

TALLINNA ÜLIKOOL

*Loodus- ja terviseteaduste instituut
Keskkonnakorralduse õppekava*

Astrid Mai Barsegjan

**HIIUMAA SOOKOOSLUSTE
TURBASÜGAVUSTE KAARDISTAMINE JA
SELLE SEOS SOODE ARENGULOOGA**

Bakalaureusetöö

Juhendajad: MSc Martin Küttim,
PhD Hannes Tõnisson

Tallinn 2017

HIUMAA SOOKOOSLUSTE TURBASÜGAVUSTE KAARDISTAMINE JA SELLE SEOS SOODE ARENGULOOGA

Astrid Mai Barsegjan

Antud töös on kaardistatud nelja Hiiumaa soo (Kõivasoo, Pihla, Määvli ja Õngu (Tihu) soo) turbasügavusi, pindala muutumist viimase sajandi jooksul ning saadud kaartide, lisaandmete põhjal analüüsitud soode arengut. Alates 1950. aastast on kolme soo pindala kahanenud (erandiks Kõivasoo), selle tulemusena on vähenenud ka turba ruumala. Turvas on oluline siduja süsinikuringes, seega saaks tulevikus täpsemate ruumala arvutuste põhjal leida pindala vähenemisest tingitud süsihappegaasi emissiooni ja sidumata jäänud süsiniku hulk. Turbasügavuskaartide põhjal analüüsiti soode arengut ja turbakaevandamise mõju turbakihi paksusele. Tulemustest kajastub viimase sajandi tugev antropoloogiline mõju soode arengule, mistõttu tuleks kaaluda ökoloogilise kaitse vajadust turbamaardlana kasutatud soodele.

Soo, soostumine, Hiiumaa, turvas, turba kaevandamine, pindala kahanemine, inimtegevuse mõju, kaardistamine.

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	6
1. ÜLEVAADE HIIUMAAST, SOODEST JA TURBAST.....	8
1.1. Hiiumaa füüsikalise-geograafiline iseloomustus.....	8
1.2. Kliima mõju soode tekkele holotseenis	9
1.3. Soo teke, areng, eri tüübid ja tähtsus.....	11
1.4. Turvas, selle teke ja erinevad liigid.....	15
1.5. Eelnenud uurimistööd Hiiumaa sookooslustest	18
1.6. Hiiumaa soode tutvustus	18
2. MATERJAL JA METOODIKA.....	21
2.1. Uuritavate soode iseloomustus.....	21
2.2. Kõivasoo, Määvli, Pihla ja Õngu (Tihu) soo turvasügavuste kaardistamine	23
2.3. Määvli, Pihla, Õngu (Tihu) soode pindala muutumise kaardi loomine ja ruumalaarvutus	25
3. LOODUD PINDALA MUUTUMISE- JA TURBAKAARDID	27
3.1. Kõivasoo	27
3.2. Pihla soo	28
3.3. Määvli soo.....	30
3.4. Õngu (Tihu) soo.....	32
4. ARUTELU	36
KOKKUVÕTE.....	39
SUMMARY	41
ALLIKATE LOETELU	43

LISA 1. PIHLA MAARDLA TURBASÜGAVUSED (1995)	46
LISA 2. HIIUMAA VABANEMINE MERE ALT HOLOTSEENIS	47
LISA 3. KAARDISTATUD SOODE TURBAKIHTIDE RUUMALADE ARVUTUS (ÕNGU SOO NÄITEL) ...	48

SISSEJUHATUS

Sood katavad Eesti territooriumist 1/6. Soode uurimisega tehti riiklikult algust 20. sajandil, kui mõisteti antud alade tähtsust nii looduslikus kui ka majanduslikus kontekstis. Soode pakutavate hüvedena saab liigitleda kui tarbe-, tugi-, kultuuri- ja reguleerivaid hüvesid. Turba kaevandamisega kaasnevad muutused, nagu kuivendamine ja taimkatte eemaldamine, vähendavad soode pindala, häirivad ökoloogilist tasakaalu ja rikuvad loomulikke aineriinge. Nimetatud negatiivsete tagajärgede tõttu on soode kaitse muutunud viimasel sajandil aktuaalseks, tähelepanu on hakatud pöörama soode ökoloogilise taastamise võimalustele. Soode arenguloo uurimine, selle kaardistamine ning analüüsimine, annab hea ülevaate toimunud muutustest viimase sajandi jooksul, mis on tähtis soode kaitse edendamise aspektist.

Töös uuriti nelja Hiiumaa sood, milleks on Kõivasoo, Pihla, Määvli ja Õngu (Tihu) soo. Viimased kolm valiti analüüsiks, sest tegu on Hiiumaa suurimate soodega; Kõivasoo on seevastu enim uuritud, väikese pindalaga, takistamata arenenud ning seega turba- ja pindalaarengult hea võrdlus Pihla, Määvli ja Õngu (Tihu) sooga. Nimetatud nelja soo kohta loodi turbasügavuskaardid tuginedes varasemate inventuuride andmetele, uurimistöodele ja Maa-ameti mullakaardile. Pindala muutuse kaardid loodi Pihla, Määvli ja Õngu (Tihu) soo kohta, tuginedes ajalooliste kaartide andmetele. Kaardistamiseks kasutati vabavara QGIS. Loodud kaartide ja täiendava materjali põhjal analüüsiti soode arengut, arvutati turbavarude ruumala – varasemate andmete olemasolul leiti lisaks turbavarude kadu.

Täiendava allikana soovib autor ära märkida Allikvee Hiiumaa soode otsingulis-uuringulise teadustöö andmeid, mis teostati 1972. aastal. Tegu on käsikirjalise materjaliga, mis sisaldab kirjeldavaid andmeid, proovide tulemusi ja analüüsi 22 uuritud soo kohta. Lisaks soovib autor märkida Eesti Geoloogiafondis säilitatavate uurimistöode (inventuuride) tähtsust soode turbasügavuste kaardistamisel.

Töös on tutvustatud soode ja turba olemust, soo arengut mõjutavaid faktoreid, nende tähtsust soode kujunemisel ja seotust üldise aineriingega. Selgitatud on kaardistamise meetodikat, kasutatud aluskaarte ja tehtud arvutuste meetodikat. Praktilises osas on esitatud loodud kaardid ja analüüsitud soode arengulugu.

Töös saadud tulemused vastavad järgnevale uurimisküsimustele: 1) kuidas varieerub turbalademe sügavus soodes, 2) kuidas on soode pindala ajas muutunud, 3) mis põhjustab soode pindala ja turbalademe muutuse?

Hüpoteesiks oli, et soode pindala ja turbalademe ruumala on vähenenud.

Autor valis teema sooviga omandada geoloogilisi teadmisi, uurida, kuidas on soode areng seotud biosfääriga üldisemalt ja arendada kartograafiaalaseid oskusi. Teemavalikuga jäädi rahule.

Autor soovib tänada juhendajaid Martin Küttim ja Hannes Tõnisson, kes suunasid ja õpetasid autorit kirjutamisprotsessil. Samuti tänuavaldused Reimo Rivisele, kes abistas soode turbalademetes pindala ja ruumala arvutamisel.

1. ÜLEVAADE HIIUMAAST, SOODEST JA TURBAST

1.1. Hiiumaa füüsikalis-geograafiline iseloomustus

Hiiumaa on Lääne-Eesti saarestiku põhjapoolseim ja ühtlasi Eesti suuruselt teine saar, pindalaga 989 km². Halduslikult kuulub saar samanimelisse maakonda. (Eesti Entsüklopeedia)

Hiiumaa rahvaarv on kahanev: 1970 a. oli Hiiumaal 9700 elanikku, kellest 2969 elas rajoonikeskuses Kärdla linnas; rahvatihedus oli 9,8 in/km²-l (Perens, 1971). 2012. aastal läbiviidud rahvaloendusel saadi uueks rahvaarvuks 8693 inimest (Hiiu Leht, 2012).

Teedevõrk on küllalt tihe. Territooriumit läbivad teed suunal Heltermaa-Käina-Emmaste, Heltermaa-Kärdla-Ristna, Käina-Kärdla jt. Saare idaosas paikneb Hiiumaa peamine sadam – Heltermaa. (Perens, 1971)

Hiiumaad piirab põhjast ja läänest avameri, kagust Väinameri, kirdest Hari kurk ja lõunast Soela väin. Suurimate poolsaarte (Kõpu, Tahkuna) vahel paikneb väiksemaid poolsaari ja lahtesid. Maakerge on umbes 3 mm/a – selle tagajärjel on muutumas poolsaareks Kassari saar, samuti tekib uusi järvesid merelahtedest. (Eesti Entsüklopeedia)

Hiiumaa hakkas mandrijää alt vabanema umbes 10 000 aastat tagasi; suurem osa saarest vabanes Limneamere staadiumis. (Eesti Entsüklopeedia)

Pinnakate on valdaval osal saarest moreen, mida katab põhja pool mereliiv ja lõuna pool viisavi (Kink, 2006). Aluspõhjas domineerivad Ülem-Ordoviitsiumi ja Alam-Siluri lubjakivid; liivmuldade osatähtsus on suur – enamjaolt katavad saart gleiliivmullad, esineb ka leet-glei-liivmuldi, madalsoomuldi, leetunud- ja leedemuldi; hindeklassi poolest on tegu Eestis ühe väheväärtuslikeima muldadega (Eesti Entsüklopeedia). Paesest aluspõhjast võib leida karstivorme (Kink, 2006).

Hiiumaa kõrgeim geograafiline punkt on Kõpu kõrgustikul asuv Tornimägi (68 m) (Eesti Entsüklopeedia). Saar on tasandikulise üldehitusega, enamik pindalast ei ületa absoluutkõrgust 25 m. Kõrgemad alad paiknevad saare põhjaosas ja Kõpu poolsaarel. (Allikvee, 1972)

Hiiumaal on 17 sood kogupindalaga 7150 ha, moodustades saare pindalast 7% (Kink, 2006). Soodest suurimad on Pihla (30,43 km²), Õngu (11,34 km²), Määvli (7 km²), Undama (6,79 km²), Hüti (4,47 km²), Kaupsi (3,4 km²), Osjassoo (3 km²) ja Lehtma (2,44

km²) (Eesti Entsüklopeedia). Valdav osa soodest paikneb ülemordoviitsiumi pingu lademe avamusaladel – Tahkuna poolsaarel seevastu rakvere lademe avamusalal (Allikvee, 1972). 17-st 8 sood on kantud Eesti Ürglooduse Raamatusse (kokku sisse kantud 75 Eesti sood) kui tähelepanuväärsed loodusmälestised (Kink, 2006 & Keskkonnaagentuur 2017).

1971. aastal kirjeldas Perens Hiiumaa puutaimkatet kui männi-, kuuse-, harvem segametsana. Mets hõlmab ligi 70% saare territooriumist. Suuremad metsatüübid esinevad saare keskosas ning Kõpu ja Tahkuna poolsaarel. (Perens, 1971)

Jõgedevõrk pole Allikvee sõnul välja kujunenud saare noore vanuse ja tasandikulise pinnamoe tõttu. Enamik kunagistest ojadest on nüüdseks süvendatud ja õgvendatud magistraalkraavideks – nt. Luguse magistraalkraavi pikkus on umbes 20 km, vesikonna pindala 108 km². Saarel esineb üle 10 km pikkuseid jõgesid 7; soostunud siseosas paiknevad Tihu jäänukjärved. Samuti loetakse siseveekogude hulka merest tekkinud rannikujärved (osa, nt Käina laht, on veel riimveelised). (Eesti Entsüklopeedia)

1.2. Kliima mõju soode tekkele holotseenis

Valk (1988) sõnul mõjutab soode teket eriti oluliselt kliima, sest soostumise soodsad tingimused tekivad jahedas ja niiskes kliimas, kohtades, kus sademete hulk ületab aurustumise. Euroopas on enim soid põhja- ja loodeosas merelise kliimaga aladel, lõuna ja kagu suunas soode arvukus väheneb. Põhja pool takistab aga soostumist maapinna külmumise tulemusel vähene orgaanilise aine juurdekasv. (Valk, 1988)

Soode teke terrigeenselt või limnogeenselt (vt pt 1.3.) on tugevalt seotud holotseenis toimunud kliimamuutustega ja mandrijää taandumisega Eesti alalt ligikaudu 10 000 aastat tagasi. Mültumine, ehk soode teke veekogude kinnikasvamise tulemusena, intensiivistus kliima soojenemise perioodil, mil sademete hulk vähenes ja seetõttu veetase järvedes langes. 8000 aastat eKr oli soode pindala 5000 ha, 2000. aastal seevastu 1 000 000 ha – soode roll ökosüsteemis süsiniku sidujana on kasvanud eriti viimase 4000 aasta jooksul. (Ilomets *et al*, 2007)

Eestis on kliimaatilised tingimused soostumise tekkeks olnud soodsad pea kogu jääajajärgsel perioodil, kuid turba settimine on olnud vahel kiirem, vahel aeglasem, olenevalt hüdroloogilistest tingimustest. Soode pindala on pidevalt tõusnud alates preboraalsest kliimaperioodist (Eestis 9100 – 10 2000 aastat tagasi) nii veekogude kui maismaa arvelt. Vanimaks sooks Eestis loetakse Kuiksilla sood (Väike-Emajõe keskjooksul, tekkis ca 9500 aasta eest). (Valk, 1988)

Suurem soostumine algas Eestis umbes 8000 aastat tagasi, kuid mültumise protsessi osakaal tõusis alles 1500 aastat hiljem (ehk 6500 aastat tagasi). Alates 1950.-dest aastatest on protsess olnud vastupidine ja soode pindala on vähenenud (osa soid kaotanud pindala, osa hävinud) kuivendamistegevuse tagajärjel. (Ilomets *et al*, 2007)

Valk (1988) on Eesti soode arengu holotseenis vastavalt kliimaatilistele muutustele jaganud 9-ks erinevaks perioodiks, mis algab mandrijää taandumisega ja lõpeb tänapäevaga. Tabel 1 kajastab soostumise protsessi intensiivsuse korrelastiooni kliimamuutustega – suurim soode teke oli vahemikus 6600 – 2800 aastat tagasi, mil valitsesid atlantiline ja subboreaalne kliimaperioodid; antud ajaperioodil tekkisid Eesti esimesed rabad. (Valk, 1988) Ilomets *et al* (2007) andmetel tekkisid siis ka Eesti suurimad sood (5500 – 4000 aastat tagasi).

Tabel 1. Eesti soode areng vastavalt kliimatingimustele holotseenis Valk (1988) andmetel (autori koostatud).

Kliimaperiood	Ajaperiood (aastat tagasi)	Kliimamuutused, iseloomustus	Soostumise protsessi iseloomustus
Preboreaalne	9100 - 10200	Mandrijää taandumine.	Soode tekke algus.
Boreaalne I	7800 - 9100	Kliima soojenemine.	Turba juurdekasvu aeglustumine, väiksem kui preboraalsel kliimaperioodil.
Boreaalne II	6600 - 7800	Veelgi soojem kliima. Sademetevaesem.	Seni kõige aeglasem turba juurdekasv (0,3 mm/a).
Atlantiline	4800 - 6600	Kliima niiskem. Pehmem talv. Põhjaveetaseme tõus.	Turba juurdekasvu kiirenemine. Esimesed rabad.
Subboreaalne I	3700 - 4800	Polnud järske muutusi. Põhjaveetaseme minimaalne langus.	Varem tekkinud soode pindala laienemine. Uute soode teke.
Subboreaalne II	2800 - 3700	Sademe rohkus, õhuniiskuse tõus, aurumise vähenemine.	Soostumise hoogustumine.
Subatlantiline I	1700 - 2800	Soe, madal relatiivne õhuniiskus, sademetevaene vegetatsiooniperiood.	Võrreldes eelmise perioodiga aeglane soostumine.
Subatlantiline II	1100 - 1700	Mereline kliima, suur sademetehulk, pehmed talved.	Uute soode teke, enneolematult kiire soostumine.
Subatlantiline III	0 - 1100	Kliima muutunud varasemast kuivemaks. Mereline kliima.	1100 aastat tagasi soostunud 1/6 Eesti pindalast. Soode pindala laienemine.

