheric Environment*, 42, 8997–9006.
128. Nusbaums, J., Rieksts, I., 1997. Purvi. *Latvijas daba. Latvijas Enciklopēdija*, 4, Rīga, 195–199.
129. Nusbaums J., 1998. Sudas-Zviedru purvs. *Latvijas daba. Enciklopēdija*, 5, 169.
130. Olsson I. U., Kaup E., 2001. The varying radiocarbon activity of some recent submerged Estonian plants grown in the early 1990s, *Radiocarbon*, 43, 809–820.
131. Orru M., Orru H., 2006. Sources and distribution of trace elements in Estonian peat. *Global and planetary change*, 53, 249–258.
132. Orru M., Orru H., 2008. Sustainable use of Estonian peat reserves and environmental challenges. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 57, 2, 87–93.
133. Overbeck F., 1975. *Botanisch-geologisch Moorkunde*. Karl Wacholtz Verlag Neumünster, 719.
134. Pakalne M., 1998. Latvijas purvu veģētācijas raksturojums. *LU Zinātniskie raksti*, 613, 23–38.
135. Pakalne M., 2008. Purvi Latvijā. *Grām.* Pakalne M. (red.) Purvu aizsardzība un apsaimniekošana īpaši aizsargājamās teritorijās Latvijā. Latvijas Dabas fonds, Jelgavas tipogrāfija, Rīga, 8–24.
136. Pakalne M., Čakare I., 2000. Aizsargājamie purvi Gaujas Nacionālajā parkā. II. Latvijas ģeogrāfijas kongress, Jauns gadsimts. *Jauna ģeogrāfija, Latvijas ģeogrāfijas biedrība*, 39–44.
137. Pakalne M., Kalniņa L., 2000. Mires in Latvia. *Suo*, 51 (4), 213–226.
138. Pakalne M., Kalnina L., 2005. Mire ecosystems in Latvia. In: Steiner, G. M. (ed.). *Moore – von Sibirien bis Feuerland / Mires – from Siberia to Tierra del Fuego*, 147–174.
139. Pakarinen P., 1977. Element contents of Sphagna: variation and its source. *Bryophytorum Bibliotheca*, 13, 751–762.
140. Pakarinen P., Tolonen K., Heikkinen S., Nurmi A., 1983. Accumulation of metals in Finland raised bogs. *Environmental Biogeochemistry*, 35, 377–382.
141. Peuravori J., Koivikko R., Pihlaja K., 2002. Characterization differentiation and classification of aquatic humic matter separated with different sorbents: synchronous scanning fluorescence spectroscopy. *Water Resources*, 36, 4552–4562.
142. Pilāts V. (red.), 2007. *Bioloģiskā daudzveidība Gaujas nacionālajā parkā. Sigulda, Gaujas nacionālā parka administrācija.*
143. Rinqvist L., Öborn I., 2000. Cooper and zinc adsorption onto poorly humified *Sphagnum* and *Carex* peat. *Water research*, 36, 2233–2242.

