

**Eksperthinnang erinevate puuliikide kasvatamiseks
ennistatud veerežiimiga turbaaladel Eesti ja Läti
tingimustes**

Töö tellija: Eestimaa Looduse Fond SA
Koostaja: Katri Ots

Tallinn 2018

SISSEJUHATUS.....	3
Märgalaviljeluseks sobivate puuliikide loetelu ja majanduslik kasutus Eesti tingimustes.....	3
Perekond <i>Salix</i> L. – paju.....	3
Perekond <i>Betula</i> L. – kask.....	6
Arukask – <i>Betula pendula</i> Roth.	6
Sookask – <i>Betula pubescens</i> Ehrh.....	6
Perekond <i>Alnus</i> Mill. – lepp.....	7
Sanglepp (must lepp) - <i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.....	7
Hall (valge) lepp – <i>Alnus incana</i> (L.) Moench.....	8
Perekond <i>Populus</i> L. – pappel.....	9
Harilik haab – <i>Populus tremula</i> L.....	9
Perekond <i>Frangula</i> Mill. - paakspuu.....	10
Harilik paakspuu – <i>Frangula alnus</i> Mill.	10
Perekond <i>Ulmus</i> L. - jalakas.....	10
Künnapuu – <i>Ulmus laevis</i> Pall.	10
Vajalike eeltingimuste (mulla omadused, doonortaimede- või seemnetega varustamine, viljelustehnoloogiad, masinad) analüüsist.....	11
Puistute majandamine turbaaladel.....	16
Kuivõrd säästlik on märgalaviljeluse põhimõtteid arvestades erinevatel turvasmuldadel rajatud metsakuivendus ja kas siin võiks olla alternatiive?.....	17
Ekspert hinnang märgalaviljeluse katseala ettevalmistamiseks Põõravere (Pärnu mk) pilootalal	18
Kasutatud kirjandus.....	20

SISSEJUHATUS

Puude kidura kasvu põhjuseks kuivendamata soodel on niiskuse üleküllus ja sellest põhjustatud õhuvähesus ja taimedele kättesaadavate toitainete nappus mullas (Hainla 1957). Soostumise jätkudes muutub keskkond toitainevaesemaks ning mulla niiskuse- ja aeratsioonitingimused nõudlikumatele taimedele ebasoodsaks, mille tagajärjeks on selliste liikide järkjärguline kadumine (Hainla, 1957). Aastakümneid kuivendati soid metsa kasvutingimuste parandamiseks, millega hävitati märgaladele omane veerežiim ja taimestik ning soositi kasvuhoonegaaside emissiooni tõusu. Rikutud turbaalade taastamise üheks võimaluseks on juurutada sellistel aladel märgalaviljelust, mille üheks eelduseks on veetaseme tõstmine maapinna lähedale sulgedes kuivendussüsteeme, et vältida turbaalade edasist degradeerumist ja säilitada turbas seotud süsinikuvaru.

Tulenevalt lähteülesandest koosneb eksperthinnang kolmest osast:

1. märgalaviljeluseks sobivate puuliikide loetelust ja erinevate puuliikide majanduslikust kasutusest Eesti tingimustes, kaasa arvatud üksikasjalikust ülevaatest nende viljelustingimustest degradeerunud/kuivendatud turbaaladel, kus hüdroloogiline veerežiim on taastatud;
2. vajalike eeltingimuste (nt mulla omadused, doonortaimede- või seemnetega varustamine, viljelustehnoloogiad, masinad) analüüsist;
3. suunistest märgalaviljeluse katseala ettevalmistamiseks Pööravere (Pärnu mk) pilootalal.

Järgnevalt tuuakse ülevaade Eestis märgalaviljeluseks sobida võivatest puuliikidest. Aruandes väljatoodud liikide sobivust kõrge veetasemega turbaaladel aitaks välja selgitada pilootkatseala rajamine.

Märgalaviljeluseks sobivate puuliikide loetelu ja majanduslik kasutus Eesti tingimustes

Perekond *Salix* L. – paju

Liigispetsiifika. Mullastiku suhtes ei ole pajud nõudlikud, kasvades igasugustel muldadel, kuid ei talu soostunud seisva põhjaveega alasid (Seemen, Pikk 1996). Enamik pajuliike on külmakindlad. Pajud on enamasti väga kiirekasvulised ja valguslembesed (Laas 1987; Seemen, Pikk 1996). Paljundatakse vegetatiivselt – pistokstest, võrsikutega ning vaiadest; uuenevad kännuvõsudest. Paljud pajuliigid (enamasti madalad põõsad), kasvavad üsna niisketel kasvukohtadel, taluvad väga hästi kevadisi üleujutusi, neil on ühtlasi lisajuurte moodustamise võime. Pajuistandiku rajamisel tuleb arvestada turba keemiliste omadustega; väga happelisel turbamullal ilma eelneva lupjamiseta pistikud surevad, kuna ei moodustu juurekava turbas valitseva Ca-defitsiidi tõttu (Seemen, Pikk 1996). Pistokste juurdumist takistavaks asjaoluks peetakse ka liikuva alumiiniumi kõrget sisaldust turbas. Keressaare jääsoos kasutati enne vitspaju istandiku rajamist turba lupjamist põlevkivituhaga (koguseks 15 t/ha), tagades sedasi pistikute 98% kasvamamineku ja kiire bimassi formeerumise. Mineraalväetiste külvamine

kuivendatud Rae rabale põhjustas rabale mitteomaste taimeliikide invasiooni ning kase ja paju rikkaliku loodusliku uuenemise (Seemen jt. 2000).

Puhatu freesturbaväljalt 2011-2018 kogutud andmete põhjal võib öelda, paju eelistab kasvada aladel, kus on turbas oluliselt rohkem niiskust (peamiselt erinevate töötluste äärealad, mis asuvad isetekkeliste veekogude ääres) ja kõrge Ca-sisaldus (foto 1). Väljaspool puutuha katsealasid esines paju Puhatu jääksoos tagasihoidlikult.

Energiavõsa. Rootsisis on katsetatud mitme tuhande vitspaju (*Salix viminalis*) ja pikalehise paju (*S. dasyclados*) kloonide sobivust erinevates mullastiku- ja ilmastikutingimustes, välja on töötatud masinad pistokste istutamiseks, võsa lõikamiseks ja koristamiseks (Ross jt. 1996). Ühest energiametsaistandusest on võimalik saada kuni kümme lõikust, aastatoodanguks on 12-15 tonni absoluutselt kuiva biomassi hektari kohta.

Kuna paju loetakse Eestis kõige kiirekasvulisemaks puuliigiks (Uri 2000), sobib see liik väga hästi energiavõsa ja looduslike biofiltrite rajamiseks (Heinsoo jt. 2001; 2002), raieküpseks saamisel raiutakse biomass spetsiaalsete võsakombainidega. Eestis rajati esimesed paju energiaistandused 1993-1995 (Koppel 1996; Koppel jt. 1996). Puiustandustes kasvatatavate pajuliikide ja –kloonide külmatundlikus ning haiguskindlus on erinev, seepärast valiti Eestisse rajatud prooviistandustesse kaks kiire kasvuga ja haiguskindlat pajuliiki: vitspaju ja dekoratiivse välimusega pikalehine paju (Heinsoo jt. 2001). Eesti praktika näitab, et istanduses tihedusega 2 taime/m² on soovitatud 4-aastane rotatsiooniperiood liiga pikk, põhjustades suurema kasvukiirusega taimedel suurt suremust. Kolmeaastase vitspaju taimedel mõõdeti aastaseks puidu biomassi produktsiooniks üle 22 tonni kuivmassi hektarilt (Heinsoo jt. 2001). Mida viljakam on kasvukoht, seda kiiremini paju kasvab ning seda suurem on biomassi produktsioon, kuid liigiti ja klooniti on see võrdlemisi erinev (Kattai 2007). Istandus võib raieküpseks saada juba 3-7 aastaga, kui aastane juurdekasv stabiliseerub. Klooniti erineb külmakartlikkus ja resistentsus leheroostele. Iga-aastase väetamisega (hektari kohta: 60-168 kg N, 0-37 kg P ja 0-70 kg K) tõusis oluliselt puidubiomassi produktsioon ja vähenes juurte mass (Heinsoo jt. 2009) ning aktiveerus fotosüntees (Merilo jt. 2006).

Kasutusala. Puitu kasutatakse ehituses, keemiatööstuses tooraineks, tselluloosi tootmiseks, lookade valmistamiseks, vitsu kasutatakse punumiseks (korvid, fašiinid, korvmööbel jne.) (Laas 1987; Seeme, Pikk 1996). Energiapuistutest saadav materjal sobib hästi puiduhakke tootmiseks. Koor sisaldab parkaineid (tanniine) ning seda kasutatakse nahatööstuses. Koort kasutatakse ka nõõri, mattide jms valmistamiseks (Laas 1987). Tänu õite meesisaldusele on pajud olulisel kohal mesinduses, sest õitsevad varakevadel, kui teised meerikkamad taimed pole veel õitsemist alustanud.



Foto 1. Rikkalikult Ca sisaldava puutuha turbasse segamine soodustas paju loodusliku uuenduse tekkimist Puhatu jääksoos (Ida-Viru mk). Paju eelistab Puhatus kasvada niiskemates kohtades ehk katsealade ääres, alade keskel paju uuendus praktiliselt puudub.