Turvas ja järvesetted on paleoökoloogiliste uuringute ja varasemate kliimatingimuste uurimises olnud tähtsal kohal, kuna sisaldavad makro- mikrofossiile ja litoloogilist

informatsiooni, mille järgi saab varasemaid ilmastikutingimusi tõlgendada. Nii järvesetetes kui ka turbas leiduvat informatsiooni on tänu stratifikatsioonile võimalik ajalisel skaalal uurida. (Foster & Wright, 1990) Kuigi sood on kahe suurima kasvuhoonegaasi – süsihappegaasi ja metaani – sidujad, siis on leitud, et tegu on hoopis potentsiaalse reostusallikaga (Strandberg, 2014; Gorham, 1991). Nimelt kuivendamistegevuse tagajärjel eraldab soo kasvuhoonegaase (CO₂, CH₄), mis varasemalt turbas seotud olid – see omakorda aitab mõneti kaasa kliima soojenemisele; Gorham'i (1991) uuringu tulemused mõjutab kliima soojenemine soid, kuid pole täpselt kindel, kuidas. Üheks pakutud variandiks on, et turba ladestumine ja soode areng jätkub järjest enam põhja suunas, sest kliima soojenemine toob kaasa lõunapoolsemate soode muldade degradeerumise. Sama varianti toetavad ka Tolonen & Turunen (1996), kes analüüsisid kolme erinevas asukohas esinevat sood (Põhja-Ameerika, Soome ja Eesti), nende arengut, süsiniku sidumisvõimet – leides samuti, et eeldatav soojalaine liigub põhja suunas, kus aurustumise ülejääk aegamööda väheneb ja soostumise protsess aeglustub. Kliimatingimuste ja soode arengu (nii turba tootlikkuse, pindala muutumise, süsinikuringe kui ka maapinna kuju muutumise) vahel on kindel ja tõestatud seos.

1.3. Soo teke, areng, eri tüübid ja tähtsus

Ilomets *et al* (2007) sõnul on soode tekkeks tarvis kahte tingimust – sademete hulk peab ületama aurumise hulka ja maapinna vee läbilaskvus peab olema keskmisest madalam. Valk (1988) on maininud kolmanda tingimusena veel kliima mõju. Eesti jahe kliima ja mandrijää taandumise tagajärjel tekkinud lauge maapind loovad soostumise protsessiks sobivad tingimused. Soostumise algust kirjeldavad Ilomets *et al* (2007) järgnevalt: sedemetevesi küllastab nõgude pinnase, kus see aeglase äravoolu tõttu püsib ja takistab mikroorganismidel hapnikuvaeguse tõttu taimejäänuste lagundamist; osaliselt lagundatud taimejäänused settivad, mattuvad ja moodustavad turbalasundi. Soode tekke võib üldjoontes jagada kaheks: 1) soo tekkimine veekogust, 2) vee kogunemine algselt kuiva kohta ja ala soostumine. Valdav osa Eesti soodest (2/3) on tekkinud esimesel viisil, saades alguse maapinna nõgude madalamates osades paiknenud järvede kinnikasvamisest (Masing, 1997). Maapinna soostumisel tekkinud soid nimetatakse terrigeenseteks soodeks; juhul kui soostumisprotsess algab vahetult peale maapinna mandrijää alt vabanemist, nimetatakse tekkinud soid esmasteks ehk primaarseteks soodeks; kui aga oli varem soostunud alal veekogu või mets, siis on tegemist teisese ehk sekundaarse soostumisega. Veekogude kinnikasvamise tulemusena tekkinud soid

nimetatakse üldiselt veekogutekkelisteks või ka limnogeenseteks ehk järvetekkelisteks soodeks. (Ilomets *et al*, 2007)

Soo tekke arengujärke liigitatakse madalsooks, siirdesooks, kõrgsooks (rabaks). Esimesed arengustadiumed on mitmekesised, olles tingitud suuresti soo toitumisest (samuti soo asukohast, veekogu iseloomust jms). Madalsoojärk on soo alguse esimene ja toiterikkaim järk – rikkaliku toitumise põhjustab soonõkku valguv vesi (Masing, 1997). Madalsoo tekke algus on kas terrigeenne või limnogeenne, vähese turba olemasolu tõttu on tegu soo liigirikkaima arenguetapiga. Nimelt ei takista õhukene turbakiht taimede toitumist ja mineraalainete omastamist. (Eesti Turbaliit) Soo arenedes ja turba settimisel tekivad mättad, mille kõrguse kasvades süveneb veevaegus ja langeb mulla toitainetesisaldus (Masing, 1997).

Siirdesoo on vahe-etapp madalsoo ja raba vahel. Tunnuseks on mitmesuguse nõudluse ja soo mitmest arengujärgust pärinevate taimede olemasolu. Tekkinud turbamätaste vahel leidub madalsoole, mätastel aga rabale iseloomulikke taimekooslusi. Turbakiht on võrreldes madalsooga juba paksem ja seetõttu langeb põhjavee roll taimekoosluste toitumises. Siirdesoo on võrreldes madalsooga lühiajaline arenguperiood. (Masing, 1997) Turbasamblamättad laienevad ja liituvad aja möödudes. Soopinna kasv tingib mineraalainete taaskasutamise, mistõttu taimede varustus nendega halveneb kiirenevalt. Soo toitainetesisaldus aja möödudes väheneb, pidev konkurents on toiterikaste ja toitevaeste taimekoosluste vahel – püsima neist jäävad viimased. (Masing, 1997)

Kõrgsoo ehk raba arenguetapis on soo tõusnud ümbritsevast maapinnast kõrgemale. Pinda katab turbasamblavaip. Raba toitub vaid sademeveest, sest põhjavesi on blokeeritud sügava turbakihi tõttu; orgaanilisi aineid kannavad edasi lisaks veevõrgule ka loomad. (Masing, 1997)

Tihti esineb ühe soo pindalal mitmeid erineva arengujärguga alasid (madalsoo, siirdesoo, raba). Enamik soostikes esineb 3 – 4 erinevat soomassiivi. (Eesti Turbaliit)

Soode sõltuvust pinnamoest väljendab soode suurus, kuna üldjuhul on tasase pinnamoel korral sood pindalalt ulatuslikumad ja arengult ühetaolisemad. Lisaks välistele tingimustele mängib arengus rolli sisemine faktor, mis soodustab soode kasvu. Juhul kui soode areng on peatunud, ei pruugi olla tegu kasvu lakkamisega – soodstate tingimuste taastumisel areng jätkub. Valk (1988) leiab, et see annab alust uskuda soode isereguleeruvust ja soo arengu kui süsteemi tagasisidemehhanismi olemasolu. (Valk, 1988)

Eestis jagatakse madal soo, siirdesoo ja raba omakorda vastavalt 9-ks tüübiks iseloomulike tunnuste põhjal. Tabel 2 on koostatud Paal & Leibak (2013) andmetel andmaks ülevaadet nimetatud tüüpidest. Madal sool esineb 5 alatüüpi (liigirikas ja liigivaene madal soo, õõtsik-madal soo, lammisoo ja allikasoo), mis on tabelis vastavalt roheline värviga tähistatud; siirdesood saab jagada kaheks (rohu- ja õõtsik-siirdesoo) ja need on märgistatud kollaka tooniga; rabad jagunevad kolmeks (nõmm- ning lage- ja puisraba), märgistatud punaka tooniga. Tabel on sissejuhatava iseloomuga, tutvustades põgusalt soo paiknemist, mulla viljakust, iseloomulikke taimeliike ja nende arvukust Eestis. Autor soovib toonitada, et soode arvukusena mainitud pindalad võivad olla ebatäpsed, sest tegu ei pruugi olla 100% puhaste sootüüpidega (ühel pindalal leidub mitu erinevat tüüpi), samuti võib olla pindala vähenenud soode hävinemise tagajärjel. (Paal & Leibak, 2013)

Tabel 2. Madal soode, siirdesood, rabade erinevad tüübid Paal & Leibak (2013) andmetel (autori koostatud).

Soo tüüp	Tutvustus	Iseloomulikud taimeliigid	Arvukus
Liigirikas madal soo	Esineb lubjarikka põhjavee aladel, lammialadel. Mullaks hästi lagunenenud ja viljakad madal soomullad.	Mänd (<i>Pinus sylvestris</i>) ja sookask (<i>Betula pubescens</i>); lubika-pääsusilma tüübi (<i>Primulo-Seslerietum</i>) kooslused.	17 817 ha. Enamik Lääne- ja Põhja-Eestis. 19% Saaremaal.
Liigivaene madal soo	Esineb vähese äravooluga nõgudes, tasandikel. Mullaks erineva lagunemistasmega madal soomullad.	Sookask (<i>Betula pubescens</i>), pajud (<i>Salix</i>), tavasirbik (<i>Drepanocladus cossonii</i>), harilik teravtipp (<i>Calliergonella cuspidate</i>).	17 769 ha. Paiknemine ebahühtlane, enim levinud Lõuna-Eesti kõrgustikel.
Õõtsik-madal soo	Esineb mültumisest tekkinud kamaral, mis sisaldab taimejuuri, risoome, turvast, samblaid, sügavamal muda või vett. Pealeastumisel pind "õõtsub".	Konnaosi (<i>Equisetum fluviatile</i>), harilik pilliroog (<i>Phragmites australis</i>), tarnad (<i>Carex</i>), soopihl (<i>Potentilla palustris</i>), ubaleht (<i>Menyanthes trifoliata</i>).	2076 ha. Levik ebahühtlane, enim Kagu-Eesti kõrgustikel. Pindalalt on tegu väikeste soodega.

Lammisoo	Esineb madalatel lammialadel. Muld on lammimadalsoomuld, mis on üleujutuse tagajärjel üleküllastunud.	Kõrgekasvulised tarnad (<i>Carex</i>), pilliroog (<i>Phragmites australis</i>).	3277 ha. Levinud peamiselt Ida-, Kagu- ja Lõuna-Eestis aeglase vooluga jõgede läheduses.
Allikasoo	Esineb astangute, klindi, oruveergude, kõrgustike jalamil/nõlvadel. Mullad on hästilagunenud madal-soomullad, allikavee mõjul mineralaineterohked.	Sarnane liigirikka madal-soo taimestikule. Lisaks rohkelt tarnasid (<i>Carex</i>). Leidub mitmeid haruldasi taimeliike.	752 ha. Pindala võib olla suurem tingitud sarnasusest madal-soodega (klassifitseeritud valesiti). Ebaühtlane levik.
Rohu-siirdesoo	Esineb tasasel, minimaalse langusega aladel. Mullad erineva lagunemisastmega siirdesoomullad.	Pajud (<i>Salix</i>), madal kask (<i>Betula humilis</i>), alpi jänesevill (<i>Trichophorum alpinum</i>), tarnad (<i>Carex</i>).	34 713 ha. Levik on ebaühtlane üle kogu Eesti. Suurimad asuvad Lääne-Eestis.
Õõtsik-siirdesoo	Tekkinud õõtsik-madal-soodest õõtsiku paksenedes ja turvastudes.	Samblarindes turba-sammalde rohkus; soovildik (<i>Aulacomnium palustre</i>), harilik scorpionsammal (<i>Scorpidium scorpioides</i>).	4628 ha. Ebaühtlane levik. Jagatud kolmeks: suured, väiksemad, sekundaarsed.
Nõmmraba	Esineb tasasel reljeefil või liivaste rannavallide vahel. Pole kunagi läbinud madal-soo arenguastet.	Mänd (<i>Pinus sylvestris</i>), tuhkur paju (<i>Salix cinerea</i>), kanarbik (<i>Calluna vulgaris</i>), sookail (<i>Ledum palustre</i>).	1116 ha. Ebaühtlane paiknemine, peamiselt looderannikul, Lääne-Eesti saartel.
Lage- ja puisraba	Ümbritsevast maapinnast kõrgem, tingitud paksust turbalasundist. Mullad on sügavad oligotroofsed rabamullad.	Lääne-Eestis: hanevits (<i>Chamaedaphne calyculata</i>), vahelmine huulhein (<i>Drosera intermedia</i>). Ida-Eestis: pruun turbasammal (<i>Sphagnum fuscum</i>).	144 619 ha. Leidub kõikjal Eestis ebaühtlaselt.

Soo taandarengut ehk pindala vähenemist põhjustavad samuti mitmed tegurid, mis võib jagada antropogeensteks ja looduslikeks. Inimtegevusest tingitult väheneb soo pindala turbatööstuse (maa kuivendamine, taimkatte eemaldamine), põllumajanduse (soomaa kasutus, muutmise; kraavide rajamine) või metsanduse tulemusena (Allikvee, 1972).

Looduslikult taandub soo pindala kliima, taimkatte ja veerežiimi muutuste tõttu. Turba omadused mõjutavad vee liikumist pinnases – turba tiheduse kasvades väheneb pooride suurus, mille tõttu eemaldub pinnasest vähem vett ja taimkatte areng suureneb (Sarkkola *et al*, 2010). Mänd, mis kasvab edukalt turbal, võib sood metsastada, juhul kui kliimaatilised tingimused on männi kasvule ja paljunemisele soodsad. Männi vohamisest tingitud soo metsastumine sõltub lisaks kliimale ka turbaliigist. Mukassabi *et al* (2015) uuringute põhjal kasvab männiseeme kõige kiiremini *sphagnum*-turbal, kuid turbakihti mattumise tagajärjel on suremusmäär samuti suur. Mittesoodsate kliimatingimuste puhul langeb uute mändide tekkeosakaal 18 - 19% võrra – seega metsastumine ja soo pindala vähenemine on otseselt ja kaudselt seotud kliimatingimustega. (Mukassabi *et al*, 2015)

Sood pakuvad inimestele mitmeid hüvesid. Kimmel (2015) on jaganud soode pakutavad hüved neljaks: tarbehüved (majandusliku tähtsusega: turvas, marjad, seemed jms), reguleerivad hüved (koht ökosüsteemis, süsihappegaasi sidumine, metaani ja naerugaasi vabastamine atmosfääri), kultuurihüved (turism, haridus, esteetilisus) ja tugihüved (turbateke, elurikkus).

