

RMK SÜSINIKURAPORT 2022

| | |
|---|----|
| Arvutuskäik | 2 |
| Süsiniku tagavara | 3 |
| Süsiniku sidumine | 4 |
| Süsiniku emiteerimine ehk süsinikuheide | 5 |
| Süsinikuraportist kokkuvõtvalt | 8 |
| Näidisarvutus | 9 |
| Süsinikuraporti koostamisel kasutatud allikad | 11 |

Sissejuhatus

RMK kliimamuutuste osakond on koostanud RMK süsinikuraporti ehk ülevaate sellest, kui palju RMK 2022. aastal süsinikku sidus ja kui palju õhku paiskas. Arvesse on võetud **kolme kasvuhoonegaasi (CO₂, CH₄ ja N₂O) voogusid**, mis on nende gaaside globaalse soojenemise potentsiaali¹ arvesse võttes väljendatud CO₂ ekvivalentväertusena. Globaalse soojenemise potentsiaal on väärtus, mis näitab soojuse hulka, mida üksik kasvuhoonegaas atmosfääri seob.

Süsinikuraporti koostamisel võeti arvesse kasvuhoonegaaside vood RMK hallatavatelt maadelt ja RMK tegevuste käigus tekkiv emissioon. Lisaks arvutati välja, milline on kogu RMK valduses oleva metsa ja maa süsinikutagavara ehk see, kui palju süsinikku on talletatud mullas ja puitses biomassis.

Kuna kliimamuutusi seostatakse süsihappegaasi (CO₂) kontsentratsiooni suurenemisega atmosfääris, aitab süsinikuraport hinnata RMK süsiniku jalajälge ning teha otsuseid, kuidas seda vähendada.

Järgnevat lehekülgi lugedes peab mees pidama, et **puud küll seovad süsihappegaasi (CO₂), kuid biomassi ja mulda talletub süsinik (C)**. Molekulaarmassist tulenevalt võrdub üks tonn süsinikku ligi 3,7 tonni süsihappegaasiga.

Süsinikuraporti arvutuskäigus on süsiniku sidumine välja toodud positiivse väärtusega ning atmosfääri paisatud süsinik ehk süsiniku emissioon negatiivse väärtusega. Bilansi koostamise käigus hinnati ära kõik sissetulevad ja väljuvad süsinikuvood. Samuti arvestati süsinikubilansi sisse uuendusriiete käigus metsast välja viidud ja aktiivsesse kasutusse võetud süsinik.

¹ <https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/greenhouse-gas-data/greenhouse-gas-data-unfccc/global-warming-potentials>

Arvutuskäik

Riigimetsas on metsa inventeerimise tulemusena ära hinnatud metsa tagavara ja juurdekasv. Olemas on kaugseire meetodil koostatud kirjeldused ka mittemetsamaadel oleva puidumahu kohta.

Süsiniku tagavara ja sidumise arvutamisel võetakse aluseks metsakorralduse andmed. Süsiniku tagavara puhul arvutatakse välja puitsees biomassis talletatud süsinik (eraldi iga puuliigi kohta) ja mullas leiduv süsiniku tagavara. Süsiniku sidumine on arvutatud jooksva aastase juurdekasvu põhjal, mis on hinnatud eraldisepiselt iga seal kasvava puuliigi kohta. Sellele on arvutatud juurde muu taimne tootmine: oksad, juured, lehed, okkad ning alustaimestik ja alusmets. Mullahingamine ehk emissioon mullast on leitud varem teadustöös hinnatud tulemuste põhjal nii mineraalmuldadele kui ka turvasmuldadele eraldi.

Süsiniku sidumise hindamiseks on kasutatud NEP[1] (*net ecosystem production*) meetodit, mis hindab, kas ökosüsteem toimib süsiniku siduja või allikana. Meetodi käigus on välja arvutatud kogu taimne tootmine, mis fotosünteesiga süsinikku seob, ning sellest on lahutatud mullahingamise teel mullast tekkiv emissioon. Taimse tootmise ja mullahingamise vahe näitab, kas tegemist on süsinikku siduva või süsinikku emiteeriva ökosüsteemiga.

Selleks, et välja arvutada puidus olev süsiniku tagavara ning süsiniku sidumine metsa juurdekasvu kaudu, tuleb tüvemaht teisendada **tüvemassiks**. Süsiniku arvutamisel lähtutakse alati kuivmassist ning mahuühikute teisendamisel massiühikuteks tuleb kasutada puidutihedust [2, 3] absoluutkuiva massi juures. Eri puuliikide puit on erineva tihedusega. RMK metsamaa süsiniku tagavara ja sidumist arvutades võeti arvesse kõik seal kasvavad puuliigid. Kuna metsa majandamine mõjutab suurel määral metsamaa süsiniku tagavara, siis võeti bilansi koostamisel arvesse ka uuendusraietega metsast välja viidava süsiniku kogus.

Peale tüvemassi on osa biomassist veel oksad, juured, lehed ja okkad. Varasemates teadustöös ja Eesti kohta välja töötatud biomassi mudelite põhjal on välja arvutatud, kui suur on erinevate biomassi komponentide osakaal ning ka erinevate biomassi fraktsioonide tootmise osakaal. Üldistades võib öelda, **et kogu puitsees biomassist 80% on maa peal ja 20% maa all**.

Sõltuvalt puuliigist on tüvepuidu osakaal 80–90% kogu maapealsest biomassist. Süsiniku osakaal puu erinevates osades varieerub, näiteks võras ja tüves on süsinikku enamasti 48–52%. Süsinikubilansi arvutustes võeti aluseks, et **puidu kuivmassist 50% on süsinik**.

Mullasüsiniku tagavara metsamaal ja teistes maakategooriates on hinnatud mullakaardi põhjal, kasutades avaldatud teadustöös esitatud süsiniku koguseid erinevates muldades [31–36]. Teiste maakategooriate puhul on kaugseire meetodil hinnatud puidumahtu ning selle põhjal välja arvutatud süsiniku tagavara seal kasvavas puidus.

Metsade ja teiste maakategooriate süsiniku tagavara ja bilansi arvutuskäigud ning sisendid on üle vaadanud Eesti Maaülikooli professor, akadeemik Veiko Uri. Süsinikubilansi arvutamiseks vajalikud sisendid on võetud avaldatud teadustöödest [1, 3–29]. Süsinikubilansi osas on eelmise süsinikuraporti arvutamisel konsulteeritud ka Eesti Keskkonnauuringute Keskuse ja Keskkonnaagentuuri töötajatega, kes koostavad Euroopa Liidule LULUCF² sektori Eesti kasvuhoonegaaside inventuuri aruandeid [30].

