

Metsänhoito ja metsikön hiilitase, yleisen tason tietoa

Simo Paukkunen

Karelia-ammattikorkeakoulu

simo.paukkunen@karelia.fi

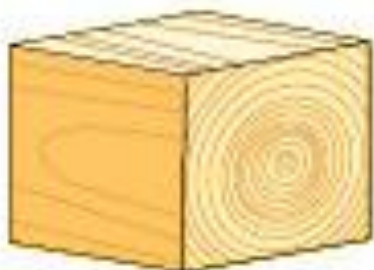
Yleisiä käsitteitä

- Kiintokuutio = m^3 = tilavuus yhtenäisenä palana
- Irtokuutio = $i\text{-}m^3$ = osasista koostuvan aineen tilavuus väleineen
- Pinokuutio = $p\text{-}m^3$ = pinossa olevien yksiköiden tilavuus väleineen
- Ainestiheys = paino ja tilavuus ilman soluseinien välisiä huokosia
 - Lehtipuilla 1497 – 1517 kg/m^3
 - Havupuilla 1517 – 1529 kg/m^3
- Kuivatuoretiheys
 - Puun massa kuivattuna ja tilavuus puun syiden kyllästyspistettä korkeammassa kosteudessa

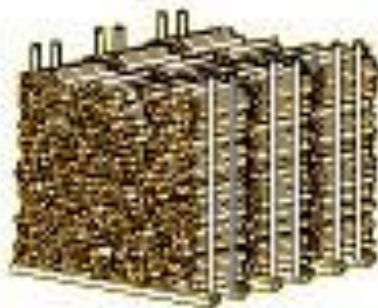
Tilavuus ja tiheys

	tilavuus	paino
kiintokuutio	1 m ³	370 - 480 kg/m ³ (kuivatuoretiheys)
pinokuutio	0,6 m ³	350 -400 kg/p-m ³ (kuivatuoretiheys)
irtokuutio	0,4 m ³	n. 300 kg/i-m ³ (kuivatuoretiheys)
ainestiheys, puu	1 m ³	n. 1500 kg/m ³
kuivatuoretiheys, runkopuu	1 m ³	370 - 480 kg/m ³
tuoretiheys	1 m ³	740 -950 kg/m ³

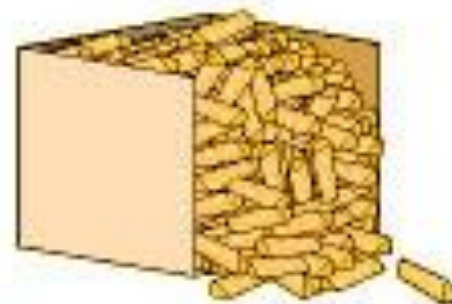
Kuutiot????



1 kiintokuutiometri = m³



=
1,5 × pinokuutiometri = p-m³



=
2,5 × irtokuutiometri = i-m³

Kosteus ja kosteussuhde

- Määritelmät
 - M_{ar} = kosteus saapumistilassa (as received, wet bases)
 - M_{ad} = analyysinäytteen kosteus (analyse dry, dry bases)
 - m_1 = paino ennen kuivausta
 - m_2 = paino kuivauksen jälkeen
- Kosteus
 - $M_{ar} = \{(m_1 - m_2) / m_1\} \times 100$
- Kosteussuhde
 - $M_{ad} = \{(m_1 - m_2) / m_2\} \times 100$