1.4. Turvas, selle teke ja erinevad liigid

Masingu (1997) kirjeldusel on turvas soo taimejäänuste konserveerunud kogum. Antud maavara koosneb osaliselt lagunenuid taimejäänustest ja huumusest, sisaldades keskmiselt 90% vett (Eesti Turbaliit). Tekke põhjuseks on soode ebatäiuslik süsinikuringe – taimeteke ületab taimekadu, mille tulemusena süsiniku ülejääk ladestub soosal turvana. Ladestumine omakorda on taimejäänuste pooliku lagunemise tagajärg – seega on turba ladestumise kiirus tihedalt seotud taimeliigi, -osade, -substantiga. Sellest tingitult on teatud soos valitsevad taimeliigid suurema kalduvusega turba tekkeks – sellisteks võib lugeda nt *Sphagnum*-sammalt, puidurohkeid taimi. (Joosten & Clark, 2002)

Sphagnum-sammal ehk turbasammal erineb enda omadustelt kõigist teistest taimeliikidest, vajades elutegevuseks veerohket, kuid toitainevaest kasvukohta. Eelistatuid kasvukohad on sademeterikkad ja suure õhuniiskusega alad, kus on võimalik toituda mineraalvaesest veest või tolmust. Sellised kasvutingimused välistavad konkurentsi kõrgelt arenenud taimeliikidega toitainete, ruumi ja valguse nimel. Veest talletavad turbasamblad mineraalaine-ioone ja eraldavad keskkonda vesinikioone, mis tingib vee vesinikioonide kontsentratsiooni ehk happesuse tõusu (pH langemine). Turbasamblade toitumine on lähedalt seotud seente ja bakterite elutegevusega, tänu kellega sümbioosis elades turbasamblad lämmastikku saavad. Turbasamblad on

võimelised kasvama vaid tiheda samblakamarana. Samblakamara osa nimetatakse samblamättaks, mida võib käsitleda eraldiseisva pisisüsteemina: sisenditeks on päikeseenergia, vesi, mineraalained (sh O₂, CO₂, N₂), orgaanilised ained, organismide levised ja loomad. Väljundiks valgub vesi (H-ioonid, ainevahetusjäägid, mineraalained ja huumusained). (Valk, 1988)

Turba juurdekasv on aastas keskmiselt 1 mm, olenevalt turbaliikide ladestumiskiirusest (nt *Sphagnum*-turba teke on kiirem kui tarnaturba) ja soo arenguetapist (madal-soos tekib turvast kiiremini kui rabas tänu paremale veeringele) (Joosten & Clark, 2002). Eesti soodes on turbakihi paksus 4 - 8 m, eranditena leidub ka paksemaid kihte (Võllamäe soo 18 m, Napsi soo 12 m). (Eesti Turbaliit)

Ilomets *et al* (2007) on kirjutanud: “üksteisele järgnevad erineva koostisega turbakihid moodustavad kokku turbalasundi. Niisiis, soo säilitab oma arenguloo turbas.” Seega on soode arengu uurimisel turbakihi uurimisel kaalukas roll.

Soode turbalasund jagatakse kaheks – turba tekkekiht akrotelm ja soo veetasemest madalamal asuv katotelm. Esimene on erinevalt teisest hapnikurikas ja seal toimub orgaanilise aine moodustamine. Akrotelmi sügavus on madal-soos 3-10 cm, rabades võib see küündida kuni 50 cm-ni. (Ilomets *et al*, 2007)

Turba ehk soomulla keemiline koostis sõltub mitmetest seda mõjutavatest teguritest. Nendeks on soo toitumine (põhja-, sademe- või pinnavesi), geomorfoloogiline asend (tasand, org, nõgu), turvast moodustavate taimede omadused (Joosten & Clarke, 2002), soos toimuvad protsessid (Paal *et al*, 2007). Vastavalt keemilisele koostisele on võimalik määrata turba kvaliteeti, paksust ja sellest tingitult soo arenguetappi ja kujunemislugu. Allikvee (1972) hindas uuritud soodes turba lagunemisastet, tuhasust, pH-taset, valitsevaid taimekooslusi. Järgnevalt on selgitatud antud näitajate tähendust.

1. Lagunemisaste – turvast klassifitseeritakse kui vähelagunenud (T1), keskmiselt lagunenud (T2) või hästilagunenud (T3). Esimene on omane rabale, teine siirdesoole ja kolmas madal-soole, seega on võimalik sooturba lagunemisaste põhjal määrata soo hetkest arenguetappi. (Eesti Turbaliit)
2. Tuhasus – sõltub suuresti mineraalainete hulgast soos; madal- ja siirdesoos on turba tuhasus 5-7%, rabas keskmiselt 1-3%; mineraalainerohketes lammisoodes võib see protsent küündida 20-ni. (Paal *et al*, 2007)
3. pH-tase – määrab turba happelisuse. Turbasammalde levikuga muutub soo happelisemaks, madal-soos on soovesi neutraalne (pH >5), rabavees happeline (pH 3 – 3,5). (Ilomets *et al*, 2007)

4. Taimekooslused – igale soo tüübile on olemas iseloomulikud taimed, mille põhjal on võimalik soid klassifitseerida. (Masing, 1997)

Turvast klassifitseeritakse enamasti kui hästilagunenud madalsooturvast, keskmiselt lagunenud siirdesooturvast (minimaalne osakaal) ja vähelagunenud kõrgsooturvast. Esimene leiab kasutust madala tuhasuse tõttu eelkõige kütusena, viimane on levinud aianduses. Omaduselt on turvas pehme, kergelt kokkusurutav, sisaldades lisaks veele rohkest mineraalained (süsinik, vesinik, hapnik, lämmastik, fosfor, mineraalsed koostisosad). Kompleksne koostis on unikaalne ja senini pole seda suudetud tehnoloogiliselt jäljendada – turbast on võimalik vaid osa veest ekstraheerida, kuna hea absorptsioonivõime tulemusel on suur osa veest turbas kapillaarselt seotud. (Eesti Turbaliit) Turba tugev imamisvõime muudab sood looduslikeks puhastiteks – s.t. tänu turbale filtreeritakse vett saasteainetest ja raskmetallidest (Kimmel, 2015).

Turba tekkes omavad suurimat tähtsust turbasamblad, seejärel tarnad ja tupp-villpea (rohurinne), pajud (põõsarinne) ja mänd, sookask (puurinne) (Eesti Turbaliit).

Turvas kui taastuv ja väärtuslik maavara on tugevalt seotud soode majandamisega – nimelt tekib turvast vaid looduslikes soodes, eelnevalt mainitud tekkekiirus tähendab, et ühe meetri turba tekkimiseks kulub 1000 – 2000 aastat; soode kuivendamisel turbateke peatub – 70% Eesti soodest on aga kuivendatud või sellest tugevasti mõjutatud. Säätlik ja jätkusuutlik majandamine on siinkohal oluline. Eesti soode turbavaru on 1,64 miljardit tonni, millest aktiivne varu moodustab 1,12 miljardit tonni. Turbamaardlatena on arvele võetud alasid hetkel 300; turba kaevandustegevus, mis algas Eestis 18. sajandi lõpus, hõlmab 20 000 hektarit. (Kimmel, 2015) Traditsiooniline turbakasutus on pikaajaline protsess, mille käigus eemaldatakse turvast kiht kihi haaval, kuid antud meetod häirib tugevalt soo ökoloogilist tasakaalu. Kaevandamiseks on tarvis sood kuivendada, mille tagajärjel raba veetase langeb ja pinnase temperatuur tõuseb – need tegurid mõjutavad turba mikrobioloogilist lagunemist ja tõstavad kasvuhoonegaaside teket. Lisaks eemaldatakse kaevandamise käigus soole iseloomulik taimkate, peatades loomuliku turbatekke. Kord loomuliku arengu rikkumine muudab soo esialgse taimestiku, veerežiimi taastamise ja süsihappegaasi eraldumise väga keerukaks. Turbakaevandamisega seotud protsesside tulemusena on rabade pindala vähenenud. (Strandberg, 2014)

Eelnevate põhjuste tagajärjel on viimasel aastakümnel aktuaalseks muutunud soode ökoloogiline taastamine, eesmärgiga tõsta looduslike turbavarude võimet reguleerida süsihappegaasi hulka ja vähendada kasvuhooneefekti. 2011. aastal lisati Durvani

kliimakonverentsil Kyōto protokolliga ühinenud riikidele soovitud protokollida määrgalade (sh soode) taastamistööde tulemusi. (Kimmel, 2015)

1.5. Eelnenud uurimistööd Hiiumaa sookooslustest

Hiiumaa sookoosluste uurimine algas 1950.-date aastate keskpaigas. Sookoosluste uurimistööde levinuim eesmärk oli selgitada turbavarude rohkus ja soode tööstuslik või põllumajanduslik kasutuskõlblikkus. (Allikvee, 1972) Võrdluseks: Eestimaa soode esimesed uurimistööd, eelkõige turbasamblast ja turbavarudest, said alguse 1877. aastal (Masing, 1997).

Esimesed uuringud olid 1951. aastal ENSV Teaduste Akadeemia (edaspidi: TA) Maaparanduse ja Sookultuuri Instituudi soodeuurimissektori ja TA Zooloogia ja Botaanikainstituudi töötajate poolt. Uuringud hõlmasid 11 soo (kogupindalaga 7080 ha ehk 7% rajooni üldpindalast) uurimist. Tulemuseks määrati uuritud 11-st soost madalsoid 53%, siirdesoid 17%, raba 30% soode üldkogupindalast. Turbalasundi paksust uuriti eesmärgiga leida, milline sookooslus on kõige sobilikum põllumajanduslikuks tegevuseks. Tehti kindlaks madalsoolade soodsad tingimused taimekasvatuseks. (Allikvee, 1972)

1955. aastal viidi läbi Määvli rabas uurimistööd (ENSV Kohaliku ja Põlevkivikeemia Instituut – A. Kask, A. Raudsepp) turbavarude kvaliteedi määramiseks. Jätkusid erinevate soode (nii Hiiumaal kui mujal) täiendavad uurimistööd samadel eesmärkidel aastatel 1958, 1957-1962, 1964, 1970. (Allikvee, 1972)

Turbabilanssi oli enne Allikvee välitööde teostamist Hiiumaa teadaolevast 17 soost uuritud 14.

Turbavarude andmete põhjal on võimalik jälgida ja rekonstrueerida Hiiumaa soode arengut.

1.6. Hiiumaa soode tutvustus

1972. aastal Allikvee läbiviidud teadustöös määratleti Hiiumaal 22 erinevat sookooslust. Kurmi (1960) ja Kinki (2006) uuringute põhjal on Hiiumaal 17 sood, mis annab alust uskuda, et Allikvee teadustöö käsitles osasid soid, mida tänapäeval ühena loetakse, eraldi. Lisaks soode pindalale ja asupaigale, anti ülevaade turbavarudest ja majanduslikust tähtsusest.

Hiiumaa soode arengut on mõjutanud pinnaehitus, mullastik, kliima ja veestik. Detailsel uurimisel on võimalik eraldada Hiiumaa keskosa sood rannikuäärsetest soodest. Ajalisest

faktorist sõltub soode lasunditihedus. Hiiumaa reljeefist (üldjoontes tasandikuline) sõltub omakorda soo tüüp – kas tegu on seljakutevahelise, nõgudevahelise või tasandikulise paiknemisega sooga. Mullastik avaldab suurimat mõju kujunevate turvasmuldade omadustele ja seetõttu turbakihi aastase juurdekasvu ja soo arenguetappide kiirusele. Veerežiim – suuresti jõgedevõrgu iseloom – määrab soode toitumise. Eriti oluline on veerežiim madalsoode arengus. (Allikvee, 1972)

Hetkekaartide loomiseks vajalike inventuuride käigus on hinnatud sookoosluste väärtust floristilise, faunistilise ja esteetilise näitajate põhjal; viimaste alusel määratakse sookoosluse esinduslikkus ja üldhinnang. (Soode kaart, 2017)

Autor soovib pöörata tähelepanu tehnoloogia muutumisele antud ajaperioodil, mistõttu 1972. aasta andmete legitiimsus ja täpsus võib olla reaalsusest varieeruv.

Hiiumaa ainsad freesturba tootmisalad paiknevad Pihla turbamaardla lõunaosas; varasemalt kaevandati ka Määvli soo lõunaosas. (Ramst *et al.*, 2007)

Tabelis 3 on antud ülevaade kaardistavate soode turbatootmisest johtudes 1972. aastal Allikvee kogutud andmetest. Sood on järjestatud turbavarude järgi suurimast väiksemani. Siniselt märgitud sood on käesolevas töös kaardistatud. Turba kaevandamine ja soo kasutamine turbamaardlana pole sõltunud eelkõige turbalademe suurusest, vaid turba kvaliteedist, ligipääsetavusest, kasutuseesmärgist ja soo veerežiimist. (Allikvee, 1972)

Tabel 3. Allikvee (1972) kogutud andmed soode turbavarude ja nende kasutamise kohta (autori koostatud)

	Soo nimi	Turbavaru (1972) tonnides	Turbatootmine (kuni 1972)
1	Pihla	6972.7	Freesturvas
2	Määvli	1953.6	Freesturvas
3	Õngu	1671.0	-
4	Osja	509.4	-
5	Hüti	350.6	-
6	Loopsoo	312.2	-
7	Prassi	229.3	-
8	Variku	189.5	Alusturvas
9	Hermistu	176.4	-
10	Kaupsi	167.6	Alusturvas
11	Kurgessoo	143.7	Alusturvas
12	Leigri	139.5	-
13	Kodeste	128.1	Alusturvas
14	Lehtma	111.4	-
15	Kõivasoo	44.2	-
16	Vahesoo	43.7	-

17	Aara	30.3	-
18	Kõrigu	28.6	-
19	Hirmuste	19.3	-
20	Eiste	13.7	-

Tänaseks on Määvli freesturbamaardlad kasutusest kõrvaldatud; Pihla turbamaardla on endiselt aktiivne. (Ramst *et al*, 2007)

Määvli soo valmistati turbamaardlana kasutamiseks ette 1950.-datel aastatel, kuid hüljati 10 aastat hiljem. Aktiivne reservvaru on 36 tuhat t vähelagunenud turvast ja 62 tuhat t hästilagunenud turvast. Korrastades turbaalaid, oleks võimalik ala taaskord kaevandamiseks kasutada. (Ramst *et al*, 2007)

Pihla turbamaardlalt kaevandatakse turvast 2000. aastast AS Hiiu Turvas poolt. Aktiivne tarbevaru on 132,3 tuhat t vähelagunenud ja 458,6 tuhat t hästilagunenud turvast. Enamik väljakuid on tööstuskasutuses. (Ramst *et al*, 2007)

Allikvee (1972) teadustöö järeldustel oleks võimalik kasutada Õngu sood alusturbamaardlana, kui reguleerida veerežiimi ja rajada kuivenduskanalid. Väetusturba kaevandamiseks sobivad Pihla, Osja, Määvli, Kaupsi ja Prassi turbamaardlad.

2. MATERJAL JA METOODIKA

Kaardistatud soode analüüs tugineb suuresti 1972. aastal Hilja Allikvee (neiupõlvenimega Kurm) läbiviidud Hiiumaa soode inventuurile, mis telliti ENSV geoloogiakeskuse poolt. Tegu on kahe suurema teadustööga, mis sisaldasid uuritud 22 soo kirjeldusi, turbavarude sõnalist analüüsi ja välitöödel kogutud proovide tulemusi.

Allikvee (1972) teostatud proovide andmed Hiiumaa soode kohta sisaldasid informatsiooni turba lagunemisastme (T1 – T3), sookoosluse (madalsoo, siirdesoo, raba), turba tuhasuse (%), pH (KCl), turbaliigi (taime- ja samblaliigid) kohta – harva oli mõõdetud mõnes soos veel CaO, N₂ ja P₂O₃ määra. Teatud arv proove võeti kokku 12-st soost, nähtavasti oli tegu juhusliku valimiga. Autori kaardistatud soodest puuduvad andmed Kõivasoo kohta, mistõttu on antud soo arengulool tuginetud teadustöödele. Variandiks on ka, et teatud andmed on käsikirjadest puudu ja reaalsuses analüüsiti kõiki 22-te sood.

Autor on töös analüüsiks vajalikud andmed tabelitena lisanud peatükki 3.