RMK tegevuste käigus tekkiva emissiooni hindamisel on algandmed võetud RMK raamatupidamise ja kinnisvara aruannetest. RMK tegevuste süsiniku jalajälje arvutamisel on kasutusel samad eriheited, mis on kasutusel ka Keskkonnaministeeriumi koostatud organisatsiooni jalajälje mudelis [37]. Allikate loetelu on välja toodud aruande lõpus. Ühe metsaeraldise põhjal on raporti lõpus esitatud ka näidisarvutus.

² LULUCF ehk Land Use, Land Use Change and Forestry, eesti k maakasutus, maakasutuse muutus ja metsandus

Süsiniku tagavara

Süsiniku tagavara näitab, kui palju on mingis kohas mingil ajahetkel süsinikku talletatud. Süsiniku tagavara arvutades võetakse arvesse nii mullas sisalduv süsinik kui ka puude maapealses osas (tüves, võras) ja maa-aluses osas (juurtes) leiduv süsinik.

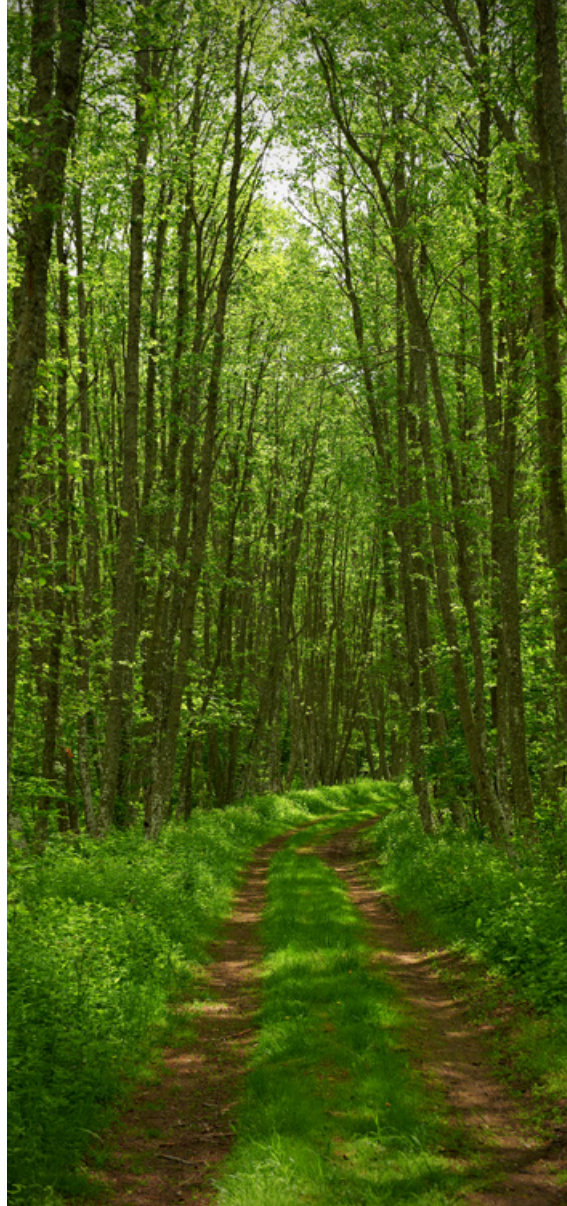
Allolevad tabelid näitavad, kuidas jaguneb süsinik puidus ja mullas nii metsamaal kui ka mittemetsamaal. Eraldi on välja toodud süsiniku tagavara kaitstavas ja majandatavas metsas.

RMK metsamaa jaotus:

- kaitstav mets 0,43 mln ha
- majandatav mets 0,62 mln ha
- metsamaa kokku 1,05 mln ha

RMK valduses olevate maade süsiniku tagavara oli 2021. aastal 262,3 miljonit tonni.

- 2/3 süsinikust oli talletatud mullas ja 1/3 puudes.
- Metsamaal oli talletatud 226,5 miljonit tonni süsinikku (86% tagavarast).
- Mittemetsamaal oli talletatud 35,8 miljonit tonni süsinikku (14% tagavarast).



Tabel 1. Süsiniku jagunemine RMK metsamaal (1,05 mln ha)

| | Metsamaal puidus | | | Metsamaal mullas | Puidus ja mullas kokku |
|---------------------------------|------------------|-----------------|------------|------------------|------------------------|
| | Kaitstav mets | Majandatav mets | Kokku mets | | |
| Puidu tagavara (mln tm) | 95,8 | 102,5 | 198,3 | – | 198,3 |
| C tagavara (mln t) | 34,5 | 37,3 | 71,8 | 154,7 | 226,5 |
| C tagavara hektari kohta (t/ha) | 79,8 | 60,0 | 68,1 | 146,7 | 214,8 |

Tabel 2. Süsiniku jagunemine RMK mittemetsamaal (0,36 mln ha)

| | Puidus | Mullas | Kokku |
|---------------------------------|--------|--------|-------|
| C tagavara (mln t) | 3,6 | 32,1 | 35,7 |
| C tagavara hektari kohta (t/ha) | 10 | 88,5 | 98,5 |

Süsiniku sidumine

RMK valduses olev mets, metsamaa ja mittemetsamaa sidusid 2022. aastal atmosfäärist 5,75 miljonit tonni CO₂-te.

Suurema osa CO₂-te sidus kasvav mets (5,57 mln tonni), muudel maadel seoti aastast 0,18 mln t CO₂-te.

- Uuendusraietega viidi metsast puiduna välja –2,72 mln tonni CO₂-te.
- Uuendusraiete mahuga korrigeeritud seotud süsiniku kogus RMK metsas, metsamaal ja mittemetsamaal oli 3,03 mln t CO₂-te.
- Keskmiselt sidusid RMK valduses olevad metsad ligikaudu 5,3 t CO₂-te hektarile aastas.

Tabelis 3. on näha süsiniku sidumine puistu esimeses ja teises rindes ning alusmetsas, millest on maha arvatud emissioon mullast ja uuendusraietega kasutusse võetud süsiniku kogus.