Hiilen käyttäytyminen metsikössä

- Kasvien yhteyttäminen sitoo hiiltä
 - Kasvit käyttävät ilman hiilidioksidia
- Kasvien hajoaminen vapauttaa hiiltä takaisin ilmakehään
 - Lahoaminen tapahtuu hapen läsnä ollessa, hajoamistuote hiilidioksidi
 - Hapen puuttuessa kyseessä on mätäneminen, hajoamistuote mm. metaani
 - Metaani on 25 kertaa hiilidioksidia haitallisempi kasvihuonekaasu
- Hiilinielu
 - Kun metsä sitoo enemmän hiiltä kuin se tuottaa
- Hiilitase
 - Tietyn ajan (vuosi) kuluessa sidotun ja tuotetun hiilimäärän erotus
- Substituutiovaikutus
 - Korvausvaikutus, kun esim fossiilinen polttoaine korvataan uusiutuvalla polttoaineella
- Hiilidioksidiekvivalentti
 - Eri hiiltä sisältävät kaasut vaikuttavat eri tavalla ilmastoon, joten yhteismitalliseksi yksiköksi on päätetty hiilidioksidiekvivalentti. Hiilidioksidin kerroin on 1 ja esim metaanin kerroin on 25.

Kaupallinen puutavara ja hiilimäärät

- 1 kiintokuutio = 2,5 irtokuutiota
- 1 m³ (kuutiometri) sahatavaraa tarkoittaa 2- 2,5 m³ pyöreää ainespuuta
- 1 kuutiometriin puuta on sitoutunut 900 kg hiilidioksidia (CO₂)
- 900 kg (CO₂) tarkoittaa 245,9 kg kiinteää hiiltä (C)
- Tuoreen puuraaka-aineen kosteus on keskimäärin 50 – 55%
- Energiapuun (sekapuu) kuivatuoretiheys on 450 kg/kiintokuutio
- Puun kuiva-aineesta keskimäärin puolet on kiinteää hiiltä

Yleistä

- Tästä voidaan johtaa seuraavaa (ns hihavakioita)
 - 2000 kg kuivaa puuta tarkoittaa 4000 kg tuoretta puuta
 - 2t kuivaa puuta sisältää 1t hiiltä (3,66 t hiilidioksidia)
 - 4t tuoretta puuta on n. 8,9 kiintokuutiota rankaa ja toisaalta se on n. 22,2 irtokuutiota haketta
- Lisää arvioita ja spekulaatioita: jos metsätaloudesta tuleva puupohjainen sivutuote käytetään polttoaineena siten, että puupolttoaine syrjäyttää fossiilista polttoainetta, voidaan sanoa, että suuruusluokka metsätalouden hiilinielulle on 1 tonni sidottua hiiltä hehtaarilta vuotta kohti (ilman substituutiovaikutusta hiilinielu on luokkaa 0,3 – 0,6 t hiiltä/ha/a).

Metsikön hiilitase

- On arvioitu, että hoitamattomassa metsässä puustoon sitoutuneen hiilen määrä hakeutuu tasapainoon, joka olisi 165t C/ha
- 1 kuutiometriä puuta sitoo 1 t hiilidioksidia, joka on 273 kg kiinteää hiiltä C
- Hiiltä sitoutuu puustoon (kasveihin) ja maaperään
 - → hiilinielu
- Hiiltä on varastoitunut puustoon ja maaperään
 - Olemassa olevat varastot
- Puuaineksen kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo on 18,3–20,0 MJ/kg (= GJ/t).
- 1 GJ = 0,2778 MWh tai toisin päin 1 MWh = 3,6 GJ
- 1 tonni kuivaa puuta tarkoittaa energiana 20 GJ = 5,5 MWh
- Kosteus vaikuttaa radikaalisti puusta oikeasti saatavaan hyötyenergiaan

Hakkuiden vaikutus

- Päätehakkuu

- Vesitalous muuttuu radikaalisti, koska vettä haihduttavat isot puut poistuu metsiköstä
 - Huomiota valumien ehkäisyyn, mm. ravinteet
- Valon määrä lisääntyy maanpinnalla, koska isojen puiden varjostusvaikutus poistuu
- Hajotustoiminta voimistuu
- Tilipäivä metsänomistajalle

- Harvennushakkuu

- Metsikön puulukumäärä laskee
- Valon määrä lisääntyy
- Puiden välinen kilpailu vähenee
- Jäljelle jäävien puiden kasvu kiihtyy
- Tuloja (20 % metsänomistajalle tulevista hakkutuloista) metsänomistajalle ennen päätehakkuuta

