

Agraarteadus  
1 \* XXVII \* 2016 26–37



Journal of Agricultural Science  
1 \* XXVII \* 2016 26–37

## Ülevaade: RABAMULD – EESTI AASTA 2016 MULD

### Review: BOG SOIL – YEAR 2016 SOIL OF ESTONIA

Raimo Kõlli

Eesti Maaülikool, Fr.R. Kreutzwaldi 5D-111, 51014 Tartu

Saabunud: 07.04.16  
Received:  
Aktsepteeritud: 05.06.16  
Accepted:

Avaldatud veebis: 18.06.16  
Published online:

Vastutav autor: Raimo Kõlli  
Corresponding author:  
e-mail: [raimo.kolli@emu.ee](mailto:raimo.kolli@emu.ee)

**Keywords:** bog soil, ecological services, environmental protection, Fibric Histosol, soil properties, year 2016 soil

**ABSTRACT.** By Estonian Soil Sciences Society for the year 2016 soil of Estonia the bog soil was elected. After WRB these soils are known as Fibric Histosols. The area of bog soils forms 5.1% from whole Estonian soil cover and 21.7% from peat soils' (or Histosols) area. In overview their classification in Estonia, conversion of local soil names into WRB system, ecological conditions of their forming and functioning, hydro-physical and chemical properties, and distribution are treated. Besides that the bog soils' productivity, peculiarities of their bogging processes, importance for society, and their influence on local economy and environmental status are analysed as well. In second part of the overview the estimations on organic carbon stocks and assessments on annual organic carbon fluxes in peaty soil cover are discussed. In the final part and in conclusions the problems connected with environmentally sustainable use and protection of bog soils are treated.

Link: [http://agrt.emu.ee/pdf/2016\\_1\\_kolli.pdf](http://agrt.emu.ee/pdf/2016_1_kolli.pdf)

© 2016 Akadeemiline Põllumajanduse Selts. Kõik õigused kaitstud. 2016 Estonian Academic Agricultural Society. All rights reserved.

### Sissejuhatus

Nüüd juba kolmandat korda valis Eesti Mullateaduse Selts (EMTS) aasta mulla. Kui esimeseks, 2014 aastamullaks, oli 'Eesti põllumehe hinnatuim muld' – leostunud muld ja 2015 aastamullaks 'õhuke muld Eesti rahuskivil' – paepealne muld, siis aastamullaks 2016 hääletati EMTS poolt Eesti märgalade üks omapärasemaid ja turvasmuldade hulgas enim tuntud rabamuld. Juba traditsiooniks saanud VI Eesti mullapäeval (4. detsembril 2015) tutvustati aasta 2016 mulda konverentsist osavõtjatele ([http://pk.emu.ee/userfiles/PKI/muld/VIMP/VIMP\\_KolliR\\_rabamuld\\_2015.pdf](http://pk.emu.ee/userfiles/PKI/muld/VIMP/VIMP_KolliR_rabamuld_2015.pdf)), kusjuures EMTS on välja andnud ka rabamulda tutvustava teaviku ([http://pk.emu.ee/userfiles/PKI/muld/Aasta\\_muld\\_2016\\_voldik\\_A4\\_web.pdf](http://pk.emu.ee/userfiles/PKI/muld/Aasta_muld_2016_voldik_A4_web.pdf)). Tähelepanuvääriv on juhuslik kokkulangevus, et ÜRO poolt väljakuulutatud märgalade aastal 2016 on Eestis aastamullaks valitud 'turbalasundite kasvukihiks ja hoidjaks' olev – rabamuld.

Omapärase reljeefiga eri tüüpi Eesti rabamaastikud on moodustunud ja talitlevad käesoleval ajal tänu rabamulla ja temal kujunenud taimkatte tasakaalustunud vastastikusele toimele. Rabade puhul on ainete bioloogiline ringe täielikult isoleeritud ümbritsevate alade mineraalsest pinnakattest ja selles liikuvast toiteainete

rohkest põhja- ja/või pinnaveest. Looduslike rabade orgaanilise aine produktsiooniprotsessi sisenditeks on päikese energia kõrval atmosfääri kaudsed sajuveed ja mineraalsed ained. Rabaturbamulla tüseduse kasvades selle alumine osa eraldatakse (isoleeritakse) järkjärgult aktiivsest talitlemisest, mille tõttu seda osa turbalasundist tuleks käsitleda mitte kui mulda, vaid kui maavara.

Rabaökosüsteemi koos talitleva rabamullaga võib õigustatult vaadelda kui ühte meie ürglooduse sümbolitest. Teatavasti algas turvasmuldade rabastumine Kõrg-Eesti aladel ca 7000 ja Madal-Eesti aladel ca 6000 aastat tagasi (Allikvee, Ilomets, 1995). Tänu normaalselt talitlevatele rabamuldadele oleme rikkamad kõrgsoodele iseloomulike taimeliikide, nende koosluste ja taimestikule kaasneva elustiku poolest. Samas on nimetatud tuhandete aastate jooksul rabaökosüsteemide talitlemise tulemusena akumulunud märkimisväärsed kogused rabaturvast kui maavara (Raudsepp, 1946; Veber jt, 1961). Seega on rabamuldade levikualade suhtes üles kerkinud erinevad huvid. Kui looduskaitse huviobjektiks on talitlevad rabaökosüsteemid kogu nende elustiku mitmekesisusega (liigirikkusega), siis majandust huvitab ennekõike rabaturvas. Et nimetatud kahe vastandliku huviga kaasneb veel ka terve rida

muid keskkonna hea seisundi ja ühiskondliku elu arenguga seotud probleeme on selles vallas mõistlikud ühiskondlikud kokkulepped äärmiselt vajalikud. Taolised kokkulepped peaksid olema nii palju kui võimalik teaduspõhised ja samas ka kõigi (asjaga seotud) huvigruppide ettepanekuid arvestavad. Ülal-öeldust lähtudes peame oma ülesandeks selgitada antud töös veidi põhjalikumalt rabamulla rolli rabalaamade (rabaökosüsteemide) talitlemises.

Eesti rabasid on aegade jooksul uuritud erinevatest aspektidest lähtuvalt. Sooteaduslikes (telmatoloogilistes) uurimustes on rabasid käsitlenud kui teistest soodest eristuvat rabakompleksi oma väljakujunenud veolude, taimestiku, loomsete organismide ja ladestunud turba koostisega ehk siis rabasid on käsitlenud kui ökosüsteeme (Masing, 1984; Valk, 1988; Strack jt, 2008; Kõlli jt, 2012) ehk biogeotsünoose (Inisheva jt, 2011). Rohkesti leidub kirjandust rabade (geo)botaanilise käsitluse ning klassifitseerimise kohta (Laasimer, 1965; Krall jt, 1980; Allikvee, Ilomets, 1995; Laasimer, Masing, 1995; Masing, 1997; Paal jt, 1999; Paal, 2005). Ka on rabad olnud vägagi olulised objektid maastikuteaduslikes (Valk, 1988; Arold, 2005), aga eriti turbaru kui maavara käsitlevates geoloogilistes uurimustes (Raudsepp, 1946; Veber jt, 1961; Orru, 1992, 1995; Orru, Orru, 2008). Kätesaadavad on lühiülevaated turbasoode teadusliku uurimise ajaloost ja rabade osast nende seas (Laasimer, 1965; Valk, 1988, 1995; Orru 1992 jt).

Mullateaduse seisukohalt on ehk kõige olulisem (uurimisobjekti ühilduvuse mõttes) jälgida neid uurimusi, mis on tehtud seoses metsakasvatuse arendamisega rabadel ning rabamuldi mõjutava kuivendamise ja rekultiveerimisega (Valk, 1995; Lõhmus, 2006; Pikk, 2010). Suhteliselt vähe on siiski uurimusi, mis käsitlevad rabamuldasid kui ülejäänud turbalasunditest eraldi seisvat moodustist (Jefimov, 1980; Valk, 1988; Kõlli jt, 2009a; Inisheva jt, 2011).

### Materjal ja metoodika

Ülevaate tegemisel Eesti rabamuldadest oleme aluseks võtnud muldkeskse ja ökosüsteemse käsitluse printsiibid (Kõlli jt, 2009a, 2009b). Lühidalt öeldes tähendab see seda, et muldkatet (antud juhul turvasmuldkatet) käsitletakse vastastikustes suhetes teiste teda ümbritsevate ökosüsteemi koostisosadega (taimestik, loomastik jt), kusjuures peamiseks põhjuslikuks (determineerivaks) teguriks ökosüsteemi kõigi komponentide arengus peetakse mulda või muldkatet. Loodusliku turvasmullana (turvasmuldkattena) käsitleme vaid seda turbalasundi pindmist kihti, mis on märgatavalt öoloogilistes seostes ennekõike loodusliku taimkattega, kuid samas ka taimekooslustega seostunud elustiku ja kõigi teiste ökosüsteemi komponentidega. Öoloogiliselt talitlevast turvasmullast (s.o turbasoo pindmisest kihist) sügavamale jäävat turbalasundit käsitleme aga kui maavara. Samas võib ka see, muldkattest allpool asuv turvas, teatud tingimustes saada turvasmullaks ja seda peamiselt kahel viisil. Esiteks siis, kui turvasmuldkate pinnalt degradeerub (mineraliseerub) või tiheneb

ning turvasmuldkattena hakkavad talitlema turbalasundi sügavamal asuvad kihid. Teiseks siis, kui turvas kaevandatakse ja teisaldamise kaudu moodustatakse tehiskihiline turvasmuld või substraat taimede kasvuks.