Süsinikuarvestuses on aluseks võetud just uuendusraietega varutud puit, kuna see mõjutab süsinikuarvestust kõige enam. Hooldusraiete käigus raiutakse puitu, mis on juba looduslikult välja langenud või siis langeks lähiajal välja puistus valitseva konkurentsi tõttu. Välja langenud puud ei ole aga enam süsiniku sidujad, vaid nende orgaanilise aine lagunemisel hakkab

tekkima hoopis emissioon. Hooldusraied suurendavad metsade majandamise positiivset kliimamõju, kuna alles jäävad puud kasvavad metsas kiiremini ja annavad ka kvaliteetsemat puitu, mida on võimalik suunata pikaajalise kestvusega toodetesse. See aga võimaldab tänu asendusefektile – kasutame vähem mittetaastuvaid materjale – samuti kliimamuutustega võidelda.

Uuendusraietega viis RMK 2022. aastal metsast välja 3,08 mln m³ puitu. Uuendusraie käigus varutud puidu süsiniku osakaalu leidmiseks on kasutatud eri puuliikide absoluutkuivasid tihedusi sõltuvalt raiutud puidu osakaalust. Süsiniku osakaaluks on arvestatud 50%. Et saada süsinikust süsihappegaas, on tulemus korrutatud 3,7-ga. Nii viidi uuendusraietega välja –2,72 mln t CO₂-te.

Muude maakateooriate puhul on sidumine saadud eri tüüpi kõlvikute süsiniku sidumise kokkuarvutamisel. Põhiliseks sidujaks on sookooslused, mis seovad süsiniku turbasse. Muude kõlvikute osas on kaugseire meetodil küll võimalik hinnata puidumahtu, kuid mitte juurdekasvu. Seetõttu on ilmselt muude kõlvikute osas süsiniku sidumine pigem alahinnatud, kuna puudu on puitsesse biomassi seotav süsinik.

Tabel 3. Süsiniku sidumine RMK metsamaal ja muudes maakateooriates

| Aasta 2022 | Kaitstav | Majandatav | Kokku |
|--|------------------|------------------|-------------------|
| Metsamaa pindala (ha) | 432 062 | 622 360 | 1 054 421 |
| CO ₂ sidumine: I rinne, tüvi, oksad ja juured (t) | 3 839 149 | 6 220 520 | 10 059 669 |
| CO ₂ sidumine: II rinne (t) | 170 169 | 302 766 | 472 935 |
| CO ₂ sidumine: alustaimestik/alusmets (t) | 3 996 629 | 5 756 390 | 9 753 019 |
| CO ₂ emissioon mullast (t) | 5 764 355 | 8 951 792 | –14 716 147 |
| CO₂ ekv sidumine metsamaal | 2 241 592 | 3 327 884 | 5 569 476 |
| CO₂ sidumine tonni hektari kohta (t/ha aastas) | 5,19 | 5,35 | 5,28 |
| Muu maakateooria pindala (ha) | | | 362 874 |
| Muu maakateooria CO ₂ sidumine (t) | | | 175 913 |
| Uuendusraie maht 2021 (tm) | | | 3 077 349 |
| Uuendusraietega välja viidud süsinik (CO ₂ t) | | | –2 720 161 |
| RMK valduses oleva maa pindala (ha) | | | 1 054 421 |
| RMK valduses oleva maa CO ₂ sidumine (t) | | | 3 025 228 |

Süsiniku emiteerimine ehk süsinikuheide

RMK tegevuste käigus tekkinud koguheid oli 2022. aastal **-59 871 tonni CO₂-te**. See on ligikaudu **1%** sellest, kui palju RMK valduses olevatel maadel aasta jooksul süsinikku seoti.

RMK tegevusest tuleneva süsiniku emissiooni peamine allikas on metsatööd, mille puhul tekib CO₂ emissioon peamiselt mootorikütuse kasutamisest.

Järgnevalt on välja toodud süsiniku emissioon tähtsamate tööliikide kohta täpsemalt.

| Süsiniku emiteerimine RMK tegevuste käigus | CO ₂ t |
|--|-------------------|
| Metsamajandamistööd | -46 939 |
| Metsaparandustööd | -7530 |
| Metsaistutus | -756 |
| Looduskaitsetööd | -691 |
| Töötajate sõidud | -1892 |
| Kontorid | -573 |
| Taimlad | -511 |
| Muu kinnisvara | -897 |
| Põlula kalakasvandus | -82 |
| Kokku | -59 871 |

METSATÖÖD

Metsatööde käigus paisati 2022. aastal õhku **-46 939 t CO₂-te**. Selle näitaja kujunemine on toodud allolevas tabelis.

Tabel 4. Erinevate metsatöödega kaasnev CO₂ emissioon

| Tööliik (ühik) | Kogus | Kütuse kulu ühiku kohta | Kütuse kulu (l) | CO ₂ emissioon (t) |
|--|-----------|-------------------------|-----------------|-------------------------------|
| Lageraie, turberaie, raadamine: raietöö ja kokkuvedu (tm) | 2 923 188 | 1,2 l/tm | 7 015 600 | -18 151 |
| Harvendusraie, sanitaarraie, kujundusraie: raietöö ja kokkuvedu (tm) | 589 974 | 2 l/tm | 2 359 800 | -6158 |
| Energiapuidu varumine (tm) | 265 431 | 2,1 l/tm | 481 200 | -1455 |
| Energiapuidu hakkimine (tm) | 276 972 | 1,39 l/tm | 557 400 | -1069 |
| Ümarpuidu vedu (tm) | 3 482 330 | 48 l/100 km | | |
| Keskmine koorma maht (tm) | 33,2 | | | |
| Ümarpuidu veo keskmine kaugus (km) | 69 | | | |
| Ümarpuidu koormaid (tk) | 104 889 | | 6 947 800 | -18 131 |
| Hakkpuidu vedamine (tm) | 291 415 | 38 l/100 km | | |
| Keskmine koorma maht (tm) | 32,4 | | | |
| Hakkpuidu veo keskmine kaugus (km) | 55,15 | | | |
| Hakkpuidu koormaid (tk) | 8994 | | 377 000 | -984 |
| Võsasaetööd (ha) | 37 951 | 10 l/ha | 379 500 | -990 |
| Kokku | | | | -46 939 |

METSAPARANDUSTÖÖD

Metsaparandustööde süsiniku jalajälg 2022. aastal oli –7530 t CO₂-te, mis hinnati tööde jaoks kulunud kütuste koguste pealt. Suurima osakaalu sellesse andsid tee-ehitus ja kraavide rekonstrueerimine.