144. Robichaud A., Bégin Y., 2009. Development of a raised bog over 9000 years in Atlantic Canada. *Mires and Peat*, 5, 1–19.
145. Rosén K., Vinichuk M., Johanson K. J., 2009.  $^{137}\text{Cs}$  in a raised bog in central Sweden. *Journal of Environmental Radioactivity*, 100, 534–539.
146. Roberts N., 1989. *The holocene: An environmental history*. Basil Blackwell, 227.
147. Rothwell J. J., Taylor K. G., Ander E. L., Evans M. G., Daniels S. M., Allott T. E. H., 2009. Arsenic retention and release in ombrotrophic peatlands. *Science of the Total Environment*, 407, 1405–1417.
148. Salmiņa L., 2002. Lake-shore vegetation in western Latvia. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*, B, 69–77.
149. Salmiņa L., 2009. Limnogēno purvu veģetācija. *Latvijas Veģetācija*, 19, 1–188.
150. Schell W. R., Sanchez A. L., Granlund C., 1986. New data from peat bogs may give a historical perspective on acid deposition. *Water, Air, and Soil Pollution*, 30, Nr. 1–2, 393–409.
151. Sedmalis U., Šperberga I., Sedmale G., 2002. Latvijas minerālās izejvielas un to izmantošana ar ievadu mineroloģijā un petrogrāfijā. Rīga, RTU izdevniecība, 195.
152. Segliņš V., 2000. Holocēna putekšņu reģionālās iezīmes Latvijā. *Latvijas ģeoloģijas vēstis*, 8, 37–43.
153. Shotbolt L., Bükler P., Ashmore A. R., Tipping E., 2007. Reconstructing past trace metal deposition in the UK using moss samples from herbaria collections. *Environmental Pollution*, 147, 120–130.
154. Shotyk W., 1996. Natural and anthropogenic enrichments of As, Cu, Pb, Sb and Zn in ombrotropic versus minerotropic peat bog profiles, Jura mountains, Switzerland. *Water, Air and Soil Pollution*, 90, 375–405.
155. Shotyk W., 2002. The chronology of antropogenic, atmospheric Pb deposition recorded by peat cores in three minerogenic peat deposits from Switzerland. *The Science of the Total Environment*, 292, 19–31.
156. Shotyk W., Cheburkin A. K., Appleby P. G., Fankhauser A., Kramers J. D., 1997. Lead in peat bog profiles, Jura Mountains, Switzerland: enrichment factors, isotopic composition and chronology of atmospheric deposition. *Water, Air and Soil Pollution*, 100, 297–310.
157. Shotyk W., Goodsite M. E., Roos-Barraclough F., Frei R., Heinemeier J., Asmund G., Lohse C., Hansen T. S., 2003. Anthropogenic contributions to atmospheric Hg, Pb and As accumulation recorded by peat cores from southern Greenland and Denmark dated using the  $^{14}\text{C}$  “bomb pulse curve”. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 67 (21) 3991–4011.
158. Shotyk W., Weiss D., Appleby P. G., Cheburkin A. K., Frei R., Gloor M., Kramers J. D., Reese S., Van Der Knaap W. O., 1998. History of atmospheric

- lead deposition since 12,370 <sup>14</sup>C yr BP from a peat bog, Jura mountains, Switzerland, *Science*, 281, 1635–1640.
159. Shotyk W., Weiss D., Kramers J. D., Frei R., Cheburkin A. K., Gloor M., Reese S., 2001. Geochemistry of the peat bog at Etang de la Gruere, Jura Mountains, Switzerland, and its record of atmospheric Pb and lithogenic trace metals (Sc, Ti, Y, Zr, and REE) since 12,370 <sup>14</sup>C yr BP. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 65, 2337–2360.
  160. Silamikele I., Klavins M., Kalnina L., Kuske E., Nikodemus O., 2008. The impact of environmental factors on metal accumulation and peat properties. In: *After wise use – the future of peatlands* (ed. C. Farrell, J. Feehan). Proceedings of the 13th International Peat Congress, 1, Tullamore, Ireland, 81–85.
  161. Silamikele I., Kalnina L., Matvejs J., Skutele K., 2005. Pollen spectra from peat, pollen traps and vegetation composition from the Suda-Zviedru Mire, Gauja National Park, Latvia. *Pollen Monitoring Programme, 5th International meeting, Varna, 11.–16. 05.2005. Abstracts*, 35.
  162. Silamiķele I., Nikodemus O., Kalniņa L., Kušķe E., Rodinovs V., Purmalis O., Kļaviņš M., 2010. Major and trace element accumulation in peat from bogs in Latvia. In: *Mires and Peat* (ed. M. Klavins). Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 96–114.
  163. Sposito G., 1989. *The Chemistry of Soils*. Oxford University Press, New York, 277.
  164. Steinmann P., Shotyk W., 1997. Chemical composition, pH and redox state of sulfur and iron in complete vertical porewater profiles from two Sphagnum peat bogs, Jura Mountains, Switzerland. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 61, 1143–1163.
  165. Summa V., Tateo F., 1999. Geochemistry of two peats suitable for medical uses and their behaviour during leaching. *Applied Clay Science*, 15, 447–489.
  166. Sun Q. Y., Lu P., Yang L. Z., 2004. The adsorption of lead and copper from aqueous solution on modified peat-resin particles *Environmental Geochemistry. Health*, 26, 311–317.
  167. Syrovetnik K., Neretnieks I., Malmström M. E., 2007. Accumulation of heavy metals in the Oostriku peat bog, Estonia: Determination of binding processes by means of sequential leaching. *Environmental Pollution*, 147 (1), 291–300.
  168. Šņore A., 2004. *Kūdra Latvijā*. Rīga, Latvijas Kūdras ražotāju asociācija, 63.
  169. Šķiņķis C., 1992. *Hidromeliorācijas ietekme uz dabu*. Rīga, Zinātne, 297.
  170. Tan K. H., 2005. *Soil sampling, preparation, and analysis*. 2nd ed. Taylor & Francis Group, 623.
  171. Tērauda E., 2008. *Ķīmisko vielu plūsmas Latvijas priežu mežu ekosistēmās*. Promocijas darbs. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 123.
  172. Tērauda E., Nikodemus O., 2006. Element inputs by litterfall to the soil in pine forest ecosystems. *Environmental Bioindicators*, 1 (2), 145–156.