Pikaajalise mulla-uurimise kogemuste järgi võiks turvasmuldkatte kokkuleppeliseks tüseduseks Eesti mullastikus-ökoloogilistes tingimustes võtta 50 cm (Kõlli jt, 2012). Analoogselt mineraalse muldkattega nimetatakse ka turvasmuldkatte pindmist (0–30 cm) osa pealiskullaks ja alumist (30–50 cm) osa aluskullaks. Pealiskull (epipedon, acrotelm) eristub alumisest osast taim-muld vastastikuste suhete intensiivsuse ja parema õhustatuse poolest ning just selles pealmises kihis toimustav talitlemisest sõltub valdaval määral kogu ökosüsteemi edasine areng.

Teatavasti sõltuvad eri liiki muldade muldkatete tüsedused suurel määral kliimaatilisest vööndist. Eestist lõunapoolse minnes mineraalsete muldkatete tüsedused suurenevad, põhja poole vähenevad. Nii on see ka turvasmuldkatetega ehk nende tüseduse kokkuleppelised piirid on vööndite (ja riikide) kaupa erinevad ja erinevad on ka turvasmuldade määrangud. Kui näiteks meil loetakse turvasmuldadeks neid muldasid, millede turbahorisondi tüsedus on üle 30 cm, siis USA muldade klassifikatsiooni järgi peab turvasmulla turbahorisondi tüsedus olema üle 40 cm.

Eesti muldade klassifikatsiooni (EMK) järgi jaotatakse rabamullad turbakihi tüseduse alusel kolmeks liigiks: väga õhukesed (30–50 cm), õhukesed (50–100 cm) ja sügavad (>100 cm) rabamullad. Nende erimiteks jaotamine tehakse aga pindmise 40 cm turbakihi kolmeastmelise lagunemise skaala järgi, kusjuures rabaturvasmullad on tavaliselt halvasti (tähistatud alaindeks 1-ga) ning vähemal määral keskmiselt (alaindeks 2) lagunened. Turba lagunemisastme detailsemal määramisel kasutatakse Posti 10 astmelist humifitseerumise (H1–10) skaalat (Szajdak jt, 2011), milles sõna 'lagunemise' asemel on kasutusel sõna 'humifitseerumise' aste. Nii on EMK järgi määratud halvasti lagunenud turvasmullaerimi humifitseerumise astmeks Posti skaala järgi H1–3 ja keskmiselt lagunenud turbal – H4–6 (Astover jt, 2012).

Ülevaates esitatud rabamuldade omadused pärinevad autori poolt varem tehtud kokkuvõtetest ja loengumaterjalidest (EMDK, 2008; Astover jt, 2012). Andmed rabamuldade süsinikuvarude kohta pärinevad meie varasematest uurimustest (Kõlli jt, 2009a, 2009b). Hinnangu andmisel süsiniku käibe kohta on aluseks olnud rabaökosüsteemide taimkatte produktiivsus (Kõlli, 1991) ja rabaturvaste juurdekasv, kusjuures fütomassi keskmiseks C sisalduseks on võetud 45% ja turbal 50%.

Praegusel ajal üha globaliseeruvast teaduslikust uurimistööst on möödapääsmatuks osutunud unifikitseeritud mullaklassifikatsioonide väljatöötamine ja kasutamine. Sellest lähtuvalt tutvustame ka antud töös rööbiti rahvusliku mullaklassifikatsiooniga (EMK) hoopiski laialdasemalt kasutatavat WRB (World Reference Basis for Soil Resources) klassifikatsioonisüsteemi rabamulda-

dega seonduva osas (IUSS..., 2015). Rabamulla käsitlemisel rahvusvahelisel tasemel peaksime ennekõike teadma järgmisi rabamuldi iseloomustavaid tunnussõnu ja nende tähendusi nagu: *histic* – turbast koosnev, *fibric* – halvasti lagunenuid turvas, *ombritic* – sademeveelise toitumisega (turvas)muld, *dystric* – madala küllastusastmega ja toiteelementide poolest vaene muld, *floatic* – õõtsiku turvas ja *drainic* – kuivendussüsteemiga muld. Peale selle on veel mõned tunnussõnad, mida võiks vaja minna rabamuldade ja turbaainese täpsel iseloomustamisel. Nendeks on: *hemic* – keskmiselt lagunenuid turvas; *hyperorganic* – turvasmuld tusedusega üle 2 meetri, *lignic* – rikas puuturba poolest, *transportic* – teisaldatud muld ja *relocatic* – kohapeal segatud muld.

### Eesti rabamuldade jaotamine, talitlemine, omadused ja levik

#### Iseloomustus, jaotamine ja nimetused

Rabamuld on sadevee-toiteline (*ombritic*) alaliselt liigniiske üle 30 cm tusedusest lagunemata või vähelagunenud rabaturbast (*fibric*) koosnev tugevasti happeline looduslikus seisundis olev turvasmuld (foto 1). Kuna kõrgsoo toiteelementide poolest vaest (*dystric*) rabamulda ei mõjasta nüüdisaegsed geoloogilised protsessid on tegu normaalselt arenenuid turvasmullaga. Tihedais ökoloogilistes seostes rabamullale sobitunud loodusliku taimkatttega talitleb vaid kõrgsoo turbalasundi pindmine kiht, mille tõttu käsitleme Eesti tingimustes turvasmuldkattena (rabamullana) üksnes raba pindmist 50 cm paksust turbakihti.

EMK järgi eristatakse kolm rabamulla liiki (sulgudes mulla kood): *väga õhukesed* ( $R'$ ), *õhukesed* ( $R''$ ) ja *sügavad rabamullad* ( $R'''$ ). Sügavad rabamullad on valdavalt tekkinud madal- ja siirdesoomuldade rabastumisel st üleminekul sega-toitega veerežiimilt toitainete vaesele sadeveega toitumisele, millega on kaasnenud vähelagunenud happelise turba ladestumine turbalasundi pinnale. Suurem osa (>96%) rabamuldadest paikneb tusedal (>1 m) turbalasundil. Nende kõrval leidub ka mineraalmaa soostumisel ehk turvastunud leedemuldade rabastumisel tekkinud õhukese (30–100 cm) turbakihiga rabamuldad, kus turbakiht on kasvanud üle 30 cm vähelagunenud toitainete vaese happelise turba arvel.

Pinnalt turbakihi kasvades surevad püsivalt õhuvaesse ja happelisse kihti jäänud juurestikuga puud ning puhmas- ja rohurinde taimed rabamullal välja ning ka nendest moodustub turvas. Turba tootmise tagajärjel sügava turbakihiga rabamullal tekib normaalse arenguga rabamulla asemele anormaalsete muldade hulka kuuluv tehismuld – *eemaldatud rabamuld* ( $T \times R$ ). Üheks omapärasemaks rabamuldade hulka kuuluvaks mullaks on *õõtsik rabamuld* ( $R\delta$ ). Seda mulda iseloomustab vähemalt 30 cm paksune halvasti lagunenuid turbakiht, mille all on toiteainete vaene rabalauka vesi. Eesti muldade kaardistamisühikute nimekirjas on

kokku 22 turvasmulla liiki, millest viis eelpoolnimetatut kuulub rabamuldade hulka.

Maa-ameti geoportaali kaardiserveris on olemas detailne Eesti mullakaart mõõtkavas 1 : 10 000 (Maa-ameti..., 2016). Selle kaardi lugemiseks on vaja teada mullaliikide ja erimite koodi (Maa-amet, 2001). Rabamulla koodiks on „R“ ning kolmeks turbakihi tuseduse järgi eristatud rabamulla liigiks  $R'$ ,  $R''$  ja  $R'''$ . Turba lagunemisastme järgi määratud erimitena võivad mullakaardil esineda peamiselt (>94%)  $R'$ ,  $R''_1$  ja  $R'''_1$ , s.o halvasti lagunenuid (lagunemise aste <20%) rabaturvasmulla erimid. Hoopiski harvem võib esineda keskmiselt lagunenuid rabamulla erimeid ( $R'_2$ ,  $R''_2$  ja  $R'''_2$ ) ja nende erinevaid kombinatsioone.