Tabel 5. Metsaparandustöödega kaasnev CO₂ emissioon

| Tööliik (ühik) | Ala | Kütuse kulu (l) | CO ₂ emissioon (t) |
|---------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------|
| Kraavide rekonstrueerimine (ha) | 16 438 | 640 738 | -1672 |
| Kraavide hooldus (ha) | 27 395 | 318 741 | -832 |
| Teede ehitus (km) | 267 | 1285330,755 | -3354 |
| Teehooldus (km) | 40 427 | 640 751 | -1672 |
| Kokku | | 2 885 560 | -7530 |

METSAISTUTUSTÖÖD

Metsaistutusele eelnevate tööde süsiniku jalajälg 2022. aastal oli –756 t CO₂-te, mis hinnati metsaistutustööde jaoks kulunud kütuste arvelt.

Tabel 6. Metsaistutustöödega kaasnev CO₂ emissioon

| Tööliik (ühik) | Ala | Kütuse kulu (l) | CO ₂ emissioon (t) |
|---|------|-----------------|-------------------------------|
| Maapinna ettevalmistamine: ader (ha) | 8496 | 152 928 | -399 |
| Maapinna ettevalmistamine: mätastaja (ha) | 1188 | 83 160 | -217 |
| Istutusmasin (ha) | 507 | 50 700 | -132 |
| Tulekaitseribade mineraliseerimine (km) | 69 | 1242 | -3 |
| Vesivagude tegemine (ha) | 18 | 1800 | -5 |
| Kokku | | 289 830 | -756 |

LOODUSKAITSETÖÖD

Looduskaitsetööde süsiniku jalajälg 2022. aastal oli –691 t CO₂-te. Seda hinnati looduskaitsetöödel kulutatud mootorikütuse alusel. Suurim CO₂ emissioon tekkis kraavide sulgemisel ning looduskaitsetööde käigus tehtud raiel ja kokkuveol.

Tabel 7. Looduskaitsetöödega kaasnev CO₂ emissioon

| Tööliik (ühik) | Ala | Kütuse kulu (l) | CO ₂ emissioon (t) |
|---|--------|-----------------|-------------------------------|
| Hekseldamine (ha) | 267 | 29 370 | -77 |
| Freesimine (ha) | 171 | 25 650 | -67 |
| Turbasambla külv (ha) | 17,7 | 3540 | -9 |
| Kraavide sulgemine (km) | 92 | 59 708 | -156 |
| Paisude ehitamine (tk) | 2071 | 82 840 | -216 |
| Looduskaitseline raie ja kokkuvedu (tm) | 25 036 | 60 086 | -157 |
| Võsalõikus (ha) | 249 | 2490 | -6 |
| Muud tööd (ha) | 30 | 1230 | -3 |
| Kokku | | | -691 |

TÖÖTAJATE SÕIDUD

RMK töötajate transpordi süsiniku jalajalg 2022. aastal oli –1892 t CO₂-te. Aasta jooksul tehti töösõite ameti- ja isiklike autodega kokku 7,8 mln km ulatuses. Ametiautode puhul kasutati CO₂ emissiooni hindamiseks reaalselt kulunud mootorikütuse koguseid ning eraautode puhul võeti keskmiseks kütusekuluks 7 liitrit 100 km kohta.

Tabel 8. RMK töötajate transpordiga kaasnev CO₂ emissioon

| Töösõidud | Läbitud km | Kütuse kulu (l) | CO ₂ emissioon (t) |
|---------------|------------------|-----------------|-------------------------------|
| Ametiautodega | 6 083 456 | 600 319 | –1566 |
| Eraautodega | 1 783 583 | 124 851 | –326 |
| Kokku | 7 867 039 | 725 170 | –1892 |

RMK KINNISVARA

Kogu RMK kinnisvara kasutamise jalajalg kokku oli 2022. aastal –2063 t CO₂-te. RMK kontorite süsiniku jalajalg 2021. aastal oli –573 t CO₂. Keskmiselt teeb see iga kontoritöötaja jalajäljeks –1,55 t CO₂-te aastas. Muu kinnisvara alla on paigutatud nii RMK külustuskeskused kui ka abihooned. Jalajälje arvutamisel arvestati kõikide kulunud energialiikide ja süsiniku heitmeid tekitavate teguritega.

Tabel 9. RMK kinnisvara kasutamise CO₂ emissioon

| | CO ₂ emissioon (t/a) |
|----------------------|---------------------------------|
| RMK kontorid | –573 |
| RMK taimlad | –511 |
| Põlula kalakasvandus | –897 |
| Muu kinnisvara | –82 |
| Kokku | –2063 |

RMK kontorite jalajälje aitab võrrelda tabel 10.

Tabel 10. RMK kontorite CO₂ jalajalg

| Kontor | CO ₂ emissioon (t/a) | |
|------------------|---------------------------------|---------------|
| | Kontori kohta | Inimese kohta |
| Ahtme kontor | –11,38 | –1,03 |
| Antsla kontor | –17,27 | –3,45 |
| Avinurme kontor | –2,13 | –0,36 |
| Erastvere kontor | –15,64 | –1,96 |
| Iisaku kontor | –10,29 | –0,94 |

