

Tartu Ülikool

Loodus- ja täppiseaduste valdkond

Ökoloogia ja Maateaduste Instituut

Botaanika osakond

**Elina Karro**

**TURBASAMMALDE KASVU MÕJUTAVAD TEGURID NING  
ÜLEVAADE KASVU MÕÕTMISE MEETODITEST**

Bakalaureusetöö (12 EAP)

Ökoloogia ning elustiku kaitse eriala

**Juhendaja vanemteadur PhD Kai Vellak**

Tartu 2017

## **Turbasammalde kasvu mõjutavad tegurid ning ülevaade kasvu mõõtmise meetoditest**

### Lühikokkuvõte

Bakalaureusetöö eesmärk on anda ülevaade perekond turbasammal (*Sphagnum*) liikide pikkuskasvu ning biomassi juurdekasvu mõjutavatest keskkonnateguritest. Töö esimeses osas kirjeldatakse kasvukoha iseärasuste, sealhulgas temperatuuri, valguse kättesaadavuse, niiskuse ning toitainete mõju turbasammalde kasvubioloogiale. Töö teises osas iseloomustatakse erinevaid meetodeid, mida on kasutatud turbasammalde pikkuskasvu ja biomassi hindamiseks ning kirjeldatud on toitainete, valguse ning temperatuuri mõju hindamise katsemeetodeid.

Märksõnad: biomass, kasvukohatingimused, meetod, pikkuskasv, turbasammal

CERCS kood ja nimetus: B270 taimeökoloogia

## **Parameters the affecting *Sphagnum* mosses growth and overview of methods how to measure it**

### Abstract

The aim of this bachelor's thesis is to give an overview of different factors that influence the biomass production and length increase of species in the genus *Sphagnum*. In the first part of the thesis the effect of habitat characteristics – temperature, light conditions, water availability and nutrients – on the growth of peat mosses is described. In the second part the description of main methods that are used to measure biomass and length increase and to assess the impact of nutrients, light, and temperature is given.

Key words: biomass, habitat conditions, length increase, methods, *Sphagnum*

CERCS code and name: B270 plant ecology

## Sisukord

Sissejuhatus .....	4
1 Ülevaade perekond turbasammalde ehitusest ja ökoloogiast.....	5
1.1 Liigirikkus ja levik maailmas, Euroopas ja Eestis.....	6
1.2 Morfoloogiline ehitus .....	6
1.3 Kasvukohad .....	8
1.4 Turbasammalde tähtsus, kasutamine ja kaitse.....	9
2 Turbasammalde kasvu mõjutavad tegurid.....	12
2.1 Kasvukoht.....	12
2.2 Niiskustingimused .....	13
2.3 Valgus ja temperatuur.....	15
2.4 Toitained.....	16
3 Turbasammalde juurdekasvu hindamise meetodid .....	18
3.1 Pikkuskasvu hindamise meetodid.....	18
3.1.1 Kinnitatud traadi meetod .....	18
3.1.2 Lõikamise meetod .....	20
3.1.3 Taime siseste märgistuste kasutamine.....	21
3.2 Biomassi juurdekasvu hindamise meetodid .....	22
3.3 Toitainete mõju uurimise meetodid.....	23
3.4 Temperatuuri ja valguse mõju hindamise meetodid.....	24
Kokkuvõte .....	25
Summary .....	26
Tänuavaldused.....	27
Kasutatud kirjandus.....	28

## Sissejuhatus

Perekond turbasammal (*Sphagnum*) on maailmas laialt levinud, kasvades peamiselt jahedas ning niiskes boreaalses kliimavöötmes. Turbasamblaid võib leida nii soostuvates metsades kui ka erinevat tüüpi soodes. Suure süsiniku ja vee hoiustamise ning turba moodustamise võime tõttu on turbasamblad tähtsad nii globaalselt kui ka lokaalsemalt, olles nii keskkonna kui ka liigilise mitmekesisuse kujundajateks erinevates märgalatüüpides. Euroopas on kantud turbasammalde perekond loodusdirektiivi V lisasse, Eestis kuulub looduskaitse alla neli turbasamblaliiki. Turbasammalde kasvu mõjutavad erinevad kasvukoha- ja keskkonnategurid ning nende selgitamine võimaldab tõhustada nii turbasammalde liikide kui ka nende kasvukohtade kaitset.

Käesolevas töös on antud lühike ülevaade turbasammalde ehitusest ning ökoloogiast. Kirjandusallikate põhjal iseloomustatakse turbasammalde pikkuskasvu ning biomassi juurdekasvu mõjutavaid tegureid ning arutletakse niiskustingimuste, valguse, temperatuuri ning toitainete mõju üle. Pikkuskasvu ning biomassi juurdekasvu hindamiseks on välja töötatud erinevaid meetodeid, töös kirjeldatakse erinevaid pikkuskasvu mõõtmise meetodeid ning biomassi juurdekasvu arvutamise viise. Lühidalt iseloomustatakse ka turbasammaldega tehtud katseid toitainete, valguse ning temperatuuri mõju hindamiseks nende kasvule.

Bakalaureusetöö eesmärk on uurida turbasammalde kasvu mõjutavaid tegureid ning anda ülevaade juurdekasvu hindamise meetoditest. Töös on kirjeldatud lühidalt ka turbasammalde morfoloogilisi tunnuseid, ehitust ning nende iseloomulikke kasvukohti.

Töös kasutatud eestikeelsete ning ladinakeelsete samblaliikide nimede aluseks on Vellak *et al.* (2013) turbasammalde määraja.

# 1 Ülevaade perekond turbasammalde ehitusest ja ökoloogiast

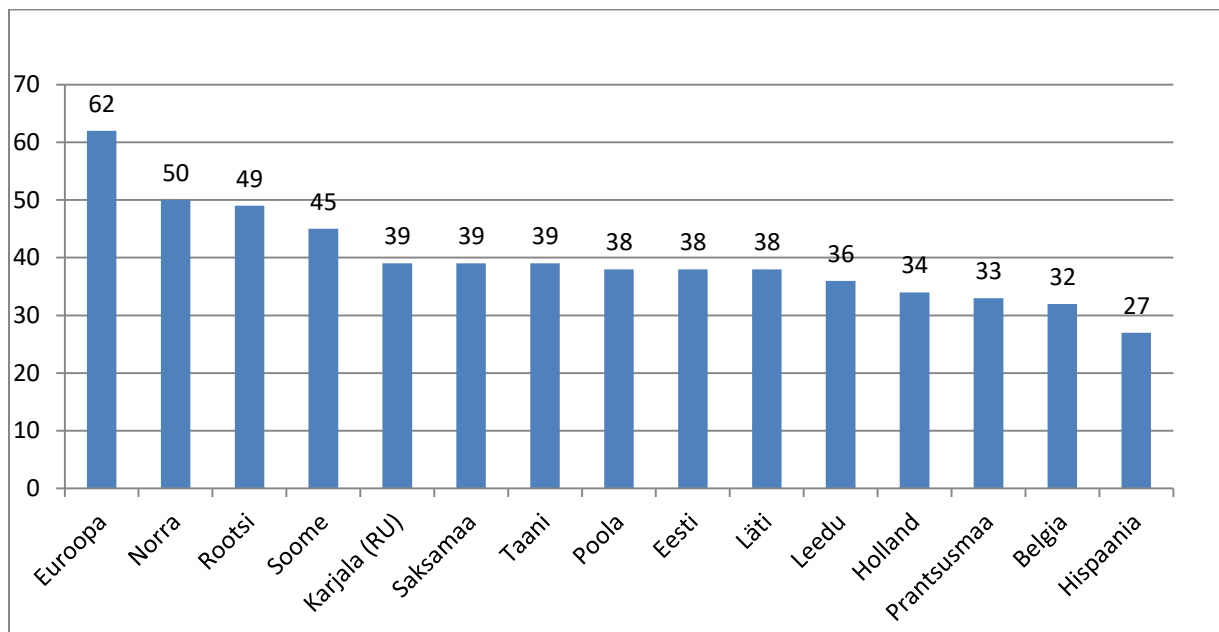
Perekond turbasammal kuulub lehtsamaltaimede (*Bryophyta*) hõimkonnas klassi turbasamblad (*Sphagnopsida*). Seltsis turbasamblalaadsed (*Sphagnales*) on kolm sugukonda: turbasamblalised (*Sphagnaceae*), *Flatbergiaceae*, *Ambuchananiaceae*. Sugukonda turbasamblalised kuulub vaid üks perekond– turbasammal (*Sphagnum*) (Goffinet *et al.* 2008). Perekonda kuuluvad liigid on sarnaste tunnuste ja ökoloogiliste nõudluste alusel jaotatud kolmeteistkümnesse eri sektsiooni (tabel 1), mis on abiks liikide eristamisel (Clymo & Hayward 1982; Michaelis 2011). Maailmas on hinnanguliselt kuni 450 liiki turbasambla liiki, praeguseks on kirjeldatud 284 liiki. Liigirikkaim sektsioon maailmas on *Subsecunda*, Euroopas sektsioon *Acutifolia* (Michaelis 2011). Eestis on nii sektsioonis *Acutifolia* kui ka *Cuspidata* teada võrdselt 11 liiki (Vellak *et al.* 2013).

**Tabel 1.** Turbasammalde sektsioonide nimestik ning nendesse kuuluvate liikide arv maailmas, Euroopas ja Eestis (Michaelis 2011 ja Vellak *et al.* 2013 alusel).