2.1. Uuritavate soode iseloomustus

1. Määvli

Määvli raba jääb Hiiumaa pealinnast Kärdlast edelasse, Pühalepa valda (vt joonis 1) (Kink, 2006); pindalalt 700 ha. Varasemalt on osa Määvli rabast nimetatud Alatu nõmmrabaks – nimetus anti Alatu talu järgi, mille territooriumilt pääses sohu; talu kadumisel kadus ka soo eraldi nimetus. Turbakiht on õhuke ja liivale kuhjunud. Viimane on Eestis haruldane nähtus, eelkõige Hiiumaal esinev. 20. sajandi keskpaigal kasutati soo osa (38 ha) kümme aastat turbakaevandamisalana. Hetkel on Määvli raba liikumispiiranguteta, kuuludes Hiiumaa suurimasse Pihla-Kaibaldi looduskaitsealasse (v.a. soo mahajäetud freesväljaga lõunaosa). (Kimmel, 2015)

2. Pihla

Soo asub saare keskosas (vt joonis 1), Kõrgessaare ja Pühalepa vallas (Kink, 2006). Tegu on Hiiumaa vanima ja sügavaima rabaga, mille pindala on 3043 ha. Looduslikus seisundis lagedamate sooelupaikade pindala on kahanenud, viimaste inventuuride kohaselt ligikaudu 430 ha. Pinnamoelt on raba lame, laugasteta, lõunaosast kuivem (freesvälja kuivendustööde tulem 20. saj keskpaigas). Pihla raba kaguserva piirab madalsoo ehk Pihla soo, millel on ökoloogiline, veekaitseline ja geoloogiline tähtsus (Kink, 2006). Hiiumaa suurima sookoosluste kobara moodustavad just Pihla raba,

Mõdumaa soo, Mäavli raba ja Sakkasoo. Pihla raba asub Pihla-Kaibaldi looduskaitsealal, Pihlasoo sihtkaitsevööndis. (Kimmel, 2015)

3. Kõivasoo

Paikneb Kõpu poolsaarel (vt joonis 1), samanimelise lavamaa kõrgeima osa jalamil, pindalalt 39 ha. Üldhinnangult on tegu keskmise väärtusega alaga, esinduslikkuselt hinnatud oluliseks. Kasvukohatüüpidelt esineb puis-mättaraba, kuivendatud rabamets ja madalsoomets. Viimati inventeeritud 2010. aasta suvel (Soode kaart). Toitub sademe- ja põhjaveest. (Kink, 2006, 74)

4. Tihu (Õngu)

Suurema jäänukjärve soostumisel tekkinud ökoloogilise, veekaitsealise ja geoloogilise tähtsusega soo. Paikneb saare edelaosas Emmaste, Käina ja Kõrgessaare vallas (vt joonis 1), pindalalt 1134 ha. Asub Tihu maastikukaitsealal, kus on alates 1962. aastast liikumine keelatud, eesmärgiga kaitsta haruldasi liike ja geoloogilise tähtsusega pinnavorme. (Kink, 2006, 75)



Joonis 1. Kaardistatud soode paiknemine Hiiumaa saarel (autori loodud).

Numbrid tähistavad vastavalt: 1 – Kõivasoo, 2 – Õngu (Tihu soo), 3 – Pihla soo, 4 – Mäavli soo. Aluskaardina kasutatud *Google physical* kaarti.

2.2. Kõivasoo, Määvli, Pihla ja Õngu (Tihu) soo turbasügavuste kaardistamine

Autor valis kaardistamiseks turbamaardlatena kasutatud Määvli, Pihla ja Õngu ehk Tihu sood; põhjuseks turba rohkus võrreldes nooremate soodega, samuti on tegu Hiiumaa kolme suurima sooga. Kõivasoo kaardistamine on tehtud võrdluseks nimetatud kolme suurema alaga. Viimast sood on uuritud väiksematest Hiiumaa soodest enim ja seega on tänapäevaseid andmeid turbavarude, pindala, turbakoostise ja sootüüpide kohta. Põhjuseks on Hiiumaa soodest laialdaseim elementide kooslus Kõivasoo madal soo turvastes – Pb, Sc, Ba, Zr, Ti, O, Cl, La, Y, V, Mn, Sr, P, Cr, Cu, Yb, Be, Ge, Ni (Raudsepp, 1955), samuti fakt, et Kõpu poolsaarel asuv Kõivasoo vabanes Hiiumaal mere alt ühe esimese alana (Vassiljev *et al*, 2015).

Kaardid loodi vabavaras QuantumGIS (edaspidi: QGIS), kasutades aluskaardina Maa-ameti poolt loodud mullakaarti ja põhikaarti.

Mullakaardi andmed on kogutud ja kaardistatud alates 1954. aastast – aastatel 1954 – 1960 kasutati mullakaardina majandi alusplaani valguskoopiat, lisades mullastiku andmed käsitsi joonistades ja seejärel kaarti vesi- või tušivärvidega kontuurides. 1961. aastast kasutati välikaardina fotoplaane ja nende põhjal loodud elektrograafilisi koopiaid. Mullakaardi loomise põhitoo jääb ajavahemikku 1965 – 1969, mil kaardistati ümber eelnevad valguskoopiale loodud mullakaardid. Korrekture mullastiku andmetes on läbi viidud viiel ajaperioodil:

- 1) 1970 – 1976, hinnates põllumajandusettevõtetele kuuluva maa tootlikkust;
- 2) 1976 – 1988, kaardistades riigimetsade mulda;
- 3) 1982 – 1988, mil inventeeriti haritava maa kvaliteeti;
- 4) 1988 – 1989, korrigeerides maaparandusobjektide mullastiku kaarti;
- 5) 1988 – 1990, kõige vanemate looduslike andmete mullastike uuesti hindamine ja antud muldade kaardistamine. (Maa-amet, 2001)

Tänapäevane Maa-ameti geoportaalist allalaaditav ja kasutatav mullastikukaart koos vastava andmebaasiga valmis 2001. aasta jaanuaris. Digitaliseerimisel kasutati nii varasemal sajandil käsitsi loodud mullakaarte (eelnevalt nimetatud punktid), mis hõlmasid 53% Eesti pindalast kui ka viidi läbi 4 aastat kestnud ülejäänud territooriumi kaardistamine. Digitaalkaart loodi mõõtkavas 1:10 000 Eesti põhikaardi koordinaatsüstmeeis (Lambert-EST). (Maa-amet, 2001)

Mullakaardil on sood tähistatud M, S, R tähistega – vastavalt madal soo, siirdesoo ja raba asukohale. Alljärgnev tabel selgitab täpsemalt antud tähistuste sisu.

Tabel 4. Soomuldade kirjeldus (autori koostatud Maa-ameti (2001) andmete põhjal)

Soo tüüp	Tähis	Tähendus	Turba sügavus	Mullaprofiil
Madal soo (M)	M'	Väga õhuke madal soomuld	30-50 cm	T-G
	M''	Õhuke madal soomuld	50-100 cm	T-G
	M'''	Sügav madal soomuld	100 + cm	T
Siirdesoo (S)	S'	Väga õhuke siirdesoomuld	30-50 cm	T-G
	S''	Õhuke siirdesoomuld	50-100 cm	T-G
	S'''	Sügav siirdesoomuld	100 + cm	T
Raba (R)	R'	Väga õhuke rabamuld	30-50 cm	T-G
	R''	Õhuke rabamuld	50-100 cm	T-G
	R'''	Sügav rabamuld	100 + cm	T

Mullaprofiil T tähistab turbamulda, G gleimulda. Turbahorizont jagatakse omakorda kolmeks: 1) T1 – halvasti lagununud turvas, 2) T2 – keskmiselt lagununud turvas, 3) T3 – hästi lagununud turvas. Turba sügavuse määramisel kasutatava mõõteriista maksimaalne ulatus oli 150 cm, mistõttu mullakaart ei anna turba tegeliku ulatuse täpset väärtust sügava soo turbahorisondis. (Maa-amet, 2001)

Eesti ortofotot ja soode kaarti (2017) kasutades lokeeris autor kaardistatava soo täpse asukoha ja avas mullakaardi antud soo asukohas. Jälgides M, S ja R mullatüüpe, ja põhikaardil kuvatavat sood, määras autor QGISis kaardistatava soo piirala ja eemaldas vahealad (nt põld, järv) kaardilt. Vastavalt turbaandmetele joonistas autor käsitsi uuele kaardikihile jooned, mis iseloomustavad soo turbasügavust. Kõivasoo kohta puuduvad täpsed turbasügavusandmed, seega alusena kasutati vaid mullakaardi andmeid ja Vassiljevi *et al* (2015) uurimistööd, millest selgus, et maksimaalne turba paksus Kõivasoos on 197 cm. Pihla, Määvli ja Õngu (Tihu) maardlate turbalademe inventuuride andmed päris autor Eesti Geoloogia Keskusest.

Soode piirid määrati QGIS-is maa-ameti põhikaardi ja mullakaardi põhjal.

Pihla turbamaardla turbakaardi loomisel kasutati 1995. aasta välitööde andmeid, milles osalesid Eesti Geoloogiakeskuse juhataja R. Ramst ja topograafid A. Lepp ja M. Ermann. Turbalasundi paksus määrati rajades 8 sondeerimissihti, mille vahekaugus üksteisest oli 200 m – kokku sondeeriti turbalasundi paksust 103 punktis. Turbalasundi paksus määrati täpsusega 0,05 m. Lisaks määrati turba lagunemisaste (H1 - H3 kui vähelagunenud turvas ja H4 - H10 kui hästilagunenud turvas). Kvaliteediomaduste selgitamiseks teostati proovide põhjal järgnevad analüüsid: 1) turba üldtehniliste näitajate määramine

(botaaniline koostis, tuhasus, looduslik niiskus ja turba lagunemisaste), 2) turba happesuse määramine, 3) turba veeimamisvõime, 4) turba kütteväärtus, 5) turba tuha raskmetallide ja radioaktiivsete elementide sisalduse määramine. (Veldre *et al*, 1995)

1995. aastal läbi viidud turbalasundi uuringud hõlmasid vaid Pihla turbamaardlat, mitte kogu raba, erinevalt 1972. aasta Allikvee uuringutest.

Mõõdetud sügavused kanti käsitsi eraldi loodud kaardikihile (vt lisa 1) ning seda kasutati loomaks turbalasundi paksusmudelit.

Määvli soo turbalasundi sügavuskaart loodi Raudsepa (1955), Tihu (Õngu) soo oma Orru ja Ramsti (1988) aruande andmete põhjal kasutades sama meetodikat, mis Pihla soo kaardistamiseks.

Määvli soo turbalasundi uurimiseks rajati 1954. aastal soosse suunaga põhjast lõunasse magistraalsiht. Ristsihid rajati sood poolitavast teest lõunasse vahekaugusega 600 m ja põhja – 300 m. Magistraal- ja ristsihte järgides looditi ja sondeeriti soopinda iga 100 m tagant; lagunemisyärku määrati iga 200 m tagant. Sihtidelt koguti 20 proovi, määramaks laboratoorselt turba lagunemisyärku, botaanilist koosseisu, tuhasisaldust. (Raudsepp, 1955)

Tihu (Õngu) soo alusturba uuringutel piiritleti ala 500 m isojoontega. Turbavarud arvutati mõõtes polaarplanimeetriga turba tööstuslasundi, lasunditüüpide, alusturba, freesväljakute, vanade karjäärade, kultuuristatud alade ja sookaitsealade pindalad; leiti eelnevalt nimetatud alade keskmised turbapaksused; määrati alade alus-, kütte-, väetusturbavaru. Osaliselt kasutati varasematest uuringutest saadud andmeid. (Orru & Ramst, 1988)

Autori loodud kaartidel on turba erinevad sügavusastmed märgistatud värvidega – mida tumedam värv, seda sügavam on turvas. Valgelt märgistatud alad on kas kultuuristatud või on tegu veekogudega.

2.3. Määvli, Pihla, Õngu (Tihu) soode pindala muutumise kaardi loomine ja ruumalaarvutus

Määvli, Pihla ja Õngu (Tihu) soode pindala muutumist analüüsiti ajalooliste kaartide põhjal. Autor soovib toonitada, et kuna loodud kaardid on tehtud käsitsi soo übermõõtu piiritledes, ja samuti ei pruugi olla vanemad kaardid täpsed, siis võivad reaalsed andmed olla kohati erinevad. Pindala muutumise kaartide eesmärk on väljendada soo kahanemist ja/või kasvu protsentuaalses suhtes kahe (Määvli soo puhul kolme – k.a. 1943. aasta) aluskaardi visuaalsete andmete põhjal: 1994. ja 2017. aasta kaardid. Kõivasoo jäi

kaardistamata soo raskendatud visuaalse piiritlemise tõttu, mille põhjuseks on väike pindala.

Määvli pindala muutumist kajastav kaart põhineb kolmel Maa-ameti geoportaali avaliku teenusena (WMS-teenus) kasutataval kaardil: Heereskarte (1943 – 1944), Eesti baaskaart (1994 – 1995) ja Eesti põhikaart (2017).

Pihla ja Õngu (Tihu) soo muutuste kaardistamiseks oli võimalik ajaloolistest kaartidest kasutada vaid Eesti baaskaarti (1994 – 1995), kuna varasema kaardi ebatäpsus muutis soo piiritlemise võimatuks.

Heereskarte (1943 – 1944) on Saksa sõjaväe ülevaatekaart, mis koostati Eesti Vabariigi topograafilise kaardi (1935 – 1939) ja Venemaa 20. saj. alguse topograafiliste kaartide põhjal (Maa-amet, 2016).

Pindalade muutus arvutati QGIS-is automaatselt – esmalt kaardistati vastavad sood, seejärel loodi eraldi kaardikiht (*shapefile*) kuvamaks soode alalist erinevust. Kaardikiht loodi järgnevalt: *vector* → *geoprocessing tools* → *symmetrical difference*; ühildati 1994. aasta ja 2017. aasta soo pindala iseloomustavad kaardikihid. Vastava ala pindala arvutati atribuuditabelis kasutades QGIS-i statistilisi tööriistu (*field calculator* → *geometry* → *\$area*), tulemus saadi vastavalt Eesti koordinaatsüsteemi sätetele ruutmeetrites, mis teisendati hektariteks. Muutuse pindala kaardikihil eraldati käsitsi polügoone luues soo alad, mis olid vastavalt juurde tekkinud või kadunud, leidmaks, kui palju on soo pindala aastate lõikes kahanenud või kasvanud.

Määvli soo pindalade muutumise puhul korrati seda protsessi, “liites” esmalt 1943.-da ja 1994.-da aasta, seejärel 1994.-da ja 2017.-da aasta kaardikihid ja leides sealsed pindala kahanemised ning kasvamised.

Soode ruumala leiti tarkvara ArcGIS abil, kus individuaalselt arvutati iga loodud turbasügavust kirjeldava polügooni pindala (hektarites). Ruumala arvutamiseks eksporditi atribuuditabel tarkvarasse MS Excel, kus teisendati pindala ruutmeetritesse ja turba sügavus meetritesse - seejärel korrutati saadud pindala turba sügavusega (vastus kuupmeetrites).

Ruumalade muutumist on võimalik analüüsida Määvli ja Pihla soo puhul vastavalt Raudsepa (1955) ja Veldre *et al* (1995) andmetele. Õngu ja Kõivasoo kohta pärinevad arhiiviandmed vaid turba massi kohta – varasem ruumala (1972. aastal) oleks võimalik leida kogudes välitöödel andmeid turba tiheduse kohta. Tuginedes Boelter (1968) uuringutele varieerub turbatihedus olenevalt turbaliigist tugevalt ja seega ei saaks ilma pinnast uurimata arvutusi teha.