Perekond *Betula* L. – kask

Arukask – *Betula pendula* Roth.

Liigispetsiifika. Noorelt on arukask kiirekasvuline, kuid vananedes kasvukiirus väheneb ja 50-60 aastasel kõrguse juurde kasv lakkab peaaegu täielikult (Laas 1987). Juurestik on maapinnalähedane, noores eas raiumisel annavad rikkalikult kännuvõsu, nende andmise võime langeb oluliselt 30-40 aasta vanuselt, sest koore paksenemisel kaotavad uinuvad pungad ühenduse tüvega ja surevad. Kask on tihti pioneerliigiks, seda soodustab rikkalik peaaegu iga-aastane seemnekandvus. Seemned levivad hästi tuulega ja tõusmed taluvad hästi külma.

Sookask – *Betula pubescens* Ehrh.

Liigispetsiifika. Sookask on varjutaluv puuliik, kasvab hapudel soostuvatel muldadel, uueneb hästi vegetatiivselt (kännuvõsudest) ja annab neid ka vanemate puude raiumisel (Laas 1987). Soomes korraldatud katsed näitasid, et peale 21 kasvuaastat oli kaskede biomass ligi 100 t ha⁻¹ ning keskmine aastane puidu biomassi juurde kasv oli 3–4,6 t ha⁻¹ aastas (Hytönen, Aro 2012). Varasemad katsetused näitavad, et sookase osatähtsus on suurem nõrgalt kuivendatud ja kuivendamata turbaaladel (Hainla 1957). Sookase tootlikus on võrdsetes kasvutingimustes arukasest 1,5-2 korda väiksem (Hainla 1965), mistõttu on sookasest saadava tarbepuidu osatähtsus väike. Kuivdestillatsioonil saadakse kasepuidust puidusütt, äädikhapet, metüülpiiritust, tõrva. Kasetohust tehakse tõkatit. Koort kasutatakse parkimisel.

Kasutamine. Kasepuitu kasutatakse vineeri, mööbli ja suuskade valmistamiseks ning poolitööstuses, kasepuidust toodetakse tselluloosi, sütt, äädikhapet, tõrva, atsetooni. Kasetohust saab punuda korve, karpe, ehteid ning valmistada määrideõlisid. Nii arukask kui ka sookask on sobilikud liigid puidu biomassi tootmiseks jäässoos lühikese raieringiga puistutes (Hytönen, Saarsalmi 2009; Hytönen, Aro 2012). Kasemahl on suhkru- ja vitamiinirikas, eksporditakse ka Eestist väljapoole.



Foto 2. Puhatu jäässoos saab sookase looduslik uuendus kasvuhoo sisse peale puutuha turbasse segamist.

Perekond *Alnus* Mill. – lepp

Liigispetsiifika. Eestis looduslikult kasvaval kahel lepaliigil (sanglepp ja hall lepp) on arvestatav ökoloogiline tähtsus, kuid suurema majandusliku väärtusega lepaliigiks on sanglepp (Vares jt. 2004ab). Lepad on kiirekasvulised ja küllaltki lühiealised, elavad tavaliselt 80-100 aastaseks. Raiumisel annavad kannuvõsu. Küllalt nõudlikud mullaniiskuse suhtes, kuid seisvat kõrget põhjavett ei talu. Eelistavad toitainerikast mulda, on suure külmakindlusega ja valguslembesed. Paljundatakse seemnetest, kuid võib paljundada ka pistokstest. Leppade kasuks toitainevaeste muldadega alade metsastamisel räägib nende võime sümbiontide kaasabil siduda õhulämmastikku ja rikastada varise kaudu mulda lämmastikuga (Vares 1999). Lämmastikuisaldus lepalehtedes on tavaliselt 2-3% (see on 2-3 korda kõrgem kui Euroopa teiste heitlehiste puuliikide lehtedes) (Mikola 1958), suur osa mõlema lepa lehtedes olevast lämmastikust jõuab mulda (Uri 1997; Vares 1999). Suurema lämmastikunõudluse ja tasakaalustatud toitumise tagamiseks vajab lepp rohkem toitaineid kui teised puuliigid, samuti on see liik tundlik fosfori ja kaaliumi defitsiidi suhtes mullas (Uri 2000). Fosfori puudus võib pidurdada leppade juurte ja noodulite arengut ning pärssida lämmastiku fikseerimisvõimet. Väetuskatsetes on kõige enam mõjutanud leppade kasvu fosforväetiste lisamine (Hytönen jt. 1995).

Sanglepp (must lepp) - *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.

Liigispetsiifika. Sanglepp on valguslembene ja kiirekasvuline liik, eriti hea kasv on hästi lagunenenud huumusrikkal madalloomullal (Laas 1987). Turbasoodel ei kasva üldse, talub halvasti soostunud muldi, mis on eriti hapnikuvaesed. Märgadel muldadel üleujutatavates kohtades asub sanglepp mikrokõrgendikel, mätastel (Tkatsenko 1958). Moodustab metsi viljakatel, kuid märgadel muldadel. Liigniisketel muldadel kasvab ainult liikuva põhjavee korral (Laas 1987). Uueneb seemneist, samuti kannuvõsudest, mida annab veel 80-90 aastaste puude raiumisel küllalt rikkalikult.

Vaatamata sanglepa kui kiirekasvulise puuliigi positiivsetele omadustele pole tema produktioonipotentsiaal Eestis piisavalt selge (Vares 2000; Vares jt. 2004ab). Samas on sellise teabe olemasolu sanglepikute säästliku majandamise üheks eelduseks. Üks varasem uurimus näitab küll kultiveeritud sanglepikute maapealse osa kõrget produktiivsust (Vares 2001b), kuid vähem on teada märgatavalt suurema tihedusega looduslikul teel tekkinud sanglepikute kohta (Vares 2005). Erinevatele muldadele rajatud sanglepikute produktiooni analüüs näitas, et sanglepp on perspektiivne puuliik põlevkivikarjäärade tasandatud puistangute rekultiveerimisel ja perioodiliselt liigniiskete põllumajandusmaade (heina- ja karjamaad) metsastamisel, kus teiste puuliikide kasv võib olla limiteeritud. Puistu maapealne biomass oli sõltuvalt sanglepikust 80-101 t ha⁻¹ ja biomassi produktioon 11-17 t ha⁻¹ aastas (Vares 2000, 2005).

Sanglepp sobib kultiveerimiseks mitmesugustel kasutusest välja jäänud perioodiliselt liigniisketel aladel, kus teised puuliigid ei suuda enamasti temaga kasvukiiruses konkureerida, võimeline moodustama suure tagavaraga puistuid (Hainla 1968; Vares 2001a). Sanglepa kasvukohtadel esineb peamiselt sookask, mille tootlikkus on märksa väiksem sanglepa tootlikusest (Hainla 1968). Sanglepikuid on Eestis püütud suurema puidumassi saamise eesmärgil kuivendada, kuid erilist efekti ei täheldatud. Suur osa sanglepikutest on vegetatiivselt paljunenud ja kannatab südamemädaniku käes.

Sangleppa esineb kaapuuliigina kuivendatud õhukeseturbalistes soodes (Pikk 1997). Sangleppade raiumisel tekib rikkalikult kannuvõsuid, mis on puuliigi peamine loodusliku

uuenemise viis Eestis (Hainla 1968; Pikk 1997). Ühes puistus võivad koos kasvada nii seemnest kui ka kännuvõsust tekkinud puud, on neis puidu kvaliteet enamasti halb (mädanik, tüvede kõverus, okslikkus jms.) (Hainla 1968). Generatiivselt paljuneb see liik kehvasti. Pidev sanglepikute majandamine võsutekkeliste puistutena vähendab oluliselt puidu kvaliteeti ja puistu tervislikku seisundit tervikuna. Seemnetekkelised puud kannatavad vähem seenhaiguste all, on sihvakamad, vähem okslikud, sageli suuremate dimensioonidega ja väiksema koondega ning puit on paremate omadustega. Sanglepikuid on võimalik kasutada looduslike puhveraladena või veekogude kallaste kindlustajana, mis võib omada ka esteetilist väärtust (Mander jt. 1995).

Kasutamine. Puitu loetakse halli lepa puidust väärtuslikumaks, see on kerge, pehme, habras, hästi töödeldav, toorelt valkjast, kuivanult roosakas, vees väga vastupidav. Puitu kasutatakse vineeriks, mööblitööstuses, nikerdustöödel. Lepahalg on hinnatud ahjupuu. Väga hinnatud on sanglepapuit liha ja kalasuitsutamisel konservitööstuses, sest annab tootele ilusa kuldkollase värvuse ja läike ning hea maitse. Koor sisaldab 6-9% park- ja värvaineid. Puidust saadakse kuivdestillatsioonil sütt, äädikhapet jt.produkte.