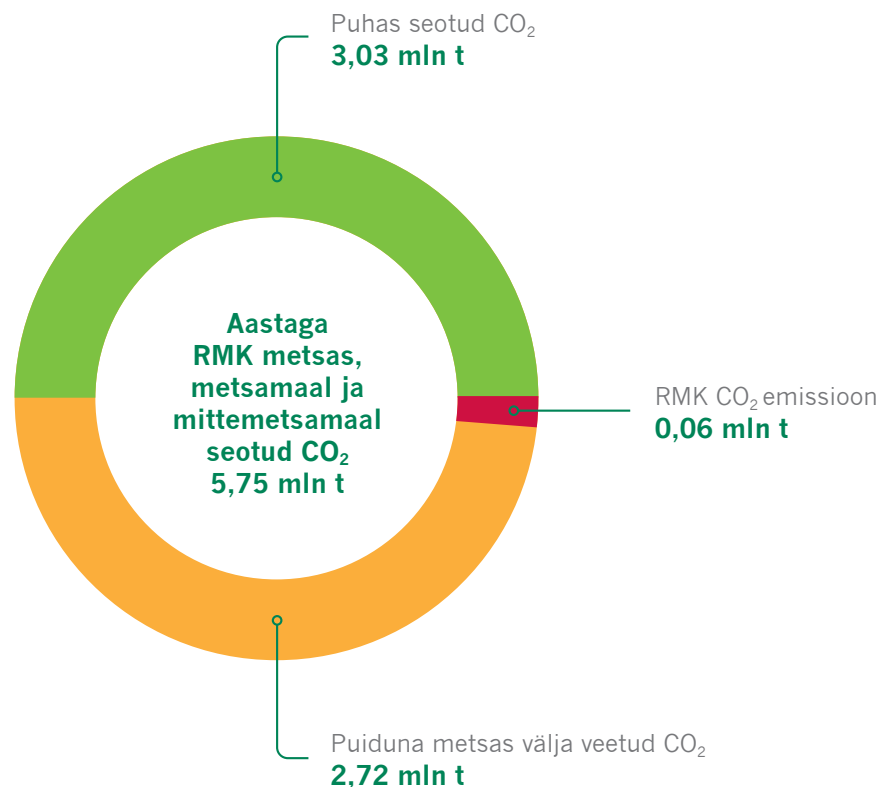
| | | |
|-------------------|-------------|--------------|
| Kihelkonna kontor | –14,74 | –1,34 |
| Kärdla kontor | –25,70 | –1,71 |
| Käru kontor | –13,36 | –1,91 |
| Laiksaare kontor | –26,04 | –2,60 |
| Laiuse kontor | –6,09 | –0,68 |
| Loobu kontor | –16,82 | –1,12 |
| Märjamaa kontor | –3,02 | –0,50 |
| Paikuse kontor | –31,36 | –2,85 |
| Piirsalu kontor | –17,46 | –1,59 |
| Pikknurme kontor | –19,17 | –3,83 |
| Rapla kontor | –16,25 | –1,25 |
| Rava kontor | –9,70 | –0,75 |
| Ristipalo kontor | –52,51 | –2,50 |
| Sagadi kontor | –0,23 | –0,02 |
| Sonda kontor | –6,44 | –0,64 |
| Surju kontor | –17,33 | –1,24 |
| Taali kontor | –38,76 | –3,88 |
| Tallinna kontor | –61,26 | –0,96 |
| Tartu kontor | –46,16 | –0,94 |
| Triigi kontor | –10,46 | –1,16 |
| Ussimäe kontor | –23,47 | –1,81 |
| Valga kontor | –15,68 | –1,43 |
| Varbla kontor | –19,24 | –2,75 |
| Võru kontor | –9,71 | –0,61 |
| Õisu kontor | –14,96 | –0,83 |
| Kokku | –573 | –1,55 |

Süsinikuraportist kokkuvõtvalt

A rvestades RMK metsade ja muude maade seotud süsinikust (5,75 mln t CO₂-te) maha RMK uuendusraiega metsast välja viidud süsinik (-2,72 mln t CO₂-te) ja lisaks RMK tegevuste käigus tekkinud CO₂ emissioon (-0,06 mln t), on tulemuseks positiivne süsiniku jalajälg: 2022. aastal seoti RMK metsas ja maadel 2,97 mln t CO₂-te.

Võrreldes eelmise (2021. aasta) süsinikuraportiga oleme vähendanud enda tegevuste jalajälge, lisaks on suurenenud meie metsade keskmine süsiniku sidumine. Aasta varasemaga on RMK jalajälg 8% väiksem. Põhilise panuse heitme tekkesse annavad

tööde käigus kasutatud mootorikütused. Kuna vähenes mõne töö maht, vähenes ka mootorikütuste kasutus. Oma jalajälg on aga ka muudel tegevustel. Näiteks on RMK-l täpne ülevaade kontorite jm kinnisvara ressursikasutusest. Tänu taastuenergia paketi üleminekule vähenes aastaga CO₂ heide kontorite puhul lausa kolm korda. Targad valikud aitavad meil kliimamuutuseid leevendada ja nendega kohaneda. Puit taastuva ressursina võimaldab vähendada fossiilsete materjalide kasutamist. RMK uuendab metsad kvaliteetselt ja kiiresti, hooldab neid õigel ajal ning hoiab metsad elujõulised ja terved, panustades nii märkimisväärselt kliimamuutuste leevendamisse.



Näidisarvutus

Allpool on süsinikuraporti arvutuskäiku illustreeritud ühe näidisarvutuse abil. Selleks on välja valitud keskealine männik Pärnumaal, mis kasvab mustika

kasvukohatüübis. Tegemist on viljaka metsaga, kus peale männi kasvab esimeses rindes ka kuuske. Järgnevalt on esitatud olemasolevad andmed selle metsa kohta.

| Kvartal nr VD254, eraldis 3 | | | | | Tagavara eraldisel (m ³) | | | Aastane juurdekasv eraldisel (m ³) | |
|-----------------------------|--------------|--|----------------------------------|-----------|--------------------------------------|--------|-----------|--|--------|
| Kasvu-kohta-tüüp | Pindala (ha) | h100 (m) (prognoositav kõrgus 100-aastaselt) | Koosseis | Vanus (a) | Mänd | Kuuske | Lama-puit | Mänd | Kuuske |
| Mustika | 2,13 | 29,4 | 85MA15KU (85% mändi, 15% kuuske) | 58 | 492,59 | 86,93 | 10,65 | 14,23 | 2,51 |

SÜSINIKU TAGAVARA

Leidmaks sellel metsaeraldisel talletatud süsiniku (C) tagavara, tuleb kõigepealt minna **kuupmeetritelt üle massiühikutele**. Männi puhul on absoluutkuiva puidu tihedus 470 kg/m³ ja kuusel 420 kg/m³. Niisiis korrutame kuupmeetrid läbi absoluutkuiva tihedusega ja teisendame tulemuse tonnideks. Saame männi tüvemassiks 231,5 t ja kuuse **tüvemassiks** 36,5 t.

Tüvemassi arvutamine

Mänd: $492,59 \text{ m}^3 = 492,59 \times 470 = 231\,517 \text{ kg} = 231,5 \text{ t}$
Kuusk: $86,93 \text{ m}^3 = 86,93 \times 420 = 36\,510 \text{ kg} = 36,5 \text{ t}$

Kuna peale tüvemassi on tähtis ka muu maa-pealne ja maa-alune biomass, siis nende leidmiseks kasutame teadustöödest tulenevaid biomassi suhteid erinevate fraktsioonide vahel. Männi puhul moodustab tüvemass kogu maapealsest biomassist 90,2% ning kuuse puhul 80%. **Maapealne biomass** on männil seega 256,7 t ja kuusel 45,6 t.