Rabamuldade kuivendamisel pindmiste turbakihtide lagunemine intensiivistub mitmekordselt ja vähelagunenud pindmisest turbakihist kujuneb vähem kui 10 aasta jooksul keskmiselt lagunenuid ja edaspidi hästilagunenud (kõdu)turba kiht. Taolist pealt tugevamini lagunenuid turbakihiga (turvas)mulda ei ole enam õige nimetada rabamullaks, sest tegemist on hoopiski rabamulla degradeerumise tulemusel tekkinud siirdesoomullaga. Vahemärkusena olgu öeldud, et siirde- ehk üleminekusoomuldad on Eesti muldkattes eristatud kaks alaliiki. Üks alaliik nendest (raba ilmega siirdesoomuld, kaardil SR) on tekkinud madal-soo rabastumisel st vähelagunenud turbasamblaturba akumulatsioonil pindmisse kihti. Teine alaliik (madal-soo ilmega siirdesoomuld, SM) on tekkinud rabalaama kuivendamisest põhjustatud rabamulla degradeerumise tagajärjel. Need kaks siirdesoo-turvasmulla alaliiki on äratuntavad ka nende lõimise (antud juhul turba) valemi järgi. Esimesel juhul on pindmiseks kihiks halvasti lagunenuid ( $t_1$ ) vähemalt >10 cm-ne turbakiht, millele järgnevad, kas keskmiselt ( $t_2$ ) ja/või hästilagunenud ( $t_3$ ) turbakihid. Teisel juhul on pindmise kihi turvas paremini lagunenuid ( $t_2$  või  $t_3$ ) võrreldes tema all asuvaga (vastavalt  $t_1$  ja  $t_2$ ).

WRB järgi on rabamulla põhিনিimetuseks *Fibric Histosol*. Loodusliku rabamulla olemust saab täpsustada tunnussõnadega *ombritic* ja/või *dystric*. Piisava täpsusega rabamulla nimetus WRB järgi olekski *Ombritic Fibric Histosol*, sest *ombritic* tähendab ühtlasi ka seda, et see muld on *dystric* iseloomuga. Õõtsik rabamulla nimetuseks on aga *Floatic Fibric Histosol*. Kui aga on vaja kasutada veel teisi tunnussõnu, siis need pannakse mulla nimetusse järellitena (välja arvatud *hemic* kui eesliide), kusjuures tähtsamad tunnussõnad omadustest lähtuvalt on põhিনিimetusele lähemal. Niisiis kui rabamulla turba tusedus on üle 2 m, siis on ta *Ombritic Fibric Histosol* (*Hyperorganic*), ja kui veel ka kuivendatud, siis *Ombritic Fibric Histosol* (*Hyperorganic, Drainic*). Seega võib sulgudes olla vajaduse korral mitu tunnussõna, mis eraldatakse üksteisest komaga. Igal tunnussõnal on olemas kahest või kolmest väikest tähte koosnev kood, kusjuures põhi- (ehk referents-) muld tähistatakse koodiga, milles on kaks suurt tähte (IUSS..., 2015). Nii on näiteks ülalpool viimasena antud mulla-nimetuse koodiks kaardil või tabelites *HS-fi.om-jo.dr*.





**Foto 1.** Poole meetri paksune rabaturvasmulla kiht, mille alumine osa on ca 10 cm ulatuses rabavee tasemest allpool. Autor: Tarmo Kõlli

**Photo 1.** Bog peat soil cover with thickness of half meter, from which lower part approximately 10 cm is situated below of bog water level

Eesti turvasmuldade klassifikatsiooni otstarbekohasuse hinnang ja selle adekvaatsuse analüüs WRB süsteemi suhtes näitas, et lokaalse klassifikatsiooni vajalikuks küljeks on turvasmuldade jaotamine kolmeks liigiks turbakihi tüseduse järgi. Teatavasti jagati mullastiku kaardistamise algaastatel Eesti turvasmullad kaheks: õhukesed (turvast 30–100 cm) ja sügavad (turvast

>100 cm). Hiljem kui selgus, et õhukesed turvasmullad on väga tundlikud nii kuivendamise kui valedes majandamise võtete suhtes, jagati õhukesed turvasmullad omakorda kaheks: väga õhukesed (30–50 cm) ja õhukesed (50–100 cm). Taoline täpsustatud ressursi määrang mullakaartidel võimaldab nüüd turvasmuldasisid



otstarbekamalt jaotada nende ökoloogiliselt põhjendatud majandamiseks ja kaitseks.

Kasutades WRB muldade omadusi kajastavaid tunnussõnu on võimalik iseloomustada rahvusvaheliselt arusaadaval viisil kõiki Eesti turvasmuldade (sh rabamulda) taksoneid, kusjuures täiendavaid selgitusi vajavad vaid turba tüsedused. Samas tuleks mullataksoneite kohta moodustatud andmebaasid eelistatult säilitada lokaalse klassifikatsiooni alusel. Lisaks sellele, et lokaalne klassifikatsioon on detailsem, on WRB süsteemi puuduseks veel ka see, et ta on käesoleval ajal kiiresti muutuv arengufaasis tema ülesehituses pidevalt tehtavate täienduste tõttu. Seega ei tohiks mingil juhul irduda algselt kohaliku klassifikatsiooni järgi tehtud määrangutest.

### Tekke ja talitlemise ökoloogilised tingimused

Rabamulla turbalasund on kujunenud keemiliste elementide poolest vaese (*ombrotroofse*) sajuvee mõjul. Looduslike rabamulda pealismuld (*epipedon*) on valdavalt toiteelementide poolest vaene (*oligotroofne*) halvasti lagunenu tugevasti happeline turvas, mis sügavatel rabamuldadel ulatub ka profiili alumisse ossa. Keskmiselt ja hästi lagunenu turvaga rabamulda osakaal on väga väike (vastavalt 5% ja <1%).

Rabataimestiku ilme järgi eristatakse rabametsad ning puis- ja lagerabad. Kõige rohkem leidub Eestis puisrabasid (45–50%), millele järgnevad rabametsad (26–34%) ja lagerabad (21–24%), kuid nõmmrabad hõlmavad vaid <1% rabamulda kogupindalast (Paal jt, 1999). Metsastunud rabamuldadel kasvavad peamiselt hõredad männikud, kuid esineb ka sookasega männikuid (Lõhmus, 2006). Nii rabametsades, kui ka puisrabades ja lagerabade rabapeenardel on hästi väljakujunenud puhmarinne, mille valdavateks liikideks võivad olla sookail, sinikas, hanevits, kanarbik, kukemari, küüvits, vaevakask, jõhvikas (harilik, väike) erinevates vahekordades (fotod 2, 3 ja 4).

Suurima massi ja ka aasta juurdekasvu annab rabamulla alustaimestik siiski samblarinne. Turbasammaldest on esindatud pruun (*Sphagnum fuscum*), lillakas (*S. magellanicum*), punane (*S. rubellum*), kitsalehine (*S. angustifolium*), balti (*S. balticum*), teravalehine (*S. acutifolium*), pudev (*S. cuspidatum*) turbasammal ja veel mõned teised liigid (fotod 5 ja 6). Kahe esimese (meie rabades domineerivate turbasammalde) liiginimetused on kasutusele võetud ka turvaste klassifitseerimisel (on eristatud vastavalt fuskumi ja magellaanikumi turbad). Teistest sammaldest võib rabades leida raba-karusammalt, soovildikut, harilikku palusammalt jt Rohurinde taimedest on rabamullal levinud tupp-villpea, jänesevillad (raba, alpi), rabamurakas, valge nokkhein, rabakas, huulheinad (ümara- ja ahtalehine), tarnad (muda-, pudel-) jt (foto 7). Ka lagerabade domineerivateks liikideks on turbasamblad, millele lisandub erinevates vahekordades kanarbikku, sookailu, jänesevilla, tupp-villpead jt



Foto 2. Rabamaastik: Endla puis-peenra-älveraba. Autor: Jaanus Paal

Photo 2. Bog landscape: Endla treed-ridge-hollow bog



Foto 3. Rabamaastik: Suru raba, vaade tornist. Autor: Tarmo Kõlli

Photo 3. Bog landscape: Suru bog, view of the tower



Foto 4. Jõhvikarikas mosaiik Tudu Järvesoo rabas. Autor: Tarmo Kõlli

Photo 4. Rich in cranberry mosaic of plant cover in bog of Tudu Järvesoo



Foto 5. Pruun turbasammal. Autor: Jaanus Paal

Photo 5. *Sphagnum fuscum*





Foto 6. Lillakas turbasammal. Autor: Jaanus Paal  
Photo 6. *Sphagnum magellanicum*



Foto 7. Umaralehine huulhein. Autor: Tarmo Kõlli  
Photo 7. *Drosera rotundifolia*

Rabades kasvavate taimeliikide arvukus erinevates rinnetes (puu-, puhma-, rohu- ja samblarinne) on võrdlemisi tagasihoidlik. Samas paistavad rabad silma oma taim-muld komplekside väga rikkaliku mosaiiksuse poolest. Paal jt (1999) järgi on Eesti rabade mikromaastiku ja taimekoosluste osisteks mätta-, peenra-, älve- ja laukarabad, mis võivad rabalaamadel moodustada väga erinevaid rabakomplekse. Sügavaturbaliste rabade iseloomustamisel taim-muld suhete aspektist antakse igale konkreetsele rabale olemasolevatele tingimustele vastav mono- või liitkompleksi nimetus, näiteks mätтарaba, puis-mätta-älveraba, peenra-älve-laukaraba jms. Sügavatest rabamuldadest erinev aga samas ka ühtlasem taimkate moodustub õhukese turbaga nõmmrabadel. Enam levivaks taimkattedeks nendel muldadel on kanarbiku- või sookailumännikud erinevates vahelkordades turbasammaldegaga.