Hiilen sitoutuminen eri kehitysvaiheessa olevissa metsiköissä

- Päätehakkuu
 - Hiiltä sitoutuu puustoon todella vähän
 - Maaperästä hajoaa kariketta hiileksi ilmaan
- Nuori taimikko
 - Hiilen sidonta puustoon edelleen vähäistä
 - Maaperän hiilipäästö vähenee valon vähenemisen (puuston varjostus) myötä
- Kasvatusmetsä
 - Hiilen sidonta puustoon suurinta (kg/vuosi/hehtaari), koska puiden kasvu on nopeaa
 - Harvennukset kuitenkin vähentävät hiilivarastoja ja lyhyellä aikavälillä myös hiilen sidontaa
 - Jäljelle jäävän puuston kasvu kiihtyy
- Päätehakkuu

Puuaines ja hiili/hiilidioksidi

- Hakkeen polttaminen vapauttaa 3667 kg/CO₂ kun poltetaan tonni kuivaa puuta
- Kun puun energiakäytöllä korvataan öljylämmitystä, niin ns korvauskerroin on 0,6
 - 1 tonni kuivaa haketta → 600 kg C → 2200 kg CO₂
- Tosiasiassa puuta poltettaessa vapautuu enemmän hiilidioksidia kuin mikä välitön korvausvaikutus on.
- Puut käyttävät (eli käytännössä sitovat) hiilidioksidia yhteytyksen kautta uuden puuaineksen tuottamiseen
- Milloin uuden puuaineksen kasvu sitoo tuon energiakäytöstä tulleen hiililähteen? (Minä en osaa vastata tuohon!!!!??)
 - Jotkut tutkimukset (esim Seppälä ym.2015) ovat sitä mieltä, että metsäenergia ja useat puutuotteet aiheuttavat pitkään suurempia kasvihuonekaasupäästöjä kuin kilpailevat tuotteet ja energialähteet/polttoaineet. Lyhyellä ja keskipitkällä aikavälillä suurempi ilmastohyöty voitaisiin saada jättämällä puu metsään kasvattamaan hiilivarastoa.
 - Hakkutähteiden käyttö voisi olla lyhyelläkin aikavälillä hiilinielu.

Puuaines ja hiili/hiilidioksidi

- Laskelmat (esim Seppälä et al 2015) osoittavat, että metsien hakkuut (= puun käytön lisääminen) pienentää metsien hiilinieluja/metsien hiilivarastoa vähintään vuosikymmeniksi eteenpäin verrattuna tilanteeseen, jossa puunkäyttöä ei lisätä.
- Hakkuiden aiheuttaman metsän hiilivajeen palautumisnopeus (metsien kasvu + puutuotteiden hiilen varastointiaika) vaikuttaa dramaattisesti metsien käytön ilmastovaikutukseen
- Mitä nopeammin hiilivaje täytetään, sitä nopeammin puun käytöstä tulee oikeasti ilmaston kannalta hyödyllistä
- Päätehakkuun jälkeen metsämaa toimii hiililähteenä karikkeen lisääntyneen hajotustoiminnan vuoksi.
- Huonoimmillaan (kasvavaa puuta hakataan vain energiaksi) puuenergia tuottaa enemmän kasvihuonekaasuja kuin fossiiliset polttoaineet

Puuaines ja hiili/hiilidioksidi

- Tilanne kuitenkin muuttuu metsäenergian kannalta paremmaksi ajan kuluessa, tästä käytetään termiä takaisinmaksuaika
- Parhaimmillaan takaisinmaksuaika voi olla n. kymmenen vuotta, pahimmillaan satoja vuosia
- Hitaasti kasvava puu ei ole hyvä uusiutuvan energian raaka-aine, ilmastoehyödyt suomalaisella puulla realisoituu keski-pitkällä aikavälillä (75-90 vuotta)
- Puun energiakäytön ilmastoehyötyjä voidaan kuitenkin saavuttaa jo lyhyellä aikavälillä (10-30 vuotta) ohjaamalla energiatuotantoon muutoinkin luonnossa suhteellisen nopeasti hajoavia hakkuutähteitä kuten oksia ja harvennuspuuta, jotka muutoinkin jäisivät hajoamaan metsämaahan (Seppälä et al 2015).