Hall (valge) lepp – *Alnus incana* (L.) Moench

Liigispetsiifika. Hall lepp on kiirekasvuline ja külmakindel puuliik ning võrdlemisi varjutaluv, ületab selles osas kaske, haaba ja ka sangleppa (Laas 1987). Kasvab ka soostuvatel muldadel, seisvat vett talub paremini kui sanglepp. Annab rikkalikult juurevõsu, seeme on madalama idanemisprotsendiga kui sanglepal. Talub liigniiskust, kuid tüseda toorhuumuskihiga muldadel kasvab halvasti (Tkatchenko 1958). Suhteliselt vähenõudlik mulla suhtes. Haigustest esineb harva seenhaigusi, leherooste, kuid enamasti ei suuda see leppa tõsiselt kahjustada (Uri 2000). Tal pole ka olulisi kahjureid, isegi põder, metskits ja närilised ei kahjusta seda liiki ohtlikul määral.

Rootsis on seda liiki kasvatatud lühikese raieringiga (6-7 aastat) energiavõsana, kus biomass varutakse hakkena kasutades võsakombaini (Tullus jt. 1998; Uri 2000; Uri jt. 2002, 2010, 2014). Samuti pole tal olulisi kahjureid, isegi põder, metskits ja närilised ei kahjusta teda ohtlikul määral. Harva esineb mõningaid seenhaigusi (näit leherooste), kuid tavaliselt on selle kahjustused tagasihoidlikud. Erinevalt paju energiavõsast saab halli lepa puitu varuda ka sortimentidena, kasutades selleks tavapäraseid tehnoloogiaid (Uri 2000). Hall lepp moodustab omapärase vaheastme paju energiavõsa ning traditsioonilise metsanduse vahel (Keedus 1995). Kaaspuuliikidest esineb kõige rohkem kaske, hall-lepikute juurdekasvu mõjutab positiivselt nende suur täius ja negatiivselt kõrge vanus.

Kaldaäärsed hall-lepikud on olulised puhveralad veekogude kallastel, mis on võimelised siduma ja teisendama suuri toitainete voogusid, vähendades oluliselt lämmastiku ja fosfori väljakannet põllumajanduslikest valglatest (Löhmus jt. 1996).

Kasutamine. Puit on pehme, punakasvalge, suurte säsikiirtega, seda kasutatakse vineeri tootmiseks, mööbli- ja tünnitööstuses, samuti liha ja kala suitsetamisel. Koor sisaldab kuni 10% tanniini ning seda kasutatakse naha parkimiseks ja värvimisel (Laas 1987). Lepp sobib hästi kasvatamiseks energiapuistute oma kiire kasvu tõttu.

Potentsiaalseks liigiks võiks olla ka hübriidlepp (*Alnus incana* × *Alnus glutinosa*), mis on hallist lepast kiirekasvulisem ning puit sarnaneb sanglepa puidule, looduslikult esineb Eestis harva (Tullus jt. 1998; Uri 2000). Kirjanduse põhjal võib oletada hübriidlepa kiiret kasvu ja kõrget biomassi tootlikkust, sobides hästi lühikese raieringiga metsanduse jaoks.

Perekond *Populus* L. – pappel

Harilik haab – *Populus tremula* L.

Liigispetsiifika. Esimestel aastatel kasvab aeglaselt, kuid järgmistel aastatel kasvukiirus suureneb, olles 10-15 aasta vanuselt sageli rohkem kui 1 m aastas, 30-40-aastaselt hakkab juurdekasv juba oluliselt langema ja 50-60-aastaselt jääb võrdlemisi väikeseks. (Laas 1987). Puhatu jääksoos läbiviidud katsed näitavad, et peale toitainerikka puutuha turbasse segamist sai kasvughoo sisse haava looduslik uuendus, mis kasvas esimesel aastal ligi 1 m kõrguseks. Veetase asus maapinnast keskmiselt 30 cm sügavusel, sügisel ja varakevadel oli veetase kõrgemal, jäädes keskmiselt 15 cm sügavusele maapinnast.

Eluiga küündib 80-100 aastani, harvem küündib vanus 150 aastani (Laas 1987). Kännuvõsu annab noores eas, üle 20-40 aasta vanused puud sedab enam ei anna. Seevastu annab see liik rikkalikult juurevõsu, kasvades sageli isegi enne puude raiumist, eriti rikkalikult tekib seda aga pärast raiet. Arvestama peab, et seda liiki kahjustavad sageli seenhaigused (haavataelik jt). Seepärast on tarbepuidu väljatulek väike, eriti vegetatiivselt tekkinud puistutes, olukorda aitaks parandada raieringi lühendamine.

Liik on täiesti külmakindel, olles aga valguslembene liik (Laas 1987). Tõusmed tärkavad kiiresti, kuid kaduvad esimesel aastal aeglaselt (Taimre 1989). Viljakamal mullal on puud parema kasvuga (Laas 1987). Puhatus 2011. aasta kevadel jääkturbasse segatud puutuhk (10-15 t/ha) rikastas turba pealmist kihti niivõrd toitainetega (Ca, P, K, Mg jt), et andis hea stardiomendi haava looduslikule uuendusele, mis kasvas esimesel vegetatsiooniperioodil keskmiselt ligi 1 m.

Kuigi kirjandusandmed ütlevad, et soostunud kasvukohtadel haab tavaliselt ei kasva, surses soostunud pinnasel üsna kiiresti välja (Laas 1987), lubavad Puhatu jääksoost kogutud andmed eeldada, et toitainete külluse tingimustes (puutuha kogusega 10-15 t/ha väetatud alad) on haava looduslik uuendus võimeline kasvama jääksoodes ja taluma isegi ajutisi üleujutusi (ei täheldatud 2017. a sademeterohkest sügisest tingitud üleujutuste negatiivset mõju puude kasvule) (foto 3). Moodustab väga pikki ja rohkelt pindmisi juuri. Haab ilmub kergesti ja sageli suurel hulgal mahajäetud põldudele, tulekahjuasemetele, metsateede rööbastesse ja mujale. Liigniiskuse tingimustes hukkuvad ilmunud tõusmed varsti. Puitu kasutatakse tuletiku- ja tselluloosi- ning paberitööstuses, kastilaudadeks, puunõudeks jne. (Laas 1987). Ehituslaastude valmistamiseks, ehituses. Paberi ja kunstiidi tootmiseks ning utmise toorainena (metüülpiirituse, atsetooni jm saamiseks) (Tkatšenko 1958).

Kasutamine. Puitu kasutatakse kütteks, tuletiku- ja tselluloosi- ning paberitööstuses, kastilaudadeks, katuselaastudeks, puunõudeks.

Potentsiaalseks liigiks võiks olla ka hübriidhaab ehk hariliku ja Ameerika haava ristand (*Populus tremula* × *Populus tremuloides*) ja triploidne haab (*P. tremula* f. *gigas*), mõlemad on harilikust haavast mädanikele vastupidavamad ja kiirekasvulisemad (Vares jt. 2003). Esimene neist sobib oma puidu poolest ideaalselt kõrgekvaliteedilise paberi tootmiseks, olles Soomes ja Rootsis majanduslikult tasuvamaid lehtpuuliike, saavutades raieküpsuse juba 20-25 aastaga. Samas võib see liik olla pikema kasvuperioodi tõttu tundlik kevadiste hiliskülmade ja sügiseste varakülmade suhtes.



Foto 3. 8-aastane haava looduslik uuendus Puhatu jääsoos 2018. aasta kevadel. Parema kasvuga isendid on tänaseks üle 2 m kõrged. Vegetatsiooniperioodil asub veetase keskmiselt 30 cm sügavusel maapinnast.

Perekond *Frangula* Mill. - paakspuu

Harilik paakspuu – *Frangula alnus* Mill.

Liigispetsiifika. Kasvab sageli soode servades alusmetsana, mullastiku suhtes vähenõudlik, kuid eelistab viljakamaid niiskemaid muldi (Laas 1987). Paljuneb seemnetest, juurevõsust, pistokstest.

Kasutamine. Puitu kasutatakse joonistussöe tootmiseks, nikerdustöödeks. Koort ja vilju kasutatakse meditsiinis, näiteks lahtistina. Valmimata viljadest ja koorest saadakse värvi.

Perekond *Ulmus* L. - jalakas

Künnapuu – *Ulmus laevis* Pall.

Liigispetsiifika. Esineb tavaliselt jõgede lammidel, kus kasvab üsna suureks, on külmakindel ja keskmise varjutaluvusega puuliik. Noores eas, kuni 15 aasta vanuseni kiirekasvuline, hiljem kasvukiirus märksa väheneb. Juurestik hästi arenenud: peajuur küll puudub, kuid külgiuured tungivad sügavale ja lähevad kaugele. Annab rikkalikult kännuvõsu. Juurte vigastamisel annab ka juurevõsu. Künnapuu on võrdlemisi nõudlik mullastiku suhtes, kasvades viljakamatel huumusrikastel muldadel. Kannatab vanemas eas jalakasurma all. Paljundatakse seemnetest ja juurevõsust, võrsikutest, pookimisega (Laas 1987).

Kasutamine. Puit on väga väärtuslik: kõva, sitke, väga raskesti lõhestatav, maltspuit kollakasvalge ja lülipuit pruun või tumehall. Väärtusliku puidu tõttu on künnapuu osatähtsus meie metsade koosseisus tunduvalt vähenenud: puitu kasutatakse lookade valmistamiseks, masinaosadeks, mööbliks jne. (Laas 1987).