3. LOODUD PINDALA MUUTUMISE- JA TURBAKAARDID

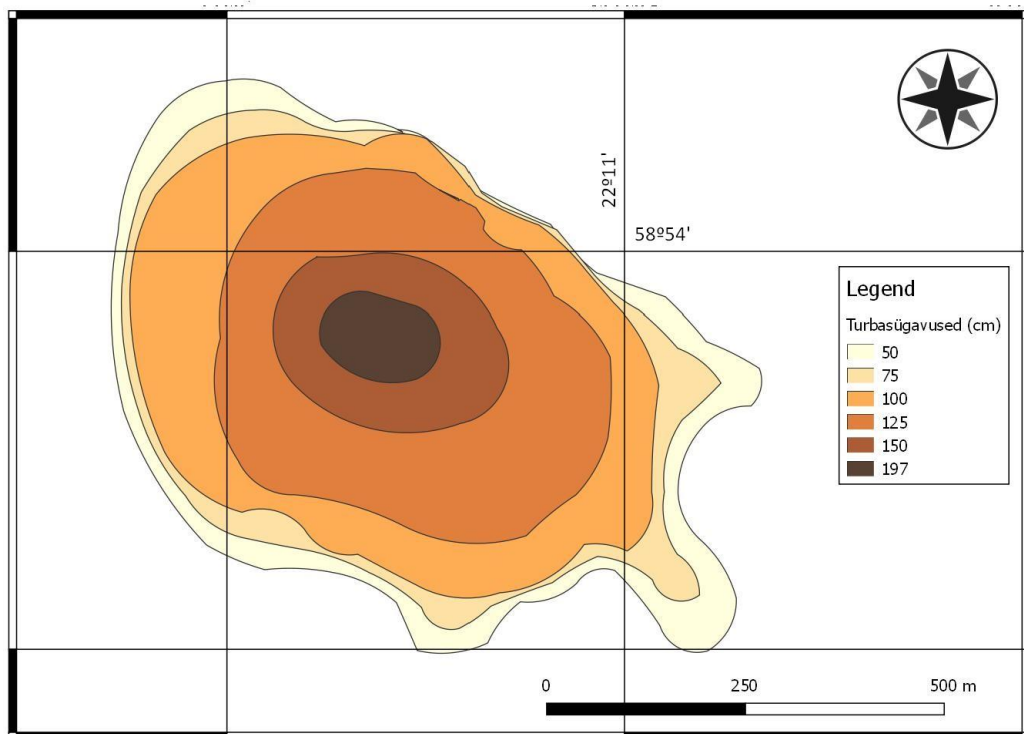
Valmis 8 kaarti: 4 turbasügavuste kirjeldamiseks, 3 soode pindala muutumise, 1 Tihu järve mültumise kohta. Kõivasoo turbakaart on loodud võrdluseks Määvli, Pihla ja Öngu (Tihu) soo arengu kompleksuse ja seda muutva inimtegevuse potentsiaalse mõju (kas soo pindala vähenemise, turba vähenemise, ala lõikamise vms sarnase näol) paremaks ülevaateks. Kõivasoo pindala muutumise kaarti autor ei koostanud.

3.1. Kõivasoo

Kõivasoo turba maksimaalne sügavus on 197 cm, asudes soo südamikus (vt joonis 2). Keskmise turba sügavus on 116 cm, äärealadel on see ligikaudu 50 cm, kasvades järkjärgult soo kese suunas. Kõivasoo näol on tegemist ideaalse näitega soo ja selle turba arengust – kese, ehk sügavamaga turbalademega ala, on vanim.

Soo arengut pole pärssinud ka inimtegevus.

Soo turbalademe ruumalaks saadi $4,1 \cdot 10^5 \text{ m}^3$.



Kõivasoo turbasügavused

Joonis 2. Kõivasoo turbasügavused (autori loodud).

3.2. Pihla soo

Pihla maardla tootmisala turbalasundi maksimaalne sügavus on 295 cm, keskmine sügavus 110 cm. Soo kuju, eriti edelaosas, on mõjutanud turbamaardlana kasutamine, samuti ümbritseva ala kultuuristamine ja põllumajanduses kasutamine. Soo lääneosa on vanem kui idaosa, esimese maksimaalne turbalademe paksus on mainitud 295 cm, idaosas ei küündi turba paksus üle 150 cm (vt joonis 3). Maardlana on kasutatud vaid soo lääneosa. Soo äärealadel on turbalademe keskmine paksus ligikaudu 30 cm.

Kõigi analüüsitud soode pindala muutused on paremaks ülevaateks kirjeldatud tabelis 5 – pindala muutuse on tinginud nii soo laienemine (kasv) kui ka kahanemine. Need on eraldi märgitud vastava aasta all, kirjeldades eelmise võrdlusaastaga vahet (st 1994. aasta veerus olevad andmed tähistavad muutusi aastatel 1943 – 1994; sama kehtib 1994. – 2017. aasta andmete kohta).

Tabel 5. Kaardistatud soode pindala muutused aastatel 1943 - 2017 (autori loodud).

Soo nimetus	Pindala (ha)		
	1943	1994	2017
Kõivasoo	N/A	N/A	39
Määvli	1567	1367	700
<i>kasv</i>		567	187
<i>kahanemine</i>		187	853
Pihla	N/A	4932	3043
<i>kasv</i>			130
<i>kahanemine</i>			2062
Õngu (Tihu)	N/A	1534	1134
<i>kasv</i>			153
<i>kahanemine</i>			553

Allikvee (1972) teostatud proovide tulemused Pihla soo kohta on toodud tabelis 6. Ilmakaar tähistab soo-osa, kust proov võeti.

Antud proovide tulemuste põhjal algas soo areng loodest, kus valitsevaks koosluseks on raba. Turbakaarti ja turba lagunemisastet hinnates on järelduseks, et esmalt algas areng soo kesk-osast, liikudes seejärel eelkõige loode suunas. Nimelt paikneb soo turbalasundi suurim sügavus (295 cm) valdavalt soo kesk- ja loode-osa vahepealsel alal.

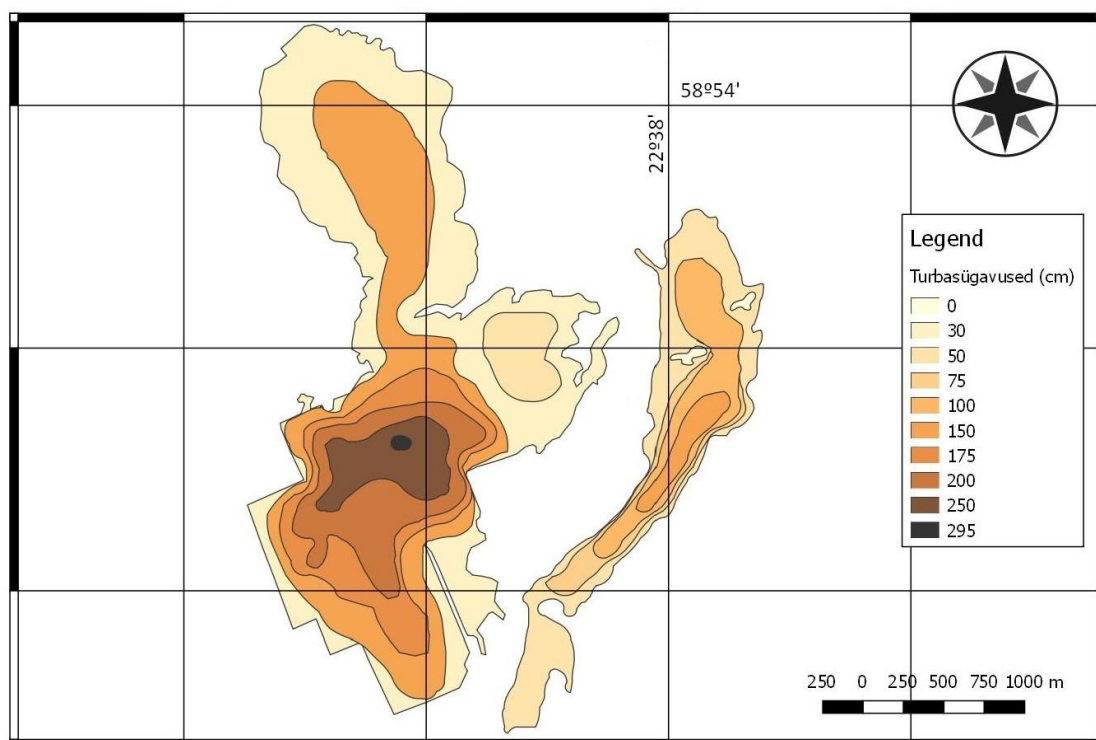
Nii turbalasundi sügavuse, pH-taseme, sookoosluse tüübi, kui ka mulla protsentuaalse tuhasuse põhjal on Pihla soo idaosa arengult noorim. Täpsete koordinaatide puudumise tõttu pole võimalik lokeerida tabelis teise võetud proovi kindlat asukohta, mille olemasolul oleks võimalik määrata, kus on soo arengult noorim. Võetud proovi pigem

aluseline pH, T3 turvas ja kõrge tuhasuse protsent viitavad, et soostumisprotsess on alles arengu algaasis.

Tabel 6. Pihla soos teostatud proovide tulemused (Allikvee, 1972).

Proovi nr.	Turba horisont	Lagunemisaste	Sookooslus	pH	Tuhk (%)	Ilmakaar
1	0-50 cm	kesk. lagunenu	madal soo	5	6.4	ida
2	0-50 cm	hästi lagunenu	madal soo	5.59	17.6	ida
3	0-50 cm	kesk. lagunenu	madal soo	4.76	9.2	ida
4	0-50 cm	kesk. lagunenu	madal soo	5.07	6	ida
5	0-50 cm	vähelagunenu	madal soo	4.13	5.85	kagu
6	0-50 cm	vähelagunenu	siirdesoo	-	4.6	kesk
7	0-50 cm	vähelagunenu	siirdesoo	-	6.2	kesk
8	0-50 cm	kesk. lagunenu	raba	3.77	3.62	kesk
9	0-50 cm	kesk. lagunenu	raba	3.58	3.6	loe
10	0-50 cm	vähelagunenu	raba	4.45	4.8	loe

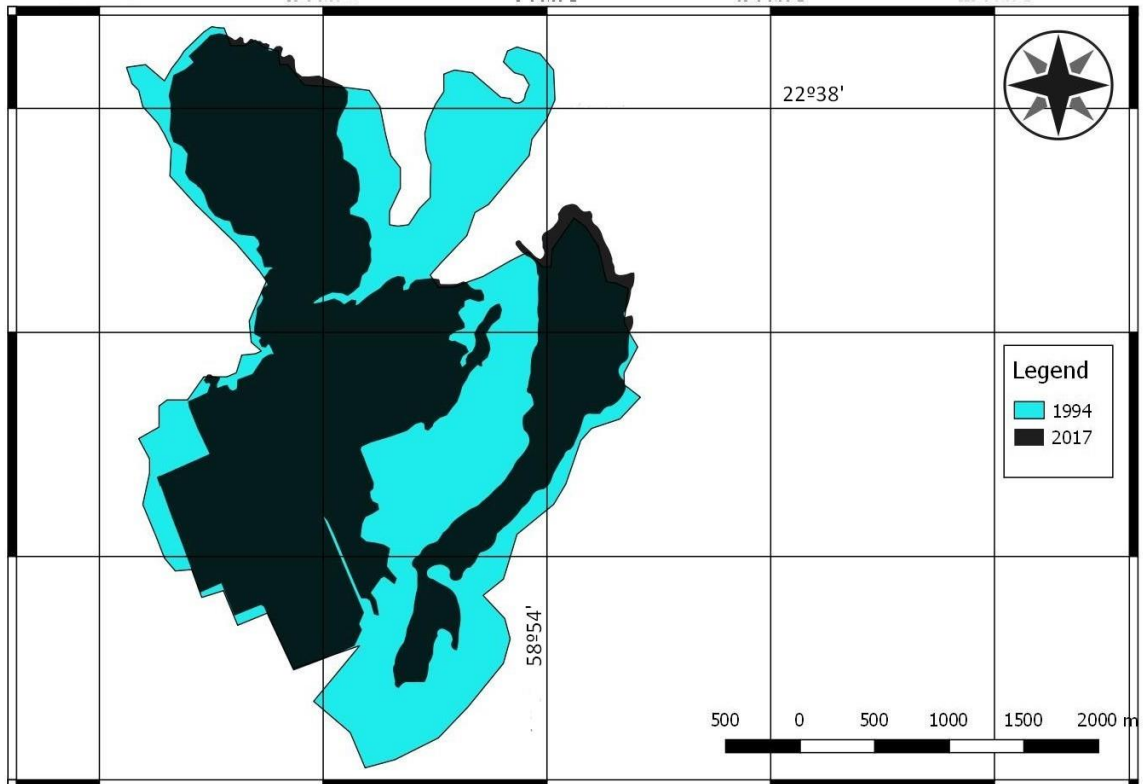
Pihla soo loomulikku arengut on pärssinud selle turbamaardlana kasutamine, mistõttu võiks turbasügavus soo keskosas olla suurem.



Pihla soo turbasügavused

Joonis 3. Pihla soo turbasügavused (autori loodud).

Soo pindala vähenemist kirjeldab joonis 4. 1994. aastal oli Pihla soo pindalaks 4932 ha, mis on võrreldes 2017. aastaga 41% (2062 ha) kahanenud. Uusi soostunud alasid samal perioodil ilmses kartograafilise analüüsi põhjal 130 ha, see on 2,6 %.



Pihla soo pindala muutus 1994 - 2017

Joonis 4. Pihla soo pindala muutumine viimase 23 aastaga (autori loodud).

Pihla soo pindala muutuse põhjusteks võib pidada kuivendamistegevusi, taimkatte eemaldamist ja kirdeosas metsastumist.

Pihla soo turba ruumala 2017. aasta kaardistuse põhjal on $60,3 \cdot 10^5 \text{ m}^3$. Turbamaardla osakaal sellest on $36,2 \cdot 10^5 \text{ m}^3$.

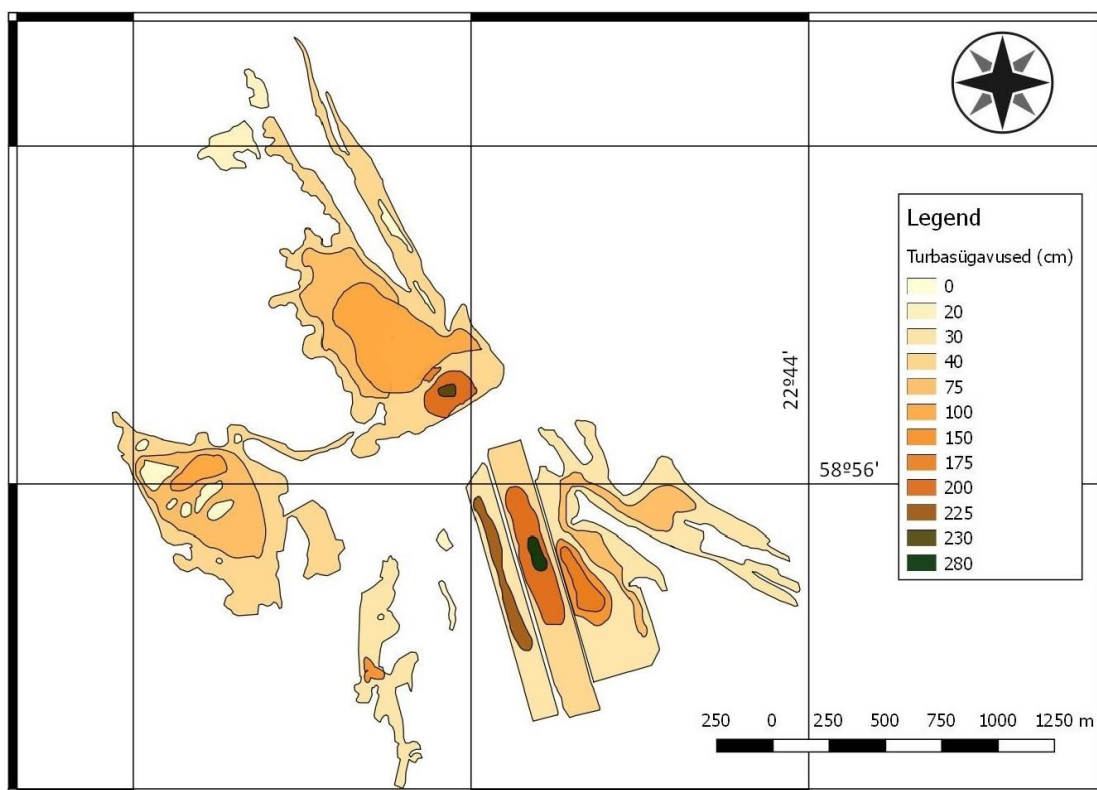
3.3. Määvli soo

Määvli soo on võrreldes teiste autori poolt kaardistatud soodega lõhestunud inimtegevuse tagajärjel (vt joonis 5). Samuti on soo lõunaosa turbaväljana kasutamise tulemil kujult muutunud. Turba sügavaim paksus asub loodud maardla südamikus ja selleks on 280 cm. Soo äärealadel on turba sügavus ligikaudu 20 – 30 cm. Keskmine turbakihi sügavus on 116 cm. Määvli soo lääneosas asub 8 väiksemat järve (kaardil valget värvi). Soo on lõhestunud: paksemad turbalademed (200 – 280 cm) asuvad põhjaosa alumises ja lõunaosa keskel, ülemises pooles. Turbasügavuse drastiline vähenemine loodud maardlas (soo lõunaosas; üleminek 30 cm turbalt 200 – 225 cm turbale) näitab kunagist aktiivset kaevandamist, mis koos soo põhja- ja lõunaosa poolitava tee koosmõjul on loomulikkude arengut tugevalt mõjutanud.