Metsänhoitotoimenpiteet, hiilen sitoutuminen vs taloudelliset vaikutukset. Tutkimuksista poimittua tietoa

- Kun metsän annetaan kasvaa ilman hakkuita , niin hiilen sidonta on suurinta
- Harvennukset vähentävät hiilen varastointia, mutta harvennukset nostavat metsän taloudellista tuottoa (nettonykyarvo)
- Jatkuva kasvatus varastoi vähiten hiiltä, mutta jatkuva kasvatus antoi suurimman rahallisen tuoton (nettonykyarvo)
- Hiiltä on tosiasiaassa varastoituneena maaperässä enemmän kuin puustossa

Hiilisiidonnan maksimoiva metsätalous???

- Metsäalan käsittelyt tehdään niin, että metsien hiilivarastot suurenevat, mutta miten???
 - Metsämaaperän muokkauksen vähentäminen, erityisesti soistuneet alueet
- Avohakkuut lisäävät hiilipäästöjä
 - Isot puut poistetaan, joten hiilidioksidin sitoajat poistuvat (väliaikaisesti kylläkin)
 - Taimikot eivät sido hiilidioksidia kuin murto-osan siitä määrästä mitä suuret puut sitovat
 - Avohakkuut lisää metsämaaperän orgaanisen aineen hajoamista, joten tämäkin lisää metsäalan hiilidioksidipäästöjä
- Pidemmät kiertoajat hakkuille, alaharvennuksesta yläharvennuksiin???
- Isommasta, vanhemmasta puutavarasta enemmän sellaisia tuotteita, joiden käyttöikä on suurempi, esimerkiksi puutavarasta rakennetut talot /muut rakennelmat

Metsänhoidon keinovalikoima (esim. Ilmastoviisas metsätalous 2018, Äijälä et al 2014)

- Puuaineksen kasvun lisääminen
 - Lannoitus
 - Kunnostusojitus
 - Uuden puusukupolven hyvä geenipohja (siemenet, taimet)
 - Vaajaa tuottoisten metsien uudistaminen/metsittäminen
- Puuainekseen sitoutuneen hiilivaraston säilyttäminen
 - Puuston kasvatustiheyden kasvattaminen
 - Kiertoajan pidentäminen
 - Muut käyttömuodot kuin metsätalous
 - Peitteelliset käsittelymenetelmät
 - Soiden ennallistaminen

Erään tutkimuksen tuloksia (Vuorio 2018)

- Metsään sidotun kiinteän hiilen laskennallinen hinta on luokkaa 26,8 €/tonni.
- Hiilivaraston kokoon vaikuttaa huomattavasti kasvatusaika, metsätyyppi ja harvennukset
- Suurimpaan hiilivarastoon johti aina metsänhoitomenetelmä, jossa metsä jätettiin käsittelemättä
- Harvennukset pienensivät metsän hiilivarastoja
- Metsänhoitomenetelmistä vähiten hiiltä varastoi jatkuvan kasvatuksen menetelmä
- Ravinteikkaammalla kasvupaikalla hiilivarasto oli suurempi kuin niukkaravinteisilla kasvupaikoilla

Erään tutkimuksen tuloksia (Vuorio 2018)

