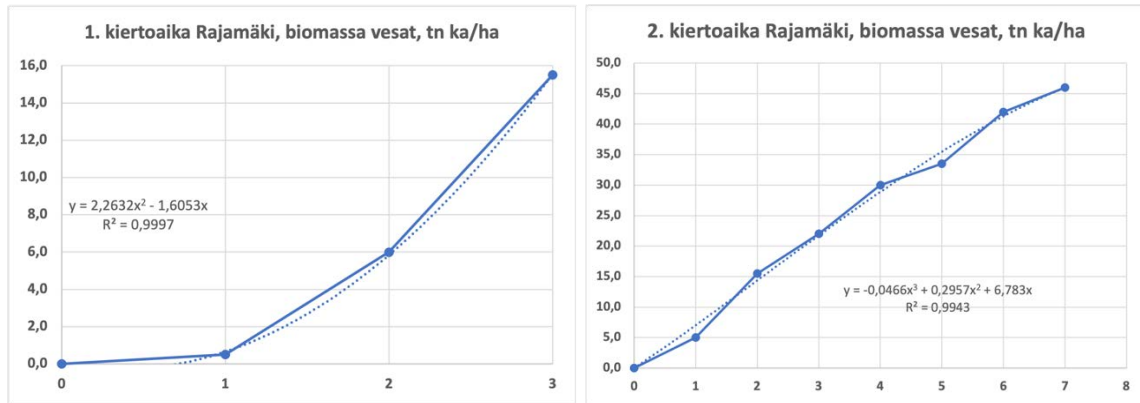


To: Reino Mantsinen, Jussi Knaapi

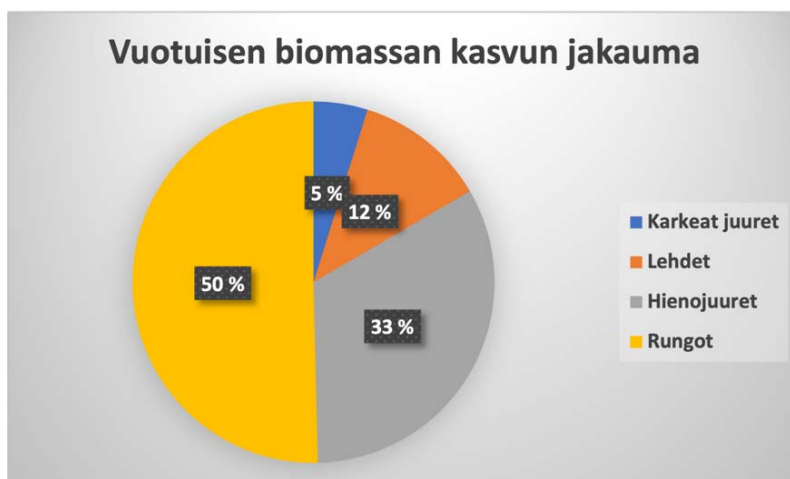
Re: Nieluviljelyn esimerkkilaskentaa

1. Nieluviljelyn laskenta, mallina alkuainehiili (C), perustuu kahteen käsitteeseen: **hiililuku** ja **hiilen nieluvirta**.
2. **Hiililuku** kertoo paljonko viljelmässä, pellolla tai metsässä on tiettyinä ajankohtana keskimäärin alkuainehiiltä hehtaarilla (tn C/ha). Metsissä **Suppeaan hiililukuun** sisältyvät rungot, oksat, elävä lehvästö, kannot ja karkeat juuret. **Laajaan hiililukuun** tulee mukaan myös maaperä, esimerkiksi 10 cm:n, 30 cm:n tai 100 cm:n syvyydessä. Mukaan lasketaan maaperän pysyvä hiili (kuten turpeessa), hienoitujuuret ja humuksen maatuva hiili mikä on peräisin maanpäällisestä lehtikarikkeesta ja maanalaisesta juurten karikkeesta.
3. **Hiilen nieluvirta** kertoo paljonko kasvuisiin metsiin, ylipäänsä biomassaan tai maaperään kertyy alkuainehiiltä vuodessa. Hiilen nieluvirta mitataan yksikössä tn C/ha/v tai kg C/ha/v. Hiilen nieluvirta kertoo hiililuvun muutoksesta. Matemaattisesti Hiililuku on aikafunktion integraali ja Hiilen nieluvirta sen derivaatta. – Kun derivaatta on negatiivinen, virran nimi on Hiilen lähdevirta tai Hiilen päästövirta.
4. Alkuainehiilen nieluviljelyn 2020-luvulle sopiva esimerkki perustuu yhteiskunnan lietejätteillä voimallisesti lannoitettuun lehtipuiden lyhytkiertoviljelyyn sopivilla pelloilla tai vaikkapa turvesuon jättömailla. Otetaan laskentaesimerkin pohjaksi Alkon Rajamäen tehtaan lyhytkiertopajun viljelykoe vuosilta 1982–1991 (vuotuiset mittaukset sekä laskenta ja kaksi raporttia viitteissä 1 ja 2, liitteessä esimerkkikuvat 1 ja 2).
5. Lyhytkiertopajua kasvatetaan 10 vuoden ajan. Ensimmäinen kiertoaika on 3 vuotta (kuva 3) ja toinen kiertoaika 7 vuotta (kuva 4). Yksinkertaisessa laskennassa mitatusta vesojen kuivamassasta puolet on alkuainehiiltä (yksikössä tn C/ha).