Sektsioon	Liike maailmas	Liike Euroopas	Liike Eestis
<i>Acutifolia</i>	55	17	11
<i>Cuspidata</i>	57	14	11
<i>Hemitheca</i>	1	1	-
<i>Insulosa</i>	1	1	1
<i>Isocladus</i>	1	-	-
<i>Lapazensis</i>	1	-	-
<i>Mollusca</i>	1	1	1
<i>Polyclada</i>	1	1	1
<i>Rigida</i>	6	2	1
<i>Sericea</i>	1	-	-
<i>Sphagnum</i>	43	6	5
<i>Squarrosa</i>	4	3	2
<i>Subsecunda</i>	112	5	5
<b>KOKKU</b>	<b>284</b>	<b>51</b>	<b>38</b>

## 1.1 Liigirikkus ja levik maailmas, Euroopas ja Eestis

Turbasamblad on laialt levinud erinevatel kontinentidel, kuid kõige suurem liigiline mitmekesisus on paras- ja boreaalses kliimavöötmes. Troopilises ning ekvatoriaalses kliimavöötmes võib turbasamblaid leida mägedes, kus on jahedam ja niiskem. Turbasamblad asustavad erinevaid ökoloogilisi nišše tänu oma erilisele morfoloogilisele ehitusele ning füsioloogiale (Rydin & Jeglum 2006). Eestis on teada 38 liiki turbasamblaid, mis kuuluvad üheksasse sektsiooni (tabel 1) (Vellak *et al.* 2013). Euroopas on koos mitme liigi varietetidega kokku teada 62 liiki perekonnast turbasammal (Hodgetts 2015). Euroopa riikidest liigirikkamad on põhjapoolsemad riigid, Lõuna-Euroopas on turbasammalde riigirikkus väiksem (joonis 1).



**Joonis 1.** Liikide arv perekonnast turbasammal erinevates Euroopa riikides (joonise aluseks on Hodgetts (2015) Euroopa sammalde nimestik ning Abramov & Volkova (1998) Venemaa sammalde nimestik)

## 1.2 Morfoloogiline ehitus

Turbasammaldel nagu ka teistel lehtsammaldel puuduvad juured, õhulõhed ning juhtkude (Laasimer *et al.* 1954). Turbasambla võsu koosneb varrest, millele kinnituvad kimpudena oksad. Varre tipus asetsevad oksad väga tihedalt moodustades tiheda pea ehk kapiitulumi. Oma erilise välimuse poolest on turbasamblad kergesti ära tuntavad perekonna tasemel, kuid liigid on välitingimustes sageli raskesti eristatavad (Vellak *et al.* 2013). Sektsioonide määramisel on oluline võsude värvus, mis võib erineda sõltuvalt kasvukoha ja -perioodi

valgustingimustest. Turbasammalde võsude värv võib varieeruda kahvatrohelist kuni erinevate pruunide ja punakate toonideni (Rydin & Jeglum 2006). Erinevatesse sektsioonidesse kuuluvatel liikidel võib vars olla erinevat värvi: tumedam või heledam, rohekas, kollakas või pruun. Välistingimustes on turbasammalde määramisel abiks ka kapiitulumi kuju. Kapiitulum võib pealtvaates olla tähekujuline, lame, ümar, rohkem või vähem eristunud kogu võsust. Lisaks on välistingimustes liikide eristamisel oluline, kas kapiitulumis paiknev tipupung on nähtav või jääb tipuokste varju. Varrele kinnitunud kimpudes olevate okste arv on oluline tunnus sektsioonide ja liikide eristamisel. Sektsioonide määramisel võib abiks olla ka lehtede kuju ning oksalehe ristlõik (Laine *et al.* 2009) (tabel 2).

**Tabel 2.** Eesti turbasammalde sektsioonide iseloomulikud morfoloogilised tunnused (Laasimer *et al.* (1954) ja Vellak *et al.* (2013) alusel).

Sektsioon	Oksi-kimbus	Varre puitsilinder	Oksaleht	Varreleht
<i>Sphagnum</i>	3-5	kahvatukollane kuni tumepunane	ovaalne, nõgus, tipp tanujas	keeljas
<i>Rigida</i>	4-6	pruun	nõgus, tipp ümar ja hambuline	keeljas-kolmnurkne
<i>Insulosa</i>	5	heleroheline	nõgus, tipp järsult ahenev, hambuline	keeljas
<i>Acutifolia</i>	3-5	rohekas kuni roostepruun	süstjas, tipp teritunud	kolmnurkne kuni keeljas, varre tipuga üles
<i>Squarrosa</i>	4-6	roheline kuni pruun	lai-munajas, keskosas järsult ahenev	keeljas, tipus narmastunud
<i>Cuspidata</i>	4-5	roheline või kollakas	süstjad, kuivalt pisut tagasikäändunud	kolmnurkne kuni keeljas, varrel tipuga alla
<i>Mollusca</i>	3-5	kahvatroheline	munajas, nõgus	ovaalne, nõgus
<i>Polyclada</i>	7-13	tumepruun	munajas-süstjas	piklik-kolmnurkne
<i>Subsecunda</i>	3-5	vähemalt alaosas pruun	munajas-süstjas, sirpjas,	keeljas või kolmnurkne, tipp ümar

### 1.3 Kasvukohad

Turbasamblad kasvavad enamasti liigniisketes kasvukohtades ning oma elutegevuse tulemusel on võimelised ümbritsevat kooslust ka märjemaks muutma (Rydin & Jeglum 2006). Turbasamblaid võib leida nii kinnikasvavate järvede kallastel, märgades metsades, erinevat tüüpi soodes kui ka soostuvates ja rabastuvates metsades (Laasimer *et al.* 1954; Vellak *et al.* 2013).

Soode areng sõltub keskkonna geoloogilisest ülesehitusest, pinnamoest ning veega seotud tingimustest (Kink 2007). Soode tekkimiseks on vaja, et sademete hulk ületaks aurumise ning pinnas oleks vettpidav. Soode tekkimiseks on kaks võimalust: 1) maismaa soostumine 2) veekogude kinnikasvamine. Eesti soodest ligikaudu 30% on tekkinud veekogude kinni kasvamisel ning ülejäänud sood on tekkinud maismaa sekundaarsel soostumisel (Ilomets *et al.* 2007). Soode areng toimub rabastumise suunas, kus madalsoost kujuneb sooarengu lõppfaasis raba. Nende kahe sooarenguetapi vahele jääb üleminekusoo ehk siirdesoo (Ilomets *et al.* 2007).

Soid on võimalik jagada minerotroofseteks ning ombrotroofseteks. Ombrotroofsete soode puhul saab soo oma vee ainult sademetest, minerotroofne soo saab oma vee põhjaveest (Ilomets *et al.* 2007). Lisaks võib olla ka segatoitelisi soid, mis saavad oma vee nii sademetest kui ka põhjaveest. Minerotroofsed sood on üldiselt madalsood, ombrotroofsed on rabad ning segatoitelised sood on siirdesood (Eesti Entsüklopeedia). Toitainete järgi on võimalik soid jaotada toitaineterikasteks ning –vaesteks. Eestis kuuluvad toitaineterikaste soode hulka liigirikkad madalsood ning toitainetevaeste soode hulka kõrgsood ehk rabad (Ilomets *et al.* 2007). Siirdesood on keskmise toitainete rikkusega, kus on toitaineterikkam põhjavesi ning toitainetevaesem pealispind (Eesti sood). Valdav enamus turbasamblaid kasvab just rabades ja rabametsades, kuid turbasamblaid võib leida ka märksa ekstreemsematest kasvukohtadest, isegi kuumaveeallikate ümbruses (Lange 1973).

Erinevad turbasamblaliigid on erinevate ökoloogiliste nõudlikkustega: mõned saavad kasvada ainult madalsoodes, kuid mõned on suutelised kasvama väga erinevates kooslustes (Vellak *et al.* 2013). On ka turbasamblaliike, mis võivad kasvada täielikult vees. Eestis esinevatest turbasammaldel on laugastes kõige tavalisem pudev turbasammal (*Sphagnum cuspidatum*) (Vellak *et al.* 2013), kuid veesiseseid vorme esineb näiteks lillakal, laialehisel ja kallas–turbasamblal (*Sphagnum magellanicum*, *S. platyphyllum*, *S. riparium*) (Laasimer *et al.* 1954).

Nõudlikkuse alusel kasvukoha toitaineterikkuse suhtes jagatakse turbasamblaid kolme suuremasse rühma: 1) oligotroofsed (vähe nõudlikud liigid, mis kasvavad peamiselt rabades), 2) mesotroofsed (toitainete suhtes keskmise nõudlikkusega liigid kasvavad valdavalt siirdesoodes ja rabastuvates metsades) ja 3) eutroofsed (toitaineterikaste kasvukohtade liigid, kasvavad peamiselt madalsoodes) (Laasimer *et al.* 1954; Daniels & Eddy 1990).

Vastavalt liikide kasvukohaelistusele võib Eestis esinevad turbasamblaliigid koondada viide kasvukohatüübirühma või klassi (Paal 1997): 1) soostunud metsade liigid, 2) madal- ja siirdesoo liigid, 3) siirdesoo ning õõtsikute liigid, 4) rabastunud metsade liigid ja 5) rabade liigid (Vellak *et al.* 2013).

Turbasamblad on märgades ja liigniisketes kasvukohtades kasvav perekond, kus turbasammalde elutegevuse tagajärjel moodustuvad aja jooksul spetsiifilised mikrokasvukohad: metsades turbasammalde domineerimisega rabastuvad lohud ning soodes madalamad, märjemad ning omavahel seotud älved, laiad mättavahed või kõrgemad mättad (Weston *et al.* 2015). Rydin ja Jeglum (2006) ning Eesti turbasammalde määraja (Vellak *et al.* 2013) järgi defineeritakse „mätas“ (ingl. *hummock*) kui kuivem ja kõrgem enamasti rabades taimede elutegevuse tulemusel moodustunud mikrokõrgendik, kus veetase mäta tipust võib olla kuni 40 sentimeetri sügavusel; mättavahe (ingl. *lawn*) on mätaste ning älveste vahele jääv tasane osa, kus veetase on 5–15 cm sügavusel. „Älves“ (ingl. *hollow*) on märjem lohk või väike nõgu rabades, mis võib märjemal aastal üleujutatud olla, kuna veetase on pinnalähedane. Turbasammaldele sobivaks kasvukohaks on ka laugas (ingl. *bog pool*), mis on väike huumusetoiteline veekogu rabas (Rydin & Jeglum 2006; Vellak *et al.* 2013). Sõltuvalt liikide nõudlusest õhuniiskuse ja temperatuuride suhtes võib eristada merelise ning kontinentaalse levikuga liike, mille puhul piiriks võetakse jaanuari ja juuni keskmiste temperatuuride erinevus (Loisel *et al.* 2012).

