

Tartu Ülikool  
Loodus- ja tehnoloogiateaduskond  
Ökoloogia ja Maateaduste Instituut  
Geograafia osakond

Kea Kiiver

## **SELISOO ARENGU REKONSTRUKTSIOON**

Bakalaureusetöö loodusgeograafias

Juhendaja: Marko Kohv

Kaitsmisele lubatud:

Juhendaja:

Instituudi juhataja:

Tartu 2014

## Sisukord

1. Sissejuhatus .....	3
2. Eesti soode üldiseloomustus ja ülevaade.....	4
2.1. Soode tekkimine ning sootüübid .....	6
2.2. Soode tähtsus .....	8
2.3. Inimmõju Eesti soodele .....	9
2.4. Soode arengu rekonstrueerimine .....	11
3. Selisoo üldiseloomustus .....	13
4. Kasutatud materjalid ja metoodika .....	15
5. Tulemused ja arutelu .....	19
5.1. Soo aluse mineraalpinnase reljeef .....	19
5.2. Turba kogupaksus.....	20
5.3. Selisoo arengufaasid.....	21
5.3.1. Soostumise algus .....	21
5.3.2. Madal- ja siirdesoo faas.....	23
5.3.3. Raba faas .....	27
5.3.4. Inimtegevuse mõju Selisoo arengule.....	27
6. Kokkuvõte .....	29
7. Summary.....	30
8. Tänuavaldused.....	31
9. Kasutatud kirjandus .....	32

## 1. Sissejuhatus

Käesoleva uurimustöö eesmärgiks on kirjeldada Kirde-Eestis Ida-Virumaal paikneva Natura 2000 kaitsealade hulka kuuluva Selisoo arengu kulgemist soostumise algusest tänapäevani. Selisoo on kuivenduse, turba tootmise ja põlevkivi kaevandamise tõttu tugevalt inimtegevusest mõjutatud ning seetõttu ei ole ta enam looduslikus seisundis.

Viimastel aastakümnetel on seoses atmosfääri kasvuhooonegaaside hulga suurenemise ja kliimaatiliste tingimuste muutumisega hakatud rohkem tähelepanu pöörama ka soode ning nende poolt pakutavate ressursside ja väärtuste kasutamisele ning kaitsele. Sood on tundlikud ökosüsteemid, mis osalevad erinevates aineringetes ning regulatsiooniprotsessides ning toetavad oluliselt bioloogilist mitmekesisust. Samas on soid aastakümneid inimtegevuse poolt mõjutatud ning seetõttu ei ole suur osa neist enam looduslikus seisundis. Selleks, et hinnata inimtegevuse mõju soode arengule, on oluline rekonstrueerida nende tõenäoline arengutee. Soode arengu rekonstrueerimisega on näiteks varasemalt Eestis tegelenud Raimo Pajula (2000) ja Soomes Korhola *et al.* (1995).

Selisoos on varasemalt läbi viidud mitmeid uuringuid näiteks Hang *et al.* (2009), Kirt (2009), Nirgi (2012) ja Marandi *et al.* (2013) ning uuritud on nii Selisoo kujunemise geoloogilisi eeldusi, turba omadusi, veerežiimi ja taimestikku. Uuringute käigus on kogunenud piisavas mahus andmeid, mis võimaldavad analüüsida ja kirjeldada Selisoo erinevaid arenguetappe.

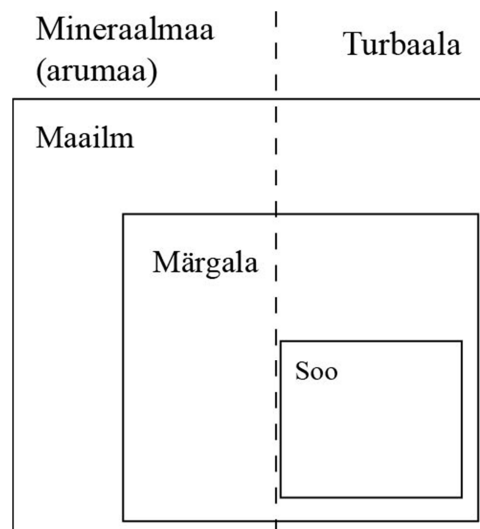
Uurimustöö koostamiseks kasutati varasemalt välitööde käigus kogutud georadari- ja puurandmestikke ning süsinikdateerimise käigus saadud ajalisi andmeid. Töö käigus loodi radariprofiilide järgi turba paksust ning soo alust mineraalpinnast kujutavad kaardid ja läbilõikeprofiilid, mille abil on võimalik iseloomustada Selisoo aluse reljeefi mõju soo tekkele ja arengule ning rekonstrueerida soo tõenäoline areng.

## 2. Eesti soode üldiseloomustus ja ülevaade

Turbaalad on kõik taimkattega või taimkatteta alad, mille pinda katab looduslikult akumulunud turbakiht, mille paksus on vähemalt 30 cm (Allikvee ja Ilomets, 1995; Arold, 2005).

Märgaladeks loetakse alasid, mille pinnas on kas alaliselt või ajutiselt veega küllastunud. Märgaladel võib esineda turbakiht ja võib ka mitte (Joosten ja Clarke, 2002). Kui märgalal turbakihti ei esine, ei kuulu märgala turbaalade hulka, kui turbakiht esineb, kuid on väiksem kui 30 cm ja taimede juured ulatuvad läbi turbakihi mineraalpinnasesse, loetakse teda soostunud alaks (Arold, 2005).

Soodeks loetakse vaid neid turbaalasad, mille pinnakatte turbakihi tusedus ületab 30 cm ja toimub aktiivne turba ladestumine. Soode tekkimisega kaasnevat maastiku muutumise viisi nimetatakse soostumiseks, sellega kaasnevat mullatekkeprotsessi turvastumiseks (Arold, 2005). Selgitav skeem on joonisel 1.



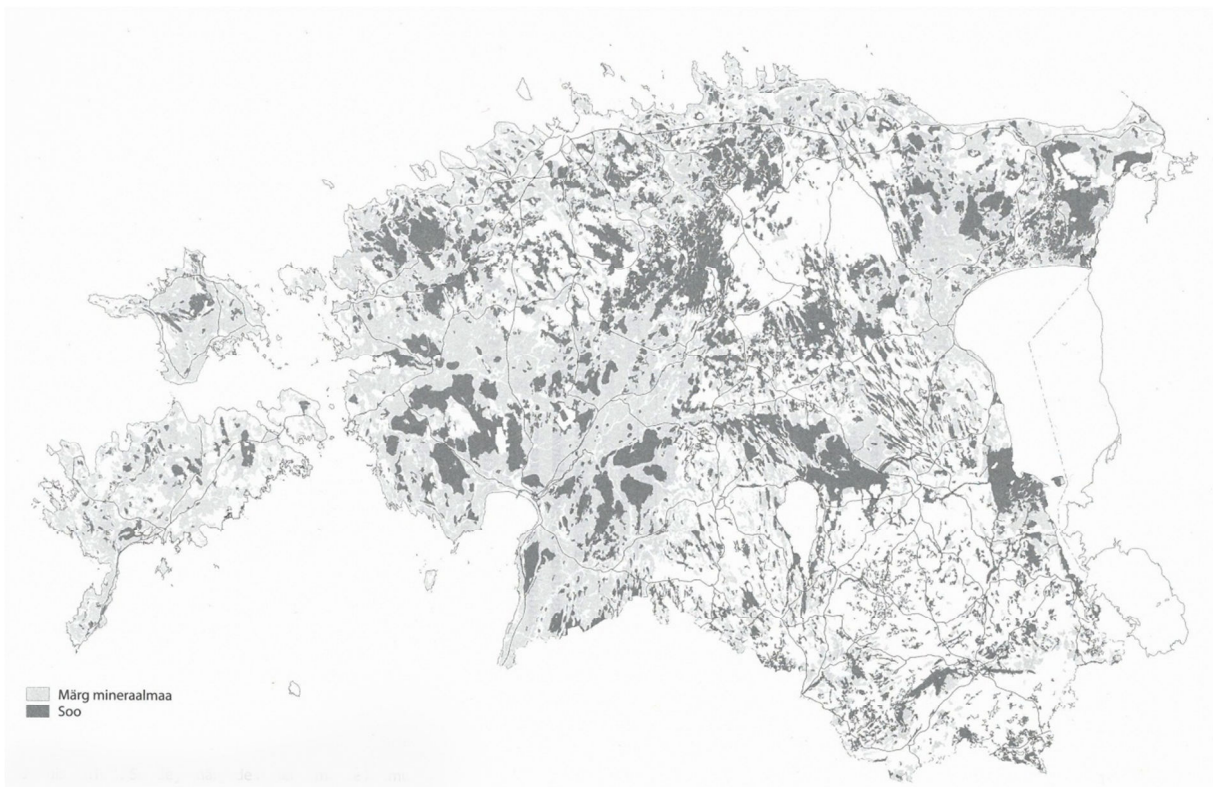
**Joonis 1.** Turbaala, märgala ja soo vahelised suhted Joosten ja Clarke (2002) järgi.

Turbaalad katavad Eestis 22,3% ehk üle viiendiku riigi maismaaladest. Eesti turbaalade kogupindalaks loetakse 1 009 101 ha ning turbavaruks 2,37 miljardit tonni. Eesti turbaalade 22,3%-line osatähtsus on arvatud suuremõõtkavalise (enamasti 1:10 000) mullakaardi alusel. Eesti on oma maismaa soostumuse poolest maailma riikide seas teisel kohal, jäädes alla vaid Soomele (31%). Kokku on Eestis loendatud 9836 üle 1 ha suurust sood (Arold,

2005). Eesti turbaalade (praeguste ja kunagiste soode) kujunemist on soodustanud siinsed kliimaatilised tingimused ning maapinna reljeef (Orru, 1995).

Eestimaa Looduse Fondi poolt aastatel 2008-2010 läbi viidud soode inventeerimise projekti kohaselt katavad sood 5,2% Eesti territooriumist, hõlmates 233 000 ha. Ülejäänud 17% on inimtegevuse mõjul muutunud soost turbaalaks. Soode pindala on 1950. aastatest vähenenud umbes 2,8 korda (Paal ja Leibak, 2011).

Soode levik Eestis on laialdane (joonis 2). Sood paiknevad reljeefi suurvormide madalamatel osadel, kõrgustike jalamil, sisenõgudes, jõeorgudes, otsamoreenide, rannavallide, ooside ning luidete loodud takistuste taga. Üksik soo moodustab maastikus 2-3 km läbimõõduga lihtlaama ehk lihtmassiivi, mille pindala võib olla 6-7 km<sup>2</sup>. Arengu käigus võib toimuda üksikute lihtlaamade liitumine ja tekivad liitlaamad, mis omakorda moodustavad ulatuslikke soostikke (Allikvee ja Ilomets, 1995; Arold, 2005).

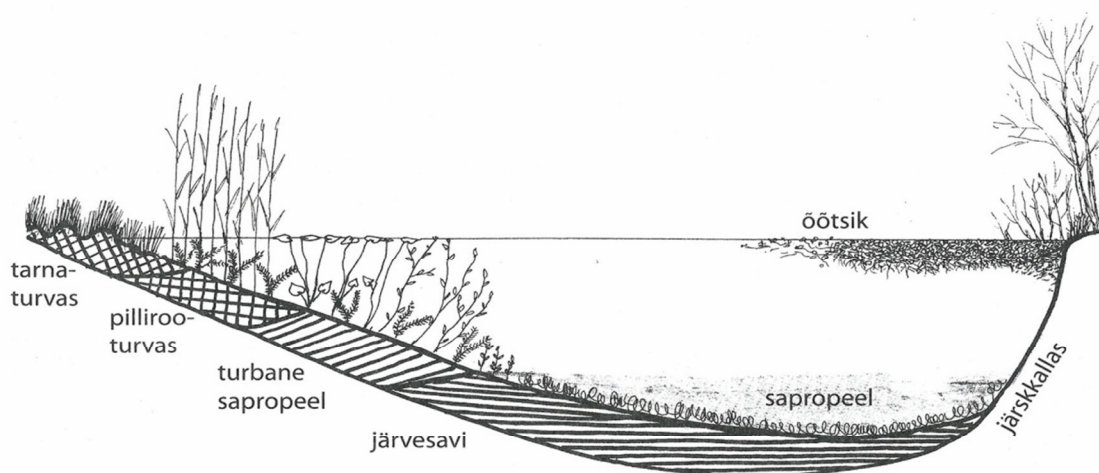


**Joonis 2.** Soode levik Eestis on laialdane (Arold, 2005).

## 2.1. Soode tekkimine ning sootüübid

Soode tekkimine ja turba settimine on määratud kliimatiliste tingimuste, pinnamoe, pinnakatte ja hüdrogeoloogiliste tingimustega. Soodsaimad tingimused soode tekkeks on aladel, kus sademete hulk on suurem aurumisest, ehk muld ning maapind on püsivalt liigniisked (Allikvee ja Ilomets, 1995). Lisaks kliimatilistele tingimustele on soo kujunemisel oluliseks ka piirkonna geomorfoloogilised asjaolud – maapinna kõrgussuhted ja kuju ning lisaks ka pinnakatte koostis ja veeläbilaskvus (Arold, 2005). Eestis on kaks põhilist soostumisviisi: sood võivad tekkida kas maismaa soostumise või veekogude kinnikasvamise tagajärjel (Allikvee ja Ilomets, 1995).