173. Tipping E., Smith E. J., Lawlor A. J., Hughes S., Stevens, P. A., 2003. Predicting the release of metals from ombrotrophic peat due to drought-induced acidification. *Environ. Pollution*, 123, 239–253.
174. Treimanis V., 2000. Radiolokācijas profilēšanas un seismiskās zondēšanas metožu kompleksā lietošana un datu interpretācijas īpatnības. *Latvijas ģeoloģijas vēstis*, 8, 24–30.
175. Twardowska I., Kyzioł J., Fresenius J., 1996. Binding and chemical fractionation of heavy metals in typical peat matter. *Analytical Chemistry*, 354, 580–586.
176. Ukonmaanaho L., Nieminen T. M., Rausch N., Shotyck W., 2004. Heavy metal and arsenic profiles in ombrogenous peat cores from four differently loaded areas in Finland. *Water, Air and Soil Pollution*, 158, 277–294.
177. Ulmanu M., Anger I., Fernandez Y, Castrillon L., Maranon E., 2008. Batch Chromium (VI), cadmium (II) and lead (II) removal from aqueous solutions by horticultural peat. *Water, Air and Soil Pollution*, 194 (1–4), 209–216.
178. Vasander H. (ed.), 1996. Peatlands in Finland, Finnish peatland society, 168.
179. Verhoeven J. T. A., Toth E., 1995. Decomposition of carex and Sphagnum litter in fens: effect of litter quality and inhibition by living tissue homogenates. *Soil Biology and Biochemistry*, 27 (3), 271–275.
180. Vile M. A., Wieder R. K., Novak M., 1999. Mobility of Pb in Sphagnum-derived peat. *Biogeochemistry*, 45, 35–52.
181. Visser S. A., 1983. Application of van Krevelen's graphical-statistical method for 106. the study of aquatic humic material. *Environ. Sci. Technol.*, 17, 412–417.
182. Von Post L., 1924. Das Genetische System der Organogenen Bildungen Schwedens, *Committee Soil Sci.*, 22, 287–304.
183. Zaccone C., Cocozza C., Cheburkin A. K., Shotyck W., Miano T. M., 2008. Distribution of As, Cr, Ni, Rb, Ti and Zr between peat and its humic fraction along an undisturbed ombrotrophic bog profile (NW Switzerland). *Applied Geochemistry*, 23, 25–33.
184. Zsolnay A., Baigar E., Jimenez M., Steinweg B., Saccomandi F., 1999. Differentiating 114. with fluorescence spectroscopy the sources of dissolved organic matter in soils subjected to drying. *Chemosphere*, 38 (1), 45–50.
185. Walker M. J. C., Lowe J. J., 1981. Postglacial environmental history of Rannoch Moor, Scotland III. early- and mid-Flandrian pollen stratigraphic data from sites on western Rannoch Moor and near Fort William. *Journal of Biogeography*, 8 (6), 475–491.
186. Wardenaar E. C. P., 1987. A new hand tool for cutting peat profiles. *Can. J. Bot* 65: 1772–1773. a.