Rabamuldade bioloogilist aktiivsust pärsib mullapinnani ulatuva alalise liigniiskuse ja redutseerumistingimuste kõrval ka suur happesus. Pideva liigniiskuse põhjustajaks on ühelt poolt turbasammalde anatoomiline ülesehitus. Nende kudedes sisalduvad erilised rakud,

mis imavad endasse kättesaadavat vett kuni küllastumiseni, võimaldades taimel seda tarbida veevaesel perioodil. Teiselt poolt hoitakse vett epipedonis kinni ka turbasammalde poolt moodustunud käsnaana talitleva tiheda sammalde võrgustiku abil. Rabamulla hapestumist põhjustab aga ainevahetusprotsess turbasambla ja teda ümbritseva veekeskonna vahel, mille käigus taimesse neeldunud toiteelementide vahetusena erituvad rabavette vesinikioonid. Kõige selle tõttu ei allu turba pinnale langenud värske vare ega ka turbasammalde alumine surnud osa intensiivsele mineraliseerumisele, vaid ladestuvad turbana.

Puhmarinde juurestik hõlmab rabamullal vaid õhukese ajuti paremini õhustatud pindmise turbakihi. Et turbasammal laguneb aeglasemalt kui teised rabataimed, on ka turbasambla jäännuste osakaal rabaturbas suurem võrreldes teiste rabataimedega. Nii näiteks laguneb suhteliselt kiiresti valdava osa rohurinde taimeliikide vare. Keskmiselt lagunevateks võib pidada tarnu, oksti ja okkaid, millistest jääb lagunemata ca 20–30%. Lagunemisele vastupidavateks on aga turbasamblad ja tupp-villpea maa-alused osad, millistest võib turbana säilida >80% kogumassist. Turbasammalde aeglasem lagunemine on tingitud ka nende koosseisus olevatest fenoolsetest ühenditest, mis on hästi vastupidavad iga-sugustele hüdrofüüsiprotsessidele. Tulenevalt rabamuldades toimuva arenguprotsessi seaduspärasustest on rabamuldade valdavaks koostisosaks kujunenud fuskumi-, magellaanikumi-, kanarbiku-, villpea- ja männihalvasti lagunenud turbad (Masing, 1984; Valk, 1988; Allikvee, Ilomets, 1995).

#### Omadused ja talitlemine

Halvasti lagunenud rabaturvasmulla pindmise 10–20 cm tuseduse kihi lasuvustihedus on väga väike (0,02–0,04 Mg m<sup>-3</sup>). Alumistes rabamulla kihtides on lasuvustihedus valdavalt piirides 0,05–0,06 Mg m<sup>-3</sup>. Seega värskelt moodustunud rabaturvas (lasuvustihedusega <0,02 Mg m<sup>-3</sup>) tiheneb oma tasakaalulise tiheduseni (ca 0,06 Mg m<sup>-3</sup>) 50 cm turvasmulkkatte keskmises ja alumises osas. Rabaturba tahke osa tihedus varieerub vahemikus 1,5–1,6 Mg m<sup>-3</sup> ning tema üldine poorsus on suur (95–98%). Rabamulla eripind on enamasti piirides 300–450 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>.

Kuivendamise korral intensiivistub rabamulla turba lagunemine mitmekordselt. Kuivendatud rabamuld muutub ajapikku kõduturbaks ja ka tihkestub olulisel määral. Kõige selle tõttu turba lasuvustihedus võib kuni 10 kordselt suureneeda, ulatudes >0,20 Mg m<sup>-3</sup>.

Rabamulla redokspotentsiaal on kõrgem pealismullas (ca 480 mV) võrreldes alusmullaga (ca 380 mV). Mikroobne biomass on rabamullas piirides 9–13 mg g<sup>-1</sup>, kusjuures valdava osa sellest (80–90%) moodustab seente müetseel. Bakterite biomass on piirides 7–13%, seente spooride oma 2–11% ja aktinomütseete on vaid alla <1% (Inisheva jt, 2011).

Rabamuldade turba üldine tuhasus on valdavalt alla 3% (1,5–2,5) ja nad on väga tugevasti happelised: pHKCl on 2,5–3,0, hüdrofüütiline happesus 60–110 cmol kg<sup>-1</sup> ja liikuva alumiiniumi sisaldus

>400 mg kg<sup>-1</sup>. Rabamuldade neeldunud aluste ja üldlämmastiku sisaldus on väike (vastavalt ca 20–40 cmol kg<sup>-1</sup> ja 8–12 g kg<sup>-1</sup>) ning küllastusaste väga madal (10–30%), kuid suhe C : N on lai (>50).

Turba lagunemisel ehk humifitseerumisel suurenevad temas C ja N sisaldused ning vähenevad O ja H sisaldused. Suurima osa vähelagunenud turvasmullast moodustavad kergesti hüdrolüüsuvad komponendid (tselluloos, hemitselluloos) ja lahustumatu jääk. Oluline osa kuulub ka huumushapetele (ca 10–30%). Väikese osa moodustavad vees lahustuvad ühendid (ca 1–3%) ja bituumid (<3%).

Rabavee hapnikusisaldus on alusmullas väga madal <0,2 mg liitris, pealismullas on see suurem ca 6 mg l<sup>-1</sup>. Rabavesi on vaene ka lämmastiku poolest sisaldades seda 0,75–1,0 mg l<sup>-1</sup>, millest valdava osa moodustab orgaanilise aine hõljumis olev lämmastik. Suhteliselt rikkam on rabavesi vees lahustunud süsiniku poolest (45–110 mg l<sup>-1</sup>), millest 50–60 mg l<sup>-1</sup> moodustavad fulvohapped ja 5–25 mg l<sup>-1</sup>, huumushapped. Keemiline hapnikutarve on piirides 60–225 mg liitri kohta.

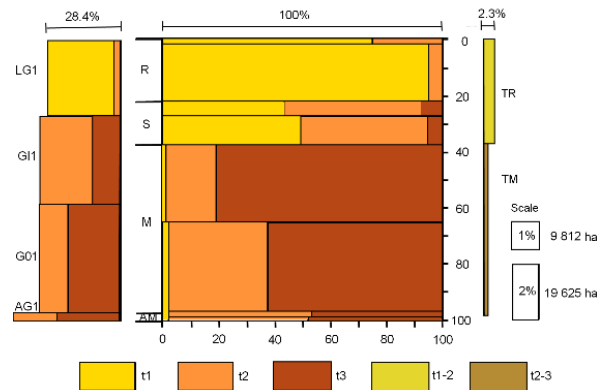
Looduslikud rabamullad on oma alalise liigniiskuse tõttu (võivad maksimaalselt mahutada 15–20 korda rohkem vett võrreldes turba kuivmassiga) külmad ja aeglaselt soojenevad. Soojuse levikut rabamulda takistab ka poorne turbakiht. Liigniiskuse ja vähese soojuse tõttu rabamulla turvas säilib praktiliselt lagunemata kujul või siis see laguneb vähesel määral vaid kuival ja soojal suveperioodil.

### Levik ja teenused ühiskonnale

Rabamullad moodustavad Eesti muldkattest 5,1% ja turvasmuldadest 21,7% (joonis 1). Suurimad rabamuldade levikualad on Pärnu madalik, Alutaguse, Võrtsjärve nõgu ja Peipsi-äärsed madalikud (joonis 2). Rabade osakaal on suur (üle 20%) Muraka, Puhatu, Võlla, Emajõe Suursoo ja Palupõhja agro-mullastikulistes mikrorajoonides ning maakondadest (üle 10%) Pärnumaal ja Ida-Virumaal (joonis 3). Suuremad tüseda turbakihi rabamullamassiivid piirnevad oma leviku äärealadel siirde- ja madaloomuldadega, kuid väiksemad (õhukesed rabamullad) – turvastunud leedemuldadega.