#### **1.4 Turbasammalde tähtsus, kasutamine ja kaitse**

Turbasamblad on ökoloogiliselt ja majanduslikult tähtis taimerühm, kuna hoiustavad süsinikku, säilitavad vett ja on olulised sookoosluste elustiku liigirikkuse (nii taime-, seene- kui ka loomariigi esindajate) hoidjad (Fritz 2012). Turbasamblad seovad suurel hulgal maakeral leiduvast süsinikust (Aerts *et al.* 2001). Turbasamblaid iseloomustab nende suur veeimavusvõime. Nad on suutelised hoidma vett 15 kuni 20 korda üle oma kuivmassi (Rydin & Jeglum 2006). Turbasammalde veesäilitusvõime suurendab hapnikuvaese keskkonna

tekkimist. Taimede lagunemiseks on vaja hapnikku, seega hapnikuvaeses keskkonnas väheneb lagunemiseefektiivsus ning turbakihi paksus suureneb (Rydin & Jeglum 2006). Turbasamblad muudavad ümbritseva keskkonna happelisemaks, kuna nende elutegevuse käigus toimub keskkonnas lahustunud katioonide  $H^+$  vahetamine ionide vastu (Andrus 1986). Turbasamblad vajavad eluks vähe toitaineid võrreldes näiteks soontaimedega (Rydin & Jeglum 2006; Wieder & Vitt 2006). See omadus võimaldab neil kasvada toitainetevaestes kasvukohtades nagu näiteks rabades.

Turbasamblad on väga olulised turba moodustamisel, kuna lagunevad väga aeglaselt (Rydin & Jeglum 2006; Wieder & Vitt 2006). Turvas on erinevates lagunemisstaadiumites olevatest surnud taimeosadest moodustunud orgaaniline materjal. Turvast on võimalik jaotada erinevate taimede järgi kolmeks: turbasamblaturvas, tarnaturvas ning puidaturvas (puidu sisaldus üle 50%). Turbasamblast moodustunud turvas koosneb liikidest, mis kuuluvad peamiselt kolme sektsiooni (*Acutifolia*, *Sphagnum*, *Cuspidata*) (Rydin & Jeglum 2006). Eestis on põhilisteks turbamoodustajateks pruun, punane ja lillakas turbasammal (*Sphagnum fuscum*, *S. rubellum*, *S. magellanicum*) (Vellak *et al.* 2013) Madalsoodes on turba juurde kasv ligikaudu 0,2–1 mm aastas ning rabades kuni 1,7 mm (Ilomets 2003).

Kuna turbasamblad on olulised nii lokaalsel kui ka globaalsel tasemel vee ja süsiniku ringluse reguleerimisel ning märkimisväärsed turba moodustamisel, on nende kaitsmine ja looduses püsimine väga oluline. Turbasammaldele on ohtudeks sobivate kasvukohtade vähenemine keskkonnasaastatuse, kuivendamise, kaevandamise ning muude inimestega seotud tegevuste tulemusel (Vellak *et al.* 2013). Euroopa Loodusdirektiivi II lisasse kuulub üks turbasamblaliik – *Sphagnum pylaiesii* –, mis Euroopas on teada vaid Prantsusmaa loodeosast ja Põhja-Hispaaniast (Michaelis 2011). Euroopa Loodusdirektiivi V lisasse, mis kohustab Euroopa Liidu liikmesriike kasutama majanduslikult olulisi liike säästlikult, on kantud terve turbasammalde perekond (Vellak *et al.* 2013).

Eestis on punases nimestikus (2008) kokku uuritud 18 turbasamblaliigi seisundit. Üheksa liiki on hinnatud ohuvälisteks. Punase nimestiku (2008) andemete järgi on Eestis väljasurnud üks liik – Ängstroemi turbasammal (*Sphagnum aongstroemii*). Põhja-turbasammal (*Sphagnum subfulvum*) on määratud ohustatud liikide hulka. Viis turbasamblaliiki kuuluvad erinevatesse ohukategooriatesse ning kahe liigi kohta on Eestis liiga vähe andmeid ning nende seisundit pole võimalik hinnata (Eesti Punane Raamat 2008).

Eestis on kaitse all neli turbasambla liiki, kuuludes kõik III kategooriasse: loigu– (*Sphagnum inundatum*), viierealine (*S. quinquefarium*), Wulfi (*S. wulfianum*) ning Lindbergi turbasammal (*S. lindbergii*) (Elektroniline Riigi Teataja). Eesti punase nimestiku järgi on loigu– ja viierealine turbasammal ohualdid liigid ning Wulfi ja Lindbergi turbasammal on ohulähedased liigid (Eesti Punane Raamat 2008). 1994. aastal võeti II kaitsekategooriasse Lindbergi turbasammal. 2004. aastal tehti muudatusi ning Lindbergi turbasammal tõsteti III kaitsekategooriasse ning sinna lisati ka loigu–, viierealine ning Wulfi turbasammal (Vellak *et al.* 2013). Loigu–turbasammal kasvab madal– ja siirdesoodes vesistel aladel. Lindbergi turbasammalt võib leida rabades älvastes ja laugaste servades ning õõtsikutel. Viierealine turbasammal kasvab soostunud okas– ja segametsades. Sarnaselt viierealisele turbasamblale kasvab Wulfi turbasammal rabastunud või soostunud okasmetsades, kuid harvem võib kohata Wulfi turbasammalt ka soode äärealadel puude varjus (Vellak *et al.* 2013).

## 2 Turbasammalde kasvu mõjutavad tegurid

Turbasammalde kasvu võib kirjeldada nii pikkuskasvuna kui ka biomassi suurenemisena. Turbasammalde võsu juurdekasv pikkuses varieerub liigiti kuni 10 korda, jäädes vahemikku 5–65 mm aastas (Valk 2005). Suures ulatuses varieerub ka turbasammalde biomassi aastane suurenemine. Troopilistes soodes ekvaatori lähedal on mõõdetud aastaseks juurdekasvuks 8 g m<sup>-2</sup>, põhja pool boreaalses vööndis on mõõdetud juurdekasvuks koguni 1450 g m<sup>-2</sup> (Gunnarsson 2005). Keskmise turbasammalde juurdekasv põhjapoolkeral, mis on arvatud 68 parasvöötme regiooni turbasammalde juurdekasvude põhjal, on sellest siiski viis korda väikesem – 259 g m<sup>-2</sup> aastas (Gunnarsson 2005). Juurdekasv sõltub mitmetest teguritest ning samuti erinevate tegurite koosmõjust. Peamiselt mõjutavad turbasammalde kasvu kasvukoha valgus- ja niiskustingimused, kuid olulised on ka toitainete kättesaadavus ning temperatuur.

### 2.1 Kasvukoht

Erinevates kasvukohtades võib turbasammalde biomassi juurdekasv olla väga erinev. Gunnarsson (2005) on selgitanud metaanalüüsil turbasammalde produktiivsuse globaalset jaotust ning analüüsi tulemused näitasid, et metsades kasvavate turbasamblaliikide biomassi juurdekasv jääb vahemikku 100–200 g m<sup>-2</sup> aastas. Toitaineterikkamas keskkonnas kasvavatel turbasambla liikidel oli biomassi juurdekasv kõrgem kui teiste kasvukohtade liikidel, näiteks on hõreda turbasambla (*Sphagnum fallax*) biomassi aasta keskmine juurdekasv ligikaudu 400 g m<sup>-2</sup> ning kuldse turbasambla (*Sphagnum pulchrum*) aastane keskmine juurdekasv on ligikaudu 300 g m<sup>-2</sup> (Gunnarsson 2005). Kasvukohad on aga mosaiiksed ning nendes esinevad turbasammalde kasvuks sobivad mikrokasvukohad, kus võib turbasammalde juurdekasv olla erinev. Näiteks analüüsidest erinevaid sootüüpe, selgus et soode ojade kallastel (ingl. *marginal streams*) kasvavate turbasammalde biomassi juurdekasv on suurem kui mätastel, mättavahedes või älvetes (Gerdol *et al.* 2010). Kasvu erinevust võib märgata ka metsa ning avakoosluste puhul.

Mikrokasvukohtadel on kõige aeglasema kasvuga liigid, mis kasvavad mätastel (Bengtsson *et al.* 2016). Mätastel kasvavate turbasammalde biomassi juurdekasv jääb alla 200 g m<sup>-2</sup> aastas (Gunnarsson 2005). Keskmise biomassi juurdekasvuga on älvetes ning mättavahedes kasvavad turbasambla liigid, nende liikide puhul on biomassi juurdekasv aastas keskmiselt

250–300 g m<sup>-2</sup> (Gunnarsson 2005). Tasastel kasvukohtade turbasamblavaipade (ingl. *carpets*) biomassi juurdekasv on kõige kõrgem, ületades 350 g m<sup>-2</sup> aastas (Gunnarsson 2005).

Lisaks kasvukoha erinevustele on turbasammalde juurdekasv ka liigiti erinev. Gunnarsson (2005) toob oma töös välja, et seksiooni *Cuspidata* kuuluvad liigid omavad märgatavalt suuremat biomassi juurdekasvu kui näiteks seksiooni *Acutifolia* liigid. Selle põhjuseks võib olla nende rühmade erinev kasvukohaelistus, nimelt seksiooni *Cuspidata* liigid kasvavad tavapäraselt älvestes ning *Acutifolia* liigid mätastel (Johnson *et al.* 2015).

## 2.2 Niiskustingimused

Turbasammaldel nagu ka kõikidel teistel sammaldel puuduvad õhulõhed, mille tõttu ei suuda nad kontrollida efektiivselt veekadu (Rydin & Jeglum 2006). Seetõttu on veetase turbasammalde kasvule kriitilise tähtsusega (Gerdol 1995). Aurustumise teel kaduv vesi tuleb tagasi saada sademetest või välise kapillaarvõrgustiku abil alumisest turbakihist. Kapillaarvõrgustiku moodustavad lehtede, okste ning varre vahele jäävad tühimikud (Rydin & Jeglum 2006).