Vajalike eeltingimuste (mulla omadused, doonortaimede- või seemnetega varustamine, viljelustehnoloogiad, masinad) analüüsist Turbaalade metsastamisel tuleks ennekõike lähtuda:

1. alade veerežiimist (veetaseme kõikumine vegetatsiooniperioodil, vee liikuvus, aeratsioon turbalasundis jms);
2. turba füüsikalise-keemilistest omadustest (jääkturba paksus, turba lagunemisaste, pH, peamiste toitainete (NPK Ca Mg) sisaldus jms);
3. puittaimede liigispetsiifilistest omadustest (optimaalseks kasvuks sobiv mullatüüp, nõudlikkus kasvupinnase pH ja toitainete sisalduse osas jms). (Pikk 2011; Kikamägi jt. 2013).

Enamus Eestis kasvavaid puuliike ei talu püsiva seisva veega kasvukohtasid. Turbaalade metsastamisel on paremaid tulemusi saadud õhukese jääkturbaga aladel (turvast kuni 50 cm) (Pikk 2011). Paksema jääklasundiga (üle 50 cm) aladel jäävad puud kiratsema, hukkudes sageli külmakohrutuse ja/või mulla toitainete vaeguse tõttu. Eksperthinnangu koostaja kogemused näitavad, et puude kasvu puhul pole määravaks mitte niivõrd turbakihi paksus vaid turba keemiline koostis. Alles turbast tehtud keemilistele analüüside tulemustele tuginedes võib öelda, kas ala on võimalik metsastada või tuleb valida mõni muu alternatiiv. Skandinaavias aastakümneid praktiseeritule tuginedes on üheks võimaluseks turbaalade metsastamisel nende alade eelnev töötlemine puutuhaga. Seda tegemata suudavad istutatud puud kasvada 4-5 aastat, seejärel nad hukuvad.

Turba reaktsioon kõigub näiteks kuivendatud sügavaturbalistes siirdesoo-metsades üldiselt sellistes piirides, mis võimaldab neis erinevate puuliikide kasvamist (Kollist 1957). Aladele, kuhu külvati fosforit (P_2O_5 toimeainet ca 100 kg/ha), kasvasid männi- ja kasekülvid esialgu hästi. Mõnes jääksoos on fosfori kõrval nappus ka lämmastikust ja kaaliumist, kuid siis tuleb lisaks lämmastikku ja kaaliumit sisaldavatele väetisainetele lisada ka fosforväetist (Valk, Raid 1994). Kordusväetamise (soovitavalt 6-8 aasta järel) eel on soovitatav uurida turba mikroelementide sisaldust, sest turvasmuldades on sageli puude normaalseks kasvuks vajalike mikroelementide (boor, vask jt.) vaegus.

Eestis on jääksoid ca 10 000ha, millele on veel teist samapalju lisandumas. Mahajäetud ammendatud freesturbaväljadel on aga just turba pH ja jääkturba toitainete sisaldus oluline näitaja alade metsastamise õnnestumisel (Pikk 2011; Kikamägi jt., 2013, 2014). Samuti on puude kasvamaminekut oluliselt mõjutavateks teguriteks ebasoodsad kasvutingimused (turba pealmise kihi külmumine ja läbikuivamine vegetatsiooniperioodil, toitainetevaegus, hiliskülmad, ekstreemsed temperatuurid südasuvel jne), looduslikult on männi ja kasega metsastunud parema veerežiimiga kuivenduskraavide äärsed alad (Kikamägi, Ots 2010; Kikamägi jt. 2014; Ots jt. 2017ab; Heinsoo 2005). Jääksoodesse on kõige rohkem istutatud kaske, mändi ja kuuske ning külvatud kaske ja mändi (Kibuspuu 2002; Kikamägi jt 2013, 2014, Pikka 2011; Pikka jt. 2013; Seemen jt. 2000; Valk 2005). Eesti jääksoode taimestumisest ja seda mõjutavatest teguritest annab ülevaate artikkel Orru jt 2016. Looduslikult kasvama hakanud mändide ja kaskede puhul võib sageli täheldada külmakohrutuse nähte ning turba mineraliseerumist ja ärakannet puujuurte ümbert. Toitainete tasakaalustamata bilansile (eriti K-defitsiidile) viitab männiokaste kolletumine jääkturbaaladel (Ots 2013). Suur defitsiit on

fosforist ja kaaliumist, mida näitab ka kaselehtede keemiline analüüs: isegi pärast puutuhaga väetamist (15 t/ha) on täheldatav fosfori- ja kaaliumidefitsiit (tabel 1).

Jääksoodel kultiveeritud kiirekasvulised lehtpuud ja nende hübriidid, samuti erinevad pajuliigid (*Salix* spp.) sobivad hästi bioküttematerjaliks (Karofeld jt. 2017). Metsapuude kasvu eelduseks jääksoodes on peamiste toitainete (NPK) küllaldane sisaldus turba jääklasundis, nende omavaheline sobiv vahekord ja taimedele kättesaadavus (turba pH 5-6) (Pikk 2011). Põhilist efekti on andnud fosforit ja kaaliumi sisaldavad väetised, kusjuures väetamise soodne mõju puude kasvule on alanud juba esimesel või teisel, saavutanud maksimumi kolmandal-neljandal aastal ja kestnud enam-vähem samal tasemel 15 aastat (Valk 1987). Kui jääksoid väetada fosforväetistega, soodustab see märgatavalt lehtpuude kasvamaminekut (Raid 1979; Pikk 2001, 2010), aga ka loodusliku kaseuuenduse teket (Hytönen, Aro 2012). Kui suurendada rabas turba viljakust, pikeneb puude kasvuperiood ja paraneb nende kasv, kuid liigniisketel aladel ei anna turba väetamine tulemust (Valk 2005). Jääksoode taimestumisele mõjub positiivselt turba suurem Ca-sisaldus, seega tuleks neid mõõdukalt lubjata (Paal, Lode 2011). Puhatus ilmnes, et toitainerikka puutuha turbasse segamisega aidati kaasa hariliku haava, kase ja paju uuenduse tekkeks (Ots jt. 2017ab). Soomlaste pikaajalised kogemused näitavad, et energiapuidu kasvatamisel jääksoos ei tohiks raiering olla lühem kui 21 aastat ja peale raiet tuleks ala uuesti kiiremas korras metsastada, et suureneks süsiniku sidumine (Hytönen, Aro 2012; Silvan, Hytönen 2016).

Tabel 1. Mineraalelementide suhe arukase assimilatsiooniorganites tuhaga väetatud aladel ning kontrollalal

Väetus	Arukask
PT15	100N:7P:48K:24Ca:6Mg
PT10+PõT8	100N:6P:32K:19Ca:6Mg
Kontroll	100N:3P:25K:19Ca:8Mg
Optimaalne (Ingestad 1979)	100N:13P:65K:7Ca:8,5Mg

Lühendite selgitus:

PT15 – puutuhk kogusega 15 t/ha

PT10+PõT8 – puutuhk (10 t/ha) segus põlevkivituhaga (8 t/ha)

Kontroll – tuhaga töötlemata ala

Metsastamise tingimustest lähtuvalt jagatakse jääksood nelja rühma:

- 1) alla 50 cm paksuse turbakihiga jääksood, kus veerežiim on soodne;
- 2) alla 50 cm paksuse turbakihiga jääksood, mis pidevalt või periooditi kannatavad liigniiskuse all;
- 3) üle 50 cm paksuse turbakihiga jääksood, kus veerežiim on soodne;
- 4) üle 50 cm paksuse turbakihiga jääksood, mis pidevalt või periooditi kannatavad liigniiskuse all. Esimese kahe rühma puhul on vajalik eelnev maapinna ettevalmistus. Esimesel rühmal on vajalik sügavküünd, mis toob pinnale mineraalmulla, teise rühma jääksood vajavad kuivendamist. Kui see pole

võimalik, siis valmistada maa ette adravagudena, et üleliigne vesi saaks vaost kraavi voolata. Kolmanda ja neljanda rühma jääksoid ei ole vaja metsakultiveerimiseks ette valmistada (Pikk, Valk 1995).

Soomes korraldatud katsed näitasid, et peale 21 kasvuaastat oli kaskede biomass ligi 100 t ha^{-1} ning keskmine aastane puidu biomassi juurdekasv oli $3\text{--}4,6 \text{ t ha}^{-1}$ aastas (Hytönen, Aro 2012). Soomes rakendatakse puutuhaga väetatud kuni 30-aastastes kaseenamusega energiapuistutes mitut niidet, kasutades ära kase võimet kasvatada noores eas uinuvatest pungadest kännuvõsusid (foto 4). Erinevate puuliikide biomassi formeerumise näitajad on toodud tabelis 2.



Foto 4. Soomes rakendatakse puutuhaga väetatud kuni 30-aastastes kaseenamusega energiapuistutes mitut niidet, kasutades ära kase võimet kasvatada noores eas uinuvatest pungadest kännuvõsusid.