Maapealse biomassi arvutamine

Mänd: $231,5 \times 100 / 90,2 = 256,7 \text{ t}$
Kuusk: $36,5 \times 100 / 80 = 45,6 \text{ t}$

Maa-alune biomass moodustab kogu biomassist männi puhul 20% ja kuuse puhul 21%. Männi **maa-alune biomass** on seega 64,2 t ja kuuse oma 12,1 t.

Maa-aluse biomassi arvutamine

Mänd: $256,7 \times 20 / 80 = 64,2 \text{ t}$
Kuusk: $45,6 \times 21 / 79 = 12,1 \text{ t}$

Liites kokku maa-aluse ja maapealse biomassi, saame männi puhul **kogu biomassiks** 320,9 t ja kuuse puhul 57,7 t.

Kogu biomassi arvutamine

Mänd: $256,7 \text{ t} + 64,2 = 320,9$

Kuusk: $45,6 + 12,1 = 57,7 \text{ t}$

Nimetatud puistus on hinnatud ka lamapuitu (10,65 m³). **Lamapuidu biomass** arvestamiseks kasutame tihedust 300 kg/m³ kohta. Nii saame lamapuidu biomassiks 3,2 t.

Lamapuidu biomassi arvutamine

$10,65 \times 300 = 3195 \text{ kg} = 3,2 \text{ t}$

Puidu kuivmassist moodustab süsinik 50%. Seega tuleb vaatlusaluse metsaeraldise puidus oleva süsiniku teadasaamiseks liita kokku mändide ja kuuskede maa-alune ja maapealne biomass ning lamapuidu biomass ja jagada see kahega.

Süsiniku kogutagavara selle metsaeraldise puidus on 190,9 t.

Süsiniku arvutamine puidus

$(320,9 + 57,7 + 3,2) / 2 = 190,9 \text{ t}$

Suur osa süsinikku on lukustatud mullas. Mustika kasvukohatüübi muldade puhul on teadustöodes süsiniku tagavaraks hinnatud 125,2 t/ha. Selleks, et saada **kogu eraldise mulla süsiniku tagavara**, korrutame nimetatud hinnangu läbi eraldise pindalaga (2,13 ha). Saame mulla süsiniku tagavaraks 266,7 t.

Süsiniku arvutamine mullas

$2,13 \times 125,2 = 266,7 \text{ t}$

Kogu eraldise süsiniku tagavara saame, kui liidame kokku puidus ja mullas oleva süsiniku. See on 457,6 t.

Kogu eraldise süsiniku tagavara arvutamine

$190,9 \text{ t} + 266,7 \text{ t} = 457,6 \text{ t}$

SÜSINIKU SIDUMINE

Selleks, et hinnata, kas konkreetne metsaökosüsteem on süsiniku siduja või emiteerija, tuleb hinnata ära kõik sissetulevad ja väljuvad süsinikuvood.

Alustame juurdekasvust. Eraldise kirjelduses on nimetatud tüvejuurdekasv: männil 14,23 m³ ja kuusel 2,51 m³ aastas. Esmalt tuleb see teisendada biomassiks, nagu tagavara arvutustes. Männi **tüvepuidus on aasta jooksul juurde toodetud biomassi** 6,7 t ja kuuse tüvepuidus 1,1 t.

Tüvedes aastaga juurde toodetud biomassi arvutamine

Mänd: 14,23 x 470 = 6688 kg = 6,7 t

Kuusk: 2,51 x 420 = 1054 kg = 1,1 t

Suure osa metsa biomassist moodustavad männi ja kuuse puhul ka okkad ja oksad ning peen- ja jämejuured. Eestis läbi viidud metsaökosüsteemi süsiniku uuringutest on teada, et tüvedes toodetakse juurde männi puhul kogu seotud biomassist vaid 37,7% ja kuuse puhul 34,9%, ülejäänud ladestub just juurtes, okstes ja okastes.

Aasta jooksul juurde toodetud kogu biomassi leidmiseks tuleb liita ka need osad, misjärele saame männi puhul tulemuseks 17,8 t ja kuuse puhul 3,1 t.

Kogu eraldisel aastaga juurde toodetud biomassi arvutamine

Mänd: 6,7 x 100 / 37,7 = 17,8 t

Kuusk: 1,1 x 100 / 34,9 = 3,1 t

Ka siin on süsiniku osakaal 50% ning selleks, et leida, *kui palju süsinikku on aasta jooksul metsa biomassis juurde toodetud*, tuleb saadud arvud jagada kahega.

Kogu eraldisel aasta jooksul seotud süsiniku massi arvutamine

Mänd: 17,8 / 2 = 8,9 t

Kuusk: 3,1 / 2 = 1,55 t

Tuleb meeles pidada, et metsa biomassis ladestub küll süsinik, aga atmosfäärist seotakse süsihappegaasi, kusjuures 1 t C-d võrdub 3,7 t CO₂-te. Nimetatud eraldisel on **puud sidunud atmosfäärist aasta jooksul 38,7 t CO₂-te**.

Puude poolt atmosfäärist seotud CO₂ arvutamine
 $(8,9 + 1,55) \times 3,7 = 38,7 \text{ t}$

Selleks, et hinnata, kas nimetatud metsaeraldise puhul on tegemist süsiniku siduja või emiteerijaga, tuleb arvestada ka **alusmetsa ja alustaimestiku seotavat CO₂-te**. Teadlased on hinnanud, et sarnastes metsades seotakse alusmetsa ja alustaimestiku maapealse ja maa-aluse osa peale kokku 9,25 t CO₂-te ha kohta. Nimetatud eraldisel seotakse läbi alusmetsa ja alustaimestiku seega atmosfäärist 19,7 t CO₂-te aastas.

Alusmetsa ja alustaimestiku poolt atmosfäärist seotud CO₂ arvutamine

$2,13 \times 9,25 = 19,7 \text{ t}$

Samuti on tähtis teada **orgaanilise aine lagunemisest tulenevat emissiooni mullast**.