Kuvat 3 ja 4. Rajamäen pajukokeen mitatut vesojen kuivabiomassat yhteensä 10 vuoden jaksolla (3 v + 7 v).

6. Vesojen lisäksi lyhytkiertopajun vuotuista biomassaa (myös alkuainehiiltä) kertyy lehtiin, karkeisiin juuriin (läpimitaltaan yli 2 mm) ja hienojuuriin (alle 2 mm) (kuva 5, viite: Rytter 2001, 2012).



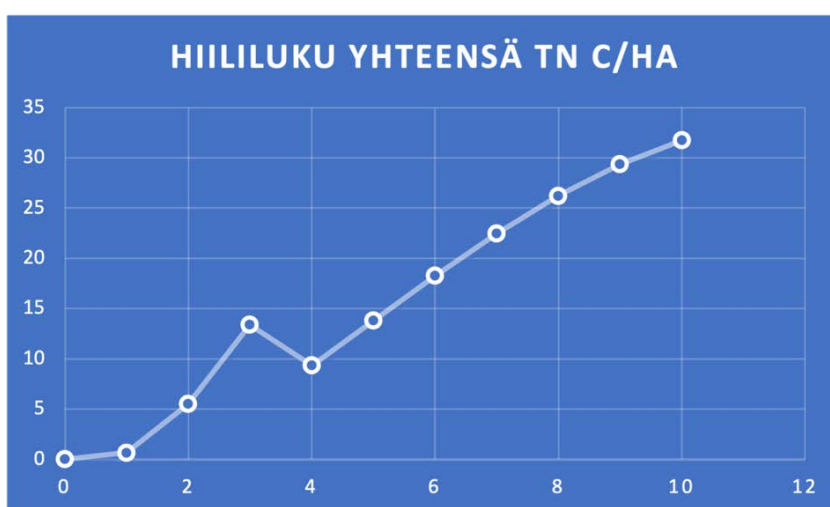
Kuva 5. Pajun biomassan vuotuisen kasvun jakauma Ruotsin tutkimusten mukaan (Rytter 2001, 2012).

7. Pajun kasvamat lehdet ja hienojuuret muuntuvat aikaa myöten humukseksi. Samalla osa alkuainehiilestä hapettuu, muuntuu hiilidioksidiksi ja palautuu ilmakehään. Hiilen pysyvyydellä on oma luonnonlakinsa kaikille kasvosille. Kuvassa 6 on esimerkki pajun lehtien kerryttämän hiilen pysyvyydestä, lehtien muuntumisesta karikkeeksi. Karikkeen hiilen pysyvyys lasketaan kuvan 6 kertoimella. Lehdet varisevat vuonna nolla ja muuntuvat sen jälkeen vähitellen karikkeesta humukseksi. Varisseista lehdistä jää pysyväksi alkuainehiilen varastoksi 21 prosenttia (viitteet 3, 4 ja 5).



Kuva 6. Pajun lehtitikkariikkeen alkuainehiilen pysyvyyskerroin neljän vuoden aikana, Ruotsin mittausten mukaan (viite: Rytter 2001, 2012, 2015)

8. Rajamäen mallin mukaan kasvatettua hehtaaria kohti kertyy 10 vuodessa yhteensä hiilen nieluvarastoa yhteensä (vesat, kannot, karkeat juuret sekä lehtien ja hienojuurten humus) noin 30 tn C/ha (kuva 7). Luku sisältää toisen kiertoajan vesat; ensimmäisen kiertoajan vesat on hehtaarilta korjattu vuonna kolme. Vertailuksi: Suomen nielumetsien (22,7 milj. ha) vuodelle 2021 laskettu Suppea hiililuku (rungot, oksat, lehvästö, karkeat juuret - ei hienojuuria) on 41,4 tn C/ha.



Kuva 7. Rajamäen mallin Laaja hiililuku, tonnia alkuainehiiltä hehtaarilla (ei mukana maaperän alkuperäistä, pysyvää hiiltä)

9. Rajamäen mallin mukaan kasvatettua hehtaaria kohti päätyy vuotuinen hiilen nieluvirta tasolle 4 tn C/ha/v (kuva 8), eli 4000 kg C/ha/v. Vertailuksi: Suomen nielumetsiin (22,7 milj. ha) vuonna 2021 päätyvä hiilen nieluvirta on tasolla 531 kg C/ha/v (eli luokkaa 0,53 tn C/ha/v).



Kuva 8. Rajamäen mallin hiilen laaja nieluvirta, tonnia alkuainehiiltä vuodessa hehtaarille (vesat, lehtikarike, karkeat juuret, hienojuuret).