Kuni kolmandik Eesti soodest on tekkinud järvede kinnikasvamise ehk mültumise teel. Järv võib hakata kinni kasvama kas põhjast või pealt õötsikuga kaanetumise teel. Kõige tavalisem on järve kinnikasvamine üheaegselt nii põhjast kui kaldailt. Kõrge produktiivsusega eutroofsetes järvedes settib osa seal toodetud orgaanilisest ainest järvemudana veekogu põhja. Järvemuda tihenedes moodustub rohekaspruuni värvusega tihke sete ehk jütja. Jütjakihi kasvades väheneb järve vaba vee sügavus ning veekogu põhja asutavad taimekooslused, mis vahetuvad vastavalt veekogu kinnikasvamise etapile. Igale kooslusele vastab eri tüüpi järvemuda või turba kujunemine (joonis 3) (Allikvee ja Ilomets, 1995).



**Joonis 3.** Järve kinnikasvamine (Arold, 2005).

Maismaa soostumise tulemusel on tekkinud ligi kaks kolmandikku Eesti soodest (Allikvee ja Ilomets, 1995). Maismaaline soostumine algab niiskuslembeste taimede asumisega märjale

pinnasele. Pinnase liigniiskust võib põhjustada maapinna nõgusus, halvasti vett juhtiv pinnakate (näiteks savikas moreen või aleuriit) (Allikvee ja Ilomets, 1995), allikate olemasolu, metsapõlengud ning vee väljavoolu takistumine (Arold, 2005). Ligi 30% maismaalise tekkega soodest on hakanud arenema liivadel siirdesoo või raba arengufaasist. See viitab piirkonna muldade halvale veejuhtivusele ning kõrgele pinnavee tasemele, mistõttu on seal asunud taimestik hävinud ning alanud soostumine (Allikvee ja Ilomets, 1995).

Turba paksenemisel soopind kõrgeneb ning laieneb kõrvalolevatele mineraalmaadele. Samaaegselt muutub sootaimede kasvukeskkond ning madalsoo keskele moodustub vaesunud ala, kuhu ei ulatu mineraalaineterikkad pinna- ega põhjaveed. Toitainevaese keskkonna teke soodustab uute vähenõudlikumate rohttaimede ja turbasammalde kasvamist ning algab oligotroofne ehk vähetoiteline siirdesoo ajajärk (Arold, 2005).

Soid on Eestis jääajajärgsel perioodil tekkinud igal ajal. Eesti soode tekkeaegade analüüsimine on näidanud, et soostumise intensiivsus Holotseenis on olnud vahelduv ning see viitab kliimaatilistest tingimustest põhjustatud pinnaveetaseme kõikumistele sel ajaperioodil (Allikvee ja Ilomets, 1995).

Esimesed sood hakkasid Eestis kujunema Holotseeni alguses, umbes 10 000 <sup>14</sup>C aastat tagasi. Maismaaline soostumine, mille teel on tekkinud ligikaudu kaks kolmandikku Eesti soodest, muutus siinsetel aladel intensiivsemaks 8500-8000 <sup>14</sup>C aastat tagasi. Soode teke järvede kinnikasvamise teel algas ligi 2000 aastat hiljem – u 6500 <sup>14</sup>C aastat tagasi (Allikvee ja Ilomets, 1995).

Soid liigitatakse nende toitumise ja sellest oleneva taimkatte järgi. Kõige üldisemalt jaotatakse soo areng kolmeks: madalsoo-, siirdesoo- ja kõrgsoo ehk rabafaas (Arold, 2005). Eri faasidele iseloomuliku taimkatte liigilise koosseisu määrab põhiliselt vete toitelisus, mis omakorda sõltub tüüpiliselt turbakihi paksusest (Allikvee ja Ilomets, 1995).

Madalsoode taimed saavad peamised toitained mineraalaineterikkadest põhja-, pinna-, või tulvavetest. Seega loetakse neid minerotroofseteks ehk arutoitelisteks soodeks, mille taimestik on suhteliselt liigirikas ja koosneb valdavalt niiskuslembetest õistaimedest. Madalsoode pinnareljeef on tasane või kergelt nõgus, võib esineda rohumähtaid. Turvas on põhiliselt tekkinud puit- ja rohttaimedest (Arold, 2005).

Kõrgsoode ehk rabade pind on kumer ning toiterikkad põhja- ja pinnaseveed ei mõjuta soo taimkatet (Allikvee ja Ilomets, 1995), seetõttu on nad on olemuselt ombotroofsed ehk

sademetoitelised, mis tähendab, et nad toituvad vaid sademevetest ning õhus sisalduvatest mineraalainetest. Rabade taimestik on madal soo omast liigivaesem, kuid mikroreljeef on mätaste, älvete ja laugaste poolt tugevalt liigestatud. Taimestikus on ülekaalus turbasamblad, millest peamiselt koosneb ka rabaturvas (Arold, 2005).

Madal soode ja kõrgsoode vaheliseks etapiks on nii arenguloolises kui ka ruumilises ja taimeliikide hulga mõttes siirdesood, mis käesoleval ajal esinevad enamasti suurte soode madal soo- ja rabaalade vahel. Siirdesoodes esineb mõlemale eelnimetatud sootüübile iseloomulikke elemente – nii turbasamblamättaid kui ka madal sookooslusi mättavahedes. Toitumiselt on siirdesood mesotroofsed ehk kesktoitelised. Siirdesoo turvas on valdavalt tarna- ja sfagnumturvas (Arold, 2005).

Sageli esinevad ühe ja sama soo piires koos nii madal sood, siirdesood kui ka raba (Allikvee ja Ilomets, 1995; Arold, 2005). Madal soo või siirdesoo taimkate võib mõnel juhul hõlmata kogu sootasandikku, kuid raba ääres on enamasti ikka suuremaid või väiksemaid madal- ja siirdesoo alasid. Eriti märgi raba servaalasid, kus vesi on aastaringi praktiliselt soopinnaga tasa, nimetatakse märedeks (Valk, 1995).

## **2.2. Soode tähtsus**

Viimastel aastakümnetel on märgalad, sh sood saanud suurel hulgal teaduslikku ning keskkonnapoliitilist tähelepanu ja rohkem on hakatud tähelepanu pöörama sooladele ning nende poolt pakutavatele väärtustele ja ökosüsteemiteenustele (Kimmel *et al.*, 2010). Ökosüsteemiteenused ehk keskkonnateenused on looduslikud tingimused, ressursid ja protsessid, mis toetavad ja täiendavad inimelu (Kimmel, 2009).

Olulistemaks soode poolt pakutavateks ressurssideks on turvas, mida kasutatakse energia tootmiseks, aianduses ning ka raviteenustes (Kimmel, 2009). Aiandusturba ekspordis on Eesti maailmas 3.-4. kohal ning seoses kõrgekvaliteedilise aiandusturba vähesusega Euroopas on aiandusturba eksport kasvav trend (Kimmel *et al.*, 2010). Sood annavad inimestele võimaluse tegeleda ka marjade ning ravimtaimede korjamisega, mis on muutumas üha populaarsemaks ning on mõnede maapiirkondade elanike jaoks oluliseks sissetulekuallikaks (Arold, 2005; Kimmel, 2009).

Lisaks eelnevale osalevad sood ka kliimaatilistes ja hüdrooloogilistes regulatsiooniprotsessides. Turbaalad, sh sood sisaldavad 30% maailma pinnasesüsinikust ning nad seovad ja eritavad atmosfääri erinevaid kasvuhoonegaase, sh CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, ning vähesel määral ka N<sub>2</sub>O (Kimmel, 2009; Salm, 2012). Sood, eriti rabad, on olulised veehoidlad, mis säilitavad puhast vett turbasammaldes, laugastes ja soojärvedes. Lisaks toimivad nad saastunud vee puhastajatena ja veerežiimi reguleerijatena (Arold, 2005).

Sood toetavad ka bioloogilist mitmekesisust, mullateket ning aineringat (Kimmel, 2009). Soode taimkate regenererib õhku ja vabastab hapnikku. Eesti soodes leidub mujal maailmas haruldaseks muutunud taime-, looma- ja linnuliike (Kimmel *et al.*, 2010). Soode kultuuriline väärtus seisneb nende kasutamises puhkealadena ning õppe- ja teadustöös (Kimmel, 2009).

Muutused soodes ladestunud turbakihtides ning turbas sisaldunud taime- ja loomajäänused, õietolm ja eosed (Rydin ja Jeglum, 2006) peegeldavad minevikus aset leidnud keskkonnatingimusi ja nende muutusi ning seega on sood ka olulised ajaloo- ning paleoarhiivid (Allikvee ja Ilomets, 1995).

### **2.3. Inimmõju Eesti soodele**

Inimeste huvi soode ja turba kasutamisevõimaluste kohta on seoses rahvastiku kasvu, teadmiste leviku ning majanduse arenguga järjest suurenenud (Valk, 1995).

Sood on inimeste poolt leidnud laialdast kasutamist erinevatel eesmärkidel. On tegevusi, mis ei mõjuta oluliselt sooökosüsteemide talitlusi – näiteks turism, puhkus, marjade korjamine ning ravimtaimede kogumine, kuid on ka neid, mille tagajärjel toimuvad olulised muutused nii hüdrogeoloogilises režiimis kui turbalaskundite kujunemises (Paal ja Leibak, 2013). Tugevalt on sood mõjutanud kuivendamine, mis on pea alati eelduseks intensiivsemale inimtegevusele soodes.

Soodega on seotud Eesti oluline maavara – turvas. Turba varud ulatuvad Eestis 1,64 miljardi tonnini ning põlevkivi ja puidu järel on ta kütteinete hulgas tähtsuselt kolmandal kohal. Turba tööstuslik tootmine algas Eestis 18. sajandi lõpus ning seoses kõrgekvaliteedilise rabaturba varude piiratusega mujal Euroopas kaevandatakse freesturvast ekspordiks suhteliselt suures mahus ka tänapäeval. Turbakaevanduste otsese ja kaudse mõju tõttu kuivendatud rabakoosluste pindalaks hinnatakse Eestis 50 000-60 000 ha. Turba

kaevandamise lõpetamisel maha jäetud turbaväljad avaldavad negatiivset mõju piirkonna veerežiimile, on kasvuhoonegaaside allikateks, suurendavad põlengute riski piirkonnas ning vähendavad bioloogilist ja maastikulist mitmekesisust. Kaevandamise poolt rikutud turbaalade poolt tekitatud kasvuhooneefekt on hinnanguliselt 10 korda suurem kui juhul, mil need alad oleksid looduslikus olekus (Paal ja Leibak, 2013; Salm, 2012).