Tabel 7. Määvli soos teostatud proovide tulemused (Allikvee, 1972).

Proovi nr.	Turba horisont	Lagunemisaste	Sookooslus	pH	Tuhk (%)	Ilmakaar
1	25-50 cm	kesk. Lagunenud	raba	3.34	2.42	kirre
2	0-25 cm	Vähelagunenud	raba	3.34	2.7	kirre
3	25-50 cm	Vähelagunenud	raba	3.34	2.5	kirre
4	25-50 cm	hästi lagunenu	raba	3.08	2.1	kesk
5	0-25 cm	kesk. Lagunenud	siirdesoo	4.97	9.4	lõuna
6	25-50 cm	kesk. Lagunenud	siirdesoo	5.28	8.6	lõuna

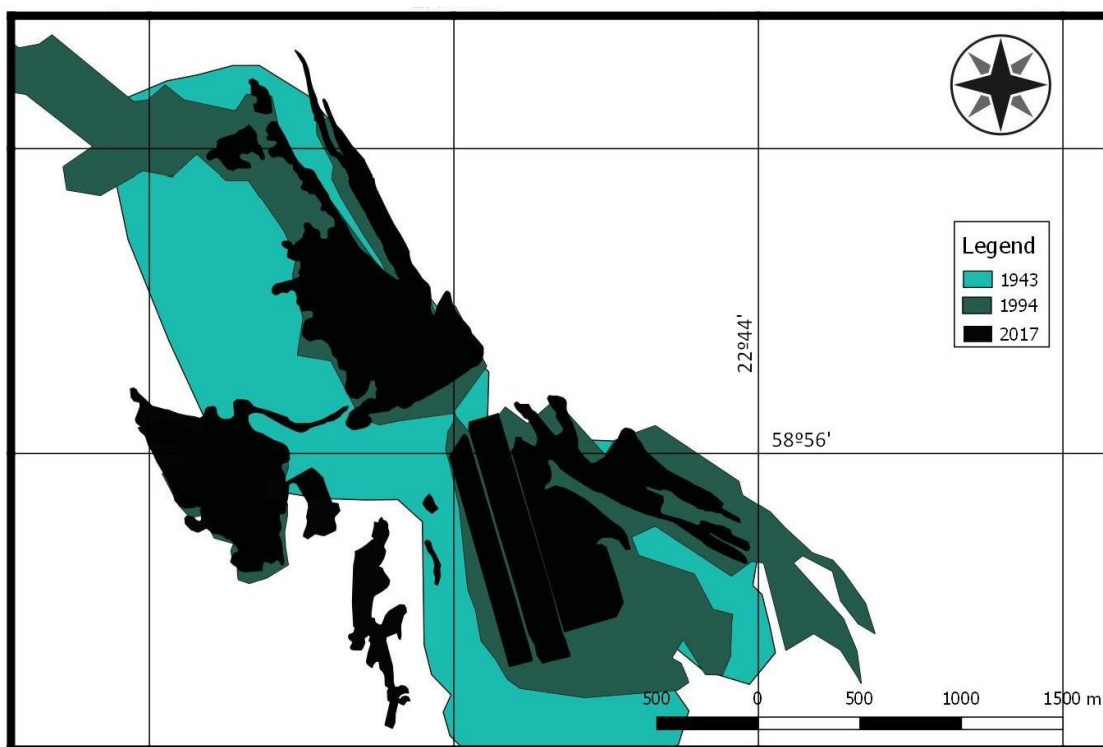
Allikvee (1972) proovide tulemuste põhjal algas soo areng kirdest, liikudes soo keskele ja seejärel lõunasse. Arvesse tuleb võtta fakti, et Määvli turbasügavuste kaardi algandmed pärinevad aastast 1955 (Raudsepp, 1955), kui maardla kasutamine polnud nii intensiivne. Allikvee kogutud proovid soo lõunaosast, valdavalt kas turbamaardla pinnalt või sellest lääne poole jäävalt alalt, võivad olla antud tegevustest mõjutatud. Taaskord oleksid kasuks proovivõtukohtade täpsed koordinaadid. Turbakaardile tuginedes on soostumise protsess olnud intensiivsem põhjaosa alumises pooles ja lõunaosa keskel, kus turba maksimaalne sügavus on vastavalt 230 ja 280 cm.



Määvli soo turbasügavused

Joonis 5. Määvli soo turbasügavused (autori loodud).

Soo pindala on sarnaselt Pihla sooga kuivendamise ja turba kaevandamise tagajärjel vähenenud (vt joonis 6).



Määvli soo pindala muutumine 1943 - 2017

Joonis 6. Määvli soo pindala vähenemine viimase 74 aasta jooksul (autori loodud).

Aastatel 1943 – 1994 oli soo pindala kasvamise ja kahanemise suhe tasakaalus kui viimase 23 aasta jooksul: 1943 – 1994 kasvas pindala 567 ha (36,2 %), kahanes 767 ha (49 %); 1994 – 2017 aastate lõikes kasv vaid 187 ha (13,7 %), kahanemine aga 853 ha (62 %). See tähendab, et viimase 74 aasta jooksul on soo üle poole enda algpindalast kaotanud nii inimtegevuse kui ka looduslike protsesside (metsa pealekasv) koosmõju tõttu. Soo pindala analüüsitud aastatel oli järgnev: 1943. aasta – 1567 ha, 1994. aasta – 1367 ha ja 2017. aasta – 700 ha (vt tabel 5).

Turba ruumala 2017. aastal on $13,3 \cdot 10^5 \text{ m}^3$.

3.4. Õngu (Tihu) soo

Õngu (Tihu) soo (vt joonis 7) turba maksimaalne sügavus on 315 cm, asudes põhjapoolsemal, järveta, alal. Keskmine turbakihi sügavus on 101 cm. Sarnaselt Määvli soole on soo keskelt lõhestunud – areng algas turbasügavuse hinnangul põhjapoolse osa altpoolt (sarnaselt Määvli soole), arenedes seejärel nii Tihu järve, kui ka põhja poole. Õngu (Tihu) soo areng on põhjapoolsel alal olnud intensiivsem kui lõunapoolsel alal.

Tihu järv on kaardil soo lõunaosas tähistatud 0-sügavusega, sest autori eesmärk polnud hetkel järve turbavaru uuringutesse kaastata – märgistuse eesmärgiks on järv eraldada maismaa turbalademetest. Reaalsuses eksisteerib sealgi turvas ja selle sügavus pole 0 cm, vaid Vassiljevi *et al* (2015) andmetel 140 cm.

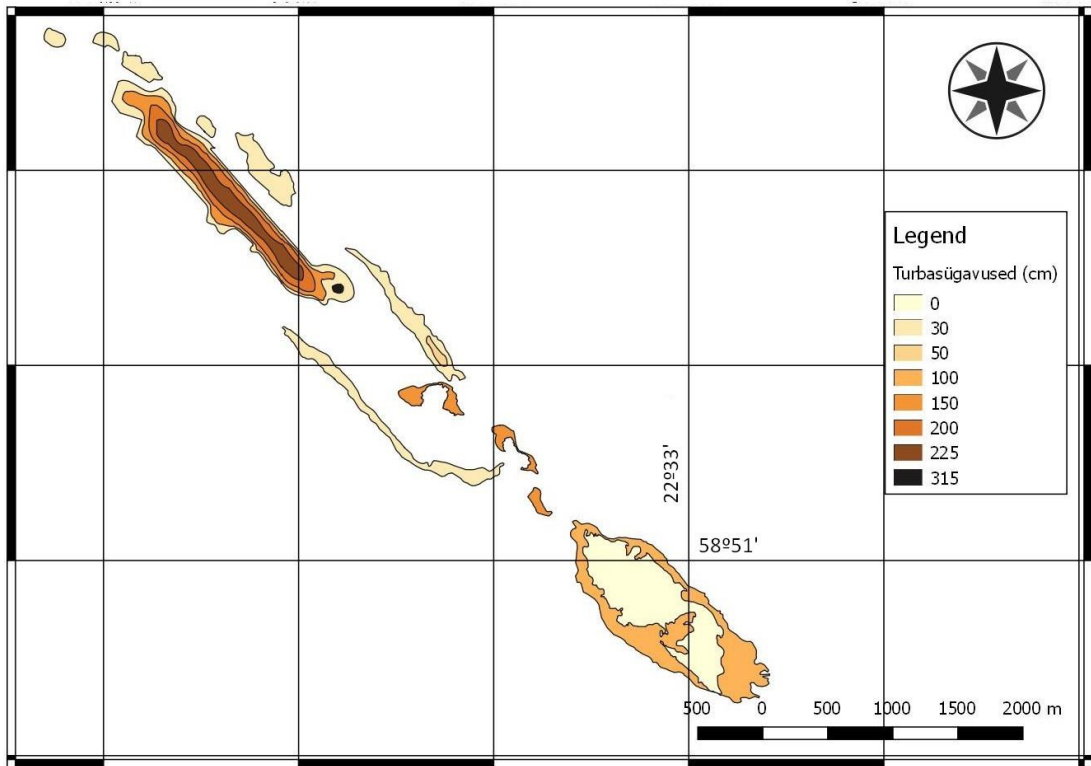
Õngu (Tihu) soo pindala suurenemine tuleneb põhja- ja lõunaosa vahel maismaa soostumisest ning Tihu järve mültumisest (vt joonis 9). Soo pindala on viimase 23 aastaga kahanenud (vt joonis 8) sarnaselt Pihla ja Määvli soole, on pindala kadu küll vähemintensiiivne. 1994. aastal oli Õngu (Tihu) soo pindala 1534 ha, 2017. aastal 1134 ha. Antud ajavahemikus soostus 153 ha (10 %) ja kuivenes 553 ha (34 %) pindalast.

Õngu (Tihu) ruumala 2017. aastal järves oleva turbata on $15,7 \cdot 10^5 \text{ m}^3$.

Allikvee (1972) teostatud proovide tulemused Õngu (Tihu) soo kohta on tabelis 8.

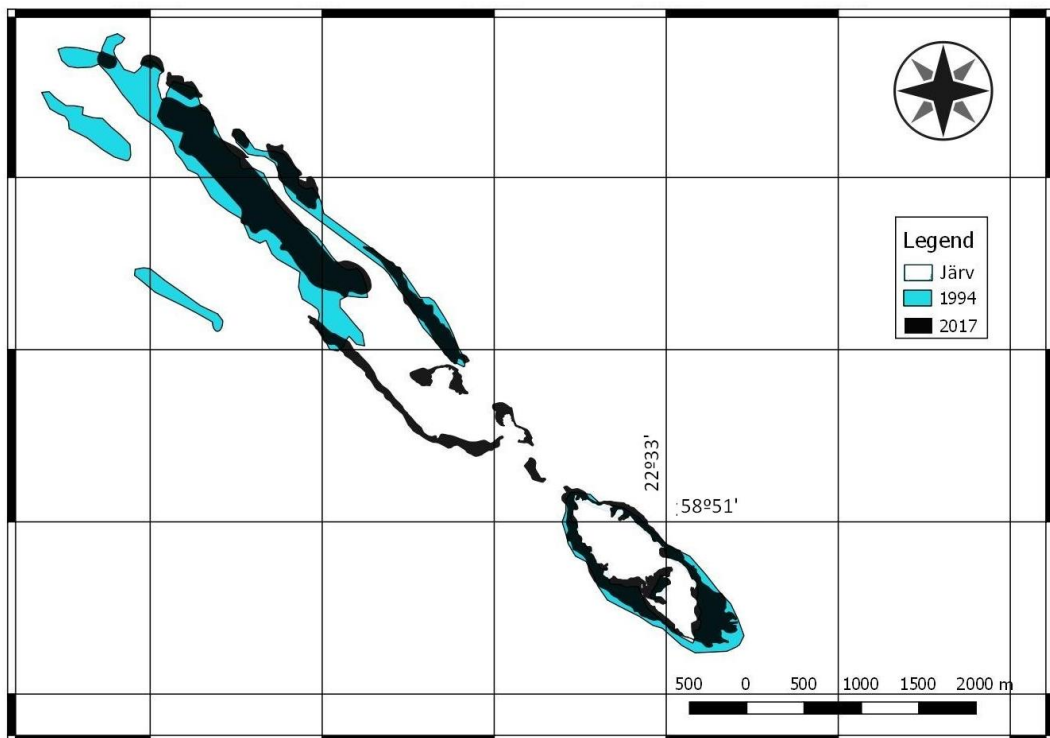
Tabel 8. Õngu (Tihu) soos teostatud proovide tulemused (Allikvee, 1972).