Puutuhk aktiveerib mullas mikrobioloogilisi protsesse, suureneb lahustuva orgaanilise süsiniku ja lämmastiku hulk (Ring jt, 1999; Ludwig jt., 2000), mis omakorda võib oluliselt mõjutada kasvuhoonegaaside emissiooni. Mitmes uuringus on täheldatud, et jääksoidede edukas metsastamine (taastaimestamine) võib märgatavalt vähendada CO_2 emissiooni. Kesk-Soomes tehtud uuringud näitavad, et lisatav puutuha kogus $5\text{--}15 \text{ t ha}^{-1}$ kahekordistab turbaaladelt CO_2 väljavoolu (mulla hingamist) $420\text{--}475 \text{ g m}^{-2}$ aastas (Moilanen jt., 2012). Puutuhaga töödeldud puistus akumulatsioon puude stimuleeritud kasvu tõttu süsinikku 11–12 korda rohkem kui puistus, mis kasvas tuhaga väetamata alal. Erinevus turbast emiteeruva süsiniku ja puude poolt seotud süsiniku koguses oli puutuhaga töödeldud ($5\text{--}15 \text{ t ha}^{-1}$) aladel $43\text{--}58 \text{ g m}^{-2}$, kontrollalal vastavalt 204 g m^{-2} . Seega suurendab puutuha kasutamine turbaaladel enam puude süsiniku sidumist kui selle emiteerumist turbast (Moilanen jt. 2012; Silvan, Hytönen 2016). Samas on uuringuid, kus ei täheldatud puutuha mõju kasvuhoonegaaside emissioonile:

puutuhk kogusega 3,1–6,6 t ha⁻¹ ei mõjutanud CO₂, CH₄ või N₂O emissiooni toitainevaesest kuivendatud jääksoost esimese viie aasta jooksul peale puutuhaga töötlemist (Ernfors jt. 2010). Puhatu jääksoos puutuha katseala ja kontrollala mullahingamist võrreldes võib öelda, et juulist septembrini on mullahingamine intensiivsem kontrollalal, kus puude kasv on mitmeid kordi tagasihoidlikum ja puudub taimkate (tabel 3). Oma roll CO₂ emissiooni vähenemisel on ka alustaimestikul, mille areng hoogustub alles pärast toitainerikka tuha segamist jääksoo turbasse.

Tabel 2. Puutuha mõju puude kasvule ja biomassi formeerumisele turbamuldadel

Puuliik	Riik	Puutuha kogus, t/ha	Vanus, a	Jooksev aastane biomassi produktsioon, t ha ⁻¹ aastas ⁻¹	Allikas
Perek. paju	Rootsi		4	12-15 22	Ross jt. 1996 Heinsoo 2001
paju (29%) sookask(46%) arukask(25%)	Soome	61,4		9,9	Hytönen, Kaunisto 1999
paju (29%) sookask(60%) arukask(11%)	Soome		21	3-4,6	Hytönen, Aro 2012
Aru- ja sookask	Soome		14-21	2,7-4,4	Aro, 2008
Sookask	Soome	5	15-26	2,6-3,1	Jylhä <i>et al.</i> , 2015
Arukask	Eesti	5 / 10	2	0,2 / 0,5	Kikamägi <i>et al.</i> , 2013
Arukask	Eesti	10 / 15	2	0,3 / 0,5	Kikamägi <i>et al.</i> , 2013
Hall lepp (24%) Sookask (37%) paju (39%)	Soome	2-10	6-8 17-20	1,6-1,9 2,8-3,0	Hytönen, Saarsalmi 2015

Tabel 3. Mullahingamine (g m⁻² h⁻¹) (keskmine±st.hälve) arukase ja hariliku kuuse erinevatel katsealadel Puhatu jääksoos (Ots 2013)

Töötlus	<i>Betula pendula</i>	<i>Picea abies</i>
Juuli 2013		
PõT10	0,13	0,15
PT10+PõT8	0,11	0,13
Kontroll	0,14	0,24
August 2013		
PõT10	0,08±0,07	0,072±0,04
PT10+PõT8	0,182±0,07	0,205±0,05
Kontroll	0,123±0,07	0,07±0,01
September 2013		
PõT10	0,067±0,02	0,135±0,02

PT10+PõT8	0,105±0,07	0,083±0,06
Kontroll	0,105±0,07	0,18±0,03
<hr/>		
Oktoober 2013		
<hr/>		
PõT10	0,08±0,03	0,07±0,00
PT10+PõT8	0,196±0,11	0,053±0,02
Kontroll	0,05±0,04	0,03±0,01

Arengukava *Eesti võimalused liikumaks konkurentsivõimelise madala süsinikuga majanduse suunas aastaks 2050* (2013) näeb ette, et vältimaks turbakaevandamisest tulenevaid täiendavaid emissioone, viiakse turbakaevandusalade sulgemise järel nendel läbi taastamistegevused, esmase eesmärgiga luua tingimused soode taastekkeks, sh süsiniku sidumiseks turbana. Teiseks võimalikuks maakasutuseks on mahajäetud kaevandusalade metsastamine, mis samuti võimaldab teatud määral kompenseerida kaevandamata turba jätkuval mineraliseerumisel atmosfääri lenduva süsiniku hulka. Mahajäetud freesturbaväljade kasutamine põllu- või rohumana toob kaasa jätkuvalt suured emissioonid ja need välistatakse.

Lisan siinkohal lühikokkuvõtte Rae rabas katsetatud liikidest.

Rae ammendatud jääksoos (Harju mk), kus on toimiv kuivendussüsteem, katsetati eksperimendi korras reoveesete mõju erinevate puuliikide kasvule ja ökosüsteemi seisundile (Pikka 2011; Pikka jt. 2013). Puuliikide valikul eelistati kodumaiseid kiirekasvulisi lehtpuuliike – aru- ja sookaske, sangleppa, harilikku jalakat, harilikku ja hübriidhaaba. Samuti istutati harilikku saart, harilikku tamme, üksikud harilikud vahtrad ja raagremmelgad. Kuna Rae raba asub Tallinna külje all ja üheks korrastamisviisiks on puhkemajandus, istutati ka dekoratiivseid liike – hobukastanit, pikalehist paju ja astelpaju. Samuti külvati 2011. a. settega kaetud alale punase leedri seemet, 2011 ja 2012. a. hariliku jalaka seemet. Puude kasvutingimuste parandamiseks kasutati toitainevaesesse turbasse reoveesete segamist. Parimad tulemused saadi hariliku jalakaga, seetõttu on allpool lühidalt kirjeldatud selle liikide spetsiifikat. Harilik jalakas

Liik on küllaltki kiirekasvuline ja soodsates tingimustes pikaeline (Laas 1987). Paljundatakse seemnetest ja juurevõsudest, võrsikutest, pookimisega. Seemned idanevad üldiselt halvasti, sageli alles järgmisel kevadel. Täiesti külmakindel ja küllaltki varjutaluv. Mullastiku suhtes nõudlik, kasvab viljakatel huumusrikastel värsketel liivsavimuldadel. Puitu on väga väärtuslik: raske, kõva, sitke, hästi töödeldav, seda kasutatakse rohkesti tislertöödel, mööblitööstuses, masinaehituses jm.

Mõned peamised soovitused katsealade rajamiseks jääksoodes märgalaviljeluse põhimõtete alusel:

1. Lisada enne seemnete külvamist või puude istutamist toitained, kuna turba pealmiste kihtide freesimisega on eemaldatud toitaineid rikkamad kihid ning alles on jäänud turba jääklasund, mis ei sisalda puude kasvuks piisavalt toitaineid. Veetaset ei ole mõistlik tõsta enne, kui puutaimed on juurdunud ja tuhka siduv alustaimestik on arenema hakanud (s.o. minimaalselt aasta peale külvamist/istutamist). Meie praktika Puhatu freesturbaväljal näitab, et 6-aastased puud (harilik mänd ja kuusk, kased, lepad, haavad ja pajud) talusid hästi üleujutust 2017. aasta sügisel ning talvitusid seejärel hästi. Välja läks 2017. aasta kevadel rajatud arukase istandik (foto 5).

- Arvestama peab, et liigniisketes kasvukohtades moodustub puudel peamiselt maapinnalähedane juurestik, mistõttu on puistud tormihellad. Seepärast on sellistel aladel kasvavate puistute raiering oluliselt lühem tavapärasest ja puit omab peamiselt väärtust küttematerjalina.



Foto 5. Kevadel 2017 istutatud arukase taim (vasakul) ja samal sügisel üleujutuse tõttu hukkunud seemikud (paremal).

Puistute majandamine turbaaladel

Üldiselt on teada metsamaterjalide rasked kokkuveotingimused turbaaladel lumevabal perioodil (Pikk 1997). Turbaaladel raskendab masinate läbitavust suurtes piirides muutuvad pinnasetingimused (Ala-Ilomäki 2006). Metsamaterjalide kokkuveomasina tööjõudluse mõjutajateks on pinnase iseloom, maapinna tõus, liikumistakistustegur ja liikumiskiirus (. Töötamisel nõrkadel ja suure niiskusega pinnastel võib töomasina veojõudu piiravaks suuruseks osutada traktori veermiku ja maapinna vaheline sidestusjõud, mille määrab traktori mass ja sidestustegur. Suurem sidestusjõud tagab traktori võimsuse parema ärakasutamise ja seepärast on nelja veorattaga traktorid halbades töötingimustes 15-35% suurema tootlikkusega kui kahe veorattaga traktorid. Talvisel metsamaterjalide kokkuveol on tasandatud kraavimulded liikumistingimustelt sisuliselt võrreldavad pinnasteedega. Seega võimaldaks kraavimulde kasutamine kokkuveoteena suurendada kokkuveomasinate efektiivsust. Nende puudumine sooladel nõuaks oluliselt suuremaid kulutusi metsamaterjalide veoks, mis tulenevad aeglasemast liikumiskiirusest ja masinate väiksemast koormamisest.