- Jatkuva kasvatus oli netto nykyarvolla mitattuna taloudellisesti tuottavin metsänhoitomenetelmä
- Harvennukset nostivat taloudellista tuottoa
- Metsänhoitomenetelmää vaihtamalla taloudellisesti kannattavimmasta menetelmästä voitiin kasvattaa sitoutuneen hiilen määrää (jopa kannattavasti)
 - OMT-kuusikko, korkokanta 5%
 - Kannattavin metsänhoitomenetelmä oli jatkuva kasvatus, mutta kun se vaihdettiin menetelmään , jossa päätehakku tehtiin suositusten mukaan ja harvennukset olivat sallittuja ennen ja jälkeen päätehakkuun, niin 80 vuoden aikana hehtaarille sitoutui 32 t/ha enemmän hiiltä ja lisähiilitonnin hinta oli 19 €/t.
- Tutkimus ei ottanut huomioon puutuotteisiin sitoutunutta hiilimäärää!!!

Suomen metsien hiilitase, nielu vai lähde? esim

Seppälä et al 2015

- Suomen metsät sitovat hiilidioksidia ilmakehästä enemmän kuin sitä vapauttavat ja toimivat siten hiilinieluna ja viilentävät ilmasto.
- Näyttää myös siltä, että Suomen metsät tulevaisuudessakin pysyvät huomattavina hiilinieluinä lähivuosikymmenten aikana, mutta runsaat lisähakkuut voivat muuttaa tilannetta.
- Laskentamallit osoittavat, että puun käytön lisääminen pienentää Suomen metsien hiilinielua ja myös hiilivarastoa vähintään vuosikymmeniksi, kun verrataan tilanteeseen, missä puun käyttöä ei lisätä.

Uusinta tietoa metsien hakkuiden lisäämisestä ja hiilinieluista

- Metsäteollisuus/ Lukella julkistivat laskelmat huhtikuu 2020
- Metsäteollisuus ry:n mukaan laskelmien osoittavat, että hakkuita voidaan kasvattaa nykytasosta selvästi ja säilyttää silti metsien hiilinielu
 - Hakkuumäärät kasvaisivat nykytasosta noin 73 miljoonasta kuutiosta vuodessa kohti suurinta ylläpidettävissä olevaa hakkuukertymätasoa eli noin 90 miljoonaa kuutiota.
 - s
- Jos kasvua lisäävät keinot otetaan laajamittaisesti heti käyttöön, puuston hiilinielu säilyy lisääntyvistä hakkuista huolimatta, väittää Luke.
- Se, miten kasvua lisäävät metsänhoitotoimet eli taimikonhoito- ja lannoitustyöt saadaan toteutettua, vaatii metsänomistajien panostusta ja muita toimia.
 - Mm. kannustejärjestelmän tasokorotus, sukupolvenvaihdoksien tukeminen ja metsäpinta-alan laskun pysäyttäminen

Uusinta tietoa metsien hakkuiden lisäämisestä ja hiilinieluista

- Perusskenaariossa metsänhoidon taso, joka tarkoittaa taimikonhoitotöitä, lannoituksia ja kunnostusojituksia, pysyisi nykyisellään. Tehostetun metsänhoidon mallissa keskeiset muutokset olisivat lannoituspinta-alan viisinkertaistaminen ja taimikonhoitomäärien kaksinkertaistaminen. Luken skenaarit on laskettu vuoteen 2045 saakka.
 - Metsien lannoitukset viisinkertaistetaan 30 000 hehtaarista 150 000 hehtaariin. Taimikonhoitotyöt kaksinkertaistetaan nykytasosta eli noin 250 000 hehtaariin.
- Näillä edellytyksillä Luke sai puuston vuotuisesti kokonaiskasvuksi seuraavan kymmenen vuoden aikana noin 25 miljoonaa kuutiota ja siitä eteenpäin vuoteen 2045 saakka noin 20 miljoonaa kuutiota. Sen ansiosta metsien hiilinielu kasvaisi 25 miljoonaan CO₂-ekvivalenttonniin vuoden 2017 tasolta 20 CO₂-ekvivalenttonnia.
- Ilman tehostettuja toimia hakkuiden lisääntyessä metsien hiilinielu pienenee.
- Puuston kokonaistilavuuden kasvu pysyisi tehostetun metsänhoidon mallissa selvästi nykymetsänhoitoa korkeammalla. Vuosikasvu voitaisiin pitää noin 20 miljoonan tuntumassa ainakin vuoteen 2045 saakka. Silloin puuston vuosikasvun ero nykyiseen metsänhoitotapaan kasvaisi vuositasolla jo 15 miljoonaan kuutioon.
- Metsänhoidon tehostamistoimien ohella mallissa esitetään, että jatkuvan kasvatuksen pinta-ala kaksinkertaistettaisiin.
- Laskentamalliin sisältyy, että kivennäismaiden kuusikoiden pinta-alasta 3 prosenttia ja turvemaiden korpikuusikoiden pinta-alasta 30 prosenttia tulisi poimintahakkuiden piiriin.
- Soiden kunnostusojituksia vähennettäisiin 40 prosentilla. Syynä ovat ojitusten aiheuttamat ravinnepäästöt.