Talitlevate rabamuldade ühiskonnale osutatavad teenused (hüved) võivad olla oma loomult ökoloogilised, majanduslikud, teaduslikud, rekreatiivsed, esteetilised ja muud taolised. Rabad ja nende muldkate 1) rikastab piirkondlikku looduslikku mitmekesisust kõrgsoole ehk rabale omaste taimekoosluste ja nendega seotud elustiku poolest; 2) mitmekesistab piirkonna maastikku omapärase ürgloodusliku märgalaga, mida saab kasutada looduses puhkamise ja looduse tundmaõppimise eesmärgil; 3) on atmosfäärse päritoluga (raba)vee reservuaariks, mis võib kõrgsoode puhul eksisteerida ka positiivse pinnavormi kujul; 4) on rabaturbalaamasid kaitsvaks ja juurdekasvu genereerivaks kihiks; 5) eksisteerivad territooriumina, mille arvel saab vajaduse korral laiendada kõrgeproduktiivsete kultuurökosüsteemide pinda; 6) on rahva poolt hinnatud marjade (mura-

kas, jõhvikas) ja ravimtaimede looduslikuks kasvukohtaks; 7) on taimkatte ajaloolise arengu arhiiviks tänu turvas akumulatsioonide tolmuterade ja radioaktiivse süsiniku andmepangale ja 8) võimaldavad vajaduse tekkel kasutada turvasmulkattes ja tema all olevaid turvavarusid erisugusel majanduslikul otstarbel (alusturbana, aianduse kasvusubstraadina ning soojusenergia tootmise ja keemiatööstuse toorainena).



**Joonis 1.** Rabamuldade osatähtsus teiste Eesti turvasmuldade (100% keskmine ruut) ning selle võrdlus tehisturvas- (tulp paremal) ja turvastunud (tulp vasakul) muldadega

**Mullad:** R – raba-, S – siirdesoo-, M – madal soo-, AM – lammi-madal soo-, TR – tehis-raba-, TM – tehis- madal soo-, LG1 – leede-turvastunud, G11 – küllastumata turvastunud, Go1 – küllastunud turvastunud, AG1 – lammi-turvastunud muld

**Turba (t) lagunemise astmed:** t<sub>1</sub> – halvasti, t<sub>2</sub> – keskmiselt ja t<sub>3</sub> – hästilagunenud turvas

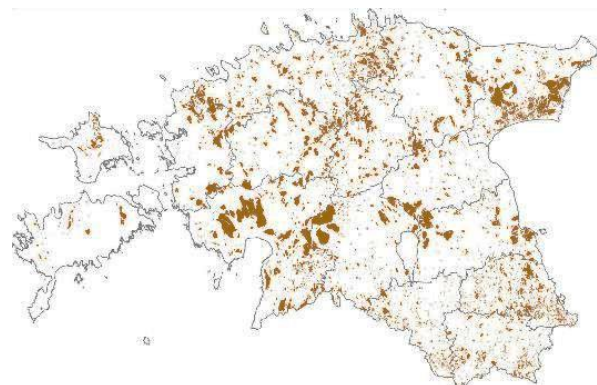
**Turvasmuldade jaotus kaheks turba tüseduse järgi:** Ülemine osa – väga õhukesed ja õhukesed (turba tüsedus 30–100 cm) turvasmullad (R' ja R'', S' ja S'', M' ja M'' ning AM' ja AM'') ja alumine osa sügavad (turba tüsedus >100 cm) turvasmullad (R''', S''', M''' ja AM''')

**Figure 1.** Role of bog soils among other peat soils of Estonia (square in the middle 100%) as compared with associated peaty soils (column on left side) and quarry peat soils (on right side)

**Soils:** R – bog, S – transitional bog, M – fen, AM – alluvial-fen, TR – high-bog quarry, TM – fen quarry, LG1 – peaty gley-podzols, G11 – peaty dystic gley, Go1 – peaty eutric gley, and AG1 – peaty alluvial soils

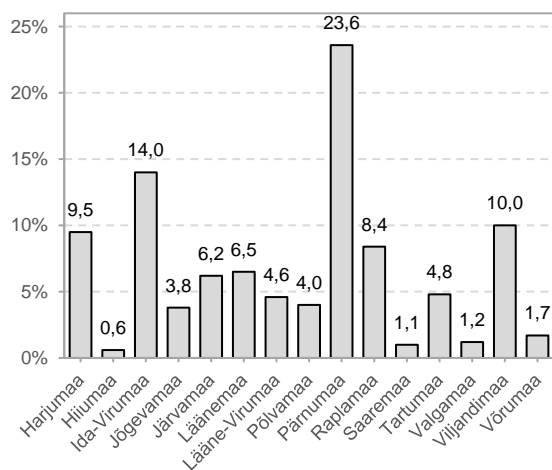
**Degree of peat (t) decomposition:** t<sub>1</sub> – slightly, t<sub>2</sub> – moderately and t<sub>3</sub> – well decomposed

**Peat soils groups by peat thickness:** 1) upper part thickness 30–100 cm (R', R'', S', S'', M', M'', AM' and AM'') and 2) lower part >100 cm (R''', S''', M''' ja AM''')



**Joonis 2.** Rabamulla levikualad. Koostanud Priit Penu ja Tambet Kikas

**Figure 2.** Distribution of bog soils. Compiled by Priit Penu and Tambet Kikas



**Joonis 3.** Rabamuldade levik Eesti maakondades. Koostanud Priit Penu ja Tambet Kikas.

**Figure 3.** Distribution of bog soils in Estonian Counties. Compiled by Priit Penu and Tambet Kikas.

### Arutelu rabamuldade süsiniku käibe ja kaitse kohta

#### Rabamuldade orgaanilise süsiniku varud ja käive

Meie kalkulatsioonide järgi akumulereib üks hektar raba pindmist 30 cm tusedust turbakihti keskmiselt  $43,5 \pm 3,5$  Mg ja 50 cm kiht  $139,4 \pm 8,7$  Mg orgaanilist süsinikku (Kõlli jt, 2009b). Kokku on Eestimaa poolemeetrise tusedusega rabamuldakattes akumulereunud  $33,7 \pm 2,1$  Tg orgaanilist süsinikku, millest  $10,5 \pm 0,8$  Tg paikneb pindmises 30 cm tuseduses epipedoni kihis. Eestimaa poolemeetrise turvasmulkatte mass (kokku 543,7 Tg) moodustab ca 22,9% kogu Eesti turbaravust, mis on Orru (1992) järgi 2,37 Pg (Kõlli jt, 2009a).

Looduslike rabamuldade produktiivsus on siiski äärmiselt madal. Rabametsade valdav boniteet Va tähendab minimaalset kogust männi tüvepuitu (alla 80–100 tihumeetri hektari kohta) ja selle aastajuurdekasvu ( $1,6\text{--}2,1$  tm ha kohta; Etverk, 1980). Kui võrrelda seda meie parimate ja keskmise produktiivsusega metsaökosüsteemidega, siis on see kordades (vastavalt ca 5 ja 3 korda) väiksem. Samas võib seoses rabastumise intensiivistumisega puurinde juurestik sattuda rabamulla anaeroobsesse turbakihti, mille tõttu puud surevad välja, varisevad turbasse ja nendest moodustub ajapikku kasvukohale akumulereuv puu-(männi-)turvas. Nii võib rabametsa asemele moodustuda puis- või isegi lageraba.

Kuivõrd rabastumise edenemisega väheneb puurinde (puidu-) roll rabamulla kogu produktiivsuses, siis kasutame nende muldade produktiivsuse analüüsil mõistet aasta fütoproduktiivsus (AFP). AFP, mida väljendatakse absoluutkuiva fütomassina pindalaühiku kohta ( $\text{Mg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ,  $\text{g m}^{-2} \text{a}^{-1}$ ), kätkeb endas peale puurinde tüvede, võrade ja maa-aluse osa aasta produktiivsuse ka sambla, rohu- ja puhmarinde AFP (Kõlli, 1991). Rabamuldade AFP on suhteliselt stabiilne näitaja, sest teda moodustavad erinevate rinnete AFP kompenseerivad vastastikku üksteist.

Looduslikus olekus rabametsa puurinde (täiusega 0,6–0,7) AFP ulatub piiridesse  $1,6\text{--}1,9$   $\text{Mg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ , millest tüvede puidule langeb ca 54%, okstele 15%, juurtele koos kändudega 12%, okastele 12% ja puukoorele 7%. Puisrabade puurinde AFP ei ületa tavaliselt  $0,5\text{--}0,7$   $\text{Mg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$  kohta. Mida väiksem puurinde roll seda suurem on nii ökosüsteemi kogu fütomassi kui ka selle AFP osas mosaiiksel alustaimestikul. Suurima AFP-ga raba alustaimestiku hulgas on samblarinne, mille keskmine AFP ulatub meie rabamuldadel piiridesse  $0,9\text{--}1,2$   $\text{Mg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ . Kosykh'i ja Naumovi andmetel (2012) ulatub Eesti rabaökosüsteemidega ekvivalentsetes tingimustes kasvanud rabamulla *S. fuscum* AFP isegi piiridesse 2,5 kuni 3,5  $\text{Mg kuivmassi ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ . Puhmarinde AFP on tunduvalt tagasihoidlikum (keskmiselt  $0,20\text{--}0,40$   $\text{Mg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ), mistõttu jäävad nad olelusvõitluses alla turbasammaldele. Rohurinde osa rabade AFP koguhulgas on keskmisena väga väike ( $0,1\text{--}0,2$   $\text{Mg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ), välja arvatud muidugi juhtudel, kui on tegemist hästi arenenud rohurindegaga. Taolist olukorda esineb põhiliselt siiski vaid üleminekualadel rabamuldadel siirdesoo muldadele.