Turbasammalde vee kättesaadavus sõltub suures osas turbasammalde kasvukohast (Rydin & Jeglum 2006). Tihedalt mätastel koos kasvavad turbasamblaliigid on kuivusele vastupidavamad, kuna aurustumisele avatud taimeosi on vähem (Rydin & Jeglum 2006). Veetasemest kõrgemal paiknemist võimaldab turbasammalde puhul hea veesäilitussüsteem ning väline kapillaaride süsteem (Robroek *et al.* 2007). Enamuse oma niiskusest saavad mätal kasvavad turbasamblad sademetest ning välise kapillaarsüsteemi abil ülestõmmatud veest (Robroek *et al.* 2007; Rydin & Jeglum 2006). Älvestes kasvavad turbasamblad hõredamalt ning kuival perioodil on taimed enam avatud ümbritseva mikrokeskkonna mõjudele, näiteks tuulele, mis tõttu võivad taimed kiiremini ka läbi kuivada. Seega on älvestes kasvavad turbasamblaliigid rohkem sõltuvad vee kättesaadavusest kui mätastel kasvavad liigid.

Tavapäraselt älvestes kasvavad turbasamblaliigid on võimelised kasvama mätastel tänu mätaliikide vee transpordile lateraalsete kapillaaridesüsteemi kaudu (Rydin & Jeglum 2006) ning vihmasadudele (Robroek *et al.* 2007). Hollandi teadlased (Robroek *et al.* 2007) viisid läbi katse, kus 40 taime älves kasvavast turbasamblaliigist pudev turbasammal (*Sphagnum cuspidatum*) istutati kahele mättale, mille puhul esimene oli 58 cm ning teine oli 20 cm

veetasemest kõrgemal. Selleks, et oleks võimalik jälgida külgmise veeliikumise mõju, pandi pooled katses osalenud võsud plastikust topsi, et rikkuda vee lateraalne transport. Ülejäänud võsud pandi plasttopsi, kus külgedest oli alles jäetud vaid kolm väikest riba, mis võimaldasid lateraalset veetransporti. Katse näitas, et kõrgemale mättale istutatud võsudel, millel oli võimalik lateraalne veetransport, oli veesisaldus väiksem kui lateraalse veetranspordi võimeta võsudel. Tõestati ka, et lateraalse veetranspordi süsteemita võsudele oli vihmajärgu mõju positiivne, kuna selle tulemusel suurenes veehulk turbasammaldes. Madalama mäta puhul selliseid tulemusi märgata ei olnud. Katsetulemuste põhjal järeldasid teadlased, et kõrgematel mätastel kasvavad liigid on suuremas sõltuvuses otseselt sademetest tulevast veest. Mätastele istutatud tavapäraselt älves kasvavate liikide puhul on olulised nii lateraalne veetransport kui rohke niiskus sademete näol (Robroek *et al.* 2007). Katse näitas ka, et pärast vihmajärgu oli koheselt näha veesisalduse muutust turbasammalde võsudes. Tugevama sajuhoo puhul oli ka veehulk rakkudes suurem, aga kui veetase rakkudes oli juba kõrge, siis veehulk enam palju ei tõusnud.

Kõrge veetaseme puhul on täheldatud turbasammalde massi väiksemat juurdekasvu. Turbasammalde pikkuskasv aga väheneb madala veetaseme puhul. Selle põhjuseks võib olla ka puude juurdekasvu intensiivistumine madalama veetaseme korral, mille tulemusel varjutatus suureneb ning vähese kättesaadava valguse tõttu võib turbasammalde kasv väheneda (Gignac & Vitt 1994). Turbasamblaliikidel, mis tavapäraselt kasvavad kuivemates kohtades, ei ole täheldatud aga kasvu vähenemist madala veetaseme korral (Clymo 1973).

Turbasammalde sõltuvus veest on liigiti erinev. Bengtsson *et al.* (2016) katse tulemus näitas, et niiskemal aastal oli seksioonide *Cuspidata* ja *Sphagnum* liikide biomassi juurdekasv suurem kui liikidel seksioonidest *Acutifolia* ja *Subsecnda*. Gerdol (1995) katsest selgub ka, et näiteks liik hõre turbasammal (*Sphagnum fallax*) sõltub veest rohkem kui liigid teravalehine (*S. capillifolium*) ning lillakas turbasammal (*S. magellanicum*). Erinevuse põhjuseks võib pidada niiskustingimuste sõltuvuse kasvukohast. Lisaks võib erinevuse põhjuseks olla ka veetaseme kõrgus, kuna selgus, et hõreda turbasambla puhul olid nii kapiitulumise veesisaldus kui ka üldine veetase madalam kui teravalehise ja lillaka turbasambla puhul (Gerdol 1995).

Katseliselt on leitud, et neil aastatel kui aastane sademete hulk on kõrgem, on ka turbasammalde pikkuskasv suurem (Bengtsson *et al.* 2016). Ühes varasemas katses älveliikidega selgus, et märjemates kasvukohtades, nagu älved, kasvavad liigid on niiskemal aastal suurema produktiivsusega võrreldes mätastel kasvavate liikidega (Gerdol 1995). Bu *et*

al. (2013) selgitasid, et põud vähendab nii turbasammalde pikkuskasvu kui ka biomassi akumulereerimist ja oksakimpude kasvu. Uurides kolme turbasamblaliiki (nõgusalehine turbasammal *Sphagnum palustre*, teravalehine turbasammal *S. capillifolium* ning hõre turbasammal *S. fallax*) selgus, et kõikidel uuritud liikidel kuivades tingimustes kasv vähenes kuni 50%, kuna võsu, mis kasvas ümbritsevatest võsudest pikemaks, oli rohkem avatud aurumisele ning seeläbi ka läbikuivamisele (Bu *et al.* 2013). Lisaks selgus katses ka, et mätta liigid kasutasid põuaga kohanemiseks lehe hüaliinraku osakaalu (ingl. *leaf hyaline cell percentage*) suurendamist, kuid älve liigi puhul polnud täheldatud hüaliinraku osakaalu muutust. Selline tulemus näitab, et älves kasvavate liikide puhul, pole hüaliinraku osakaalu muutmine põuaga toimetulekuks sobiv moodus (Bu *et al.* 2013).

### 2.3 Valgus ja temperatuur

Valgus on taimede kasvuks üks olulisemaid tegureid. Valgustingimused sõltuvad suures ulatuses kasvukohast, valgustatusest omakorda sõltub kasvukoha temperatuur. Uurides maailmas kahe kõige tavalisema turbasamblaliigi – pruuni ja lillaka (*Sphagnum fuscum* ja *S. magellanicum*) – näitel turbasammalde kasvu mõjutavaid tegureid selgus, et nende kasvu peamine mõjutaja globaalsel skaalal on vegetatsiooniperioodi jooksul kättesaadav fotosünteesiliselt aktiivne valgus (Loisel *et al.* 2012). Tööst selgus, et ka pikaajalised pilvised perioodid võivad turbasammalde kasvu aeglustada. Samasugusele tulemusele jõuti laborikatsete tulemusel ka juba aastakümneid varem (Clymo 1973). Katseliselt on selgitatud, et varjus kasvades on turbasammalde kasvamiskiirus väiksem kui valguses (Bengtsson *et al.* 2016).

Rootsi teadlased (Bengtsson *et al.* 2016) näitasid oma katsete abil, et valguse mõju kasvule on suuresti ka liigispetsiifiline ning pikkuskasv võib mõnel liigil olla varjus suurem kui avakoosluses. Samasugust tendentsi valguse mõjul biomassi juurdekasvule ei täheldatud ning järeldati, et biomassi juurdekasv ei sõltu valgusest nii palju kui pikkuskasv. Turbasammalde võsude pikkuskasvu mõjutab lisaks valguse kättesaadavusele ning temperatuurile ka valgusperioodi pikkus, mis mõjub kasvule positiivselt (Loisel *et al.* 2012), st pikema päevaaja puhul on turbasammalde kasv suurem. Turbasammalde pikkuskasv väheneb koos vegetatsiooniperioodi pikkuse lühenemisega ja temperatuuride alanemisega pooluste suunas (Gerdol 1995; Loisel *et al.* 2012).

Nii labori- kui ka välikatsete põhjal on selgitatud, et turbasammalde pikkuskasvule avaldab enam mõju temperatuuri kõikumine kui pikaajaliselt kõrge temperatuur (Gerdol 1995). Öine jahedam temperatuur mõjub kasvule liigiti erinevalt (Gerdol 1995), kuid üldiselt madalamad temperatuurid ei soodusta turbasammalde kasvu (Breeuwer *et al.* 2013). Lume sulamise järgsel ajal on turbasammalde kasv pärssitud külmakraadide tõttu ning kasvu alustamiseks on vaja, et temperatuur oleks paar päeva üle 0 °C (Genet *et al.* 2013).

Temperatuuri tõus mõjutab sarnaselt nii pikkuskasvu kui ka biomassi juurdekasvu. Siiski selgub Breeuwer *et al.* (2008) katses, et temperatuuri tõus mõjutab rohkem pikkuskasvu kui biomassi juurdekasvu. Samas katses selgus, et temperatuuri tõustes oli pikkuskasv koguni kaks korda suurem kui biomassi juurdekasv. Temperatuuri mõju kasvule võib olla seotud paremini kättesaadavate toitainete ning mineraalidega, kuna katse tulemused näitasid, et kõrgemate temperatuuride ajal oli ka toitainete sisaldus turbasammalde võsudes kõrgem (Breeuwer *et al.* 2008).

## 2.4 Toitained

Viimastel aastatel on väga oluliseks muutunud lämmastiku (N) ja fosfori (P) mõju hindamine turbasammalde kasvule, kuna N sisaldus atmosfääris on järjepidevalt viimastel aastakümnetel kasvanud. Üldiselt on aja jooksul suurenenud ka lämmastiku ja fosfori sidumine turbasammaldes (Aerts *et al.* 1992, 2001; Gerdol *et al.* 2008; Granath *et al.* 2009, 2012).