Teadustöodes on seda sellistel muldadel hinnatud suurusele 14,06 t CO₂-te hektari kohta aastas. Nimetatud mets emiteeris seega mullahingamisega 30 t CO₂-te aastas.

Orgaanilise aine lagunemisel mullast tekkiva CO₂ emissiooni arvutamine

$2,13 \times 14,06 = 30,0 \text{ t}$

Liites kokku puude seotud CO₂ ja alustaimestiku ning alusmetsa seotud CO₂ ning lahutades sellest mullahingamisega emiteeritud CO₂, selgub, et **nimetatud puistu seob aastas 28,4 t CO₂-te**. Sellist metsa kasvatades **seome aastas igal hektaril 13,3 t CO₂-te**.

Süsiniku sidumine nimetatud eraldisel (CO₂)
 $38,7 + 19,7 - 30,0 = 28,4 \text{ t}$

Süsiniku sidumine nimetatud eraldisel hektari kohta (CO₂)
 $28,4 / 2,13 = 13,3 \text{ t}$

PS! Rahvusvahelises kliimaaruandluses näidatakse süsiniku sidumist tavaliselt miinusmärgiga. Ehk siis – nii näidatakse, kui palju on metsa kasvamise tõttu atmosfääris vähem süsihappegaasi ja teisi kasvuhoonegaase. Siin arvutustes oleme metsas süsiniku sidumist näinud positiivsena, sest see on üks igati positiivne tegu!

Süsinikuraporti koostamisel kasutatud allikad

1. Uri, V., Kukumägi, M., Aosaar, J., Varik, M., Becker, H., Aun, K., Lõhmus, K., Soosaar, K., Astover, A., Uri, M., Buht, M., Sepaste, A., Padari, A. 2022. The dynamics of the carbon storage and fluxes in Scots pine (*Pinus sylvestris*) chronosequence. *Science of the Total Environment* 817: 152973.
2. Veibri, U., Saarman, E. 2006. Puiduteadus. Eesti Metsaselts.
3. Aosaar, J., Varik, M., Lõhmus, K., Ostonen, I., Becker, H., Uri, V. 2013. Long-term study of above- and below-ground biomass production in relation to nitrogen and carbon accumulation dynamics in a grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) plantation on former agricultural land. *European Journal of Forest Research*, 132 (5–6): 737–749. DOI: 10.1007/s10342-013-0706-1.
4. Aun, K., Kukumägi, M., Varik, M., Becker, H., Aosaar, J., Uri, M., Buht, M., Uri, V. 2021. Short-term effect of thinning on the carbon budget of young and middle-aged silver birch (*Betula pendula* Roth) stands. *Forest Ecology and Management* 480 (1–2): 118660. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118660.
5. Aun, K., Kukumägi, M., Varik, M., Becker, H., Aosaar, J., Uri, M., Morozov, G., Buht, M., Uri, V. 2021. Short-term effect of thinning on the carbon budget of young and middle-aged Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. *Forest Ecology and Management* 492 (12): 119241. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119241.
6. Aun, K., Kukumägi, M., Varik, M., Uri, M., Buht, M., Aosaar, J., Padari, A., Sepaste, A., Soosaar, K., Becker H., Uri V. 2022. Recovery dynamics of ecosystem carbon budgets in a young silver birch stand chronosequence after clear-cut – Estonian case study, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 37: 5–8, 352–365, DOI: 10.1080/02827581.2022.2155235
7. Eesti puistute biomassi mudelite väljatöötamine (1.12.2017–6.04.2020) L170270MIME. Veiko Uri, Eesti Maaülikool, metsandus- ja maaehitusinstituut, metsakasvatuse ja metsaökoloogia õppetool – lõpparuanne.
8. Hall-lepikud Eesti metsade süsinikubilansis (1.09.2012–30.04.2014) 8-2/T12141MIMK (3406). Veiko Uri, Eesti Maaülikool, Eesti Maaülikool, metsandus- ja maaehitusinstituut – lõpparuanne.
9. Krasnova, A., Kukumägi, M., Mander, Ü., Torga, R., Krasnova, D., Noe, S. M., Ostonen, I., Püttsepp, Ü., Killian, H., Uri, V., Lõhmus, K., Söber, J., Soosaar, K. 2019. Carbon exchange in a hemiboreal mixed forest in relation to tree species composition. *Agricultural and Forest Meteorology* 275: 11–23. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.05.007>.
10. Kriiska, K., Frey, J., Asi, E., Kabral, N., Uri, V., Aosaar, J., Varik, M., Napa, Ü., Apuhtin, V., Timmusk, T., Ostonen, I. 2019. Variation in annual carbon fluxes affecting the SOC pool in hemiboreal coniferous forests in Estonia. *Forest Ecology and Management* 433: 419–430. DOI: 10.1016/j.foreco.2018.11.026.
11. Kuivendamise mõju viljakate soometsade süsinikubilansile (1.09.2013–31.03.2015), 8-2/T13104MIMK. Veiko Uri, Eesti Maaülikool, Eesti Maaülikool, metsandus- ja maaehitusinstituut – lõpparuanne.
12. Kukumägi, M., Ostonen, I., Uri, V., Helmisaari, H.-S., Kanal, A., Kull, O., Lõhmus, K. 2017. Variation of soil respiration and its components in hemiboreal Norway spruce stands of different ages. *Plant and Soil* 414 (1): 265–280. DOI: 10.1007/s11104-016-3133-5.
13. Kuusekändude varumise metsanduslikud aspektid ja kaasnevate keskkonnamõjude hindamine (1.07.2011–30.06.2014), 8-2/T11082MIMK. Veiko Uri, Eesti Maaülikool, Eesti Maaülikool, metsandus- ja maaehitusinstituut – lõpparuanne.