Suurtel aladel on soid kuivendatud eelkõige põllumajanduslikuks ja metsanduslikuks kasutamiseks. 19. sajandil laienes ulatuslikult soolade kuivendamine ja põletamine põllumajanduslikel ja metsanduslikel eesmärkidel. 1950. aastatel võeti laialdaselt kasutusele drenaažkuivendus ning peaaegu kõik seni kuivendamata sood ümbritseti kuivenduskraavidega. Sellega kahjustati tugevalt soode hüdrooloogilist režiimi. Hinnanguliselt oli 1990. aastateks kuivendatud või kuivendamisest oluliselt mõjutatud ligikaudu 70% Eesti soodest. Vähem kui 10% madalsoodest on säilinud looduslikus seisundis. Rabade seisund on oluliselt parem – looduslikus seisundis on säilinud 60-65% (Paal ja Leibak, 2013).

Kuivendatud soos kiireneb turbalasundi tihenemine ja mineraliseerumine ning 100 aastaga võib kaduda umbes 2 m paksune turbalasund (Arold, 2005). Turbaalade kuivendamise tõttu jääb Eestis igal aastal moodustumata 2,56 miljonit tonni turvast. Lisaks on kuivendatud turbaalad lenduva süsiniku allikate seas tööstuse järel teisel kohal (Paal ja Leibak, 2013).

Kolmandaks oluliseks teguriks on teiste maavarade kaevandamine ning õhusaaste, mõlemad on enam levinud Kirde-Eestis põlvekivi kaevandamise piirkondades. Põlvekivi avakaevandamisel eemaldatakse kaevandatavalt alalt kogu pinnakate ning seeläbi on hävinud ligi 2000 ha turbaalaid. Igal aastal lisandub hinnanguliselt 100 ha karjääride laienemise alla jäävaid soolaid. Lisaks avamaa kaevandustele mõjutab põlvekivi kaevandamine soid ka maa-aluste kaevanduste piirkondades, kus läbi loodusliku veerežiimi rikkumise mõjutatakse ka soode ökoloogilist olukorda (Paal ja Leibak, 2013).

Lisaks otsesele maapinna hävinemisele mõjutab soid ka tehastest ja tootmisüksustest emiteeruv õhusaaste, mis sisaldab kaltsiumit ja raskemetalle. Saastekomponendid akumulatsioonid taimede kudedes ning turbas, põhjustades turbasammalde hävimise, mistõttu omakorda peatub turba ladestumine ja intensiivistub orgaanilise aine lagunemine (Paal ja Leibak, 2013).

Kokkuvõtvalt on soid enim negatiivselt mõjutavaks tegevuseks kuivendamine, mis pikaajalises perspektiivis võib lisaks veetaseme alanemise tõttu suurenenud

kasvuhoonegaaside emiteerimisele kaasa tuua ka taimkatte suktsessioonilisi muutusi. Algsed taimekooslused võivad asendada uute kooslustega, mille struktuur on reeglina algsetest kooslustest lihtsam. Seeläbi on mitmed kooslusetüübid ning taime- ja loomaliigid muutunud haruldasteks või ohustatuteks (Paal ja Leibak, 2013).

## **2.4. Soode arengu rekonstrueerimine**

Sood on keerukad ökosüsteemid, mille arengut mõjutavad mitmed välised faktorid (nt tulekahjud, kliimamuutused) ja süsteemisisesed protsessid (nt muutused veerežiimis, turba ladestumises) nii lokaalsetes kui kontinentaalsetes ruumiskaalades. Need protsessid toimuvad üheaegselt ning on raske eristada ühe faktori mõju soo arengule. Kui aga mitmed erinevas suuruses, vanuses ja arengustaadiumis sood käituvad mingil hetkel sarnaselt (nt kiirenev laienemine), võib seda seostada mingi välise faktori – näiteks kliima – muutumisega (Ruppel *et al.*, 2013).

Soodel on oluline roll ülemaailmsetes biogeokeemilistes protsessides, näiteks süsinikuringes. Selleks, et mõista ja ennustada, milline on muutuvate kliimatingimuste mõju sooökosüsteemidele tulevikus peab enne mõistma protsesse, mis reguleerivad sookeskkonnas sisalduvate elementide hoiustamist ning keskkonda vabastamist (Korhola *et al.*, 1995). Sellest tulenevalt on üha suurenenud huvi minevikus aset leidnud, praegu toimuvate ning tulevikus soode arengus aset leida võivate protsesside vastu (Ruppel *et al.*, 2013).

Lisaks sellele, kuidas mõjutavad kliimatingimused soo arengut, on soode arengu rekonstrueerimine oluline mõistmaks ka seda, kuidas mõjutavad sood ning inimtegevus soodes kasvuhoonegaaside paiskamist atmosfääri. Sood on ühed olulisemad atmosfääri metaanisisalduse mõjutajad inimtegevuse järel. Atmosfääri metaanisisalduse tõusu mõjutab oluliselt inimtegevus läbi soode kuivendamise, samuti kasvab metaani eraldumine soodest nende aktiivse laienemise perioodil. Viimane metaanisisalduse järsk tõus toimus hilises Holotseenis, mil toimus aktiivne soostumine põhjapoolkera ulatuslikel aladel (Korhola *et al.*, 2010) ning see tõi kaasa olulised muutused atmosfääri kasvuhoonegaaside sisalduses.

Tänapäevased katselised soolade uuringud kombineerituna paleoökoloogilise informatsiooniga minevikus sookeskkondades toimunud muutuste kohta võivad selgitada soode võimalikke reageeringuid ennustatavatele kliimamuutustele (Ruppel *et al.*, 2013).

Üheks näiteks soode arengu rekonstrueerimisest on Soomes Korhola *et al.* (1995) poolt läbi viidud uurimustöö, milles kästleti süsiniku akumulatsioonist turvas Soome lõunaosas asuva Reksuo soo näitel. Töö läbiviimiseks kasutati Reksuo soo topograafiat, stratigraafilist liigestust ning turba tekkimise dünaamikat kirjeldavaid andmeid. Lisaks kasutati  $^{14}\text{C}$  dateeringute andmeid, õietolmu analüüse ja andmeid varasema rannajoone paikemise kohta.

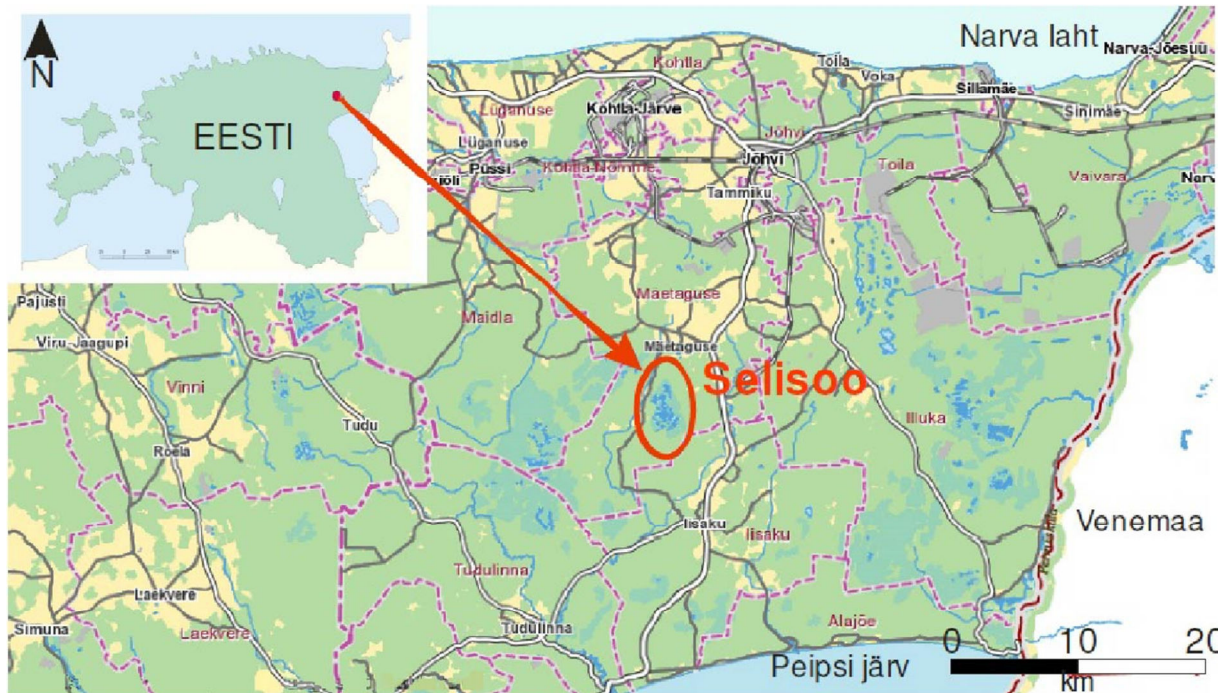
Töö tulemusel selgus, et Reksuo soo tekkimine sai alguse u 8500 aastat tagasi nõos, mis paikneb tänapäevase soo keskosas. Soo külgsuunaline laienemine toimus kiirelt kuni 3500 aasta taguse ajani, mil soo saavutas 92% praegusest pindalast (kasutatud on kalibreerimata  $^{14}\text{C}$  aastaid). Sellest ajast on soo laienemise kiirus märgatavalt vähenenud kuni peaaegu peatumiseni. Samas on enamuse soo vertikaalsest kasvamisest toimunud just viimase 3500 aasta jooksul. Hinnanguliselt 2/3 soo mahust on moodustunud viimase 3500 aasta jooksul (Korhola *et al.*, 1995).

Eestis on sarnaste uuringutega tegelenud Raimo Pajula (2000), kes uuris Soomaa soostike arengulugu. Rekonstruktsiooni koostamiseks kasutati nii turba kuivainesisalduse määramist kui ka  $^{14}\text{C}$  dateerimise meetodit. Andmete põhjal arvutati välja turba keskmine akumulatsioonikiirus ja juurdekasv soodes. Seejärel leiti lasundite vanus uuritud punktides ning taastati Soomaa soode laienemise protsessi tõenäoline käik.

Töö tulemusena leiti, et Soomaa piirkond vabanes Balti jääpaisjärve alt 10 600 aastat tagasi, piirkonnas algas soostumine 10 300–10 100 a.t. ja esimesed soolad jõudsid rabafaasi 7000–6000 a.t (kasutatud on kalibreerimata  $^{14}\text{C}$  aastaid). Leiti, et soostumise laienemine toimus ühtlaselt läbi Holotseeni ning ulatusliku soostiku tekkes mängisid eelkõige rolli piirkonna tasane pinnamood ja vettpidav pinnakate, mis takistasid vee äravoolu (Pajula, 2000).

### 3. Selisoo üldiseloostus

Käesoleva uurimustöö uurimisobjektiks olev Selisoo asub Kirde-Eestis Ida-Viru maakonna keskosas, Mäetaguse valla territooriumil (joonis 4).



**Joonis 4.** Selisoo ja selle lähikümbus (Hang *et al.*, 2009).

Selisoo on üks neljast suuremast Muraka soostikku kuuluvast rabamassiivist ning talle on iseloomulik suur laugasterohkus. Muraka soostiku pindalaks on 12793 ha. Soostik asub moreenialadega vahelduvais jääjärvenõgudes ning on tekkinud nende soostumisel. Toitub sademetest ja moreeniveest ning turvas lasub liival ja saviliival (Orru, 1995).

Selisoo on põhja-lõuna suunas väljavenitatud kujuga, ulatudes põhjast lõunasse 7,4 km ning läänest itta 3,7 km. Selisoo pindala on 2051 ha, millest madal-soo moodustab 734 ha, siirdesoo 359 ha ja raba 958 ha. Raba pealispind on suhteliselt lauge ning ulatub ümbritsevast tasandikust kuni 3 m kõrgemale. Turba lagunemisaste on madal- ja siirdesoo 25-30% ning rabas 15-20% (Hang *et al.*, 2009).

Selisoost idas kulgeb Jõhvi-Mustvee-Tartu maantee ning läänes piirab teda kuni 15 m suhtelise kõrgusega Mäetaguse oos. Kaguosas jälgib soo piir madalat liivaseljangdikka. Põhja-, lõuna- ja idapiir on kaevandusest tingitud kuivenduse tõttu ebamäärased (Hang *et al.*, 2009).