Lämmastiku ja fosfori sisalduse järgi on võimalik jagada turbasammalde kasvukohti lämmastikurikasteks ning fosforirikasteks. Lämmastiku- ja fosforirikkaid alasid mõjutavad lämmastiku ja fosfori lisamine erinevalt. Aerts *et al.* (1992) tegid katse, kus lisati erinevate toitainete kontsentratsiooniga aladele lämmastikku ja fosforit hindamaks nende mõju turbasammalde kasvule. Katse viidi läbi aladel, kus domineerivateks liikideks olid lillakas ning balti turbasammal (*Sphagnum magellanicum*, *S. balticum*). Madalama lämmastiku sisaldusega aladele lämmastiku lisamine suurendas pikkuskasvu ning biomassi juurdekasv oli neli korda varasemast suurem, kuid samale alale fosfori lisamine kasvu ei mõjutanud. Sarnast seost täheldati ka madalama fosfori sisaldusega aladel, kus fosfori lisamine suurendas sammalde kasvu ning lämmastiku lisamisel mõju puudus. Lisaks näitasid Aerts *et al.* (1992) mõõtmised, et lämmastikurikastel aladel fosfori lisamisel turbasammalde võsude pikkuskasv suurenes ning biomassi juurdekasv tõusis kolm korda, kuid lämmastiku lisamisel sellist erinevust ei ilmnenud.

Hilisemas uuringus lillaka ja balti turbasamblaga (*Sphagnum magellanicum* ja *S. balticum*) leidsid teadlased (Aerts *et al.* 2001), et lämmastiku suurem sidumine madalama lämmastiku sisaldusega aladel viib parema kasvuni. Granath *et al.* (2009) leidsid aga katses balti turbasamblaga (*Sphagnum balticum*), et lämmastiku lisamine vähendab biomassi juurdekasvu ning pikkuskasvu. Katsed võivad anda erinevaid tulemusi sõltuvalt katseperioodi pikkusest, sest nagu selgus Aerts *et al.* (2001) katses võib lühiajaline toitainete lisamine soodustada juurdekasvu paremini kui pikaajaline toitainete lisamine. 2012 aastal publitseeriti (Granath *et al.* 2012) tulemused katsest kolme turbasamblaliigiga – hõre, pruun ning balti turbasammal (*Sphagnum fallax*, *S. fuscum*, *S. balticum*) –, kus selgitati, et lämmastiku lisamisel hõreda ja pruuni turbasambla (*S. fallax* ja *S. fuscum*) biomassi juurdekasv vähenes, balti turbasambla (*S. balticum*) puhul olulist muutust aga ei täheldatud. Uurijad järeldasid, et lämmastiku mõju turbasammalde kasvule on liigiti erinev (Granath *et al.* 2012).

Niigi külluses olevate lämmastiku ja fosfori lisamisel võsude kasv ei suurene, vaid aine kontsentratsioon kudedes lihtsalt tõuseb (Aerts *et al.* 2001). Kõrgem lämmastiku sisaldus võib viia suurema kasvuni, mis suurendab süsiniku fikseerumist. Samas, veelgi kõrgem lämmastiku sisaldus võib suurendada ka ködunemist (Aerts *et al.* 1992) ning seetõttu langeb taimede süsiniku sidumise efektiivsus (Granath *et al.* 2012). Kui turbasammalde süsiniku sidumine väheneb, satub õhku palju rohkem süsihappegaasi (Aerts *et al.* 1992), mis on tuntud ka kasvuhoonegaasina. Õhus oleva süsihappegaasi suurema kontsentratsiooni tõttu suureneb kasvuhooneefekt, mis toob endaga kaasa õhutemperatuuri tõusu ning aitab kaasa globaalse kliimasoojenemise kiirenemisele.

Lisaks lämmastikule ning fosforile mõjutavad turbasammalde võsude kasvu ka teised toitained. Turbasammalde kasv võib aeglustuda, kui keskkonnas on suur kogus rauda, kuna turbasambla võsud saavad liiga suure raua kontsentratsiooni tõttu rauamürgituse (Aerts *et al.* 1992). Lisaks on täheldatud, et kõrgem SO<sub>x</sub> ladestumine võsudes vähendab nii turbasammalde esinemisesagedust kui ka võsude kasvu (Granath *et al.* 2009).

### 3 Turbasammalde juurdekasvu hindamise meetodid

Turbasammalde juurdekasvu saab hinnata erinevate katsemeetodite abil. Erinevad meetodid on nii pikkuskasvu ning biomassi juurdekasvu jaoks, lisaks juurdekasvule analüüsitakse katsetes sageli ka toitainete sisaldust taimedes, kuna need otseselt mõjutavad taimede kasvu.

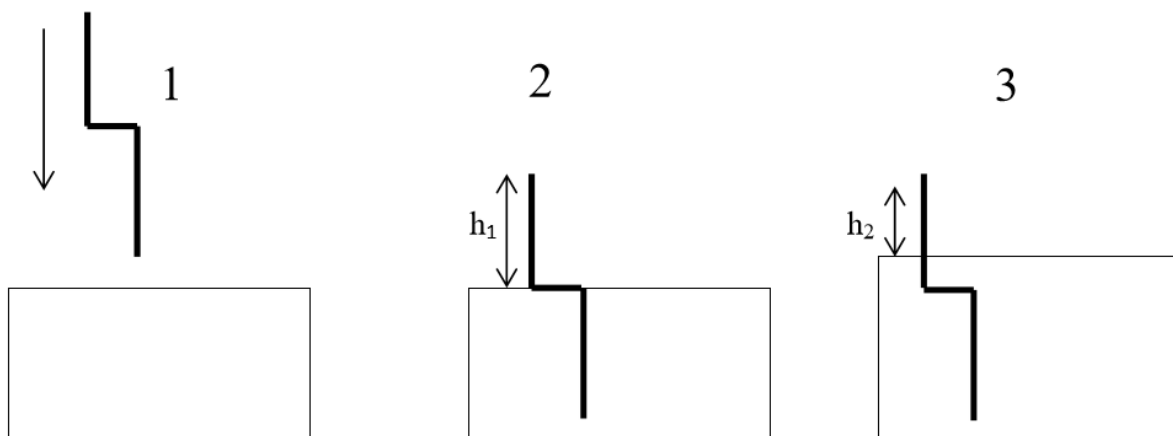
Uurimustööde alustamisel on oluline nii sobivate alade kui ka liikide valik. Näiteks enamus perekond turbasammalde juurdekasvu-uuringud on läbi viidud boreaalsesse kliimavöötmesse kuuluvates riikides. Väga palju uurimistöid on tehtud Rootsi teadlaste poolt sealsetes soodes (näiteks Aerts *et al.* 1992, 2001; Bengtsson *et al.* 2016; Breeuwer *et al.* 2008; Granath *et al.*, 2009, 2012 jt), mõnevõrra vähem on uurimistöid Põhja-Euroopa riikides, Põhja-Ameerikas ning Alaskal (Genet *et al.* 2013; Loisel *et al.* 2012). Lõunapoolsemates riikides viiakse katsed läbi peamiselt mägipiirkondades, kus on turbasammalde kasvuks sobivamad tingimused, näiteks Itaalias Alpide piirkonnas merepinnast kõrgematel aladel (Gerdol 1995; Gerdol *et al.* 2008). Peamisteks uurimisaladeks on erinevat tüüpi sood, kuid kõige enam on katseid läbi viidud rabakooslustes. Liikide valikul lähtutakse piirkonnale iseloomulike ning sagedamini esinevatest liikidest. Viimastel aastatel on suuremat tähelepanu pööratud ka liikidele, mis on lokaalsemas või globaalsemas skaalas haruldased (näiteks Gunnarsson 2005; Ingerpuu & Vellak 2013).

#### 3.1 Pikkuskasvu hindamise meetodid

##### 3.1.1 Kinnitatud traadi meetod

Turbasammalde pikkuskasvu mõõtmiseks on väga levinud võsude külge kinnitatud märgiste kasutamine. Üheks enim kasutatud viisiks on kinnitatud traadi meetod (ingl. *cranked wire method*), mida kirjeldas esimest korda Clymo 1970. aastal (Clymo 1970). Sellist meetodit on laialdaselt kasutanud Aerts *et al.* 1992; Breeuwer *et al.* 2008; Genet *et al.* 2013; Gerdol 1995; Gunnarsson 2005; Loisel *et al.* 2012. Kinnitatud traadi meetod on lihtne ning kasutatakse üleilmselt erinevates tingimustes. Selle meetodi puhul kasutatakse eriliselt painutatud roostevabast terasest traati (Clymo 1970), kuid kasutatud on ka plastmassist pisikest varrast (Breeuwer *et al.* 2008). Traat, millega pikkust mõõdetakse koosneb kolmest osast: 1) umbes 10 cm vertikaalne osa, 2) umbes 1 cm horisontaalne osa ja 3) vabalt valitud pikkusega vertikaalne osa. Traadi esimene osa sisestatakse turbasambla vaipa paralleelselt turbasammalde kasvuga (Clymo 1970) (joonis 2). Veendumaks, et traat ei hakka

kasvamisperioodil liikuma, võib traadid omavahel kinnitada plastmassist harjastega nagu tehti Breeuwer *et al.* (2008) katses. Traadi horisontaalne osa peab jääma kapiitulumiga samale tasemele (joonis 2). Traadi kolmas, vabalt valitud pikkusega vertikaalne osa, jääb vabalt õhku. Turbasamblad hakkavad kasvama ümber traadi vaba vertikaalse osa ning sellejärgi saab hinnata juurdekasvu määra. Kuna traadi kolmanda osa pikkus on teada, saab mõõta, millises ulatuses traat on turbasambla vaba ning välja arvutada turbasammalde juurdekasvu (Clymo 1970) (joonis 2).