Rootsis kasutatakse aastakümneid turbaaladel kasvavate metsade majandamiseks militaarmasinatega ümber ehitatud veomasinaid (Foto 6).



Foto 6. Rootsis kasutatakse aastaid turbaaladel kasvavate metsade majandamiseks militaarmasinatega ümber ehitatud veomasinaid (foto Askungen Vital AB kodulehelt <http://www.askungenvital.se/recycl.html>)

Paju energiaistandike tarvis on Rootsis välja töötatud masinad pistokste istutamiseks, võsa lõikamiseks ja koristamiseks (Ross jt. 1996).

Kuivõrd säästlik on märgalaviljeluse põhimõtteid arvestades erinevatel turvasmuldadel rajatud metsakuivendus ja kas siin võiks olla alternatiive? Näiteks madala boniteediga kasvukohatüüpides sügavamatel turvasmuldadel kuivendussüsteemide uuendamisest loobumine.

Jääksoodes (näit Puhatu), kus turbakaevandamise lõpetamisest on möödas aastakümneid, ei toimi enam kunagi rajatud kraavivõrgustik, mille korrasolekust aga sõltub metsa kasvamine. Kui otsustatakse jääksood kasutada metsamaana, tuleb esmalt tagada liigse vee äravool (Pikk 2011). Puhatu ammendatud freesturbaväljal, kus kaevandamisest on möödas parkümmend aastat, võis täheldada pooleldi turbamulda täis olevatest ja oma kuivendamisülesannet mittetäitvatest kraavidest tingitud valitsevat liigniiskust. Kuna kaevandamisega avatud turbalasundi sügavamad kihid on äärmiselt halva veehoide ja veemahutavuse võimega, võivad jääksoodele langevad sademed kergesti moodustada pinnapealseid ajutisi veekogusid, mida võis ka uuritud aladel täheldada. Istutatud liikidest (arukask, harilik mänd, harilik kuusk) olid männiistikud vastuvõtlikud seisva pinnavee suhtes. Õige puuliigi valimisega (näit kiire kasvuga kask, paju, lepp) ei oma liigniiskus negatiivset mõju puude kasvule ning arvata võib, et mingil ajahetkel on puutuha mõjul kiiresti kasvavate puude (näit Puhatu kaskede) edasiseks biomassi formeerumiseks vajalik veekogus tagatud istutamise/külvamise momendil valitseva liigniiskuse näol.

Sügavamatel turvasmuldadel, kus on mõistlik märgalaviljeluse raames rajada puistud ja veetase püsib ilma kuivendussüsteemi mõjuta keskmiselt 20 cm sügavusel maapinnast, pole metsakuivendus säästlik, õige puuliigi valimisega luuakse eeldused puistu normaalseks arenguks. Kuna aga enamus puuliikidest, mis taluvad liigniiskust (kask, paju, lepp) eelistavad kasvamiseks viljakaid kasvukohti ning turbaaladel valitseb tugev fosfori- ja kaaliumivaegus, tuleks kaaluda väikestes kogustes puutuha (2-3 t/ha) turbasse segamist. Õigeid võtteid

kasutades saavutatakse toitainerikka puutuha kasutamise fosfori ja kaaliumi sisalduse paranemine turba pealmises kihis ning luuakse eeldused soontaimede ja erinevate samblaliikide (raba-karusammal, harilik punaharjak jt) kasvuks.

Ekspert hinnang märgalaviiljeluse katseala ettevalmistamiseks Pööravere (Pärnu mk) pilootalal

Asukoht: Pööravere jääksoo asub Kaisma vallas, Tootsi asulast vahetult loode pool. Väike osa mahajäetud tootmisala edelaservast jääb ka Are valla territooriumile. Ala põhjatipust vahetult loode poolt läheb läbi Pärnu-Jaagupi–Kergu tee. mahajäetud väljakuid on Pööravere maardlal maardlate nimistu registrikaardi nr. 0096 järgi 462,1 ha (Ramst jt. 2007).

Eesti Geoloogiakeskuse poolt 2007. aastal läbi viidud inventuuri käigus on antud soovitus Pööravere jääksoo korrastada, mille üheks peamiseks suunaks võiks olla metsastamine (Ramst jt. 2007). Arvestades head teedevõrku ja jääkturba lasundi paksust (30-50 cm), sobib ala metsastamiseks suurepäraselt.

Lähteandmed: Turba lagunemistasemeks on Pööraveres määratud 24-29% (st. nõrgalt kuni kergelt lagunenu turvas) (Ramst jt. 2007). Turba pH_{KCl} mõõdeti 4,9-5,3 (tugevalt kuni väga tugevalt happeline) ja tuhasuseks 12-25% (näiteks madalsoos varieerub turba tuhasus vahemikus 10-20%, rabas ei ületa see 4%) (Ramst jt. 2007; Rusanov 2016). Turba looduslikuks niiskuseks mõõdeti 78-82%, Turbaliikideks määrati madalsoo puu-rohu, madalsoo puu-pilliroo ja madalsoo pilliroo-tarna turvas (Ramst jt. 2007). Turba liigist ja lagunemistasemest on suurel määral sõltuvad turba peamised füüsikalised omadused. Suurema lagunemistasme puhul on suurem ka mahumass, seda rohkem ta kokku tõmbub ja seda suurem on toitesoolade sisaldus (Valk 1988).

Pööraveres esinevate turbaliikide selgitus:

- Madalsoo puu-rohu turvas - tekib soode servaaladel, allikasoodes ja oosidevahelistel aladel järvenõo või mineraalma soostumisel. Toitumine põhjaveest.
- Madalsoo puu-pilliroo turvas - tekib nõgudes voorte ja seljakute vahel, oosidevahelistel aladel ja tasandikel sageli puuturbale järvenõo või lammi soostumisel ebasoodsates vee äravoolutingimustes ning võib olla ümbritsetud rannavallidega. Toitub moreeni- ja põhjaveest, sügisei tulva- ja valgveest.
- Madalsoo pilliroo-tarna turvas - tekib nõgudes, oosidevahelistel aladel ja luidestunud rannavallide ümbruses järvenõo soostumisel. Toitumine põhja- ja tulvaveest. (Rusanov 2016).

Varasemad katsetused Pööravere jääksoos aastast 1980 näitavad, et fosforit- ja kaaliumit sisaldavate väetistega väetamisel paranes looduslikult uuenenud aru- ja sookaskede kõrguskasv oluliselt: katsealal P60K60 mõõdeti arukase keskmiseks kõrguseks 4,1 m ja sookasel 3,0 m; kontrollalal vastavalt 1 m mõlema liigi puhul (Pikk 2011). Ainult fosforväetisega väetatud katsealadel olid näitajad tagasihoidlikumad: arukase kasv jäi 0,6 m võrra väiksemaks ja sookask oli keskmiselt 1,1 m võrra väiksema kasvuga. Erinevate väetusnormidega proovialadele istutati algselt kuuske ja mändi, mänd ka külvati. Männid tõrjuti kiiresti kase poolt välja ja kuuskede kasv jäi kiduraks. Täheledatai, et katsevariandis P100K100 tulenes kase väiksem keskmine kõrgus suhteliselt õhukese (0,2-0,3 m) jääkturba väiksemast lämmastikusisaldusest teiste proovialadega võrreldes ja turba paremast lagunemistasemest, mis soodustas külmakohrutust ja takistas kaseseemikute juurdumast.

Tuginedes varasematele katsetulemustele Pööravere jääksoos on pilootala rajamiseks järgmised ettepanekud:

1. Kuna Pööraveres on kohati jääkturba paksuseks vaid 20 cm, võib puude loodusliku uuenduse tekkeks ja kasvuks luua soodsamad tingimused pinnast soodraga ette

valmistades, adraga turba ja mineraapinnase segiküündmisel väheneb külmakohrutuste oht. Puutuhaga väetatud aladel väheneb samuti külmakohrutuse oht oluliselt tänu taimkatte kiirele arengule, mis loob üksiti ka soodsad niiskustingimused.