Maastikuliselt paikneb Selisoo Alutaguse madaliku maastikurajoonis. Alutaguse madalik paikneb Põhja-Eesti paeplatoo ja Peipsi järve vahel ning selle eripäraks on pinnamoos märgade alade – jääjärve ja järvetasandike (37%) ning väheste teedega sootasandike (37%) domineerimine. Peaaegu asustamata metsade osatähtsus maakattes on Eesti suurim – 78%. Põllumajandusmaade osatähtsus on vaid 8%. Alutaguse maastikurajooni kirdeosale on iseloomulikuks tehnogeensed rikutud pinnamoega kaevandusmaastikud (Arold, 2005). Selisoo kirdeosa alla ulatub AS Eesti Energia Kaevandused Estonia allmaakaevandus.

Selisoo on kuivendamise ja turba tootmise poolt tugevalt mõjutatud ning seetõttu ei ole ta looduslikus seisundis. Inimtegevuse tõttu on soo põhja-, ida- ja lõunaosa metsastunud (joonis 5) (Hang *et al.*, 2009). Sookoosluste, väärtuslike metsaalade ning kaitsealuste liikide elupaikade säilitamiseks on Selisoo võetud looduskaitse alla ning ta kuulub Natura 2000 alade hulka. Kaitseala koosneb Seli rabast, seda ümbritsevast metsast ning sooga piirnevatest metsise püsielupaikadest (Kirt, 2009).



**Joonis 5.** Selisoo ortofoto koos (kunagise) soo piiriga. Inimtegevuse tõttu on soo põhja-, ida- ja lõunaosa metsastunud. Alus: Maa-ameti ortofoto.

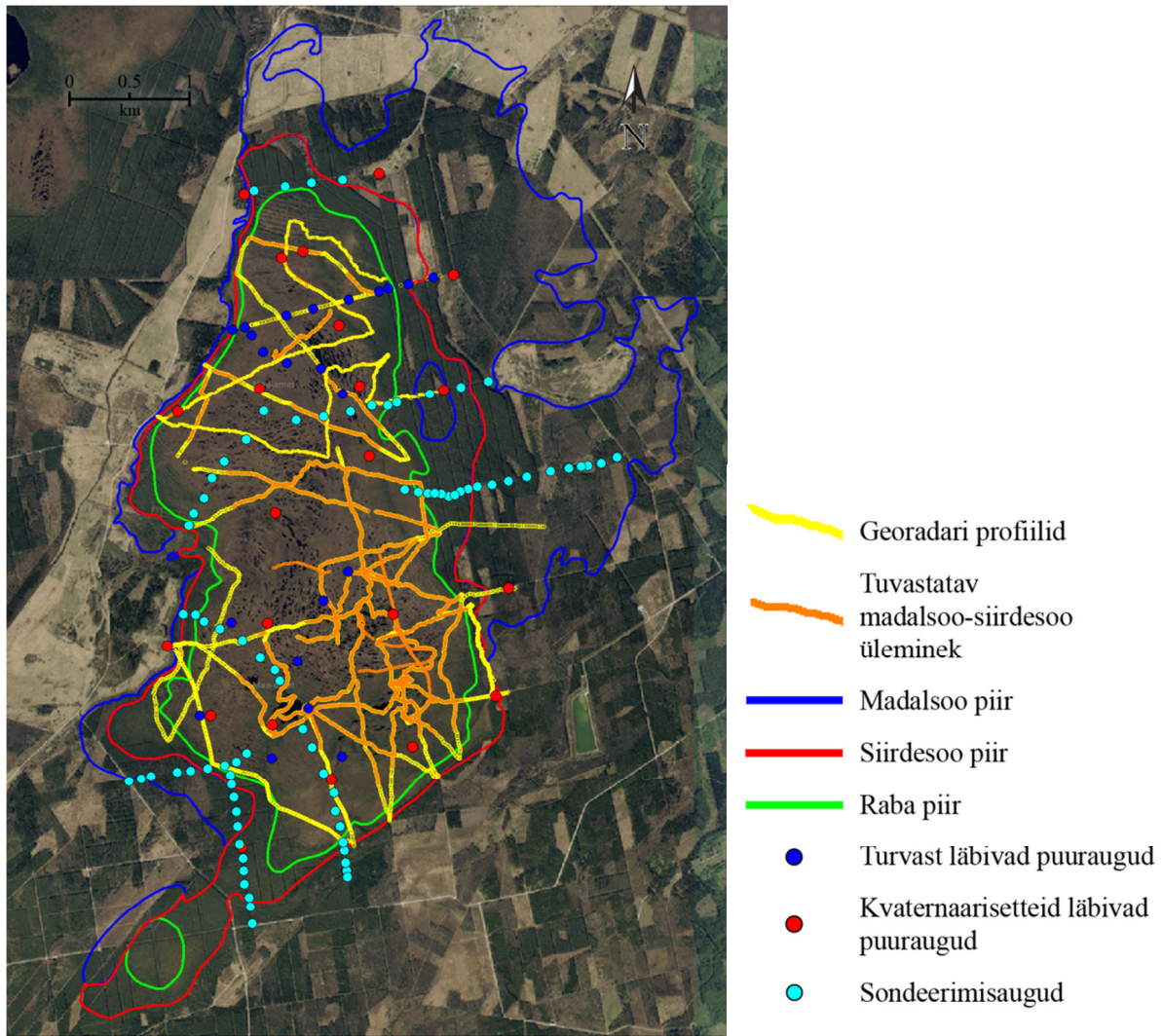
#### 4. Kasutatud materjalid ja metoodika

Käesoleva uurimustöö koostamisel on kasutatud Tartu Ülikooli Ökoloogia ja Maateaduste Instituudi Geoloogia osakonna poolt aastatel 2007-2009 läbi viidud projekti *Selisoos hüdrokeoloogilised uuringud kaevandamise mõju selgitamiseks* (Hang *et al.*, 2009) käigus kogutud puur- ning radariandmeid ning sama projekti käigus koostatud inimõju hinnangut. Lisaks kasutati 2013. aastal soo idaossa loodud kahelt transektilt saadud puur- ja radarandmeid. Kogu töös kasutatud puur- ja radarandmestiku paiknemine on toodud välja joonisel 6.

Radariandmestiku saamiseks kasutati firma *Radar Systems Inc.* georadarit *Zond-12e*. Georadari tööpõhimõte seisneb antenni abil elektromagnetlainete saatmises pinnasesse ning tagasi peegeldunud lainete intensiivsuse muutuste registreerimises ajas. Lainete tagasipeegeldumist põhjustavad pinnase dielektrilise läbitavuse ning elektrijuhtivuse muutused. Peegeldused on seda intensiivsemad, mida suuremad on muutused pinnase omadustes. Kõige selgemalt eristub turba ning mineraalpinnase piir, mida on võimalik läbilõikes kergesti tõlgendada (Hang *et al.*, 2009). Georadariga viidi uuringuid läbi aastatel 2007-2009 ning 2013-2014 erinevatel aastaegadel ning profiilide kogupikkus on ligikaudu 56 km.

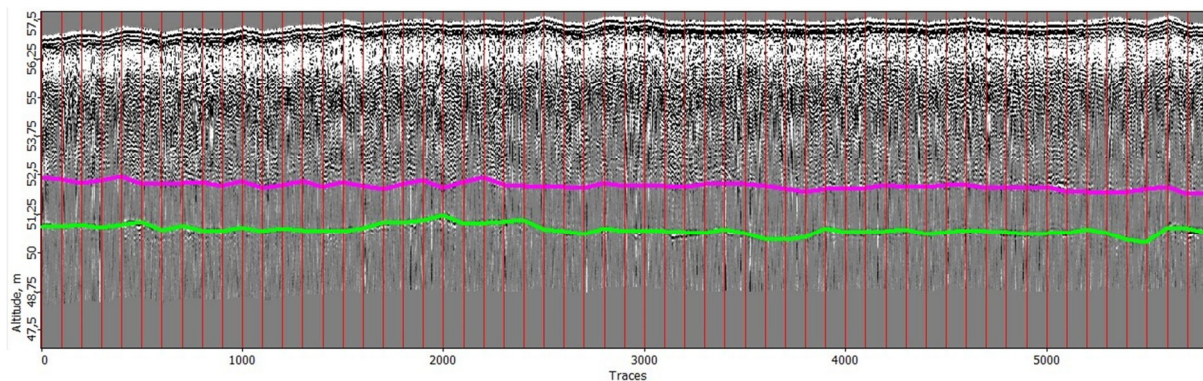
Turba paksuse mõõtmisel saadud mõõtmisviga on hinnanguliselt  $\pm 20-30$  cm ja see on eelkõige seotud turba omaduste muutuste ning ka peegelduste määratlemise täpsusega. Tulemuste täpsust mõjutab vähesel määral ka raba mätlikkus ning talvisel ajal lumikatte paksus. Nende tegurite mõju ei ole siiski suur, kuna lumes ja/või õhus liigub laine 6-8 korda kiiremini, ehk tinglikult vastab 8 cm õhule 1 cm turba paksust (Hang *et al.*, 2009).

Radariprofiilide positsioneerimiseks kasutati 2007-2008 aastal erineva täpsusega käsi-GPS seadet. Hilisematel mõõdistustel salvestati asukohainfo georadari failidesse ning asukohaviga on määratletud GPS-seadme täpsusega, mis lagedatel aladel on mõni meeter, metsaaladel kuni 20-30 m (Hang *et al.*, 2009).



**Joonis 6.** Puur- ning radariandmestiku paiknemine. Alus: Maa-ameti ortofoto.

Georadari (*Ground Penetrating Radar* ehk GPR) andmete töötlemiseks autori poolt kasutati firma *Radar Systems Inc.* programmi *Prism 2.5*. Radaripildi järgi digitaliseeriti turba ja mineraalpinnase piirjoon ning madal- ja siirdesoo vaheline piir (joonis 7) valides digitaliseerimise sammu pikkuseks (*Trace*) 2000 ühikut. Ühe neljandiku radariprofiilidest moodustasid varasemalt Mario Mustasaare poolt loodud profiilid, ülejäänud koostas töö autor. Kogu radariprofiilide järgi loodud andmestik salvestati tekstifailidena, mille edasiseks töötlemiseks kasutati programmi *MS Excel 2010*, kus eri andmefailid liideti ning konverteeriti ühtsesse formaati.



**Joonis 7.** Tüüpiline GPR topoparandatud profiil. Rohelisega on tähistatud turba ja mineraalpinnase vaheline digitaliseeritud piir. Lillaga on välja toodud madal- ja siirdesooturba piir.

Andmete edasiseks töötamiseks kasutati programmi *MapInfo Professional 10.5* ning selle liidest *Vertical Mapper*. Esmalt imporditi programmi radariandmestiku fail, millele lisati juurde eelnevalt juba *MapInfo* tabeliformaadis olnud puurandmestike info. Soo piir joonistati käsitsi ning selleks kasutati mullakaardi (1:10 000) põhjal koostatud madal- ja siirdesoo ning raba piiride andmestikke. Kuna definitsiooni järgi on soo minimaalseks turba paksuseks 30 cm, anti kogu soopiirile väärtuseks 0,3 m, joonefail viidi üle punktiformaati, valides maksimaalseks punktide vahemikuks 250 m, ning lisati koguandmestiku tabelisse.

Kuna andmed paiknesid soo piires ebahühtlaselt, valiti turba paksuse kaardi koostamiseks *Vertical Mapper*'i interpoleerimismeetod *Triangulation with smoothing* (triangulatsioon silumisega). Interpoleerimise teel loodi TIN-mudelil põhinev GRID ehk rasterimudel. TIN mudel kujutab endast ebakorrapärase kolmnurkade võrgustikku, kus kolmnurkade tippudeks on andmepunktid, mille järgi moodustatakse tipunurkade kõrgustest lähtuvalt kaldu olevad kolmnurgad, ehk interpoleeritakse andmepunktide vahele jäävad väärtused. Saadud rasterimudelit siluti kasutades *Vertical Mapper*'i funktsiooni *Smoother*. Silumisakna suuruseks (*Smoothing Window Size*) valiti 3 – mis vastab 3×3 piksli suurusega maatriksile e aknale. Silutud rasterimudeli põhjal joonistati 1 m vahedega samapaksuskontuurid. Kaartide taustana kasutati Maa-ameti WMS teenuse abil allalaetavat LIDAR (aero laserskanneerimise) andmestikul põhinevat varjutatud reljeefimudelit.