Üldistatult saab öelda, et meie rabamuldade AFP väljendatuna kuivmassina on  $2,0\text{--}3,5$   $\text{Mg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$  ning seotud süsiniku alusel veidi alla poole sellest ( $0,9\text{--}1,6$   $\text{Mg C ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ). Suurema produktiivsusega on puisrabad, väiksema juurdekasvuga aga lagerabad. Lääne-Siberi rabade vastavad näitajad varieeruvad ligikaudselt samades piirides (vastavalt kuivmassi  $2,1\text{--}3,4$  ja orgaanilist süsinikku  $1,0\text{--}1,6$   $\text{Mg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ; Inisheva jt, 2011). Võrreldes rabamuldade AFP meie parimate mineraalmuldadega on rabamuldade produktiivsus ca 5 korda väiksem ja võrreldes keskmise produktiivsusega muldadega üle kolme korda väiksem.

AFP on ainukeseks materiaalseks aluseks uue turba kihi tekkele, sest atmosfääri kaudne mineraalsete ainete sissetulek rabaökosüsteemi aineringses on puhtas looduses minimaalne. Looduslikult talitleva rabamulla paljuaastane keskmine turba juurdekasv oleneb kahest teineteisele vastandlikust protsessist, milleks on ühelt poolt AFP ja sellest moodustuva varise voog kasvukoha turbasse, ja teiselt, värske varise ja eelmistel aastatel moodustunud veel mitte stabiliseerunud turba lagunemise määr. Uue turba akumulereumist saab väljendada mitmel erineval moel, kas lähtuvalt turba massist, turbas sisalduva süsiniku massist või hoopiski tuseduse juurdekasvuna millimeetrites aasta kohta. Turba juurdekasvud antakse üldreeglina aasta, kuid massi juurdekasvud veel ka pindalaühiku (ha,  $\text{m}^2$ ) kohta. Turba juurdekasvu hindamise teeb keerukaks juurdekasvude suur varieerumine, mis on toimunud, ühelt poolt, geoloogilises ajas sõltuvuses kliimatiliste tingimuste muutumisega. Teiselt poolt on täheldatavad selged varieeruvused ka nüüdisajal, nii seoses rabapinna mikroreljeefi ja sellega kohastunud rabataimkatte mosaiiksusega, kui ka aastast aastasse muutuvate meteoroloogiliste tingimustega. Kui rabataimkatte vegetatsiooniperioodi produktiivsuse dünaamika on aastate jooksul suhteliselt ühetaoline, siis raba pealmises kihi lagunemises on sel-



lest tunduvalt suuremad varieeruvused. Kui produktiooniprotsess saab igal aastal oma alguse soojalaine tulekuga turbapinnal olevasse taimkattesesse, siis lagunemisprotsess on ettemääratam, kuna ta on seotud nii soojuse kui õhurežiimide õigete vahetkordade saabumisega 0–7 cm turbakihti. Võttes arvesse eelpool toodud asjaolusid oleks rabamuldade iseloomustamiseks õigem kasutada pikemate perioodide kohta arvatud keskmisi näitajaid. Ka tasub meeles pidada tõdemust, et turba akumulatsioon sõltub ennekõike turba lagunemisest, mitte aga niivõrd uue varise juurdetulekust turbamulda (Mäkilä, Saarnisto, 2008).

Paljude allikate alusel on meie rabamuldade paljuaastane keskmine turba juurdekasv  $1,0 \pm 0,2$  mm (Valk, 1988; Allikvee, Ilomets, 1995). See juurdekasv on kehvativ pealiturbamulla 10–30 cm sügavusel lasuva tasakaalustunud turba puhul, sest pindmine kuni 10 cm turbakiht on vajumata ja seega veel väga väikese lasuvustihedusega ( $<0,02$  Mg m<sup>-3</sup>). Kui turba juurdekasvu hindamine tüseduse kasvu järgi annab küllaltki hea ülevaate kogu turbalasuundi suhtes, siis turvasmuldkatte osas see näitaja ei sobi, sest selles kihis ei ole turba lasuvustihedus veel stabiliseerunud ehk selle tiheduses esinevad mitmekordsed erinevused. Turvasmuldade puhul oleks õigem anda juurdekasvu hinnang, kas turba kuivmassi või temas oleva süsiniku alusel.

Rabataimkatte turvasmulla pinnale ja või selle pindmisse kihti sattunud taimse vare pidevalt kulgev lagunemine-humifitseerumine kestab aastakümneid kuni tema stabiliseerumiseni turbana anaeroobses keskkonnas. Lagunemise protsessidest säilinud vare osa käsitletakse kui turba juurdekasvu. Eestis ja Eestiga sarnastes (pedo-ökoloogiliselt ekvivalentsetes) tingimustes on looduslikult talitlevate rabaturvasmuldade juurdekasv viimase 300–500 aasta jooksul varieerunud piirides 100–580 kg C ha<sup>-1</sup> ehk 0,2–1,1 Mg ha<sup>-1</sup> turba kuivmassi aasta kohta (Mäkilä, Saarnisto, 2008). Samade autorite üldistustena on *Holotseeni* valdavad rabaturba keskmised juurdekasvud olnud (Soomes, Lääne-Siberis, Kanadas, Alaskal) küllaltki kitsastes piirides ulatuses 150 kuni 250 kg C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Võttes arvesse ka meie poolt tehtud arvutusi võiks Eesti rabamuldade keskmiseks reeperjuurdekasvuks võtta 0,15–0,25 Mg C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ehk 0,3–0,5 tonni kuiva turvast hektari kohta aastas. Viimasena toodud suuruse vastavust konkreetse raba kohta saame kontrollida võttes aluseks kas kogu rabastumise perioodi või selle teatud osa kulgemise aja ja sellel perioodil moodustunud turbavaru.

Viimastel aastakümnetel on laekunud rohkesti andmeid CO<sub>2</sub> ja CH<sub>4</sub> emissiooni mõõtmiste kohta talitlevalt rabapinnalt (Strack jt, 2008; Salm jt, 2010; Inisheva jt, 2011). Siinjuures on olnud komplitseeritud vahetegemine CO<sub>2</sub> emissiooni algpõhjuste vahel. Nii eritub osa CO<sub>2</sub>-st produktiooniprotsessi tulemusena (autotroofne hingamine), osa orgaanilise aine säilitushingamisena ja/või turba lagunemisega aeroobses keskkonnas (heterotroofne hingamine). CH<sub>4</sub> emissioon, mis on seotud anaeroobse keskkonnaga, toimub vaid vähe- sel määral turvasmuldkatte alumises kihis, sest põhiliselt toimub see ikkagi turvasmuldkattest allpoolasuvate

turbavarude arvel. Orgaanilise süsiniku väljumine raba- ökosüsteemist võib peale nende toimuda veel ka vees lahustunud süsiniku ja rabavees olevate orgaanilise aine peente osiste ehk hõljumi koosseisus. Ka aeg-ajalt puhkevad rabamaastiku põlengud suurendavad oluliselt CO<sub>2</sub> emissiooni rabamuldkattest atmosfääri.

Juhul kui on tegemist kasvava rabaga, kus iga-aastasest AFP süsinikust akumulēerub rabaturbasse ca 10% ning samas esinevad ka süsiniku hüdroloogilised (rabavete liikumise kaudsed) kaod mõne protsendi ulatuses, siis keskmine CO<sub>2</sub> emissioon rabamullast ei tohiks ületada 0,8–1,3 Mg CO<sub>2</sub>-C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ehk keskmine heterotroofne hingamine aasta jooksul peaks jääma alla 3–5 tonni CO<sub>2</sub> ühe hektari kohta. CO<sub>2</sub> emissiooni mõõdukas suurenemine ei pruugi alati olla seotud varasemate turbavarude lagunemisega, sest on võimalikud veel ka AFP aeg-ajalt toimuvad intensiivistumised. Samas on rabade ühe aasta CO<sub>2</sub> emissiooni suurenemine üle 12–13 tonni hektari kohta selgeks märgiks rabamuldade degradeerumise kohta.