10. Viljelypajun mukaisilla mittauksilla ja laskennalla on mahdollinen mallittaa Hiililukua ja Hiilen nieluvirtaa myös muille puulajeille, esimerkiksi hieskoivulle (kiertoaika 20–30 vuotta) ja havupuille (kiertoaika 70–100 vuotta). Mallitus on mahdollista tehdä myös yksivuotisille peltokasveille, esimerkiksi kuituhampulle, kun biomassa mitataan (kuvan 3 mukaan) kasvukauden ajan riittävän usein, esimerkiksi viikon välein.

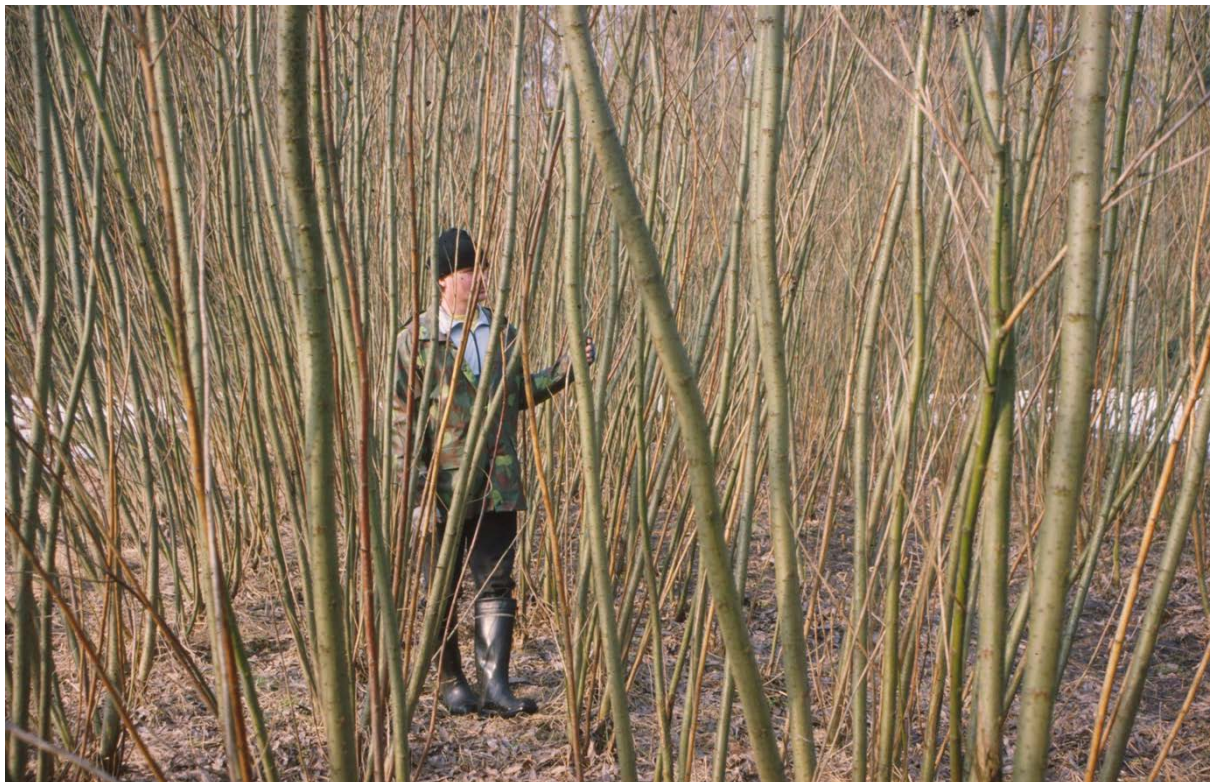
Viitteitä:

- (1) Hytönen, J. 1985. Teollisuuslietteellä lannoitetun vesipajun lehdetön maanpäällinen biomassatuotos. *Folia For.* 614:1-16.
- (2) Hytönen, J. 1995. Ten-year biomass production and stand structure of *Salix "Aquatica"* energy forest plantation in Southern Finland. *Biomass and Bioenergy* 8(2):63-71.
- (3) Rytter, R. 2001. Biomass production and allocation, including fine-root turnover, and annual N uptake in lysimeter-grown basket willows. *For Ecol. Manage* 140:177-192.
- (4) Rytter, R. 2012. The potential of willow and poplar plantations as carbon sinks in Sweden. *Biomass and Bioenergy* 36:86-95.
- (5) Rytter, R., Rytter, L. & Högbom, L. 2015. Carbon sequestration in willow (*Salix* spp.) plantations on former arable land estimated by repeated field sampling and C budget calculation. *Biomass and Bioenergy* 83:483-492.





Liitekuva 1: Alkon Rajamäen lietteellä kasvatettu pajuviljelmä syysmittauksen aikaan (kuva Metla)



Liitekuva 2: Alkon Rajamäen lietteellä kasvatettu pajuviljelmä kevätkorjuun aikaan (kuva Metla)