Madalsooturba tuseduse kaardistamiseks kasutati ainult radariandmeid, millelt oli üleminekupiir selgelt tuvastatav. Peamiseks põhjuseks, miks üleminekupiiri mõnel juhul ei

õnnestunud tuvastada oli see, et eriti õhema turbakihiga profiilidel lasus rabaturvas otse mineraalil või oli madalsooturba kiht liialt õhuke, et seda radariprofiilidel visuaalselt eristada. Turba kogupaksusest lahutati raba- ja siirdesooturba paksuse kiht. Kogu andmetöötlus ning interpoleerimine toimus analoogselt kogu turba paksuse kaardi koostamisele. Interpoleerimiseks kasutati samuti interpoleerimismeetodit *Triangulation with smoothing* ning kaart siluti 3×3 aknaga.

Mineraalpõhja ja madalsoo-siirdesoo üleminekukihi absoluutkõrguste kaartide koostamiseks kasutati *Vertical Mapper*'i tööriista *Point Inspection*. Nii mineraalpõhja kui madalsooturba pinna absoluutkõrguste tabelitesse arvutati juhendajalt saadud LIDARi põhise kõrgusmudeli (mille piksli suurus on 5×5 m) põhjal igale punktile selle absoluutkõrgus, lahutades soopinna absoluutkõrgusest vastava punkti sügavuse maapinnast.

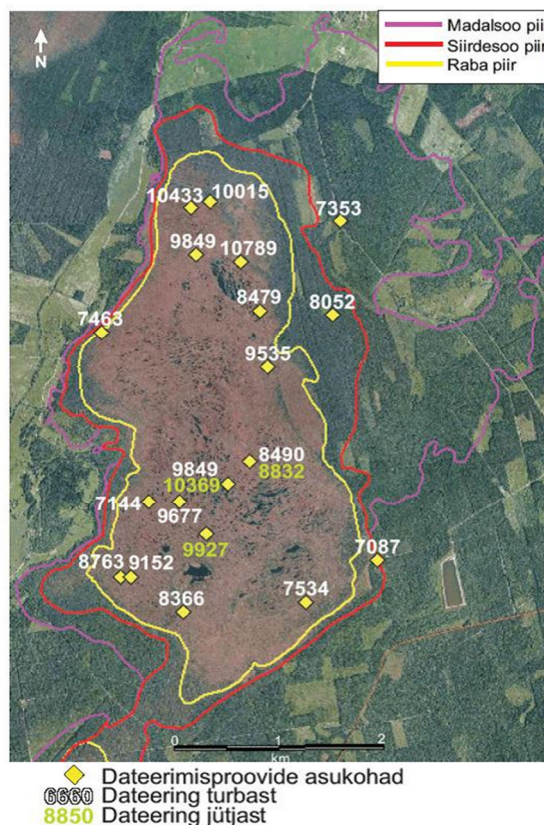
Arvutustulemuste järgi interpoleeriti samuti *Triangulation with smoothing* interpolaatorit kasutades absoluutkõrguste kaart, mida siluti samuti 3×3 aknaga. Selliselt saadud pinnamudelilt visualiseeriti samuti 1 m vahedega samakõrgusjoonte abil. Kaartide lõplikuks vormistamiseks kasutati programmi *Adobe Illustrator CS6*.

Lisaks puur- ja radarandmestikule kasutati uurimustöös ka 2009. aastal Maarja Kirt'i poolt puursüdame dateerimisel saadud andmeid (joonis 8). Dateeringute tegemiseks võeti proove

nii turba alumisest kihist kui ka jütjast ning saadud andmed esitati kalibreeritud <sup>14</sup>C aastates (Kirt, 2009).

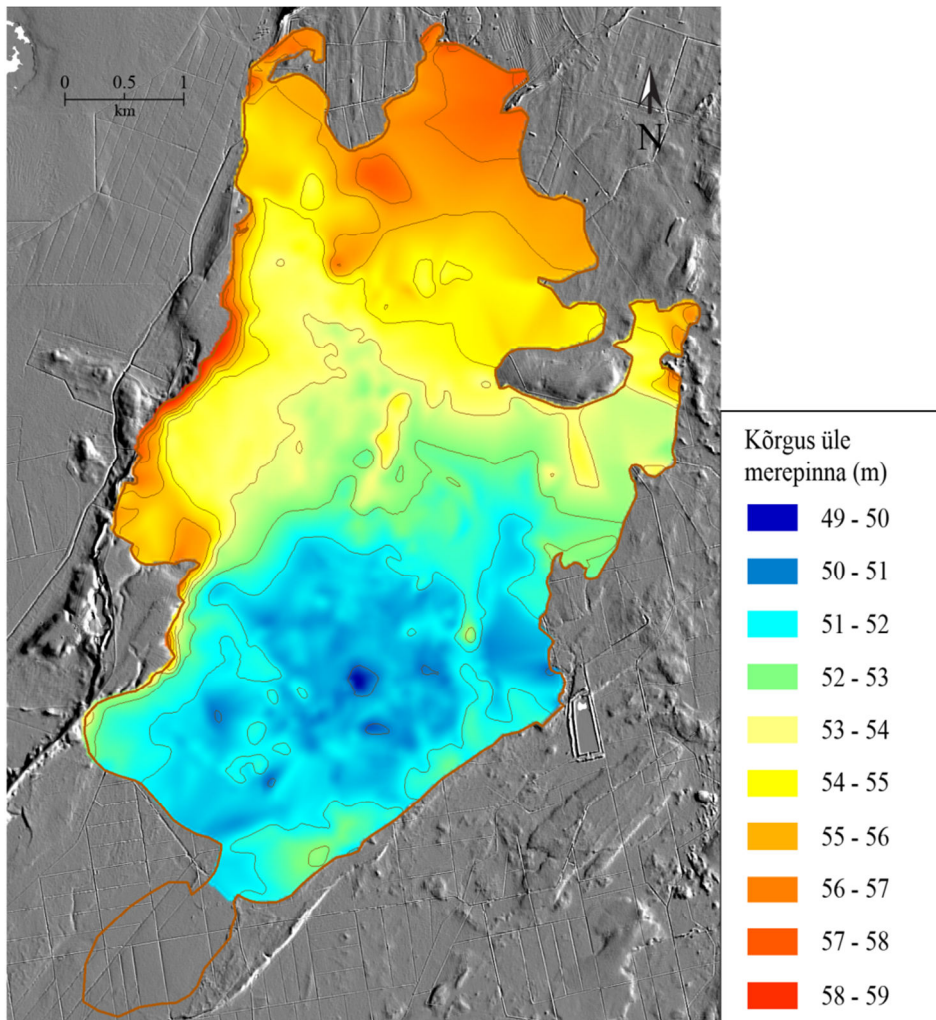
Soo erinevate arengufaaside ajaliseks määratlemiseks kasutati Nirgi (2012) poolt esitatud turbakihtide vanuste andmeid.

**Joonis 8.** Dateeringute jaoks võetud proovide asukohad ja saadud kalibreeritud <sup>14</sup>C vanused (Kirt, 2009).



## 5. Tulemused ja arutelu

### 5.1. Soo aluse mineraalpinnase reljeef



**Joonis 9.** Selisoo aluse mineraalpinnase reljeef.

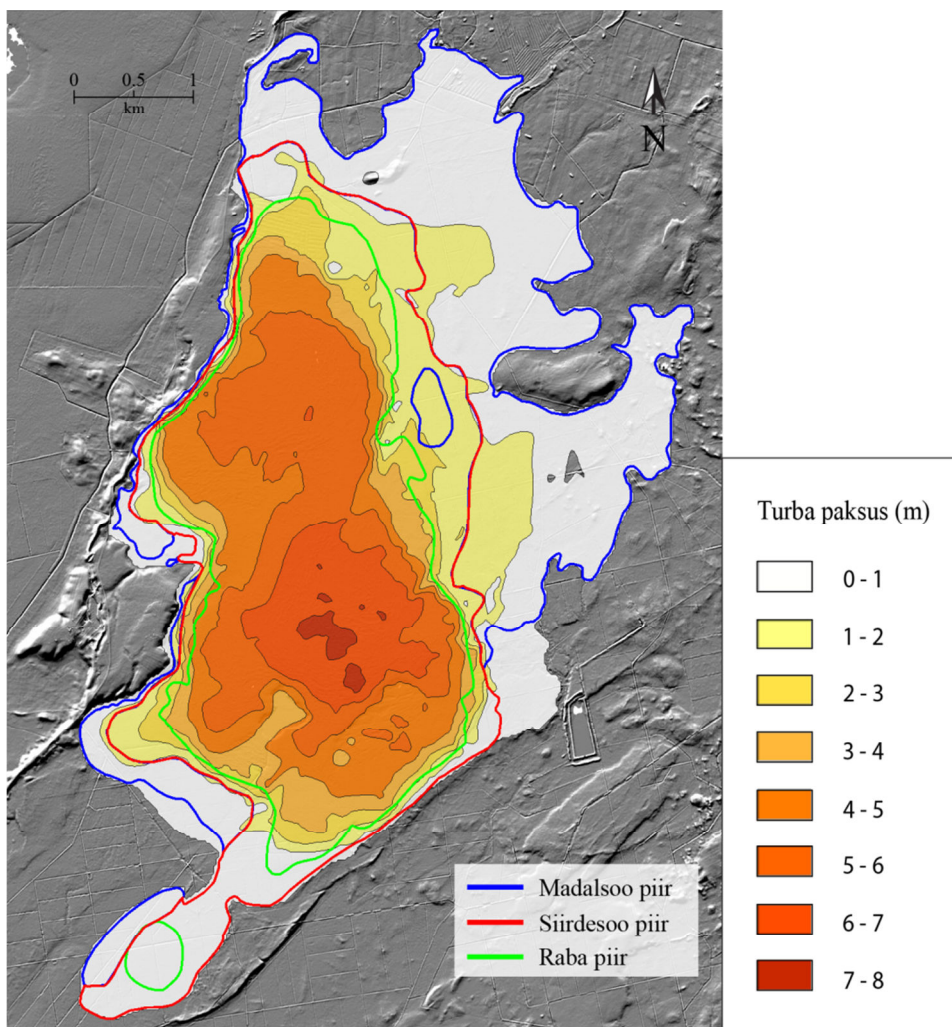
Selisoo aluse mineraalpinnase absoluutkõrguse kaardil (joonis 9) on selgelt nähtav mineraalpinna kallakus põhjast lõuna suunas. Samuti joonistub välja soo lõunaosa mineraalpinnase nõgus reljeef ning loode-kagusuunaline nõgusus soo põhjaosas.

Soo põhjaosa absoluutkõrgus jääb vahemikku 55-57 m ü.m.p (üle merepinna), olles suurim soo põhjapiiril. Soo keskosas paikneb ümbritsevast umbes 1 m kõrgem seljandik, mis eraldab soo põhja- ja lõunaosa. Seljandikust lõuna suunas mineraalpinnase kõrgus jällegi alaneb ning kogu Selisoo mineraalpinnase madalaim punkt, kus absoluutkõrgus on minimaalselt 49,5 m ü.m.p, asub soo lõunaosa keskosas, rabajärvest ligikaudu 520 m ida suunas. Madalaimast

punktist lõuna ning kagu poole liikudes hakkab mineraalpinnd jällegi tõusma ning soo lõuna ja kaguserval, mida piirab seljandik, ulatub mineraalpinna absoluutkõrgus 52,1 meetrini.

Kõige järsem on kõrguste muutus soo lääneosas, kus Selisoo toetub Mäetaguse oosi idaservale ning mineraalpinna absoluutkõrgused alanevad läänest itta 58,5 meetrist ü.m.p 52-53 meetrini ü.m.p soo keskosas. Keskosast ida suunas on mineraalpinna tõus suhteliselt väike, soo idapiiril paikneb mineraalpinna keskosaga suhteliselt samal kõrgusel.

## 5.2. Turba kogupaksus



**Joonis 10.** Turbakihi tusedus Selisooos vastavalt kogutud GPR ja puurandmestikule.

Turbakihi tuseduse järgi (joonis 10) eristub Selisooos kaks suurema turbalasundiga piirkonda, millest väiksem asub soo põhjalaama keskosas ning suurem lõunalaama keskosas. Turbakihi

sellist jaotumist on tõenäoliselt mõjutanud soo aluse mineraalpinnase nõgus reljeef. Mineraalpõhja reljeefi kaardil eristub soo lõunaosas paiknev nõgusus, kus mineraalpinnas on ümbritsevast 2-3 m madalamal ning kus on suurim kogu turba ning ka madalsooturba kihipaksus – vastavalt 7,5 ja 2,2 m.