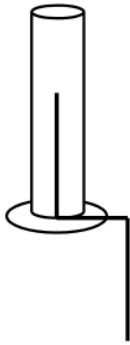


Joonis 2. Kinnitatud traadi meetodi puhul kasutatakse eriliselt painutatud traati, mis sisestatakse turbasamblakihti (1). Oluline on jälgida, et traadi horisontaalne osa jääks turbasammalde kapiitulumidega samale tasapinnale (2). Turbasamblad kasvavad kihist välja jääva traadi osa ümber edasi ning hiljem mõõdetakse traadi vaba osa pikkus ( $h_2$ ). Turbasammalde pikkuskasv saadakse kui algsest vabast traadi osast ( $h_1$ ) lahutatakse katse lõpus oleva traadi vaba osa ( $h_2$ ). Joonis on koostatud vastavalt Clymo 1970 kirjeldusele.

Bengtsson *et al.* (2016) kasutasid oma katses kinnitatud traadi meetodi juures pudeliharjasid meenutavaid traate. Katse käigus toimus harjade kinnitamine turbasambla vaipa kitsa toru abil: harjake pandi kitsasse torusse ning torgati turbasammaldesse, seejärel tõmmati toru vaibast välja ning harjake jäi püsima. Selle viisi juures häiritakse taimi võimalikult vähe.

Kinnitatud traadi meetod on turbasammalde juurdekasvu hindamiseks lihtne, kuna on kergesti teostatav. Lisaks saab kinnitatud traadi meetodi puhul mõõta juba väikest juurdekasvu (Clymo 1970). Siiski on kinnitatud traadi meetodiga raske mõõta üleni vees kasvavate turbasammalde pikkust, kuna nad liiguvad kasvamisperioodil väga palju ning mõõtmistulemused ei ole tõesed. Vea vähendamiseks on välja töötatud meetod, kus läbipaistva klaasist toru ühte otsa pannakse augustatud plaat ning toru paigaldatakse kinnise otsaga pool ees traadi vaba

vertikaalse osa otsa (joonis 3). Teiseks puuduseks võib pidada seda, et tihti on turbasambla vaipadesse mõõtmiseks paigaldatud traate raske märgata ning nii võivad need olla ohuks loomadele. Selle vea parandamiseks on võimalik keerata vaba ots kahe korra, nii et ei jääks püsti teravat traati ning lisaks on traadi otsa paigaldatud värviline plastikust lipuke (Clymo 1970).



**Joonis 3.** Katse ajal turbasammalde liikumise vähendamiseks on traadi vaba vertikaalse osa otsa paigaldatud augustatud plaat ning seejärel silinder. Joonis on koostatud vastavalt Clymo 1970 kirjeldusele.

### 3.1.2 Lõikamise meetod

Teine pikkuskasvu mõõtmise mooduseks on lõikamise meetod, mida rakendatakse peamiselt laborikatsete korral. Selle meetodi puhul on uuritava turbasambla võsud lõigatud kindla pikkusega juppideks, neid kasvatatakse teatud ajaperioodi jooksul kontrollitud laboritingimustes ning katse lõpus mõõdetakse võsude pikkused uuesti üle. Lahutades lõpptulemusest algse võsu pikkuse on võimalik leida võsude juurdekasvu suurus. Granath *et al.* (2009) katses kasutati südamikena kogutud ja 40 mm pikkuseks lõigatud turbasamblaliike. Granath *et al.* (2012) töös lõigati hõreda, balti ja pruuni turbasambla (*Sphagnum fallax*, *S. balticum* ja *S. fuscum*) võsud 30 mm pikkuseks. Bu *et al.* (2013) töös lõigati katses kasutatud turbasammalde võsud 90 mm pikkuseks. Seega võib järeldada, et pole kindlat pikkust, milleni peab olema võsu lõigatud ning katse läbiviijal on võimalik ise sobiv pikkus valida. Lisaks pikkuskasvu uurimisele, kasutatakse lõikamise meetodit ka kuiva massi arvutamise puhul (Clymo 1970).

Võsude pikkuskasvu hindamise meetodi puhul on võimalik manipuleerida erinevate keskkonnatingimustega, näiteks nagu valgus, temperatuur ja ka veetase ning välistada välikatsete puhul toimivaid kontrollimatuid tingimusi (näiteks valgustingimuste kõikumine, pilvise ja päikeselise ilma korral). Eesti teadlased (Ingerpuu & Vellak 2013) kasutasid lõikamise meetodit uurides naabrite rolli turbasammalde kasvule. Katses kasutati kolme liiki –

Wulfi, lillakas, allikasoo–turbasammal (*Sphagnum wulfianum*, *S. magellanicum*, *S. teres*) –, neist esimene oli Eestis kaitse all olev liik ning eesmärgiks oli selgitada tema harulduse põhjuseid. Katses kasutati 1,5 cm pikkuseid võsude tipuosi, mida kasvatati ühe kuu jooksul laboris turbasammaldele sobivas toitainete lahuses. Katse lõpus mõõdeti uuesti turbasammalde võsude pikkused ning arvutati välja juurdekasv. Lisaks pikkuskasvule mõõdeti katses ka värske taime massi. Kaalumise jaoks kuivatati võsusid filterpaberiga 3 sekundit ning asetati see järel kaalule. Massi arvutamiseks jagati topsis oleva ühe liigi võsude mass võsude kogu arvuga (Ingerpuu & Vellak 2013).

Võsu lühemaks lõikamise meetod on küllaltki lihtne, kuna ei vaja spetsiaalseid vahendeid. Siiski peetakse selle meetodi puuduseks seda, et lõikamise käigus võib võsu vigastada saada ning kasv võib olla seeläbi häiritud ja mõjutada tulemust. Selle meetodi puhul võib raske näha väiksemaid juurdekasve ning mõõtmistulemuste täpsust võivad mõjutada mõõtmisel tehtavad väikesed vead (Clymo & Hayward 1982).

### 3.1.3 Taime siseste märgistuste kasutamine

Pikkuskasvu mõõtmiseks on võimalik kasutada ka taimede võsude sees olevaid märgistusi. Üheks taime siseseks märgiks on  $^{14}\text{CO}_2$ . Seda on oma katses kasutanud Aerts *et al.* (1992) ning ka Gunnarsson (2005) on kirjutanud töös, et see on turbasammalde kasvu hindamisel olnud kasutatud meetod. Aerts *et al.* (1992) töös märgistati turbasammal  $^{14}\text{CO}_2$ -ga esimesel väetamisel. Selleks, et märgistada turbasammal  $^{14}\text{CO}_2$ -ga asetati Aerts *et al.* (1992) katses lahtised  $^{14}\text{C}$ - bikarbonaadi lahusega täidetud küvetid kolmeks tunniks turbasammalde juurde. Katse lõpus tulemuste mõõtmiseks kasutati autoradiograafia meetodit ning tulemus saadi röntgenpildi abil. Samasugust meetodit kasutati ka Aerts *et al.* hilisemas töös 2001. aastal.

Clymo (1970) kirjutab oma töös, et lisaks  $^{14}\text{CO}_2$  meetodile on võimalik võsu siseselt kasutada ka sammalde kasvu tsüklilisi kõikumisi, kuid uuritud artiklites pole sellist turbasammalde kasvu määramise meetodit kirjeldatud. Pouliot *et al.* (2010) töös on välja toodud, et kasvu hooajalisi märgistusi saab hästi kasutada piirkondades, kus kasv on hooajaline (näiteks Arktikas).

Taimesiseste märgiste kasutamise viis on lihtne ja kiire (Pouliot *et al.* 2010). Lisaks on meetodi poolt tekkivad keskkonna mõjutused väga väikesed (Pouliot *et al.* 2010; Clymo 1970). Taimesiseste märgiste kasutamise meetodit on võimalik kasutada pikema ajalise katse puhul või juhul kui taim kasvab väga kiiresti. Võsude kasvu tsüklilise kõikumise meetodi

puuduseks on, et alati pole võimalik kindlat piiri uue tsükli alguse puhul määrata ning tihti tuleb see võtta subjektiivse elemendi järgi (Clymo 1970).

### **3.2 Biomassi juurdekasvu hindamise meetodid**

Biomassi juurdekasvu võib mõõta milligrammides (mg) ning grammides (g). Biomassi juurdekasvu arvutamiseks on mitmeid erinevaid meetodeid. Granath *et al.* (2012) töös arutati turbasambla võsu üldine biomassi juurdekasv varre biomassi, kapiitulumini biomassi ning kapiitulumini biomassi muutuste summeerimise teel. Varre biomassi arvutamiseks lahutati katse lõpus mõõdetud varre massist esialgne varre mass. Esialgse varre massi jaoks kaaluti katse alguses kakskümmend võsu. Ühe võsu kapiitulumini biomassi muutus arutati järkjärguliselt. Kõige pealt loendati katses olnud turbasammalde kapiitulumide hulk, siis korrutati katse-eelsele alale jäävate kapiitulumite arv ja katse-eelne võsude mass iga liigi kohta ning saadi katse-eelse kapiitulumide mass. Ühe kapiitulumini keskmise massi saamiseks lahutati katse-eelse kapiitulumini mass katse lõpus samal teel arvatud mass. Kapiitulumini kogu produktsioon arvatati kapiitulumini biomassi muutuse ja uute tekkinud võsude summana.

Samade teadlaste varasemas töös Granath *et al.* (2009) toimus biomassi arvutamine teistsugusel meetodil: selleks korrutati võsude tihedus ning pikkuse juurdekasv ning tulemus saadi grammides ruutmeetri kohta. Sarnaselt Granath *et al.* (2009) katses biomassi hindamisele, arvutasid oma töös Aerts *et al.* (1992) õhusaaste suurenemise mõju analüüsimisel turbasammalde kasvule biomassi juurdekasvu korrutades võsu kuiva massi juurde tekkimise hulga taimede tihedusega pindalaühikul. Aerts *et al.* (2011) katses korrutati biomassi saamiseks omavahel pikkuse juurdekasv, pikkusühikule vastav mass ning taimede tihedus. Bengtsson *et al.* (2016) kasutasid biomassi juurdekasvu arvutamiseks pikkusühikule vastavat varrelõigu massi ning uuritava alal olevate võsude arvu korrutist.