2. Metsainstituudi poolt 1980. aastatel Pööraveres läbiviidud katsetulemustele tuginedes võib öelda, et turbalajasundis valitseb fosfori- ja kaaliumipuudus, mistõttu on puude kasvatamiseks sellel alal ennekõike vajalik elimineerida peamiste toitainete vaegus. Puutuha lisamisega turbasse tõuseb lisaks P- ja K-sisaldusele ka Ca-sisaldus, mis loob eeldused paju kasvatamiseks.
3. Seepärast on enne külvide tegemist või puude istutamist või looduslikule uuendusele kaasaaitamisel oluline segada turbasse puutuhka (2-3 t/ha), mida saaks transportida Pärnu Fortum'st (vahemaa 38 km). Orienteeruvalt maksab tuha transport 40 €/1 auto koorem ehk 15 tonni tuhka, st 2,6 €/tonn.
4. Arvestama peab, et esmaseks ülesandeks on puude kasvuks piisava toitainete hulga tagamine turbas, kuid erinevad liigid võivad olla erineva tundlikkusega kevadistele hiliskülmadele. Puhatu jääksoos ei täheldatud istutatud puude tundlikkust hilis- või varakülmadele, kuid reoveesetega töödeldud Rae jääksoos kasvas sanglepp küll hästi (kõrguse aastane juurdekasv ca 32 cm), kuid kannatas kevadiste hiliskülmade tõttu (Pikka 2005).
5. Külvide idanemisel on määrava tähtsusega turba pH. Eesti Geoloogiakeskuse poolt 2007. aastal määratud Pööravere turba pH lubab oletada, et külvid peaksid õnnestuma ka ilma puutuhka lisamata. Puhatu jääksoos kasvasid halli lepa külvid väga hästi puutuhaga töödeldud aladel (turba pH=7), kuid kontrollalal need hukkusid (pH=4).

Märgalaviljelemisel puuliikide valikul lähtuda liigispetsiifikast:

Paju – ei talu soostunud muldasid ja seisvat põhjavett, kasvu limiteerib liikuv alumiinium ja kaltsiumidefitsiit kasvupinnases, eelistab viljakat kasvukohta.

Kask – kiire kasv, tõusmed taluvad hästi külmasid, võimalusel eelistada arukaske sookasele, sest puidubiomassi tootlus 1,5-2 korda intensiivsem.

Lepp – kasvu limiteerib fosforivaegus kasvupinnases, eelistab viljakat kasvukohta (huumuslik madalsoomuld), talub halvasti soostunud muldi, mis on eriti hapnikuvaesed, liigniisketel muldadel kasvab ainult liikuva põhjavee korral.

Energiapuistute rajamiseks sobivad hästi kiirekasvulised ja noores eas rikkalikult kannuvõsu andvad puuliigid: kask, paju, lepp, künnapuu.

Puistud rajatakse olenevalt puuliigist seemnete (sookask, hall lepp, sanglepp), istikute (1-aastased arukaseistikud) või pistokstega (paju). RMK aladele rajatud puistute istutusmaterjali oleme alati saanud RMK-st, selleks tuleb esitada RMK-le tellimus hiljemalt ala rajamisele eelneval talvel. Raskusi võib tekkida sanglepa materjali saamisega.

TEGEVUSKAVA

1. Pärnu Fortum / prügila → tuha transport 40 €/15 tonni ehk 1 auto koorem, st 2,6 €/tonn
tuha keemiline analüüs
2. Pööravere turba jääklasundi keemiline analüüs (Eesti Maaülikooli Taimebiokeemia laboris pH NPK Ca Mg määramine + raskmetallide väljaleostumise monitoorimisel Cr, Cd ja Ni analüüs)
3. Tuha laotamine 2 nädalat enne külvi/istutamist
4. Lehtpuude külvamine/istutamine

5. Katsealade monitoorimine

Kasutatud kirjandus

- Aro, L. 2008. Cut-away peatlands in Forestry. – Korhonen, R., Korpela, L., Sarkkola, S. (eds.). Finland – Fenland. Research and sustainable utilisation of mires and peat. Finnish Peatland Society, Maahenki Ltd, 207–211.
- Ala-Illomäki, J. 2006. The effect of weather conditions on the trafficability of unfrozen peatlands. *Metsanduslikud uurimused*, 45. Tartu, 57–66.
- Ernfors, M., Sikström, U., Nilsson, M., Klemedtsson, L. 2010. Effects of wood ash fertilization on forest floor greenhouse gas emissions and tree growth in nutrient poor drained peatland forests. *Science of the Total Environment*, 408, 4580–4590.
- Hainla 1957. Siirdesoomännikute kuivendamise tulemustest Eestis. *Metsanduslikud uurimused*, 1. Tartu, 5–32.
- Hainla 1965. Kasepuistutest kuivendatud soodel. *Metsanduslikud uurimused*, 4, 5–32.
- Hainla 1968. Sanglepikutest ja nende kuivendamise tulemustest. *Metsanduslikud uurimused*, 6, 50–65.
- Heinsoo, K. 2005. Jääksoode maastikuline uuendamine: ökohüdrooloogiline lähenemisviis. Magistritöö. Tartu, 74 lk.
- Heinsoo, K., Merilo, E., Petrovits, M., Koppel, A. 2009. Fine root biomass and production in a *Salix viminalis* and *Salix dasyclados* plantation. *Estonian Journal of Ecology*, 58, 1, 27–37.
- Heinsoo, K., Sild, E., Koppel, A. 2001. Pajuistandused energiaallikana ja vegetatsioonifiltrina. Toim. V. Tiit. Taastuvate energiaallikate uurimine ja kasutamine II. Tartu, 32–38.
- Heinsoo, K., Sild, E., Koppel, A. 2001. Pajuistandused energiaallikana ja vegetatsioonifiltrina. Taastuvate energiaallikate uurimine ja kasutamine. Tartu, 32–38.
- Heinsoo, K., Sild, E., Koppel, A. 2002. Estimation of shoot biomass productivity in Estonian *Salix* plantations. *Forest Ecology and Management*, 170, 67–74.
- Hytönen, J., Aro, L. 2012. Biomass and nutrition of naturally regenerated and coppiced birch on cutaway peatland durnung 37 years. *Silva Fennica*, 46, 3, 377–394.
- Hytönen, J., Kaunisto, S. 1999. Effect of fertilisation on the biomass production of coppiced mixed birch and willow stands. *Biomass and Bioenergy*, 17, 455–469.
- Hytönen, J., Saarsalmi, A. 2009. Long-term biomass production and nutrient uptake of birch, alder and willow plantations on cut-away peatland. *Biomass and Bioenergy*, 33, 1197–1211.
- Hytönen, J., Saarsalmi, A. 2015. Biomass production of coppiced grey alder and the effect of fertilization. *Silva Fennica*, 49.
- Hytönen, J., Saarsalmi, A., Rossi, P. 1995. Biomass production and nutrient uptake of short-rotation plantations. *Silva Fennica*, 29, 2, 117–139.
- Jylhä, P., Hytönen, J., Ahtikoski, A. 2015. Profitability of short-rotation biomass production on downy birch stands on cut-away peatlands in northern Finland. *Biomass and Bioenergy*, 75, 272–281.
- Karofeld, E. 2011. Tingimuste loomine taassoostumiseks. Jääksood, nende kasutamine ja korrastamine. Toim. Paal, J. Tartu, 111–130.
- Karofeld; E., Jarašius, L., Priede, A., Sendžikaitė, J. 2017. On the reclamation and restoration of extracted peatlands in the Baltic countries. *Restoration Ecology*, 25, 2, 293–300.
- Kattai, K. 2007. Reovee jääkmuda mõju paju kasvule. Noorteadlased taastuenergiast. Tartu, 31–42.

- Keedus, K. 1995. Hall lepp energiareessursina. EPMÜ teadustööde kogumik, 181. Tartu, 200–204.
- Kibuspuu, E. 2002. Rabad ja nende metsastamine Rae raba näitel. Lõputöö. Tartu, 51 lk.
- Kikamägi, K., Ots, K., Kuznetsova, T. 2013. Effect of wood ash on the biomass production and nutrient status of young silver birch (*Betula pendula* Roth) trees on cutaway peatlands in Estonia. *Ecological Engineering*, 58, 17–25
- Kikamägi, K., Ots, K., Kuznetsova, T., Pototski, A. 2014. The growth and nutrients status of conifers on ash-treated cutaway peatland. *Trees*, 28, 1, 53–64.
- Kikamägi, K.; Ots, K. 2010. Puittaimede kasvu stimuleerimine erinevate biokütuste (puit, turvas) tuha liikidega ammendatud freesturbaväljal. *Metsanduslikud Uurimused*, 52, 60–71.
- Kollist, P. 1957. Kuivendamise mõju sügavturbaliste siirdesoometsade uuenemistingimustele. *Metsanduslikud uurimused*, 1. Tartu, 81–151.
- Koppel, A. 1996. Above-ground productivity in Estonian energy forest plantations. Eds Perttu, K., Koppel, A. Short rotation willow coppice for renewable energy and improved environment. Uppsala, 81–86.
- Koppel, A., Perttu, K., Ross, J. 1996. Estonian energy forest plantations – general information. Eds Perttu, K., Koppel, A. Short rotation willow coppice for renewable energy and improved environment. Uppsala, 15–24.
- Laas, E. 1987. Dendroloogia. Tallinn, Valgus, 824 lk.
- Lõhmus, K., Mander, Ü., Tullus, H., Keedus, K. 1996. Productivity, buffering capacity and resources of grey alder forests in Estonia. Eds Perttu, K., Koppel, A. Short rotation willow coppice for renewable energy and improved environment. Uppsala, 89–94.
- Ludwig, B., Heil, B., Flessa, H., Beese, F. 2000. Use of ¹³C and ¹⁵N mass spectrometry to study the decomposition of *Calamagrostis epigeios* in soil column experiments with and without ash additions. *Isotopes Environ. Health Stud.*, 36, 49–61.
- Mander, Ü., Lõhmus, K., Kuusemets, V., Vought, L. 1995. Nitrogen and phosphorus removal in riparian alder forests. *Ecotechnic for a sustainable society. Proceedings from Ecotechnics 95 – International symposium on ecological engineering.*
- Merilo, E., Heinsoo, K., Kull, O., Söderbergh, I., Lundmark, T., Koppel, A. 2006. Leaf photosynthetic properties in a willow (*Salix viminalis* and *Salix dasyclados*) plantation in response to fertilization. *European Journal of Forest Research*, 125, 2, 93–100.
- Mikola, P. 1958. Liberation of nitrogen from alder leaf litter. *Acta Forestalia Fennica*, 67, 1–10.
- Moilanen, M., Hytönen, J., Leppälä, M. 2012a. Application of wood ash accelerates soil respiration and tree growth on drained peatland. *European Journal of Soil Science*, 63, 467–475.
- Orru, M., Ots, K., Orru, H. 2016. Re-vegetation processes in cutaway peat production fields in Estonia in relation to peat quality and water regime. *Environmental monitoring and assessment*, 188 (12), 655–666.
- Ots, K. 2013. Ida-Virumaa ammendatud freesturbaväljade turba toiteelementide bilansi tasakaalustamine ja puude kasvu stimuleerimine põlevkivituhaga ning põlevkivi- ja puutuhaga seguga. Tallinn: KIK metsanduse programmi 2012. aasta projekti nr. 3708. <http://mi.emu.ee/userfiles/instituudid/mi/MI/Projektid/Projekti3708aruanne.pdf>
- Ots, K., Tilk, M., Agurajuja, K. 2017a. The effect of oil shale ash and mixtures of wood ash and oil shale ash on the above- and belowground biomass formation of Silver birch and Scots pine seedlings on a cutaway peatland. *Ecological Engineering*, 108, 296–306.
- Ots, K., Orru, M., Tilk, M., Kuura, L., Agurajuja, K. 2017b. Ammendatud freesturbaväljade taasmetsastamine: puutuhaga mõju biomassi formeerumisele ja süsiniku bilansile. *Metsanduslikud Uurimused*, 67, 17–36.