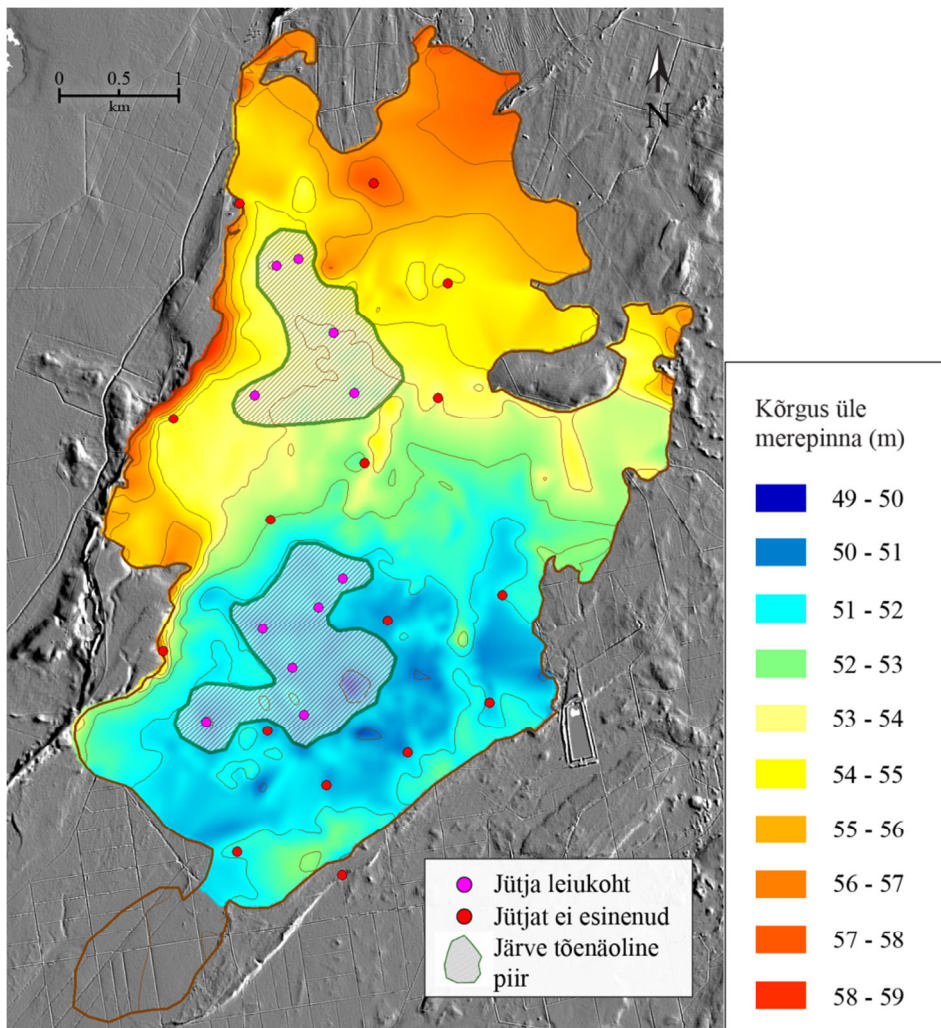
Turbakiht õheneb soo keskosast servade suunas ebaühtlaselt, kõige järsem on turbakihi õhenemine rabarinnaku servades. Soo põhja-, ida- ja lõunaservas on turbakiht õhuke, kõigest 0-1 m ning soo piir on seetõttu raskesti eristatav, olles määratletav vaid mullakaardi abil loodud piirjoonte alusel. Selgelt eristub soo lääneosa, kus Selisood piirab Mäetaguse oosi idaserv ning turba kihipaksus suureneb soo servast keskosa suunas lühikese distantssi jooksul 4,5 meetrini, ning soo kaguosa, mida piirab kirde-edelasuunaline seljandik.

Rabarinnak eristub turbakihi tüseduse järgi ümbritsevast kõige paremini raba ida- ja lõunaosas, kusjuures idas asub rabarinnaku piir 2-2,5 km kaugusel soo idapiirist. Raba kirdeosas mõjutab rabarinnakut turbakihi alla jääv umbes 1 m ümbritsevast kõrgemal asuv kirde-edelasuunaline seljandik. Läänes piirneb soo Mäetaguse oosiga ning soo ja raba piirjooned paiknevad lähestikku ning seetõttu selgelt rabarinnakut ei esine. Rabalaama edelaossa on rabajärvest tingituna kujunenud kirde-edelasuunaline sopistus. Raba edelaosas paikneva Seli Suurlauka all on turbakihi tüsedus 3,5-4 m.

### **5.3. Selisoo arengufaasid**

#### **5.3.1. Soostumise algus**

Aastatel 2007-2009 läbi viidud projekti *Selisoo hüdrogeoloogilised uuringud kaevandamise mõju selgitamiseks* (Hang *et al.*, 2009) käigus kogutud puurandmete järgi leidub piiratud aladel soo põhja- ja lõunaosas jütjat ehk järvemuda. Jütja leiukohad kattuvad soo mineraalpinnases esinevate madalamate nõgude esinemispiirkondadega. Soo keskosast võetud proovides jütjat ei leidunud (joonis 11).



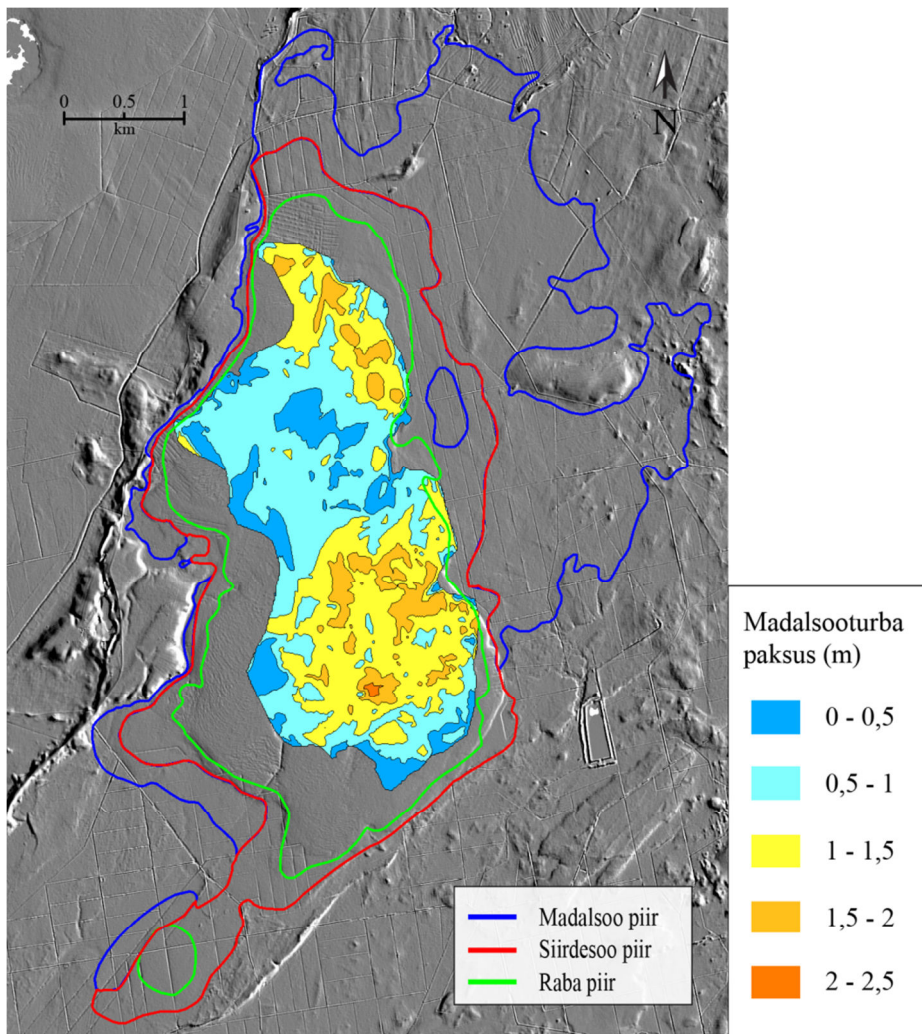
**Joonis 11.** Mineraalpinna reljeef ja jütja leidmise asukohad Selisoos.

Jütja leidumine mineraalpinna reljeefi nõgudes soo põhja- ja lõunaosas madalsooturba kihi all viitab madalaveeliste veekogude olemasolule enne soostumise algust. Soo lõunaosas jütjast võetud süsinikdateeringu proovid viitavad sealse veekogu olemasolule juba umbes 300 aastat enne soostumise algust. Dateeringuandmetest selgub, et soo tekkimine algas lõunaosas umbes 10 000 kalibreeritud  $^{14}\text{C}$  aastat tagasi ning soo põhjaosas natuke varem – pisut vähem kui 11 000 aastat tagasi (Kirt, 2009).

Seega on tõenäoline, et Selisoo esialgne areng algas nii põhja- kui lõunaosas seal minevikus asunud järvede kinnikasvamise teel. Veekogude kinnikasvamine on jääajajärgsele ajale suhteliselt tavapärane protsess – liustikujää taandumisel tekkinud nõgudesse ja orgudesse valgus vesi, mille tagajärjel moodustusid suhteliselt madalad veekogud. Kliimatingimuste soojenedes levisid veekogude kallastele niiskuslembesed taimed, sh pilliroo- ja tarnakooslused (Valk, 1995). Orgaanilise aine edasisel settimisel veekogu põhja toimus

veekogu kinnikasvamine ja nii kujunes järvesette peale madalsoole iseloomulik turbakiht. Andmete põhjal järeldub, et Selisoos oli algselt kaks soostumiskollet, mida eraldas soo keskosas paiknev kõrgem seljandik. Turbakihi paksenedes mattus seljandik külgedelt peale tungiva turba alla ning soostumiskolded liitusid. Liitumise aeg ei ole täpselt teada, kuna soo keskosast puuduvad hetkel dateeringud.

### 5.3.2. Madal- ja siirdesoo faas

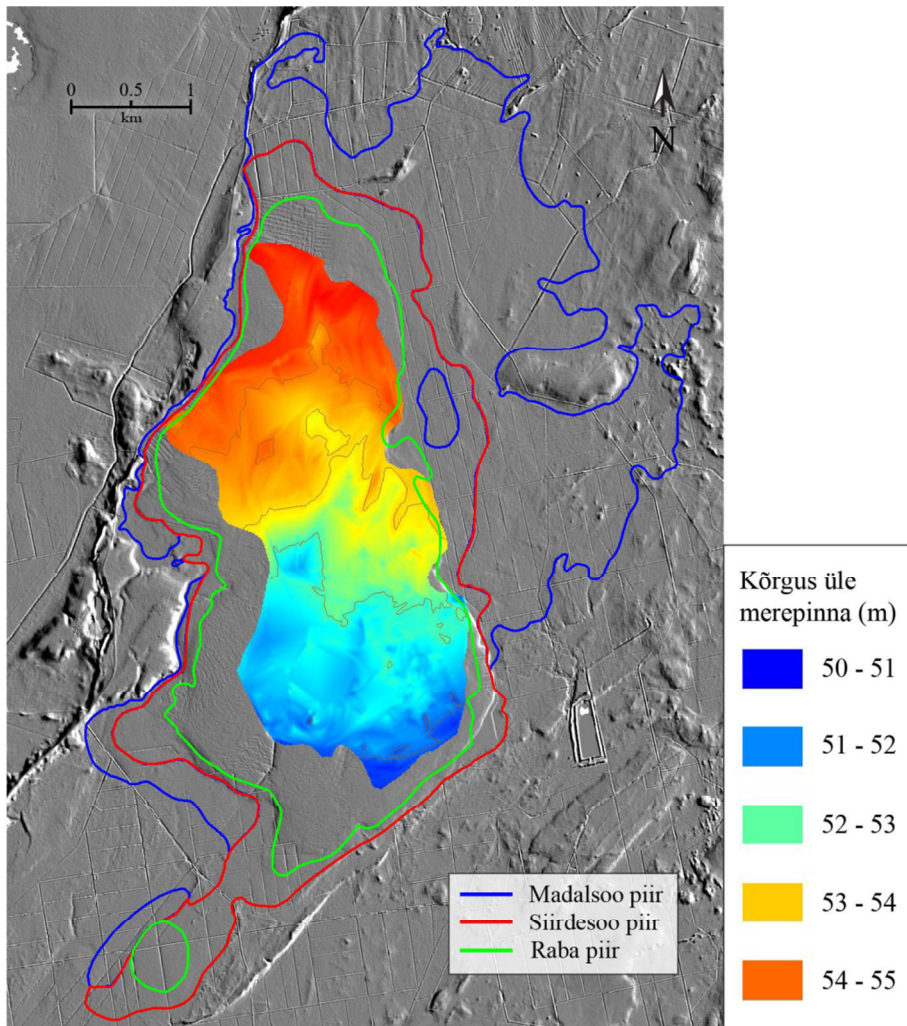


**Joonis 12.** Madalsooturba kihipaksus.

Madalsooturba kihipaksuse järgi (joonis 12) eristub Selisoos kaks piirkonda – soo põhjalaama keskosa ning lõunalaama keskosa. Põhjapoolses osas ulatub madalsooturba kiht 2 meetrini ning lõunaosas kuni 2,2 meetrini. Madalsooturba kiht õheneb radariandmete ulatuses soo