Uusinta tietoa metsien hakkuiden lisäämisestä ja hiilinieluista

- Metsänomistajien kannalta skenaariomalli toteutuessaan turvaisi hakkuiden korkean tason, mutta aiheuttaisi oletetulla hakkuiden tasolla 93 miljoonan euron nettotulo menetykset. Syynä ovat suuremmat vuotuiset metsänhoitokustannukset.
- Hiilensidonnan hinta on halpa, mutta metsänomistajille tarvitaan kannustimia, jos nettotulo vähennykset ovat 90 miljoonan euron luokkaa.

Lähteet:

- Alakangas, Eija., Hurskainen, Markus., Laatikainen-Luntama, Jaana ja Korhonen, Jaana. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT Technology 258. 2016.
- Eurooppalaiset puualan tietosivut. Puutuotteet hiilivarastona. <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Puutuotteet%20hiilivarastona%20a4.pdf>. Ladattu 15.4.2020
- Ilmastoviisas metsätalous. Hankkeen tulosten esittely. Ilkka Vaara, Metsähallitus. 4.4.2018 Heureka
- Luonnonvarakeskus laski uusiksi metsien hiilinielun vertailutason – Suomen ehdotus EU:lle kutistui yli viidenneksen aiemmasta. <https://yle.fi/uutiset/3-11119315>. Ladattu 16.4.2020.
- Metsäteollisuus teetti Lukella laskelmat hakkuiden kasvattamiseksi. 2020. <https://www.forssanlehti.fi/uutiset/metsateollisuus-teetti-lukella-laskelmat-hakkuiden-kasvattamiseksi-vanhat-keinot-ja-uusia-tukia-valtiolta-vastaa-luonnonsuojeluliitto-618572>. Ladattu 20.4.2020.
- Seppälä, Jyri., Kanninen Markku., Vesala Timo., Uusivuori, Jussi., Kalliokoski, Tuomo., Lintunen, Jussi., Saikku, Laura., Korhonen, Riitta ja Repo, Anna. Metsien hyödyntämisen ilmastovaikutukset ja hiilinielujen kehittäminen. Ilmastopaneelin raportti 3/2015.
- Seppälä, Jyri., Mattila, Tuomas., Koskela, Sirkka., Myllyviita, Tanja., Järvi, Natasha., Pukkala, Timo., Jachym, Judl., Kilpeläinen, Antti., Hurmekoski, Elias ja Leskinen, Pekka. Puun käytön substituutiovaikutukset FORBIO-hankkeen puoliväliseminaariin 25.10.2017, Sokos Hotelli Vantaa
- Vuorikko, Juha. 2018. Metsänhoidon mahdollisuudet metsien hiilivarastojen kasvattamiseen ja vaikutukset metsänkasvatuksen kannattavuuteen. Pro gradu, Jyväskylän yliopisto
- Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2014. Metsänhoidon suositukset. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja.

KIITOS!

Lisää tietoa : simo.paukkunen@karelia.fi