187. Weber H., 1926. Grenzhorizont und Klimaschwankungen. Abhandl, Naturwiss, Vereins, Bremen, 26, 98–106.
188. Weiss D., Shotyk W., Rieley J., Page S., Gloor M., Reese S., Martinez-Cortizas A., 2002. The geochemistry of major and selected trace elements in a forested peat bog, Kalimantan, SE Asia, and its implications for past atmospheric dust deposition. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 66 (13), 2307–2323.
189. Weiss D., Shotyk W., Boyle E. A., Kramers J. D., Appleby P. G., Cheburkin A. K., 2002. (b) Comparative study of the temporal evolution of atmospheric lead deposition in Scotland and eastern Canada using blanket peat bogs. *The Science of the Total Environment*, 292, 7–18.
190. Wheeler B. D., Proctor M. C. F., 2000. Ecological gradients, subdivisions and terminology of north-west European mires. *Journal of ecology*, 88, 187–203.
191. Williams C. J., Yavitt J. B., 2003. Botanical composition of peat and degree of peat decomposition in three temperate peatlands. *Ecoscience*, 10, 85–95.
192. Wandtner R., 1989. Indicator properties of the vegetation of high moors in the Federal Republic of Germany for heavy metal deposition.
193. Yavitt J. B., 1995. *Encyclopaedia of environmental biology*. London, Academic Press, 345–355.
194. Yeloff D., Mauquoy D., 2006. The influence of vegetation composition on peat humification: implications for palaeoclimatic studies. *Boreas*, 35, 662–673.
195. Yudina N. V., Saveleva A. V., 2008. Hydrocarbons in peat-forming plants at eutropic bogs in Western Siberia. *Geochemistry International*, 46 (1), 77–84.
196. Андерсон О. Р., 1969. О географическом распространении заторфованности, торфонасыщенности и торфяных болот в Латвийской ССР. *Труды ЛатНИИГиМ*. Елгава, 144–160.
197. Галениеце М., 1964. Стратиграфия и генезис верховых болот северо-западной Латвии. *Растительность Латвийской ССР*, IV. Рига, 79–85.
198. Гончарова И. А., 2005. К вопросу о структуре дерновины и продуктивности сфагновых мхов на олиготрофных болотах. *Сибирский экологический журнал*, 1, 131–134.
199. Истомина Е. С., Коренева М. М., Тюремнов С. Н., 1938. Атлас растительных остатков, встречаемых в торфе, изд. АН СССР, Москва.
200. Кац Р. Я., Кац С. В., Скюбеева С. А., 1977. Атлас растительных остатков в торфах, изд. Недра, Москва.
201. Ковальский В. В., Ноллендорф А. Ф., Упитис В. В., 1983. Краткий обзор результатов исследований по проблемам микроэлементов за 1981. г. *Микроэлементы в СССР*, 24, 3–44.
202. Орлов Д. С., 1990. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. Москва, изд-во МГУ, 325.

203. Пурвинас Э. М., 1963. Фитоценотическая характеристика некоторых торфов Литовской ССР. Тарту, труды по ботанике. 7. Доклады совещания по геоботаническому исследованию болот северо-запада СССР, 123–130.
204. Савельева А. В., 2003. Изменение химического состава болотных растений в процессе торфообразования. Химия растительного сырья, 3, 17–20.
205. Тюремнов С. Н., 1976. Торфяные месторождения. Москва, Недра, 488.
206. Харходин И. Л., Атрощенко Ф. Г., 1986. Модулирование миграции тяжелых металлов в торфяных отложениях. Экологическая химия, 8 (1): 37–43.

***Nepublicētā literatūra un inrterneta resursi***

Frank J., 2005. Determination of arsenic and arsenic species in ombrotrophic peat bogs from Finland. Doctoral thesis, Universitate Heidelberg.

Syrovetnik K., 2005. Long-term metal retention processes in a peat bog: field studies, data and modelling. Doctoral thesis. Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.

Tabors G., 2007. *Hylocomium splendens* (Hedw.) B. S. G. kā viena no bioģeokīmiskā cikla komponentēm priežu mežos. Promocijas darbs. Rīga, LU, 149.

Mitrāju aizsardzība Ķemeru nacionālajā parkā, 2006. LIFE2002NAT/LV/8496 projekta atskaite, [http://www.daba.gov.lv/upload/File/DOC/P\\_KNP\\_LIFE\\_Rep\\_Laymans.pdf](http://www.daba.gov.lv/upload/File/DOC/P_KNP_LIFE_Rep_Laymans.pdf), skatīts 26.06.2010.

Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs, ziņas par īpaši aizsargājamām dabas teritorijām, <http://vdc2.vdc.lv:8998/iadt.html>, skatīts 21.06.2010.