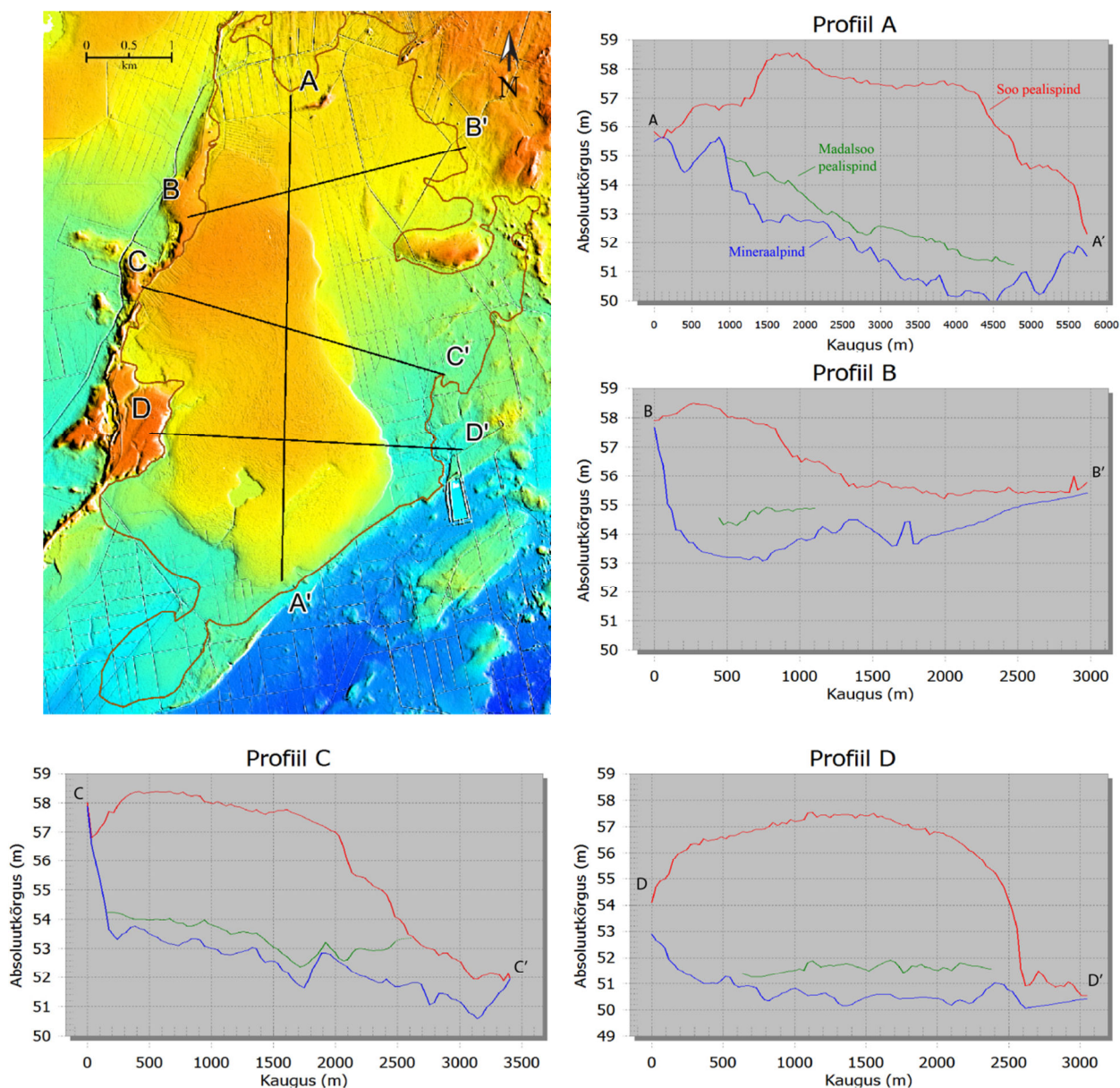
lõunalaama keskosast, kus selle paksus on kuni 1 m, servade suunas. Lisaks servaaladele on madalsooturba kiht kohati õhuke ka soo keskosas, kus kihi paksuseks on radari- ja puurimisandmete põhjal vaid kümnekond sentimeetrit.

Madalsooturba ülemise pinna kõrguste kaart (joonis 13) näitab selgelt absoluutkõrguste vähenemist põhjast lõuna suunas. Absoluutkõrgused on suurimad soo põhjaosas, ulatudes 55 m ü.m.p ning väikseimad lõunaosas, kus kõrgus üle merepinna on 50,7 m.



**Joonis 13.** Madalsooturba kihi pealmise osa reljeef.

Joonisel 14 on profiilidel eraldi välja toodud mineraalpõhja, madalsooturba pealispinna ja soo pealispinna läbilõikejooned, millelt on näha madalsooturba kihi paiknemine mineraalpinna madalamates osades ning rabarinnakute esinemine raba idaservas.



**Joonis 14.** Selisoo turbalademe jaotus. Sinisega on märgitud mineraalpõhja, rohelisega madalsooturba pealispinna ning punasega soo pinna reljeef. Kõrvaoleval kaardil on näidatud profiilide kulgemise asukohad.

Kirt'i (2009) esitatud  $^{14}\text{C}$  dateerimisel saadud vanuste järgi algas esmane madalsooturba akulumeerumine soo põhjaosas asetsevas suhteliselt kitsas loode-kagusuunalises mineraalpõhja nõgususes u 11 000 aastat tagasi (kasutatud on kalibreeritud aastaid). Endise järve põhja ladestunud turbakiht paksendes ja laienes kõrvalasetsevatele madalamatele liigniisketele aladele, väljudes lõpuks endise järve piiridest. Soo edasine areng toimus mineraalma soostumise teel. Turbakihi paksendes laienes soo põhja-, lääne- ja lõunasuunas,

täites mineraalpinna nõgususe, mis piirneb idas ja kagus ümbritsevast kõrgema alaga ning läänes Mäetaguse oosi idaservaga.

Soo praeguse lõunakupli all algas soo tekkimine ja laienemine mõnevõrra hiljem, umbes 10 000 aastat tagasi, kuid ka seal toimus laienemine analoogselt põhjaosas toimuvale. Järve põhja ladestunud turbakiht paksenes ning laienes esmalt tõenäoliselt lõuna- ja läänesuunas ning seejärel idasuunas paiknevatele madalamatele aladele. Soo laienemist põhjasuunas takistas esialgu soo keskel asuv kirde-edelasuunaline ümbritsevast kõrgem seljandik.

Madalsoo pind kõrgenes ja levis ümbritsevatele mineraalmaale, mis Valk (1998) järgi on Eesti soode kujunemise puhul suhteliselt sage nähtus. Madalsoo laienemist soodustasid vee valgumine soo keskmest ümbritsevatele aladele ning niiske kliima, mis muutsid mineraalpinnase liigniiskeks ja seega sobivaks elukeskkonnaks niiskuslembestele madalsookooslustele (Valk, 1998).

Turbakihi paksenedes madalsoo pindala suurenes ning madalsooturvas kattis õhukese turbakihiga (0-1 m) ka soo kesk- ning äärealad. Soo kesk- ja ääreesadest saadud dateeringuandmete põhjal laienes soo 1000 aasta jooksul keskmiselt 0,51 km.

Madalsooturba suhteliselt õhuke tüsedus soo kesk- ja ääreesades viitab sellele, et tõenäoliselt on mõnel pool alanud arumaa soostumine siirdesoturba kujunemisega mineraalpinnasel. Nirgi (2012) järgi on Selisoo madalsoo ajajärgule iseloomulik mitmekesine taimestik, mida tõendab kujunenud lehtsambla-, tarna-, pilliroo-tarna, tarna-lehtsambla- ja tarna-sfagnumiturvas.

Siirdesoo ajajärk, mis algas Selisooos umbes 8373 kalibreeritud  $^{14}\text{C}$  aastat tagasi (Nirgi, 2012) on tavaliselt suhtelise lühikese kestusega vaheaste madalsoode ja rabade vahel, mille jooksul kujuneb madalsooturba kihile kuni 30 cm paksune vähelagunenud rabaturbaga või siirdesoo-segaturbaga kiht (Arold, 2005). Selisooos viitab siirdesoo kihi esinemisele madalsoo- ja rabaturvaste kontaktkihina esinev tarna sfagnumi kiht ning siirdesoodele iseloomulik hästi lagunenud puuturba kiht (Nirgi, 2012).

### 5.3.3. Raba faas

Selisoo jõudis tänaseni kestvasse raba arengujärku umbes 5745 kalibreeritud  $^{14}\text{C}$  aastat tagasi. (Nirgi, 2012). Rabadele on iseloomulik isereguleeruvus ning suur sõltumatus ümbritsevate alade aine- ja energiaringest (Arold, 2005). Raba keskosas, kus puuduvad toitainerikkad veed ja seetõttu toimub turbalasundi kujunemine kõige kiiremini, hakkab raba pind kumerduma. Pinna kumerdumine mõjutab omakorda vete liikumist ja mikroreljeefi kujunemist ning raba taimkatet. Nirgi (2012) poolt koostatud turba läbilõike kirjelduse järgi koosneb Selisoo rabaturvas magellaanikumi-, villpea-magellaanikumi-, fuskumi- ja puhma-magellaanikumi turbast (Nirgi, 2012).

Raba pinna kõrgenemisel tekib soo keskosas rabaplatoo, mille keskossa kujuneb rabakuppel ja mida ääristab rabarinnak. Selisoo on rabarinnak nähtav eriti raba ida- ja lõunaosas, kus rabarinnaku serv tõuseb keskmiselt 150 m jooksul 2-2,5 m (joonis 14, profiilid B, C, D). Selisoo põhjapoolne rabakuppel on ümbritsevast tasandikust soo pinnast ligi 4 m kõrgemal ning lõunapoolne kuppel ligi 5 m kõrgemal ning nende vahele jääb madalam ala (joonis 14, profiil A)

Soolaama suurenedes jääb osa vett soo keskossa, kus vee äraliikumine järjest raskeneb – see tähendab, et soo on jõudnud düstroofsesse staadiumisse (Arold, 2005), millele on iseloomulik ka Selisoole omaste älvete ja laugaste tekkimine.

Arvestades, et Selisoo põhjaosas, kus soostumisprotsess algas varem, asub mineraalpinnas lõunaosast kõrgemal, on tõenäoline, et rabaturba paksenemisel laienes põhjapoolne rabalaam lõunasuunda kiiremini, kui põhjasuunda. Raba põhja- ja lõunalaama jätkuval laienemisel toimus kahe lihtlaama liitumine, mille tulemusel tekkis praeguselt reljeefimudelilt nähtav kahe kupliga liitlaam. Nagu eespool öeldud oleks selle sündmuse täpsemaks ajas piiritlemiseks vajalik täiendav dateerimisproovide võtmine soo keskosast.