Gunnarsson (2005) tegi oma töös kokkuvõtte biomassi juurdekasvu hindamise meetoditest ning lisaks eelpool mainitutele oli kasutatud ka võrgu meetodit. Selle meetodi puhul asetati katse alguses turbasamblakihi pinnale võrk ning katse lõpus arvatati võrgust välja kasvanud võsude biomass, mida kasutati üldise biomassi juurdekasvu hinnangu andmiseks.

Eelpool mainitud viisidest on kõige lihtsam biomassi juurdekasvu arvutada korrutades võsude tihedust ning pikkusekasvu. Mõne meetodi puhul oli arvutamist liiga palju, mis võib suurendada vea teket.

### 3.3 Toitainete mõju uurimise meetodid

Lämmastik ning fosfor on turbasammalde kasvuks väga olulised ning mitmetes töodes oli uuritud nende mõju turbasammalde juurdekasvule (Aerts *et al.* 1992, 2001; Gerdol *et al.* 2008; Granath *et al.* 2009, 2012). Kui lämmastik ja fosfor on põhilised taimede kasvukiirust mõjutavad tegurid, siis näiteks Granath *et al.* (2009) katses uuriti ka väävlilise mõju. Väävel on tähtis, kuna soodustab teiste toitainete omastamist. Lämmastiku ning fosfori mõju uurimise käigus läbi viidud katsete pikkused olid erinevad ning katsete käigus selgus, et ka katse pikkus võib mõjutada turbasammalde kasvu. Katse pikkus varieerus kolmest kuni kuue kuuni (Aerts *et al.* 1992, 2001; Gerdol *et al.* 2008; Granath *et al.* 2012).

Kõikide loetletud katsete käigus väetati turbasammalde alasid lämmastiku ning fosforiga. Lämmastiku lisamiseks kasutati enamasti  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  ning fosfori lisamiseks kasutati  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  (Aerts *et al.* 1992, 2001; Gerdol *et al.* 2008; Granath *et al.* 2009, 2012). Lämmastikku ning fosforit lisati erineva kontsentratsiooni ning tihedusega. Näiteks Gerdol *et al.* (2008) katses lisati väetist kasvamisperioodil ühe korra ning lämmastiku ning fosfori kontsentratsioon jäi lisamise ajal samaks. Granath *et al.* (2012) katses aga kasutati kaheksat erinevat lämmastiku kontsentratsiooni ning väetist lisati üks kuni kaks korda nädalas. Aerts *et al.* (2001) katsetes lisati esimesel aastal väetist sõltuvalt katse kohast kas kaheksa või neli korda ning katse ülejäänud kolmel kasvamisperioodil lisati neli või kaks korda, ka nende varasemas töös (1992) lisati väetist vastavalt katsekohale kaheksa või neli korda.

Katsete lõpus koguti katsealadelt näidiseid ning mõõdeti lämmastiku ning fosfori sisaldust peamiselt erinevate elementanalüüsiaparatuuride. Masinatega mõõtmine on kiire ning annab väga täpsed tulemused, mis tõttu on mõõtmisviga väike ning tulemused usaldusväärsed. Mõõdetud kontsentratsioonid erinesid sõltuvalt katsetest. Näiteks Granath *et al.* (2012) töös uuriti lämmastiku lisamise mõju kapiitulumilise lämmastiku sisaldusele. Mõõtes lämmastiku sisaldust analüüsiaparatuuriga Balti turbasamblas (*Sphagnum balticum*), saadi tulemuseks keskmiselt  $9,4 \text{ mg g}^{-1}$  ning katse lõpus kui oli juba lisatud  $5,6 \text{ g N m}^{-2}$  oli lämmastiku sisaldus keskmiselt  $9,7 \text{ mg g}^{-1}$ . Granath *et al.* (2012) mõõdeti samuti katse lõpus Balti turbasambla (*Sphagnum balticum*) kapiitulumilise sisalduva lämmastiku kontsentratsiooni ning saadi tulemuseks  $17,1 \text{ mg g}^{-1}$ , kuid selles katses oli ka algne lämmastiku sisaldus kapiitulumilise suurem.

### 3.4 Temperatuuri ja valguse mõju hindamise meetodid

Temperatuuriga soetud katseid on turbasammaldega lihtsam läbi viia laboris, kuid siiski on mõned katsed läbi viidud ka välitingimustes. Granath *et al.* (2009) katsetes tõsteti välitingimustes temperatuuri kilede abil. Selleks kaeti katseala kilega, mille tulemusel hakkas kile all olev temperatuur tõusma. Katse kestis üks aasta, kusjuures kilega katmine toimus lumevabal vegetatsiooniperioodil. Katse käigus saavutati matmise tulemusel keskmine temperatuuritõus 3,6 °C. Breeuwer *et al.* (2008) katsed viidi läbi kasvahoones, kus on lihtsam temperatuuri kontrollida. Töö eesmärgiks oli hinnata erinevate liikide konkurentsivõimet erinevatel temperatuuridel imiteerimaks kliimamuutusi. Nende katses oli kasutusel neli erinevat taset, mis erinesid üksteises nelja kraadi võrra. Katse tulemusel selgus, et liikide toitainete sisaldus on kõrgematel temperatuuridel kõrgem, kuid konkurentsivõime käitusid liigid erinevates katsetingimustes erinevalt.

Valgusega seotud katseid on võimalik edukalt läbi viia nii laboris kui ka välitingimustes. Turbasammalde kasvu mõjutab väga oluliselt valguse kättesaadavus. Clymo & Hayward (1982) tegid laboris katse, kus jälgiti kättesaadava valguse ning vee mõju turbasammalde võsude kasvule. Varju tekitamiseks kaeti turbasamblad kas ühe, kahe, kolme või nelja kihi musta polüestrist valmistatud marliga. Katmismaterjali valguse neeldumise hulka mõõdeti spektrofotomeetriga. Sarnast katset oleks võimalik läbi viia ka välitingimustes. Lisaks mõjutab turbasammalde kasvu ka kasvuperioodi pikkus. Genet *et al.* (2013) uurisid oma töös, kuidas varajane lume sulamine ning selle tagajärjel kasvuperioodi pikenemine mõjutavad turbasammalde kasvu arktilistes tingimustes Alaskal. Katses kasutati peamiselt alasid, kus domineerisid kitsalehine turbasammal (*Sphagnum angustifolium*) ja Girgensohni turbasammal (*S. girgensohnii*). Kasvuperioodi kestvuse pikendamiseks eemaldati katsekohtadest kaks kuni kolm nädalat enne lumesulamist ettevaatlikult lumi ning jää. Tulemused näitasid, et lume eemaldamine võimaldas turbasammaldel hakata varem kasvama (Genet *et al.* 2013).

## Kokkuvõte

Töö eesmärgiks oli anda ülevaade turbasammalde kasvu mõjutavatest teguritest ning erinevatest uurimismeetoditest, millega on võimalik hinnata turbasammalde pikkuskasvu ning biomassi suurenemist.

Turbasammalde kasvu mõjutab kasvukoht, kuna kasvukohast sõltuvad niiskustingimused ning ka valguse kättesaadavus. Turbasamblad kasvavad liigniisketes kasvukohtades ning vee kättesaadavus on turbasammalde kasvule väga oluline. Taimede pikkuskasv ning biomassi suurenemine on liigiti erinev. Turbasammalde perekonnas leidub liike, mis võivad kasvada nii varjus kui ka avakooslustes. Turbasammalde kasvu mõjutab kasvuperioodi jooksul kättesaadav fotosünteetiliselt aktiivne valgus. Valgustatusest sõltub omakorda kasvukoha temperatuur. Katsetes turbasammaldega on selgunud, et kõrgema temperatuuri juures on pikkuskasv suurem kui biomassi juurdekasv. Leitud on ka seoseid, et kõrgema temperatuuri juures on toitainete omastamine lihtsam. Toitainete pisut kõrgem kontsentratsioon turbasammalde võsudes mõjub kasvule positiivselt, kuid liiga kõrge kontsentratsioon võib mõjuda negatiivselt.

Turbasammalde võsude pikkuskasvu mõõtmiseks on mitmeid viise, kuid üks kõige enam kasutamist leidnud meetod on kinnitatud traadi meetod, kuna seda on lihtsasti rakendatav, kasutatav nii ava- kui ka metsakooslustes kasvavate liikide puhul ning ei kahjusta elusaid taimi. Lisaks on pikkuskasvu hindamiseks kasutatud ka võsude kindlaks pikkuseks lõikamist ning taimesiseseid märgiseid. Taimesiseste märgistena saab kasutada  $^{14}\text{CO}_2$  ning kasvu tsüklilisi kõikumisi, kuid nende meetodite puhul võib olla raske fikseerida kasvu mõõtmise alghetke. Ka muutus turbasammalde biomassis on üks sagedasem parameeter, mida hinnatakse keskkonnatingimuste mõju hindamiseks. Biomassi arvutamiseks on mitmeid erinevaid mooduseid, kuid kõige enam kasutatav on taimede tiheduse pikkuskasvu korrutis. Kasvukoha toitainete sisalduse mõju hindamiseks on viidud läbi väetamiskatseid, kus lisatakse näiteks erinevates vahekordades taimede kasvuks olulisi elemente, nagu lämmastik ning fosfor. Lämmastiku ning fosfori kontsentratsiooni mõõtmiseks kasutatakse elementanalüüsiaparaate, mis näitavad toitainete sisaldust väga täpselt. Kirjanduse põhjal selgus, et katseid turbasammaldega viiakse edukalt läbi nii laboris kui ka välitingimustes.

## Summary

The aim of this bachelor's thesis was to give an overview of the factors that influence the growth of peat mosses, and elucidate methods that have been used to assess biomass and length increase of peat mosses.