14. Salm, J.-O., Maddison, M., Tammik, S., Soosaar, K., Truu, J., Mander, Ü. 2012. Emissions of CO₂, CH₄ and N₂O from undisturbed, drained and mined peatlands in Estonia. *Hydrobiologia* 692 (1): 1–15. DOI: 10.1007/s10750-011-0934-7.
15. Salm, J.-O., Kimmel, K., Uri, V., Mander, Ü. 2009. Global warming potential of drained and undrained peatlands in Estonia: A synthesis. *Wetlands* 29 (4): 1081–1092.
16. Soosaar, K., Mander, Ü., Maddison, M., Kanal, A., Kull, A., Lõhmus, K., Truu, J., Augustin, J. 2011. Dynamics of gaseous nitrogen and carbon fluxes in riparian alder forests *Ecological Engineering* 37 (1): 40–53. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2010.07.025.
17. Süsiniku- ja lämmastikuringe muudetud veerežiimiga metsades (1.05.2013–30.04.2016) LLOOM13056. Ülo Mander, Tartu Ülikool, loodus- ja tehnoloogiateaduskond; Tartu Ülikooli ökoloogia- ja maateaduste instituut; Tartu Ülikool, loodus- ja täppisteaduste valdkond, ökoloogia ja maateaduste instituut – lõpparuanne.
18. Süsinikubilanss kuuse-kase segametsade vanuseres (1.03.2015–24.11.2016) 8-2/T15013MIMK. Veiko Uri, Eesti Maaülikool, Eesti Maaülikool, metsandus- ja maaehitusinstituut – lõpparuanne.
19. Süsinikubilanss viljakate kuusikute vanuseres (1.08.2018–1.06.2020) T180044MIME (14511). Veiko Uri, Eesti Maaülikool, metsandus- ja maaehitusinstituut, metsakasvatuse ja metsaökoloogia õppetool – lõpparuanne.
20. Süsinikubilanss palumännikute vanuseres (1.08.2016–31.05.2018) 8T160024MIMK. Veiko Uri, Eesti Maaülikool, metsandus- ja maaehitusinstituut – lõpparuanne.
21. Raiete mõju metsade süsinikuringele (1.07.2015–30.06.2018) 8-2/T15078MIMK. Veiko Uri, Eesti Maaülikool, Eesti Maaülikool, metsandus- ja maaehitusinstituut – lõpparuanne.
22. Tamm, Ü. 2000. Haab Eestis. Eesti Loodusfoto.
23. Uri, V., Kukumägi, M., Aosaar, J., Varik, M., Becker, H., Aun, K., Krasnova, A., Morozov, G., Ostonen, I., Mander, Ü., Lõhmus, K., Rosenväld, K., Kriiska, K., Soosaar, K. 2019. The carbon balance of a six-year-old Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) ecosystem estimated by different methods. *Forest Ecology and Management* 433: 248–262. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.11.012>.
24. Uri, V., Kukumägi, M., Aosaar, J., Varik, M., Becker, H., Soosaar, K., Morozov, G., Ligi, K., Padari, A., Ostonen, I., Karoles, K. 2017. Carbon budgets in fertile grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) stands of different ages. *Forest Ecology and Management* 396: 55–67. DOI: 10.1016/j.foreco.2017.04.004.
25. Uri, V., Kukumägi, M., Aosaar, J., Varik, M., Becker, H., Morozov, G., Karoles, K. 2017. Ecosystems carbon budgets of differently aged downy birch stands growing on well-drained peatlands. *Forest Ecology and Management* 399: 82–93. DOI: 10.1016/j.foreco.2017.05.023.
26. Uri, V., Kukumägi, M., Aosaar, J., Varik, M., Becker, H., Aun, K., Nikopensius, M., Uri, M., Buht, M., Sepaste, A., Padari, A., Asi, E., Sims, A., Karoles, K. 2022. Litterfall dynamics in Scots pine (*Pinus sylvestris*), Norway spruce (*Picea abies*) and birch (*Betula*) stands in Estonia. *Forest Ecology and Management* 520: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120417>.
27. Uri, V., Aosaar, J., Varik, M., Becker, H., Kukumägi, M., Ligi, K., Pärn, L., Kanal, A. 2015. Biomass resource and environmental effects of Norway spruce (*Picea abies*) stump harvesting: An Estonian case study. *Forest Ecology and Management* 335: 207–215. DOI: 10.1016/j.foreco.2014.10.003.
28. Vares, A. 1999. Biomass, produktioon ja peamised mineraaltoitained sanglepakultuurides. Magistritöö, (juh) Hardi Tullus; Krista Lõhmus. Eesti Maaülikool.
29. Varik, M., Kukumägi, M., Aosaar, J., Becker, H., Ostonen, I., Lõhmus, K., Uri, V. 2015. Carbon budgets in fertile silver birch (*Betula pendula* Roth) chronosequence stands. *Ecological Engineering* 77: 284–296. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.01.041>.



30. Valgepea, M., Raudsaar, M., Karu, H., Suursild, E., Pärt, E., Sims, A., Kauer, K., Astover, A., Maasik, M., Vaasa, A., Kaimre, P. 2021. Maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse sektori sidumisvõimekuse analüüs kuni aastani 2050. Keskkonnaagentuur, Eesti Maaülikool. 164 lk. DOI: 10.15159/eds.rep.21.01.
31. Kölli, R., Asi, E., Köster, T. 2004. Organic carbon pools in Estonian forest soils. *Baltic Forestry* 10 (1): 19–26.
32. Kölli, R., Ellermäe, O., Köster, T., Lemetti, I., Asi, E., Kauer, K. 2009. Stocks of organic carbon in Estonian soils. *Estonian Journal of Earth Sciences* 58 (2): 95–108. doi: 10.3176/earth.2009.2.01.
33. Lutter, R., Kölli, R., Tullus, A., Tullus, H. 2018. Ecosystem carbon stocks of Estonian premature and mature managed forests: effects of site conditions and overstorey tree species. *European Journal of Forest Research* 138 (1). <https://doi.org/10.1007/s10342-018-1158-4>.
34. Projekti „Mulla süsinikuvarude seis ja dünaamika“ lõpparuanne, kestus: 2015–2019, projektijuht: Karin Kauer, asutus: Eesti Maaülikool põllumajandus- ja keskkonnainstituut.
35. Kauer, K., Kölli, R., Viiralt, R., Köster, T., Noormets, M., Laidna, T., Keres, I., Parol, A., Varul, T., Selge, A., Raave, H. 2013. Effect of cut plant residue management and fertilization on the dry-matter yield of swards and on carbon content of soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 44: 1–4, 205–218.
36. Kauer, K., Teina, B., Sanchez de Cimab, D., Talgrea, L., Eremeeva, V., Loita, E., Luikc, A. 2015. Soil carbon dynamics estimation and dependence on farming system in a temperate climate. *Soil & Tillage Research* 154: 53–63.
37. Organisatsioonide KHG jalajalg, Keskkonnaministeerium
<https://envir.ee/kliima/toetavad-materjalid/organisatsioonide-khg-jalajalg>