### Rabamuldade kasutamine ja kaitse

Võttes aluseks rabade ja nendel asuva muldkatte öko- loogiliste teenuste loetelu selgub, et rabade kasutamise ja kaitsega seotud probleemidest on huvitatud paljud erinevate elualade esindajad. Rabade kaitse ja kasutamise korraldamise teeb keeruliseks ka see, et suur osa rabadest on talitluslikult seotud mitte ainult teiste normaalse arenguga soomuldadega (madal- ja siirdesood), vaid ka lammi-madalsoo- ja jääksoomuldade kui anormaalsete turvasmuldadega ning samuti ka kõigi nendega kokkupuutes olevate veekogude ja turvastunud mineraalmuldadega. Nimetatud asjaoludest lähtuvalt vajab Eestimaa rabade muldkatte kasutamise ja kaitse korraldus laiapõhjalist arutelu, millesse oleks hõlmatud rabade käekäiguga seotud erinevate huvigruppide esindajad ja maavaldajad. Arutelu tulemusena tuleks leida mõistlik tasakaal, nii pikemas perspektiivis kui antud hetke majanduslikus olukorras, rabade kasutamise ja täieliku lukku panemise vahel.

Kõigile kättesaadavate kirjandusallikate (vt kasutatud kirjanduse nimekirja) järgi on Eestis olemas arvestatavates kogustes väliuurimisi ja inventuure soode sh rabade turbavarude ning nende liikide ja omaduste, taimkatte koosseisu ja tüpiseerimise ning turvasmuldade leviku ja omaduste kohta. Arvestataval hulgal on tehtud süvaurimisi turbalaamade ökoloogia ja arengu, hüdroloogia, eri liiki turvaste bioloogiliste ja keemiliste omaduste, rabade kuivendamise ja metsastamise ning kaitsega seotud probleemide kohta. Taoline uuritustase on heaks aluseks seni valitud suundade korrigeerimiseks ja kohandamiseks muutuvate majandamistingimustega. Eitada ei saa sealjuures ka mõningaid rabadega seotud probleemide senist vähest uuritust, milledest olulisemateks on jääksode rekultiveerimise võimaluste ja raba- ökosüsteemide süsiniku aastabilansi ja selle mõjurite uurimine. Kõigi huvigruppide vajaduste mõistlikku arvestamist ei saa tagada aga ilma olemasolevate uurimisandmete sünteesita (mida ei ole kahjuks seni vajali-

kul määral tehtud), sest see tagaks komplekssema (teaduspõhise) arutelu võimaluse turbaalade kasutamise ja kaitse osas.

Selgitamist (või revideerimist) vajab iga konkreetse raba tähtsus nii Eesti kui terviku seisukohalt, kui ka lokaalsetest huvidest lähtuvalt. Esimene valik kaitstavate rabaalade osas on seni tehtud ja peaks ka edaspidi toimuma kogu riigi seisukohalt. Mõistlik valik on selline, mis võimaldab riigil arendada teaduspõhiselt kõiki erinevaid kasutamise suundasid. Teine valik on pigem kohalike omavalitsuste või maaomanike otsustada, kusjuures majandamise kulud ja tulud lähtuksid kohalikest huvidest. Piirkondliku tähtsusega rabade suhtes võiks lubada tunduvalt rohkem manipuleerimise võimalusi. Näiteks otsustada kas sellel alal on suurem rekreatiivne ja koriluse väärtus versus turba kaevandamisel või kuivendamisel intensiivsemaks metsakasvatuseks jms.

Teenimatult on üldrahvaliku põlguse alla kistud nn soodesõja käigus rabamuldade kuivendamine (Marvet, Kukk, 2010). Kindlasti on selles osas tehtud suuremaid või väiksemaid möödalaskmisi, kuid samas on see siiski üks oluline võtte paljude teiste kõrval, mis aitab teatud rabamulda mõistlikult ühiskonna huvides ära kasutada. Nii muutub rabamuldade kuivendamisel koos defitsiidis olevate toiteelementide (milleks on tavaliselt fosfor ja mõned mikroelemendid) manustamisega nende pindmine osa (epipedon) ajapikku hästi lagunenu eutroofseks kõduturbaks ning koos sellega on rabamuld transformeerunud madalsoo ilmega siirdesoomullaks. Taolistel kuivendatud rabamuldadel saavad männi kõrval edukalt areneda ka kuusikud ja kaasikud (Valk, 1995; Lõhmus, 2008; Pikk, 2010). Kuivendatud rabade alustaimestik hakkab enam sarnanema mustika kasvukohatüüpi mineraalmuldade taimestikuga ning puistute boniteet paraneb oluliselt. Loomulikult domineerib kuivendatud rabamuldadel süsiniku emissioon selle akumulatsioonile üle turbamullas, kuid samal ajal saab osa kaost kompenseeritud selle talletumisega hoopiski väärtuslikumasse fütomassi, milleks on puurinde tüve puit.

Rabamuldade vale kasutamisega seotud talitluste ebasoovitavaid muutusi ja omaduste degradatsiooni on võimalik vältida maavaldaja teadlikkuse tõstmise kaudu. Prioriteedina peaks Eesti riik finantseerima jääksoode rekultiveerimist produktiivseteks püsi-rohumaa- või metsa-ökosüsteemideks. Meie arvates ei ole õige teha suuri investeeringuid katkenud või katkestatud rabastumisprotsesside tagasipööramiseks, et taastada talitlevad rabad. Taolised ettevõtmised on teatavasti väga kulukad ja tulemused kaheldavad. Mõistlik oleks äärmisel juhul majandada mõnda katseala, et saada kogemusi talitleva raba taastamise alal. Aga üldiselt ei ole see meie prioriteet, sest meil on rabade haldamise mitmekesistamiseks ja uurimiseks piisavalt võimalusi olemasolevate eriilmeliste rabade arvel. Samas on muidugi teada, et nii mõneski Euroopa piirkonnas taoline mitmekesisus puudub ja seal ollakse eluliselt huvitatud rabade taastamise kogemuste väljatöötamisest. Samas, kui meil on olemas vastavad asjatundjad,

siis nad peaksid saama seda teha mitte Eesti maksu- maksja raha, vaid sellest huvitatud riikide finantseerimisega. Põhilised argumentid rabade taastamise vastu on järgmised: 1) rabaökosüsteemid on äärmiselt madala produktiivsusega ja ilmaasjata ei tasuks suurendada väheproduktiivsete maismaaökosüsteemide pindala, 2) raba floora ja fauna liigikaitse ei ole Eestis probleemiks, sest et selle saab tagada senini kaitse all olevate rabade arvel, ja 3) meil puudub rabade taastamise kogemus, mis arvatavasti on kulukas ja töömahukas protsess.

### Kokkuvõtte rabade kaitsega seotust

- Vajalik on saavutada mõistlik tasakaal rabade kasutamise ning eriotstarbega ja rangusega kaitse vahel.
- Võimalikult kompleksel moel tuleks optimeerida kaitsealuste rabade hulk ja pindala, et oleks kaetud kõik olulised loodus ja keskkonnakaitsele vajadused nii kogu riigi kui regionaalsetest huvidest lähtuvalt.
- Rabade kasutamine ja kaitse peaks lähtuma rabade käesolevast seisust ja tehtud inventuuridest, kuna need on piisavalt heaks aluseks edaspidise strateegia väljatöötamisel.
- Järgides nõuet, et ei tohiks lubada rabamuldi kasutada haritava maana, on siiski paljudel juhtudel õigustatud rabamuldade senisest tunduvalt intensiivsem kasutamine. Rohkemal määral võiks lubada rabametsade kasvutingimuste parandamist niiskuse-žiimi osalise reguleerimise abil. Samas tuleks arvestada, et kompleksse kasutusplaani ja kooskõlastuse puudumisel on õigem lage- ja puisrabad jätta senisesse looduslikku seisuga.
- Nutulaul Eesti rabade kadumise üle on ehk pisut liialdatud ja sellega seoses ei saa majanduslikust küljest pidada otstarbekaks talitlevate rabamuldka- tete laialdast taastamist.
- Väärtusliku põllumajandusliku maa analoogia põhjal võiks koostada vastavasisulise seadustiku ka turvasmuldade suhtes, kus on seadusega määratud pii- rangute kõrval esitatud ka nende hea kasutamise tava.

### Huvid konflikt / Conflict of interests

Autor kinnitab artikliga seotud huvide konflikti puudumist. The author declares that there is no conflict of interest regarding the publication of this paper.

### Tänuavaldused

Autor avaldab tänu PMK Mullaseirebüroo juhatajale Priit Penule rabamuldade levikukaardi koostamise eest.

### Kasutatud kirjandus

- Allikvee, H., Ilomets, M. 1995. Peatlands and their development. In: Estonia. Nature (Ed. A. Raukas). – Tallinn, Valgus, p. 327–347 (in Estonian).
- Arold, I. 2005. Eesti maastikud. – Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu, 453 lk.