Plant shoot length increase and biomass production vary among different *Sphagnum* species. The habitat conditions are most important for the growth of different species, among them the moisture conditions and light availability are mainly habitat-specific. Peat mosses grow in wet habitats and water availability is very important for their growth. Among the genus *Sphagnum* are species that prefer to grow in shadow and those that prefer more illuminated conditions, yet several species are not demanding on light and can grow in as open as well in forest communities. As for all plants, also the growth of *Sphagnum* mosses is influenced by the availability of photosynthetically active light during the vegetation period. The light conditions, in turn, determine the habitat temperature. Several studies analysing biology of *Sphagnum* mosses have shown that at higher temperatures, *Sphagnum* species contribute more to the length increase than to the biomass production. It has also been suggested that some *Sphagnum* species assimilate nutrients more easily at higher temperatures and are more resistant therefore for climate warming. A slightly higher concentration of nutrients in shoots of a *Sphagnum* mosses influences their growth positively, whereas too high a concentration could impact it negatively.

One of the most commonly used methods to measure the length increase is the cranked wire method. This method is easy to use –can be used in open as well as forest habitats, and does not harm living plants. Cutting shoots at fixed lengths and plant-internal markers have been used also widely. This method can be applied only in laboratory conditions, because the shoot cutting stops the terminal growth in field. Also using different growth markers, as  $^{14}\text{CO}_2$  have been used, but it is difficult to fix the starting point of the growth measurement.

Among variety of methods for calculating biomass production, the most common it is to multiply bulk density by length increase. To assess the impact of the nutrient contents in the habitat, fertilization experiments have been performed in which different concentrations of nutrients such as nitrogen and phosphorus were added. Elemental analysers are used to measure the precise concentrations of nitrogen and phosphorus.

## **Tänuavaldused**

Sooviksin südames tänada oma juhendajat Kai Vellakut targa nõu, toetuse ja abi eest bakalaureusetöö valmimisel.

## Kasutatud kirjandus

Abramov, I.I. & Volkova, L.A. (1998) Handbook of mosses of Karelia. *Arctoa* **7**: 1-390

Aerts, R., Wallen, B. & Malmer, N. (1992) Growth-limiting nutrients in *Sphagnum*-dominated bogs subject to low and high atmospheric nitrogen supply. *Journal of Ecology* **80**, 131-140.

Aerts, R., Wallén, B., Malmer, N. & De Caluwe, H. (2001) Nutritional constraints on *Sphagnum*-growth and potential decay in northern peatlands. *Journal of Ecology* **89**, 292-299.

Andrus, R.E. 1986. Some aspects of *Sphagnum* ecology. *Canadian Journal of Botany* **64**, 416-426.

Bengtsson, F., Granath, G. & Rydin, H. (2016) Photosynthesis, growth, and decay traits in *Sphagnum*—a multispecies comparison. *Ecology and evolution* **6**, 3325-3341.

Breeuwer, A., Heijmans, M.M., Robroek, B.J. & Berendse, F. (2008) The effect of temperature on growth and competition between *Sphagnum* species. *Oecologia* **156**, 155-167.

Bu, Z.J., Zheng, X.X., Rydin, H., Moore, T. & Ma, J. (2013) Facilitation vs. competition: Does interspecific interaction affect drought responses in *Sphagnum*? *Basic and applied ecology* **14**, 574-584.

Clymo, R.S. (1970) The growth of *Sphagnum*: methods of measurement. *The Journal of Ecology* **58**, 13-49.

Clymo, R.S. (1973) The growth of *Sphagnum*: some effects of environment. *The Journal of Ecology* **61**, 849-869.

Clymo, R.S. & Hayward, P.M. (1982) The ecology of *Sphagnum*. *Bryophyte ecology* (ed. A.J.E.Smith). pp. 229-289. Chapman and Hall, London.

Daniels, R.E. & Eddy, A. (1990). *Handbook of European sphagna*. Institute of Terrestrial Ecology, Natural Environment Research Council, HMSO, London.

Eesti Entsüklopeedia. Eesti soontaimkond.

[http://entsyklopeedia.ee/artikkel/eesti\\_soontaimkond](http://entsyklopeedia.ee/artikkel/eesti_soontaimkond) (Last accessed 19.05.2017)

- Eesti Punane Raamat. (2008) Eesti Teaduste Akadeemia Looduskaitse Komisjon. <http://elurikkus.ut.ee/prmt.php> (Last accessed 23.05.2017)
- Eesti sood. Siirdesood. <http://www.soo.ee/siirdesood> (Last accessed 19.05.2017)
- Elektrooniline Riigi Teataja. III kaitsekategooria liikide kaitse alla võtmine. <https://www.riigiteataja.ee/akt/13360720?leiaKehtiv> (Last accessed 15.05.2017)
- Fritz, C. (2012) *Limits of Sphagnum bog growth in the New World: biogeochemistry and ecohydrology of peatlands in South America and New Zealand*. Ipskamp Drukkers, Enschede.
- Genet, H., Oberbauer, S.F., Colby, S.J., Staudhammer, C.L. & Starr, G. (2013) Growth responses of *Sphagnum* hollows to a growing season lengthening manipulation in Alaskan Arctic tundra. *Polar Biology* **36**, 41-50.
- Gerdol, R. (1995) The growth dynamics of *Sphagnum* based on field measurements in a temperate bog and on laboratory cultures. *Journal of Ecology* **83**, 431-437.
- Gerdol, R., Bragazza, L. & Brancaleoni, L. (2008) Heatwave 2003: high summer temperature, rather than experimental fertilization, affects vegetation and CO<sub>2</sub> exchange in an alpine bog. *New Phytologist* **179**, 142-154.
- Gerdol, R., Siffi, C. & Bombonato, L. (2010) Aboveground production and nutrient status of the vegetation of different mire types in the South-eastern Alps (Italy). *Botanica Helvetica* **120**, 85-93.
- Gignac, L.D. & Vitt, D.H. (1994) Responses of northern peatlands to climate change: effects on bryophytes. *Hattori Shokubutsu Kenkyujo Hokoku* **75**, 119-132.
- Goffinet, B., Buck, W.R. & Shaw, A.J. (2008) Morphology and classification of the Bryophyta. <http://bryology.uconn.edu/classification/> (last accessed 16.05.2017)
- Granath, G., Wiedermann, M.M. & Strengbom, J. (2009) Physiological responses to nitrogen and sulphur addition and raised temperature in *Sphagnum balticum*. *Oecologia*, **161**, 481-490.
- Granath, G., Strengbom, J. & Rydin, H. (2012) Direct physiological effects of nitrogen on *Sphagnum*: a greenhouse experiment. *Functional Ecology* **26**, 353-364.
- Gunnarsson, U. (2005) Global patterns of *Sphagnum* productivity. *Journal of Bryology* **27**, 269-279.

- Hodgetts, N.G. (2015) Checklist and Country Status of European Bryophytes: Towards a New Red List for Europe. National Parks and Wildlife Service.
- Ilomets, M. (2003) Mille arvel kaevandame turvast? *Eesti Loodus* **2/3**, 20–24.
- Ilomets, M., Kimmel, K., Stén, C.G. & Korhonen, R. (2007). *Sood Eesti ja Lõuna-Soomes*. MTÜ GEOGuide Baltoscandia, Tallinn.
- Ingerpuu, N. & Vellak, K. (2013) Growth depends on neighbours: experiments with three *Sphagnum* L. species, *Journal of Bryology* **35**, 27-32.
- Johnson, M.G., Granath, G., Tahvanainen, T., Pouliot, R., Stenøien, H.K., Rochefort, L., Rydin, H. & Shaw, A.J. (2015) Evolution of niche preference in *Sphagnum* peat mosses. *Evolution* **69**, 90-103.
- Kink, H. (2007) Sood kaitsevad vett. *Eesti Loodus* **6**,  
[http://www.eestiloodus.ee/artikkel1941\\_1938.html](http://www.eestiloodus.ee/artikkel1941_1938.html) (last accessed 16.05.2017)
- Laasimer, L., Talts, S. & Varep, E. (1954) *Eesti NSV turbasamblad*. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn
- Laine, J., Harju, P., Timonen, T., Laine, A., Tuittila, E.S., Minkkinen, K. & Vasander, H. (2009) *The Intricate Beauty of Sphagnum mosses-a Finnish Guide to Identification*. University of Helsinki, Department of Forest Ecology. Helsinki, Finland.
- Lange, B. (1973) The *Sphagnum* flora of hot springs in Iceland. *Lindbergia* **2**, 81-93.
- Loisel, J., Gallego-Sala, A.V. & Yu, Z. (2012) Global-scale pattern of peatland *Sphagnum* growth driven by photosynthetically active radiation and growing season length. *Biogeosciences* **9**, 2737-2746.
- Michaelis, D. (2011) *Die Sphagnum-Arten der Welt*. Schweizerbart, Stuttgart.
- Paal, J. (1997) *Eesti taimkatte kasvukohatüüpide klassifikatsioon*. pp 297, Keskkonnaministeeriumi Info-ja Tehnokeskus, Tallinn.
- Robroek, B.J., Limpens, J., Breeuwer, A., van Ruijven, J. & Schouten, M.G. (2007) Precipitation determines the persistence of hollow *Sphagnum* species on hummocks. *Wetlands* **27**, 979-986.

Rydin, H. & Jeglum, J. (2006) *The Biology of Peatlands*. Oxford University Press, New York.

Valk, U. (2005) *Eesti rabad*. Ökoloogilis-metsanduslik uurimus, Tartu.

Vellak, K., Ingerpuu, N. & Karofeld, E. (2013) *Eesti turbasamblad*. Tartu Ülikool Kirjastus, Tartu.

Weston, D.J., Timm, C.M., Walker, A.P., Gu, L., Muchero, W., Schmutz, J., Shaw, A.J., Tuskan, G.A., Warren, J.M. & Wullschleger, S.D. (2015) *Sphagnum* physiology in the context of changing climate: emergent influences of genomics, modelling and host–microbiome interactions on understanding ecosystem function. *Plant, cell & environment* **38**, 1737-1751.

Wieder, R.K. & Vitt, D.H. (2006) *Boreal peatland ecosystems*. Springer–Verlag, Heidelberg.

## Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Elina Karro,

1. Annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Perekond turbasammal kasvu mõjutavad tegurid ning nende uurimismeetodid“, mille juhendaja on Kai Vellak,
  - 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, 23.05.2017