Proovi nr.	Turba horisont	Lagunemisaste	Sookooslus	pH	Tuhk (%)	Ilmakaar
1	25-50 cm	hästi lagunenu	madal	5.79	16.9	loe
2	0-50 cm	kesk. lagunenu	madal	5.5	10.6	loe
3	0-25 cm	hästi lagunenu	madal	5.86	14.9	loe
4	25-50 cm	kesk. lagunenu	madal	6.07	11.3	loe
5	0-25 cm	kesk. lagunenu	madal	5.96	9.23	loe
6	25-50 cm	vähelagunenu	madal	6	9.81	loe
7	0-25 cm	kesk. lagunenu	madal	5.27	9.31	kirre
8	25-50 cm	kesk. lagunenu	madal	5.27	7.03	kirre
9	0-25 cm	kesk. lagunenu	madal	5.96	9	põhi
10	25-50 cm	vähelagunenu	madal	5.86	7.11	põhi
11	0-25 cm	kesk. lagunenu	madal	5.73	8.76	loe
12	25-50 cm	vähelagunenu	madal	5.66	6.98	loe
13	0-25 cm	kesk. lagunenu	siirdesoo	3.52	3.68	põhi
14	25-50 cm	kesk. lagunenu	siirdesoo	3.8	4.23	põhi
15	0-50 cm	vähelagunenu	raba	3.42	3	põhi



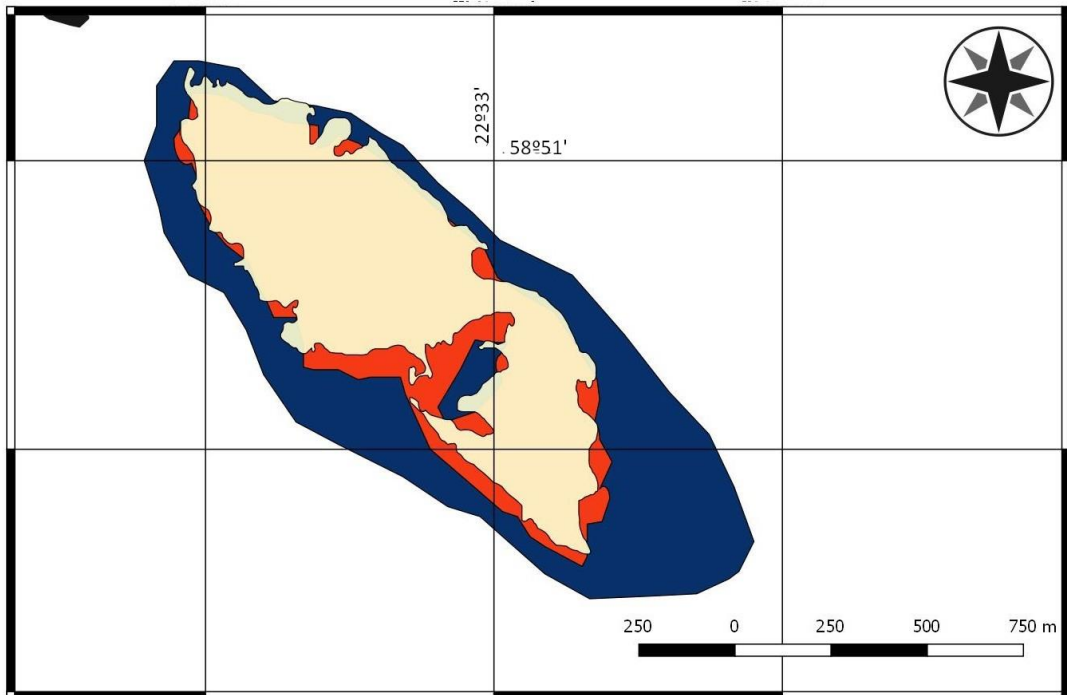
Õngu (Tihu) soo turbasügavused

Joonis 7. Õngu (Tihu) soo turbasügavused (autori loodud).



Õngu (Tihu) soo pindala muutus 1994 - 2017

Joonis 8. Õngu (Tihu) soo pindala muutus aastatel 1994 - 2017 (autori loodud).



Tihu järve mültumine 1994 - 2017

Joonis 9. Tihu järve mültumine aastatel 1994 - 2017 (autori loodud).

Kaardil punasega märgitud ala näitab 1994. aastal järve pindala, mis tänase seisuga on soostunud; sinine märgistab Tihu järve ümbritsevat sood 1994. aastal; kollakas toon Tihu järve pindala 2017. aastal.

4. ARUTELU

Analüüsiti nelja sood, millest kahte, ehk Pihla ja Määvli sood, on kasutatud turbamaardlana. Kolm sood neljast on aja jooksul pindalalt vähenenud. Järeldused on esitatud soode kohta esmalt individuaalselt.

1. Kõivasoo turba kõige paksem sügavus on Vassiljev *et al* (2015) andmetel 197 cm; keskmine turba paksus on 116 cm ja turbalademe ruumalaks $4,1 \cdot 10^5 \text{ m}^3$. Kõivasoo näol on tegemist ideaalse näitega soo ja selle turba arengust – kese ehk sügavama turbalademega ala on vanim; soo areng on olnud loomulik ja häirimata, mida on kindlasti soodustanud soo väike pindala (võrreldes Pihla, Määvli ja Õngu sooga). Kõivasoo piirkond vabanes Hiiumaal mere alt ühe esimese rajoonina ja turba teke algas teistest uuritud soodest kõige varem (Vassiljev *et al*, 2015). Vassiljevi *et al* (2015) uuringute tulemused näitavad, et turbast sügavamal leidub veemolluskite, vetikate jm madalale veekogule iseloomulike taime- ja loomataksionite jäänuseid, mistõttu saab järeldada, et tegu on mültumise protsessi tagajärjel tekkinud sooga. Lõugas *et al* (1996) toetavad Kõivasoo veekogutekkelist arengut. 10 300 aastat tagasi kerkis esimest korda Kõpu poolsaar mere alt, järk-järgult maismaa pindalalt kasvades suunaga lõunast, idast ja läänest põhja poole. Kõivasoo tänasele alale tekkis saare kerkides laht, hilisemalt muutudes vastavalt maismaa kerkele ja veetaseme tõusule laguuniks ja seejärel järveks. Sarv *et al* (1982) andmeil tekkis antud järve alale soo 4800 aastat tagasi – see ongi Kõivasoo tekkeaeg.

Vastavalt tabelile 1 on näha, et soo tekkeperioodil lõppes atlantiline kliimaperiood ja algas subboreaalne, tingimused soostumiseks ja turbatekkeks olid soodsad (Valk, 1988). Kõivasoo turba teket võib pidada sujuvaks eelkõige tänu antud faktorile; arenguloo ainukene mõõnaperiood võis olla subatlantilise kliima esimesel poolel (1700 – 2800 aastat tagasi), mil sademetevaene vegetatsiooniperiood aeglustas turba teket.

2. Õngu (Tihu) soo on samuti looduslikult arenenud, olles jäänud inimtegevusest puutumata. Allikvee (1972) proovide tulemuste põhjal on Õngu (Tihu) soo näol tegemist noore sooga, kus valdava sookooslusena domineerib madalsoo. Turbakaarti analüüsides on näha, et soo põhjaosas on maksimaalne turba sügavus 315 cm, kuid seda väikesel alal. Ülejäänud turbalademe keskmine sügavus põhjaosas varieerub ligikaudu 200 cm ümber. Turbakihi sügavaim paksus on analüüsitud soodest suurim – turbatekkeks antud piirkonnas on soodsad tingimused. Kogu soo turbakihi keskmine sügavus on 101 cm.

Õngu (Tihu) soo lõunapoolsel alal asub Tihu järv, mille teke Vassiljevi *et al* (2015) järgi on ca 4500 aastat tagasi, isolatsioon kestis seevastu ligi 1000 aastat. Seega võib soo tekke alguseks antud informatsiooni põhjal samuti lugeda ligikaudu 3000 aastat tagasi. Soo lõunaosa on Tihu järve mõjul tekkinud mültumise tulemusena, põhjaosa arvatavasti terrigeenselt (vajalikud täpsemad analüüsid). Allikvee (1972) kogutud proovide tulemusi ei saa koordinaatide puudumisel ja soo keeruka kuju mitmeti tõlgendamisel adekvaatseks analüüsiks kasutada, kuid soo noort vanust, võrreldes Pihla ja Määvli sooga võib küll järeldada.

Viimase 23 aasta jooksul on soo pindalalt suurenenud 153 ha, vähenenud 553 ha. Soostumisprotsess on lõunaosas Tihu järve mültumise näol endiselt aktuaalne. Autor leiab, et pindala vähenemine on eelkõige tingitud metsastumisest (männi pealekasv).

Õngu (Tihu) soo turba ruumalaks arvutati Tihu järve turbalademeta $15,7 \cdot 10^5 \text{ m}^3$.

3. Pihla maardla tootmisala turbalasuundi maksimaalseks paksuseks mõõdeti 295 cm, sealjuures oli vähelagunenud rabaturba kihi keskmine paksus 85 cm ja hästilagunenud rabaturba kihi keskmine paksus 110 cm (Veldre *et al*, 1995). Tuginedes Vassiljevi *et al* (2015) andmetele algas Pihla soos turbateke ligikaudu 2000 aastat Kõivasoost hiljem ehk soo vanus on umbes 3000 aastat. Arvestades, et Hiiumaal vabanes mere alt esmalt Kõpu poolsaar (vt lisa 2), seejärel keskosa ja ülejäänud saar (Vassiljev *et al*, 2015), siis on antud vanus reaalne.

Pihla soo kujunemisloo (mültumise, maismaa soostumise) täpseks määramiseks tuleks analüüsida turba ja selle all lasuvate kihtide koostist, kuid esialgne hinnang, tuginedes Hiiumaa saare kujunemisele (Vassiljev *et al*, 2015), on, et Pihla soo on tekkinud terrigeenselt.

Sarnaselt Määvli soole on kasutatud ala turbamaardlana, mistõttu on soo algne pindala ja turba ruumala inimtegevuse poolt mõjutatud; soo kirdeosa on kahanenud metsastumise tõttu. Maardla turba ruumala on $36,2 \cdot 10^5 \text{ m}^3$, mis on võrreldes 1995. aasta (Veldre *et al*) andmetega $2,72 \cdot 10^5 \text{ m}^3$ võrra väikem. Seega on ruumala muutus alla 10% ja võib olla tingitud ka kaartide erinevast täpsusest.

4. Määvli soo on nejust soost aja jooksul enim muutunud – seda inimtegevuse tagajärgedel. Soo osa on kasutatud turbamaardlana, samuti on soo kuju muutnud põhja- ja lõunaosa eraldav sõidutee. Vassiljevi *et al* (2015) Hiiumaa saare arengu kohta tehtud järeldustest ja Määvli soo lähedusest Pihla soole, võib soo tekkeajaks ennustada samuti ligikaudu 3000 aastat tagasi. Sama tulemuseni jõudis Raudsepp (1955), tuues soo tekkepõhjuseks liigniiskuse tõttu mineraalma soostumise. Määvli soo pindalal leidub

rohkest veekogusid (eriti idaosas), seega võib lisaks mängida minimaalset rolli ka mültumine. Viimase 74 aasta jooksul on soo üle poole enda algpindalast kaotanud, selle hulgas turvast $59,59 \cdot 10^5 \text{ m}^3$. Sellise muutuse on tinginud antropogeensete ja looduslike faktorite koosmõju. Määvli soo praegune pindala on 700 ha, turbakihi keskmine sügavus on 116 cm, maksimaalne 280 cm, asudes loodud turbamaardla südamikus, soo lõunaosas. Turba ruumala 2017. aastal on $13,3 \cdot 10^5 \text{ m}^3$, mis on ca 5-6 korda väiksem 1955. aastal Raudsepa arvatud $72,89 \cdot 10^5 \text{ m}^3$ võrreldes.

Soode pindala vähenemine on olnud maardlana kasutatavates soodes tugevalt seotud inimtegevusega – taimkatet ja turvast on eemaldatud, mis on muutnud pinnase iseloomu ja viljakust; ala on kuivendatud, samuti on rajatud Määvli soo alale asfalttee. Looduslikult on soode pindala vähenenud teatud aladel männi pealekasvu tulemusena, kuid antud osakaal on väike.

Edasised uuringud, selgitamaks ruumala muutusest tingitud süsinikusiduvuse langust ja vabanenud kasvuhoonegaaside hulka, on võimalik teostada välitööde käigus soode turba parameetreid lähemalt analüüsides. Tarvis oleks uurida turbaliike erinevatel sügavustel ja leida nende tihedus, et arvutada eelmise sajandi kaaluandmete põhjal (turba kogust väljendati tonnides) ruumala ja seeläbi luua ruumala muutumist, süsihappegaasi, metaani emissiooni iseloomustavad kaardid.

Soode kaardistamine ja arengu uurimine aitab mõista, miks muutused on tekkinud ja milline on tulevikuareng käitumismallide mittemuutmisel. Samuti on see tähtis soode ökoloogilise kaitse planeerimisel.

KOKKUVÕTE

Käesoleva töö eesmärgiks oli kaardistada nelja Hiiumaa soo turbasügavusi, pindala muutusi ajas ja analüüsida tulemuste põhjal soode arengulugu. Valimiks osutusid Pihla, Õngu (Tihu), Määvli, olles Hiiumaa suurimad sood, ning Kõivasoo (võrdluseks väikese pindalaga, rohkelt uuritud). Valmis 4 turbasügavus- ja 4 pindala muutuse kaarti, mille põhjal uuriti soode arengut viimase sajandi jooksul. Analüüs oli kombineeritud autori loodud kaartidelt nähtavast informatsioonist ja varasematest uurimistöödest, tuginedes eriti Allikvee (1972) otsingulis-uuringulisele tööle.

Neljast uuritud soost on inim mõjuga arenenud Kõivasoo ja Õngu (Tihu), Määvli ja Pihla sood on kasutatud turbamaardlana – arenguloos kajastub antropoloogiline mõju tugevalt. Soode pindala kahanemist on eelkõige soosinud turba kaevandamine, mis eeldab esmalt kuivendustöid ja loodusliku taimkatte eemaldamist, seejärel turbakihi vähendamist. Nimetatud tegevused on soo ökoloogilist tasakaalu ja süsinikuringet häirivad, mille tulemusel eralduvad eemaldatud turba seotud olnud kasvuhoonegaasid ja väheneb mulla liigirikkus – viimane omakorda tingib orgaanilise aine tekke ja süsinikusiduvuse vähenemise. Loodusliku faktorina on soode pindala kahanemises olulisim metsastumine. Soodsate kliimatingimuste korral kasvab soo-aladel eriti jõudsalt mänd.

Tähtsaimateks tulemusteks võib lugeda Määvli ja Pihla soo pindala kahanemise intensiivsust, turba ruumala uudset arvutamist turbasügavuskaartide põhjal ja nende võrdlemist varasemate andmetega. Samuti on töö tulemused eelduseks põhjalikemateks uuringuteks.

Õngu (Tihu) soo pindala on viimase 23 aasta jooksul, võrreldes Määvli ja Pihla sooga, püsinud võrdlemisi stabiilsena; kahanemine võib olla tingitud mitte vaid metsastumisest, ja ka kaardistamiseks kasutatud ajalooliste kaartide ebatäpsusest. Soo pindala on mainitud ajaperioodi lõikes vähenenud 400 ha.

Pihla maardla põhjaosa on kasutatud turbamaardlana, maardla ja sellega kaasneva kuivenduse tõttu on 23 aastaga pindala vähenenud 1932 ha. Pihla maardla turba leitud ruumalaks saadi $36,2 \cdot 10^5 \text{ m}^3$, mis on võrreldes 1995. aasta andmetega $2,72 \cdot 10^5 \text{ m}^3$ võrra väikem, jäädes sisuliselt arvutusvea piiresse.

Määvli soo on enim kannatanud inimtegevuse mõju all – turbamaardlana kasutatakse soo lõunaosa, mis on põhjaosast eraldatud asfalteeritud teega. Viimase 74 aasta jooksul on Määvli soo kaotanud üle poole esialgsest pindalast, sellest enamik viimase 23 aasta

jooksul. Samuti on 1955. aasta andmetega võrreldes turba ruumala vähenenud $59,59 \cdot 10^5 \text{ m}^3$.

Antud tulemused kajastavad, et sel sajandil aktuaalseks muutunud soode ökoloogilise taastamise ja kaitse temaatika on ka Hiiumaal põhjendatud. Soode pindala, seal hulgas lisaks turba ruumala, kahaneb antropoloogiliste negatiivsete mõjutuste tagajärjel kiirelt. Autor leiab, et tulevikus (magistritöö raames) saaks töös saadud tulemusi arendada, täiendades andmete hulka välitöödel kogutavate andmetega. Tarvis oleks uurida soode turbalademe täpset koostist, et leida selle seos soo arengu ja haavatavusega ning arvutada igale uuritavale soole iseloomuliku turbalademe keskmine tihedus. Kasuks tuleksid ka uuringud georadariga (lasundi paksuse määramiseks). Nende andmete põhjal oleks võimalik leida turba mass ja võrrelda muutusi varasemate andmetega (turbalademe kogus on enamik uuringutes esitatud massi, mitte ruumalana). Seejärel saaks leida soode süsinikusiduvuse languse, kasvuhoonegaaside emissiooni hulga atmosfääri turba kaevandamise tagajärjel ja luua antud tulemusi iseloomustavad mudelid.