- Astover, A., Kõlli, R., Roostalu, H., Reintam, E., Leedu, E. 2012. Mullateadus. Õpik kõrgkoolidele. – Eesti Loodusfoto, Tartu, 486 lk.
- EMDK, Eesti muldade digitaalne kogu, 2008. Eesti Maaülikool (võrguteavik) – <http://mullad.emu.ee/>
- Etverk, I. (koostaja) 1980. Metsamajanduse teatmik. – Valgus, Tallinn, 376 lk.
- Ilnicki, P. 2002. Peatlands and peats. – Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego, Poznan.
- Inisheva, L.I., Golovchenko, A.V., Szajdak, L.W. 2016. Distribution of organic compounds in the System of geochemically linked mires (the spurs of Vasyugan Mire). In: Biogenic – abiogenic interactions in natural and Anthropogenic Systems (Eds. O.V. Frank-Kamenetskaya, E.G. Panova, D.Y. Vlasov). – Springer International Publishing, Switzerland, p. 288–306.
- Inisheva, L.I., Zemtsov, A.A., Novikov, S.M. 2011. Vasyugan Mire. Natural conditions, structure and functioning. – Russian Academy of Agricultural Sciences, Tomsk, 158 pp.
- IUSS Working Group WRB, 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. – World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome, 182 pp.
- Jefimov, V.N. 1980. Peat soils / Torfjanõe potchvõ. Rosselhozizdat, Moskva, 120 pp. (in Russian).
- Kosykh, N.P., Naumov, A.V. 2012. The sphagnum cover of the northern West Siberian mires. In: Necessity of peatlands protection (Eds. L.W. Szajdak, W. Gaca, T. Meysner, K. Styla, M. Szczepanski). – IAFE PAS, Poznan, p. 119–129.
- Krall, H., Pork, K., Aug, H., Püss, Ö., Rooma, I., Teras, T. 1980. Eesti NSV looduslike rohumaade tüübid ja tähtsamad taimekooslused. – Eesti PM, ZBI ja EPP, Tallinn, 88 lk.
- Kõlli, R. 1991. Ökosüsteemide fütoproduktiivsuse pedoökoloogiline analüüs. I. Metsad. – Agraarteadus II, 1:39–60.
- Kõlli, R. 2015. Rabamuld: Aasta muld 2016. – Teavik. Eesti Mullateaduse Selts, Eesti Loodusfoto, Tartu, 6 lk.
- Kõlli, R., Astover A., Noormets, M., Tõnutare, T., Szajdak, L. 2009a. Histosol as an ecologically active constituent of peatland: a case study from Estonia. *Plant and Soil*, 317(1–2): 3–17.
- Kõlli, R., Ellermäe, O., Köster, T., Lemetti, I., Asi, E., Kauer, K. 2009b. Stocks of organic carbon in Estonian soils. – *Estonian Journal of Earth Sciences*, 58(2): 95–108.
- Kõlli, R., Kukkk, L., Astover, A. 2012. The management and protection of peat and peaty soils: an ecosystem approach. In: Necessity of peatlands protection (Eds. L.W. Szajdak, W. Gaca, T. Meysner, K. Styla, M. Szczepanski). IAFE PAS, Poznan, p. 281–296.
- Laasimer, L. 1965. Eesti NSV taimkate / Plant cover of Estonian SSR. Valgus, Tallinn. 397 lk. (in Estonian)
- Laasimer, L., Masing, V. 1995. Taimestik ja taimkate / Flora and plant cover. In: Estonia. Nature. (Ed. A. Raukas). – Tallinn, Valgus, p. 364–396. (in Estonian)
- Lõhmus, E. 2006. Eesti metsakasvukohatüübid / Estonian forest site types. – Loodusfoto, Tartu, 80 lk. (in Estonian)
- Maa-amet, 2001. Vabariigi digitaalse suuremõõtkavalise mullastiku kaardi seletuskiri. [http://geoportaal.maaamet.ee/docs/muld/mullakaardi\\_seletuskiri.pdf](http://geoportaal.maaamet.ee/docs/muld/mullakaardi_seletuskiri.pdf)
- Maa-ameti Geoportaal, 2016. Mullakaart. <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Kaardiserver-p2.html>
- Marvet, A., Kukkk, T. 2010. Soodesõda ei lõpe kunagi: Intervjuu. – Eesti Loodus, 9: 34–39 (442–447).
- Masing, V. 1984. Estonian bogs: plant cover, succession and classification. In: European mires (Ed. P.D. Moore). – Academic Press, London, p. 119–148.
- Masing, V. 1997. Ürgsed sood kui loodusmälestised. Eesti Entsüklopeediakirjastus. – Tallinn, 96 lk.
- Mäkilä, M., Saarnisto, M. 2008. Carbon accumulation in Boreal peatlands during the Holocene – Impacts of climate variations. In: Peatlands and climate change (Ed. M. Strack). – International Peat Society, Jyväskylä, p. 24–43.
- Orru, M., Orru, H. 2008. Sustainable use of Estonian peat reserves and environmental challenges. – *Estonian Journal of Earth Sciences*, 57, 87–93.
- Orru, M. (Ed.) 1992. Eesti turbavarud / Estonian peat resources. RE Eesti Geoloogiakeskus. – Tallinn, 146 lk. (in Estonian)
- Orru, M. 1995. Eesti turbasood. Teatmik/ Estonian mires. – Handbook. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, 240 lk. (in Estonian)
- Paal, J. 1997. Eesti taimkate kasvukohatüüpide klassifikatsioon / Classification of Estonian vegetation site types. Eesti Keskkonnaministeerium ja ÜRO Keskkonnaprogramm, Tallinn, 297 lk.
- Paal, J. 2005. Estonian mires. – Landesmuseum Neue Serie, 35, 117–146.
- Paal, J., Ilomets, M., Fremstad, E., Moen, A., Borset, E., Kuusemets, V., Truus, L., Leibak, E. 1999. Eesti märgalade inventeerimine 1997 / Estonian Wetland Inventory 1997. Project report. Eesti Loodusfoto, Tartu. 166 lk. (in Estonian)
- Pikk, J. 2010. Jääksoode metsastamine: Maavarade kaevandamine ja puistangute rekultiveerimine Eestis (koost. E. Kaar, K. Kiviste). – Eesti Maaülikool, Tartu, lk 396–402.
- Raudsepp, A. 1946. Eesti NSV turbasood / Peat mires of Estonian S.S.R. – Teaduslik kirjandus, Tartu, 240 lk. (in Estonian).
- Salm, J.-O., Soosaar, K., Maddison, M., Tammik, S., Mander, Ü. 2010. Kasvuhoonegaasid ja süsinikuaod Eesti soodest. – Eesti Loodus, 9: 422–427.
- Strack, M., Waddington, J.M., Turetsky, M., Roulet, N.T., Byrne, K.A. 2008. Northern peatlands, greenhouse gas exchange and climate change. In: Peatlands and climate change. (Ed. M. Strack). – International Peat Society, Jyväskylä, p. 44–69.

- Szajdak, L.W., Szatyłowicz J., Kölli, R. 2011. Peats and peatlands, physical properties. In: *Encyclopedia of Agrophysics* (Eds. J. Glinski, J. Horabik, J. Lipiec). – Springer, Dordrecht, The Netherlands, p. 551–555.
- Valk, U. (Ed.) 1988. *Eesti sood / Estonian Peatlands*. – Tallinn, Valgus, p. 343 (in Estonian)
- Valk, U. 1995. Utilization and protection of mires. In: *Estonia. Nature* (Ed. A. Raukas). – Tallinn, Valgus, p. 354–363. (in Estonian)
- Valk, U. 2005. *Eesti rabad: ökoloogilis-metsanduslik uurimus*. – Halo Kirjastus, Tartu.
- Veber, K., Kurm, H., Rätsep, L., Truu. 1961. *Eesti NSV turbafond*. Tallinn. (in Russian)

## **Review: Bog soil – Year 2016 Soil of Estonia**

Raimo Kölli  
*Estonian University of Life Sciences,  
Fr.R. Kreutzwaldi 5D-111, 51014 Tartu*

### **Summary**

By Estonian Soil Sciences Society for the year 2016 soil of Estonia the bog soil was elected. After WRB these soils are known as Fibric Histosols. The area of bog soils forms 5.1% from whole Estonian soil cover and 21.7% from peat soils' (or Histosols) area. In overview their classification in Estonia, conversion of local soil names into WRB system, ecological conditions of their forming and functioning, hydro-physical and chemical properties, and distribution are treated. Besides that the bog soils' productivity, peculiarities of their bogging processes, importance for society, and their influence on local economy and environmental status are analysed as well. In second part of the overview the estimations on organic carbon stocks and assessments on annual organic carbon fluxes in peaty soil cover are discussed. In the final part and in conclusions the problems connected with rational use and protection of bog soils are treated.