- Paal, J., Lode, E. 2011. Meetmed jääsoode taimestumise kiirendamiseks. Toim: Paal, J. Jääksood, nende kasutamine ja korrastamine. Tartu, 63.
- Pikk, J. 1997. Õhukeseturbaliste soode kauakestnud kuivendamise tulemusi. EPMÜ teadustööde kogumik, 189. Tartu, 148–156.
- Pikk, J. 2001. Kased turvasmuldadel. Toim-d Tullus, H., Vares, A. Lehtpuupuistute kasvatamine Eestis. Akadeemilise Metsaseltsi Toimetised, 14. Eesti Põllumajandusülikool, Metsanduslik Uurimisinstituut, Tartu, 95–102.
- Pikk, J. 2010. Jääksode metsastamine. Maavarade kaevandamine ja puistangute rekultiveerimine Eestis. Koost. E. Kaar, K. Kiviste. Tartu: Eesti Maaülikool, lk 396–402.
- Pikk, J. 2011. Metsastamine. Toim: Paal, J. Jääksood, nende kasutamine ja korrastamine. Tartu, 69–71.
- Pikka, J. 2005. Use of wastewater sludge for soil improvement in afforesting cutover peatlands. Metsanduslikud Uurimused, 42, 95–105.
- Pikka, J. 2011. Jääksode metsastamine reoveesette kasutamisega. Jääksood, nende kasutamine ja korrastamine. Koost. J. Paal. Tartu, Eesti Turbaliit, 82–88.
- Pikka, J., Ots, K., Pikka, M. 2013. Ammendatud freesturbavälja reoveesetega töötlemisel tekkiv mõju ökosüsteemi seisundile. KIK-i projekti lõpparuanne. Tallinn, 61 lk.
- Raid, L. 1979. Külvikultuuride väetamisest jääksoodel. Mets. Puit. Paber, 6, 16–18.
- Ramst, R., Orru, M., Salo, V., Halliste, L. 2007. Eesti mahajäetud turbatootmisalade revisjon. 3. etapp. Viljandi, Pärnu, Saare ja Hiiu maakond. OÜ Eesti Geoloogiakeskus (Geological Survey of Estonia). Tallinn.
- Ring, E., Lövgren, L., Nohrstedt, H. O., Jansson, G. 1999. Ash fertilization in a clearcut and in Scots pine stand in Central Sweden. SkogForsk Report. 251 pp.
- Ross, J., Ross, V., Sulev, M., Koppel, A., Kull, K., Noormets, A., Kirt, E., Roostalu, H. 1996. Eesti-Rootsi koostöö energiametsa uurimisel. Toim: Muiste, L., Muiste, P. Mets ja inimene. Tartu-Tallinn, 104–124.
- Seemen, H., Pikk, J. 1996. Vitspaju turvasmuldadel kasvatamise tulemustest. Toim: Muiste, L., Muiste, P. Mets ja inimene. Tartu-Tallinn, 97–103.
- Seemen, H., Pikk, J., Valk, U. 2000. Unikaalne metsanduslik katseala Rae rabas. Akadeemilise Metsaseltsi Toimetised XII. Töid Eesti metsanduse ajaloost III. Tartu, 95–112.
- Silvan, N., Hytönen, J. 2016. Impact of ash-fertilization and soil preparation on soil respiration and vegetation colonization on cutaway peatlands. American Journal of Climate Change, 5, 178–192.
- Taimre, H. 1989. Metsamajanduse alused. Tallinn, Valgus, 355 lk.
- Tkatšenko, M. 1958. Üldine metsakasvatus. Tallinn, 613 lk.
- Tullus, H., Uri, V., Lõhmus, K., Mander, Ü., Keedus, K. 1998. Halli lepa majandamine ja ökoloogia. Tartu, OÜ Paar, 36 lk.
- Uri, V. 1997. Halli lepa kultuuri kasv esimesel istutusjärgsel aastal. EPMÜ teadustööde kogumik, 189. Tartu, 265–270.
- Uri, V. 2000. Hall ja hübriidlepp – energiametsa puuliigid? Koost. I. Kari ja K. Jõgiste. Metsandusteaduskonna magistrantide ja doktorantide teaduslike tööde kogumik. EPMÜ Metsandusteaduskonna toimetised, 33, 35–42.
- Uri, V. 2000. Halli- ja hübriidlepa kultuurid endisel põllumaal ja nende biomassi produktsioon. Metsanduslikud Uurimused, 32, 84–87.
- Uri, V., Aosaar, J., Varik, M., Becker, H., Ligi K., Padari, A., Kanal, A., Lõhmus, K. 2014. The dynamics of biomass production, carbon and nitrogen accumulation in grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) chronosequence stands in Estonia. Forest Ecology and Management, 327, 106–117.

- Uri, V., Aosaar, J., Varik, M., Kund, M. 2010. Mõningate kiirekasvuliste lehtpuupuistute kasv ja produktioonivõime endisel põllumaal. *Metsanduslikud Uurimused*, 52, 18–29.
- Uri, V., Tullus, H., Lõhmus, K. 2002. Biomass production and nutrient accumulation in short-rotation grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) plantation on abandoned agricultural land. *Forest Ecology and Management*, 161(1-3), 169–179.
- Valk, U. 1988. Eesti sood. Valgus, Tallinn
- Valk, U. 2005. Eesti rabad. Tartu, 314 lk.
- Valk, U. 1987. Eesti soometsade tootlikkuse suurendamise võimalusi. *Metsanduslikud uurimused*, 22, 24–37.
- Valk, U., Raid, L. 1994. Metsakultuuride ja noorendike väetamine. *Metsanduslikud uurimused*, 26, 58–66.
- Vares, A. 1999. Peamised toitained (NPK) ja biomass 20 aastases sanglepa-katsekultuuris. *Metsanduslikud uurimused*, 31, 90–97.
- Vares, A. 2000. Sanglepakultuuride kasv ja produktiivsus. EPMÜ Metsandusteaduskonna toimetised, 33, 4–12.
- Vares, A. 2001a. Sanglepa (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) kultiveerimise võimalused Eestis. EPMÜ Metsandusteaduskonna toimetised, 34, 5–13.
- Vares, A. 2001b. Sanglepa (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) lehevarise lagunemine ja lämmastiku dünaamika Eesti kliimatingimustes. *Metsanduslikud uurimused*, 35, 149–155.
- Vares, A. 2005. The growth and development of young deciduous stands in different site conditions. Doktoritöö. Tartu, 85 lk.
- Vares, A., Lõhmus, K., Truu, M., Truu, J., Tullus, H. and Kanal, A. 2004a. Productivity of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) plantations on reclaimed oil shale mining detritus and mineral soils in relation to rhizosphere conditions. *Oil Shale*, 21, 1, 47–62.
- Vares, A., Tullus, A., Raudoja, A. 2003. Hübriidhaab, ökoloogia ja majandamine. Triip, Tartu, 96 lk.
- Vares, A., Tullus, H. and Lõhmus, K. 2004b. Maapealse osa biomass, produktioon ja peamised mineraaltoitained erineva tihedusega noortes sanglepikutes (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.). *Metsanduslikud uurimused*, 40, 165–175.