Püstitatud uurimisküsimused said vastuse. Hüpotees, et soode pindala ja turbalademe ruumala on vähenenud, pidas paika. Küll aga ei oodanud autor, et kahanemine võiks nii drastiline olla.

Tulemused kinnitasid taaskord, et muutused biosfääris on tingitud looduskoosluste arengu ja inimtegevuse koosmõjust, mistõttu on säästlik ja jätkusuutlik tegevustik oluline loodusliku tasakaalu säilitamiseks.

SUMMARY

PEAT DEPTH MAPS OF ISLAND HIIMUMAA'S BOGS AND THE LINK TO THE DEVELOPMENT STORY OF THESE PEATLANDS

Astrid Mai Barsegjan

The aim of this thesis was to map the peat depths of four island Hiiumaa's peatlands: Kõivasoo, Pihla, Määvli and Õngu (Tihu) bog. The change in the given peatlands' area was also mapped, in order to analyse how the bog has changed in size in the last century. Peatlands play an important role in the carbon cycle – peat contains and binds greenhouse gases such as carbondioxide, methane and nitrogen. Extracting peat in order to use it for industrial purposes interferes with the natural balance of the peatland and ecosystem as a whole; the accumulated greenhouse gases in the peat are released into the atmosphere, the natural water regime and therefore peat development are strongly influenced by the mining process. In order to extract peat, the bog is drained and the natural plantation is removed. To take this into account, the protection and ecological restoration of peatlands is becoming more vital.

Kõivasoo and Õngu (Tihu) bog have naturally developed without any major human influence. However the two other mapped bogs: Pihla and Määvli, have been used as peat deposits. The contrast between the peat depths and area changes was analysed. The volume of each bog's peat was also calculated and if possible, compared to earlier data to track the changes.

Much of the data about the four bogs is from year 1972 composed by Allikvee, who wrote a thorough survey about 22 island Hiiumaa's peatlands. The survey included written description of the bogs and sample results about the peat, plantation, organic matter and chemical composition (pH, CaO, percentage of ash). The data about peat depths was obtained from Estonian Geological Fund archives.

All together 8 maps were made, 4 about the peat depths of the bogs and 4 about area changes in time (with the exception of Kõivasoo). The results portrayed how much human activity affects the development of peatlands. The main reasons for area loss were drainage, loss of natural plantation due to peat extraction; the overgrowth of pine; some discord might also be caused because of the inaccuracy of older maps used in order to track area changes (the oldest used map dates back to year 1943). Positively, there has been area expansion in all of the mapped bogs as well.

The results include that Õngu (Tihu) bog has the biggest peat depth (315 cm) and an area that has been the most stable out of the biggest bogs of Hiiumaa (Pihla, Õngu (Tihu), Määvli) – in the past 23 years the bog has decreased by 400 hectares. The biggest changes due to human activity have taken place in Määvli bog, which has been cut to two parts by a road: northern and southern (used for peat extraction). In the last 74 years Määvli bog has lost half of its area and $59,59 \cdot 10^5 \text{ m}^3$ of peat. Pihla bog, which has also been used for peat extraction, has decreased in area by 1932 hectares and lost $2,72 \cdot 10^5 \text{ m}^3$ of peat. Kõivasoo, being the smallest of the four peatlands (area is 39 hectares), has developed naturally and the changes were not calculated due to its small area and high error calculation of mapping.

The loss of peat volume and bog area are concerning. In order to fully understand these changes and calculate how much this affects the carbon cycle, further field work data must be obtained. This would also provide author with information about the exact peat types in the given bogs and a chance to find the average peat bulk for each mapped peatland – this means further calculations and analyses about lost peat weight could be done (as much of the older data only involves peat weight in tonnes, not volume). Tracking how the interaction of human activity and natural factors interfere with the bogs' carbon cycle could help plan the protection of these bogs.

Author would like to thank her supervisors Martin Küttim and Hannes Tõnisson, also Reimo Rivis, who helped with the calculation of peat volume.

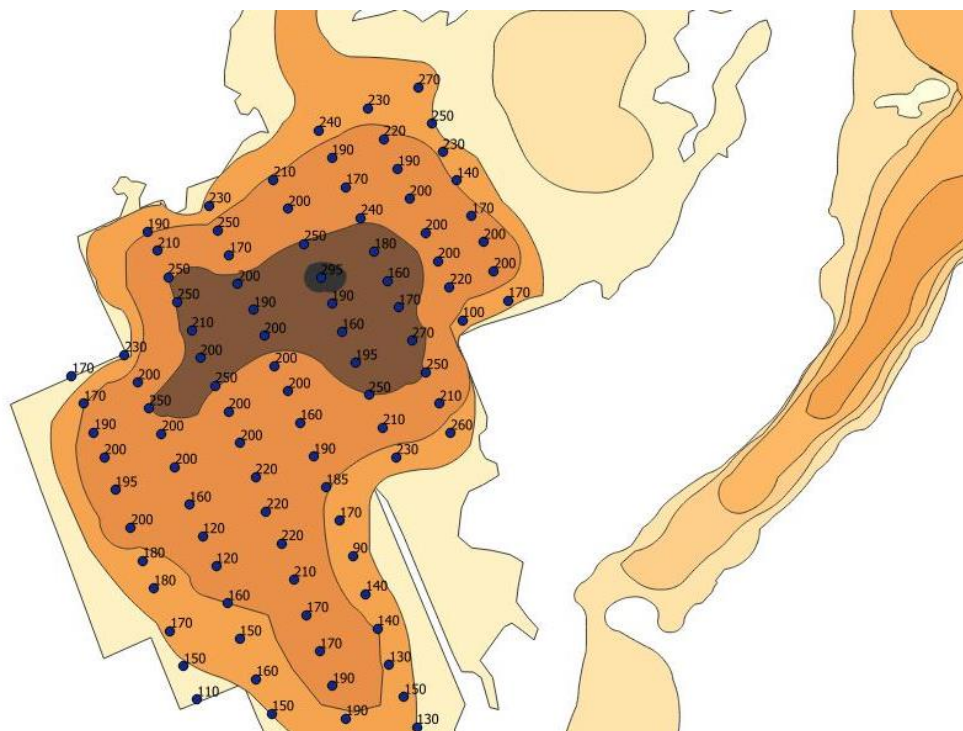
ALLIKATE LOETELU

1. Allikvee, H. 1972. *ENSV turbafondi korrastamine. Otsingulis-uuringulised tööd Hiiumaa rajoonis*. Tallinn: ENSV MN Geoloogia Valitsus.
2. Boelter, D. H. 1968. *Important physical properties of peat materials*. Department of Engery, Minds and Resources and National Research Council of Canada. 150-154.
3. Eesti Entsüklopeedia. 2011. *Hiiumaa*. [WWW] <http://entsyklopeedia.ee/artikkel/hiiumaa2>. (30.01.2017).
4. Eesti Turbaliit. 2015. *Soo*. [WWW] <http://www.turbaliit.ee/soo/>. (09.05.2017)
5. Eesti Turbaliit. 2015. *Turvas*. [WWW] www.turbaliit.ee/turvas/. (16.02.2017)
6. Foster, D. R., Wright Jr, H. E. 1990. *Role of ecosystem development and climate change in bog formation in central Sweden*. Ecology. 71, 2, 450-463.
7. Gorham, E. 1991. *Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climate warming*. Ecological Applications. 1, 2, 182-195.
8. Hiiu Leht. 2012. *Rahvaloendus näitas Hiiumaa rahvaarvu arvatust väiksemana*. [WWW] <http://www.hiuleht.ee/2012/04/rahvaloendus-naitas-hiiumaa-rahvaarvu-arvatust-vaiksemana/>. (27.02.2017)
9. Ilomets, M., Kimmel, K., Stén, C.-G., Korhonen, R. 2007. *Sood Eestis ja Lõuna-Soomes*. Tallinn: GEOGuide Baltoscandia.
10. Joosten, H., Clarke, D. 2002. *Wise use of mires and peatlands – background and principles including a framework for decision-making*. Finland: International Mire Conservation Group and International Peat Society.
11. Keskkonnaagentuur. *Mis on ürglooduse objektid?* [WWW] <http://loodus.keskkonnainfo.ee/eelis/default.aspx?id=-1625539949&state=3;1436537916;est;eelisand;,.> (01.03.2017)
12. Kink, H. 2006. *Veeobjektid Eesti ürglooduse raamatus*. Tallinn: Teaduste Akadeemia Kirjastus.
13. Kimmel, K. 2015. *Eesti sood*. Tallinn: Varrak.
14. Lõugas, L., Kriiska, A., Moora, H. 1996. *Coastal adaption and marine exploitation of the island Hiiumaa, Estonia, during the stone age with special emphasis on the Kõpu I site*. Landscape and Life. 50, 197 – 211.
15. Maa-amet. 2016. *Ajalooliste kaartide valik Maa-ameti teenustes on täienenud*. [WWW]

- http://geoportaal.maaamet.ee/index.php?lang_id=1&news_id=47&page_id=36.
(12.05.2017).
16. Maa-amet. 2001. *Vabariigi digitaalse suuremõõtkavalise mullastiku kaardi seletuskiri*. Tallinn.
 17. Masing, V. 1997. *Ürgsed sood kui loodusmälestised*. Tallinn: Eesti Entsüklopeedia kirjandus.
 18. Mukassabi, T. A., Thomas, P. A., Coleshaw, T., Polwart, A. 2015. *Is Scots pine a successful invader in contemporary bog?* International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering. 88, **13**, 72-80.
 19. Orru, M., Ramst, R. 1988. *Hiiumaa ja Kingissepa rajooni sapropeelide uurimise otsinguliste tööde ja turbavarude täiendava arengu aruanne*. Tallinn: Eesti Geoloogiafond.
 20. Paal, J., Leibak, E. 2013. *Eesti soode seisund ja kaitstus*. Tartu: AS Regio.
 21. Paal, J., Lode, E., Pikka, J., Raudsep, R., Paal, T., Ilomets, M., Orru, M., Leiner, E., Niitlaan, E. 2007. *Jääsoode korrastamise käsiraamat*. Tartu: Keskkonnainvesteeringute Keskus.
 22. Raudsepp, A. 1955. *Aruanne Hiiumaa rajoonis asuva Määvli turvasoo rekognoosuurimise ja osalise detailuurimise kohta*. Tallinn: Eesti Geoloogiafond.
 23. Ramst, R., Orru, M., Salo, V., Halliste, L. 2007. *Eesti mahajäetud turbatootmisalade revisjon. 3.etapp. Viljandi, Pärnu Saare ja Hiiu maakond*. Tallinn: Eesti Geoloogiafond.
 24. Sarkkola, S., Hökka, H., Nieminen, M., Laine, J., Koivusalu, H., Ahti, E., Päivänen, J. 2010. *Role of tree stand evapotranspiration in maintaining satisfactory drainage conditions in drained peatlands*. Canadian Journal of Forest Research. 40, 1485-1496.
 25. Sarv, A., Pork, M., Ilves, E. 1982. *Stratigraphy and Chronology of Lake and Bog Deposits of the Kõivasoo Bog*. Peatland ecosystems. Tallinn, 148–163.
 26. *Soode kaart*. 2017. [WWW] <http://kaart.soo.ee/map>. (30.01.2017)
 27. Strandberg, M. 2014. *Turbakasutuse ökoloogiliselt tasakaalustatud viisidest ja seda toetavatest tehnoloogiatest*. Tartu.
 28. Tolonen, K., Turunen, J. 1996. *Accumulation rates of carbon in mires in Finland and implications for climate change*. The Holocene. 6, **2**, 171-178.
 29. Valk, U. 1988. *Eesti sood*. Tallinn: Valgus.

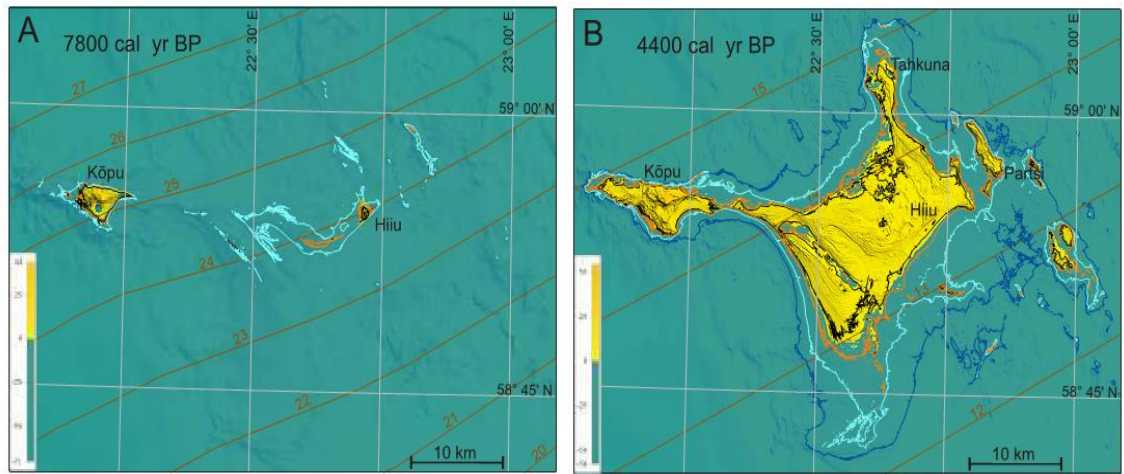
30. Vassiljev, J., Saarse, L., Grudzinska, I., Heinsalu, A. 2015. *Relative sea level changes and development of the Hiiumaa Island during the Holocene*. Geological Quarterly. 59, **3**, 517-530.
31. Veldre, M., Vösa, A., Lepp, A., Ermann, M. 1995. *Hiiu maakonna Pihla maardla Pihla tootmisala jäävaru määramise aruanne*. Tallinn: Eesti Geoloogifond.

LISA 1. Pihla maardla turbasügavused (1995)



Joonis 10. Pihla turbamaardla turba sügavused vastavalt Veldre *et al* (1995) meetodile (autori loodud).

LISA 2. Hiiumaa vabanemine mere alt holotseenis



Joonis 3. Hiiumaa vabanemine mere alt (Vassiljev *et al*, 2015).

LISA 3. Kaardistatud soode turbakihtide ruumalade arvutus (Õngu soo näitel)

Tabel 9. Õngu (Tihu) soo turba ruumala arvutus.

Pindala (m ²)	Turvas (m)	Ruumala (m ³)
509366	0	0
16869.6	0.3	5060.88
17314.5	0.3	5194.35
34892.4	0.3	10467.72
13861.7	0.3	4158.51
96441.9	0.3	28932.57
345407	0.3	103622.1
114070.5	0.3	34221.15
148592	0.3	44577.6
12776.5	0.5	6388.25
436491.635	1	436491.635
924.935	1	924.935
1039.73	1	1039.73
714.922	1	714.922
720.212	1	720.212
213.788	1	213.788
4518.94	1	4518.94
352.157	1	352.157
677.917	1	677.917
956.389	1	956.389
628.039	1	628.039
334.548	1	334.548
1340.88	1	1340.88
1080.3	1	1080.3
1191.6	1	1191.6
307.37	1	307.37
452.638	1	452.638
27596.2	1.5	41394.3
15515.8	1.5	23273.7
42256.4	1.5	63384.6
20077	1.5	30115.5
172142	2	344284
153003	2.25	344256.75
4810.11	3.15	15151.8465
	Kokku:	1556429.827
		15.7*10 ⁵