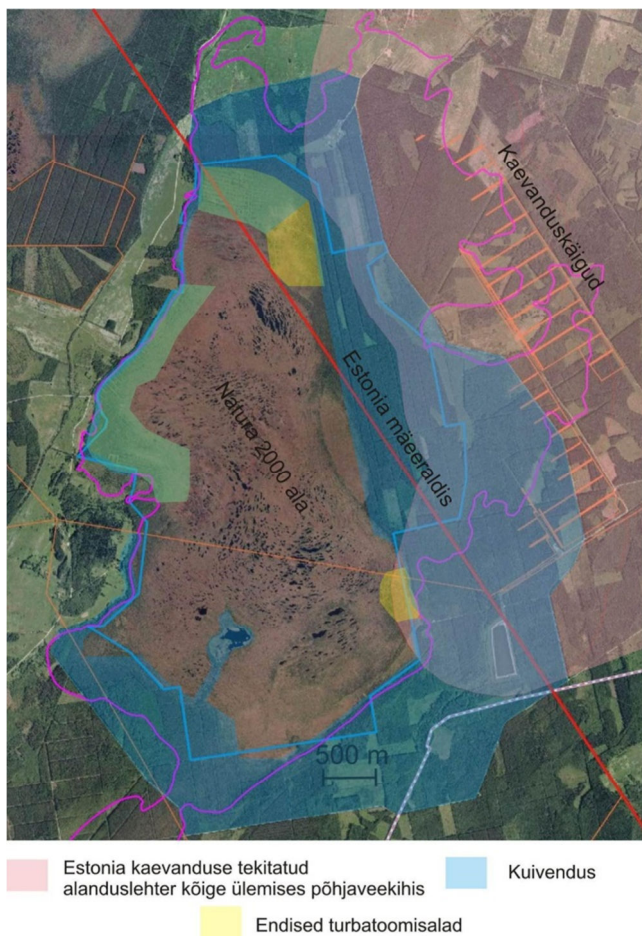
### 5.3.4. Inimtegevuse mõju Selisoo arengule

Inimtegevusega kaasneva mõju kirjeldamiseks Selisoo, võetakse aluseks 2009.a projekti *Selisoo hüdrogeoloogilised uuringud kaevandamise mõju selgitamiseks* (Hang *et al.*, 2009) käigus koostatud inimõju kirjeldav kaart (joonis 15).

Inimtegevuse poolt on Selisood enim mõjutanud lausaline kuivendusüsteemide rajamine aastatel 1965-1971 (Marandi *et al.*, 2013). Kuivenduskraavid ümbritsevad kogu Selisoo raba ning siirde- ja madalsoo on peaaegu täies ulatuses kuivendatud. Samuti on veetaset vähendatud Seli Suurlaukas, mille pindala on seeläbi tunduvalt vähenenud (Hang *et al.*, 2009).

Lisaks kuivendussüsteemidele mõjutab Selisoo looduslikku veerežiimi lähedalasuv AS Eesti Energia Kaevandused Estonia allmaakaevandus, mille tõttu on alanenud soo üldine veetase (Marandi *et al.*, 2013).

Lisaks kuivendamisele on Selisoo põhja- ja loodeosas toimunud aktiivne turba kaevandamine, mille tagajärjel on maapinnale jäänud 10-20 m laiused ning sadade meetrite pikkused maapinnalohud. Kuivenduskraavid mõjutavad endiselt Selisoo veetaset ja seetõttu on endised turbatootmisalad soo põhja- ja idaosas tugevalt metsastunud (Hang *et al.*, 2009).



**Joonis 15.** Inimtegevuse mõju Selisoo ja selle ümbruses (Hang *et al.*, 2009).

## 6. Kokkuvõte

Käesoleva uurimustöö eesmärgiks oli kirjeldada Ida-Virumaal paikneva Selisoo kujunemist ja arengut, kasutades selleks varasemalt piirkonnas läbi viidud uuringute käigus saadud georadari, süsinikdateeringute ning puursüdamike andmeid. Lisaks täiendati varasemalt olemasolevat andmestikku autori poolt digitaliseeritud radariprofilidega. Andmete töötlemise käigus koostati Selisoo mineraalpinnast, jütja leiukohti ja erinevaid turbakihte kirjeldavad kaardid ning turbalademe jaotuse graafikud, mis võimaldavad selgemalt analüüsida eri tüüpi turbakihtide ladestumist ja seeläbi erinevate soofaaside kujunemist. Saadud tulemuste põhjal kirjeldati Selisoo tõenäolist arengukäiku alates soostumise algusest kuni rabafaasina. Samuti toodi referatiivselt välja inimtegevuse mõju Selisoole.

Töö tulemusel selgus, et Selisoo teke algas mineraalpinnase nõgudes asuvate eraldiseisvate veekogude kinnikasvamisega, mida tõendab järvemuda ehk jütja leidumine kahes eraldiseisvas piirkonnas praeguse soo põhja- ja lõunaosas. Süsinikdateeringu andmetel sai soo põhjaosas soostumine alguse ligi 11 000 aastat tagasi ning soo lõunaosas natuke hiljem – ligi 10 000 aastat tagasi. Veekogude kinnikasvamise tulemusel kujunes madalsoon, mis laienes õhukese kihina ümbritsevale mineraalpinnasele. Madalsoofaasile järgnes suhteliselt lühike siirdesoo ajajärk, millest annab aimu siirdesoole iseloomuliku puiduturba leidumine õhukese kihina.

Selisoo jõudis raba arengufaasi ligi 5745 kalibreeritud  $^{14}\text{C}$  aastat tagasi. Raba pealispinna reljeef viitab sellele, et esialgselt oli Selisoos kaks eraldiseisvat rabalaama, mis pinna kõrgenedes liitusid ning moodustasid tänapäevastelt reljeefimudelilt ära tuntava rabamassiivi, millel on idaservas selgelt eristatav rabarinnak.

Selisoo kujunemisel on suurt rolli mänginud ka inimtegevus. Soo on ümbritsetud kuivenduskraavidega ning tema põhja- ja loodeosas on kaevandatud turvast. Kuivendusest tingituna on soo põhja ja idaosa metsastunud ning soo piiri on seetõttu raske eristada. Lisaks kaevandusele mõjutavad Selisood ka idas asetsevad kaevanduskäigud.

Selisoo kujunemise protsess on Eestis jääajajärgselt tekkinud soode puhul suhteliselt tavaline ning järgis tüüpilist järvelisel soostumisel alguse saanud soo arengukäiku, hõlmates endas nii madalsoofaasi, lühikese siirdesoofaasi ning tänaseni kestva raba arengustaadiumi.

# **The reconstruction of spatio-temporal development of the Selisoo mire**

Kea Kiiver

## **Summary**

The aim of this paper was to describe the development of Selisoo mire, located in northeastern Estonia. Selisoo mire, which belongs to Natura 2000 sites, is highly influenced by human activities, such as peat extraction, water draining and oli-shale mining, which has also caused the decreasing of Selisoo area.

Former research data – such as georadar profiles, radiocarbon dating and peat core data was used to analyse peat layers and peat thickness in different parts of the mire and also the presence of lake sediments. During the research, additional georadar profiles were made to complement the data. During the analysis, different maps were made to describe the development of Selisoo mire.

It was found that the development of Selisoo mire began with lake terrestrialisation approximately 11 000 BP (*Before Present*) in two different locations in the northern and southern part of the mire. The fen stage continued with paludification and the mire expanded to the surrounding area. The fen stage was then replaced with short transition mire stage. The bog stage, which is still ongoing, began approximately 5745 BP.

The development process of Selisoo mire was compared with descriptions of mire formations from literature and it was concluded that the development of Selisoo mire followed the typical process of post-iceage mire formation.

## **7. Tänuavaldused**

Soovin tänada oma juhendajat, Marko Kohvi, kes töö koostamisel igati abiks oli. Samuti Argo Jõelete ja Mario Mustasaart, kes õpetasid ja abistasid mind georadari profiilide koostamisel.

## 8. Kasutatud kirjandus

- Allikvee, H. ja Ilomets, M.** 1995. Sood ja nende areng. Rmt: Raukas, A (koostaja). Eesti: Loodus. Tallinn: Kirjastus „Valgus“ ja Eesti Entsüklopeediakirjastus, lk 327 – 347.
- Arold, I.** 2005. Eesti maastikud. Tartu: Tartu Ülikooli kirjastus, 453 lk.
- Hang, T., Hiiemaa, H., Jõelet, A., Kalm, V., Karro, E., Kirt, M., Kohv, M., Marandi, A.** 2009. Selisoo hüdrogeoloogilised uuringud kaevandamise mõju selgitamiseks. Uuringu aruanne. Tartu: Tartu Ülikool, geoloogia osakond, 80 lk.
- Joosten, H. ja Clarke, D.** 2002. Wise use of mires and peatlands – background and principles including a framework for decision-making. Saarijärvi: International Mire Conservation Group and International Peat Society, lk 24.
- Kimmel, K.** 2009. Ecosystem services of Estonian wetlands. Tartu: Tartu Ülikooli kirjastus.
- Kimmel, K., Kull, A., Salm, J-O., Mander, Ü.** 2010. The status, conservation and sustainable use of Estonian wetlands. *Wetlands Ecology and Management*, 18 (4), lk 375-395.
- Kirt, M.** 2009. Selisoo kujunemise geoloogilised eeldused/põhjused. Magistritöö. Tartu: Tartu Ülikool, 57 lk.
- Korhola, A., Tolonen, K., Turunen, J., Jungner, H.** 1995. Estimating long-term carbon accumulation rates in boreal peatlands by radiocarbon dating. *Radiocarbon*, 37 (2), lk 575-584.
- Korhola, A., Ruppel, M., Seppä, H., Väliranta, M., Virtanen, T., Weckström, J.** 2010. The importance of northern peatland expansion to the late-Holocene rise of atmospheric methane. *Quaternary Science Reviews* 29, lk 611-617.
- Marandi, A., Karro, E., Polikarpus, M., Jõelet, A., Kohv, M., Hang, T., Hiiemaa, H.** 2013. Simulation of the hydrogeologic effects of oil-shale mining on the neighbouring wetland water balance: case study in north-eastern Estonia. *Hydrogeology Journal*. 21 (7), lk 1581-1591.
- Nirgi, S.** 2012. Selisoo areng. Bakalaureusetöö. Tartu: Tartu Ülikool.

- Orru, M.** 1995. Eesti Turbasood. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus, 240 lk.
- Paal, J., Leibak, E.** 2011. Estonian mires: Inventory of habitats. Tartu: Regio Ltd, 225 lk.
- Paal, J., Leibak, E.** 2013. Eesti soode seisund ja kaitstus. Tartu: AS Regio, 88 lk.
- Pajula, R.** 2000. Spatio-temporal development of the Soomaa mire system in SW Estonia. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Biology, Ecology. 49 (2), lk 194-208.
- Raukas, A.** 1995. Eesti: Loodus. Tallinn: Kirjastus „Valgus“ ja Eesti Entsüklopeediakirjastus.
- Ruppel, M., Väiliranta, M., Virtanen, T., Korhola, A.** 2013. Postglacial spatiotemporal peatland initiation and lateral expansion dynamics in North America and northern Europe. The Holocene, 11 lk.
- Rydin, H., Jeglum, J.** 2006. The Biology of Peatlands. Biology of Habitats. New York: Oxford University Press, 354 lk.
- Salm, J-O.** 2012. Emission of greenhouse gases CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, and N<sub>2</sub>O from Estonian transitional fens and ombrotrophic bogs: the impact of different land-use practices. Tartu: Tartu Ülikooli kirjastus, 55 lk.
- Valk, U.** 1995. Soode kasutamine ja kaitse. Rmt: Raukas, A (koostaja). Eesti: Loodus. Tallinn: Kirjastus „Valgus“ ja Eesti Entsüklopeediakirjastus, lk 354-363.

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Kea Kiiver,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Selisoo arengu rekonstruktsioon“, mille juhendaja on Marko Kohv,
  - 1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
  - 1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 19.05.2014