

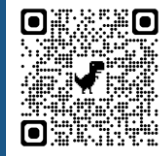
Pajun uudet arvoketjut – liiketoimintamallit ja alustavat kannattavuustarkastelut

Katri Juva
25.9.2026

- **Toteuttaja:** Satafood Kehittämisyhdistys ry
- **Hankealue:** Satakunta
- **Rahoitus:** Satakuntaliitto / EU:n Oikeudenmukaisen siirtymän rahasto JTF
- **Hankeaika:** 1.9.2024-30.10.2026
- **Tavoite:** selvittää lyhytkiertopajun mahdollisuuksia kuivikkeiden, kasvualustojen ja biohiilen raaka-aineena sekä arvioida niihin liittyviä arvoketjuja ja liiketoimintapotentiaalia.
- **Tuotokset:** kirjallisuusselvitykset, alustavat liiketoimintamallit ja kannattavuustarkastelut.

- **Lyhytkiertopaju on nopeakasvuinen ja tuottaa runsaasti biomassaa**
 - Suomessa lähinnä tutkimuskäyttöön perustettujen pajuviljelmien biomassatuotos keskimäärin 5-12 t ka/ha/v
 - Tavanomaisen talousmetsän biomassatuotos 3-6 t ka/ha/v
- **Paju viihtyy monenlaisilla kasvupaikoilla**
 - Parhaiten kosteilla ja ravinteikkailla mailla
 - Viljelyyn voivat soveltua entiset turvesuot, ruoantuotannosta poistuneet pellot, muut joutomaat
- **Mahdollisuus hyödyntää puhdistamolietepohjaisia kierrätyslannoitteita, joilla haastava markkina ruokakasvien viljelyssä**
 - Hyvin kasvava pajukasvusto tarvitsee runsaasti typpeä, fosforia ja kaliumia sekä pH-arvon 5,5-7,5
- **Monet ympäristöhyödyt, kuten pajun hiilensidontakyky ja kyky kerätä sekä hajottaa kasvuympäristönsä haitta-aineita**
- **Pajun potentiaali monipuolisena biotalouden raaka-aineena on tunnistettu**
 - Pajun kuoren bioaktiiviset aineet, kuten salisiinit ja tanniinit kiinnostavia uuteaineita

Pajun potentiaalista ja hyvistä ominaisuuksista koottiin kirjallisuuskatsaus:
"Pajun hyvät ominaisuudet ja jalostusmahdollisuudet"



- **Kuivikkeet**

- Turvetuotannon väheneminen heikentänyt kuiviketurpeen saatavuutta → kasvava tarve uusille kuivikemateriaaleille
- Paju on potentiaalisesti kotimainen, puupohjainen kuivikkeiden raaka-aine

- **Kasvualustat**

- Globaalin käytön arvioidaan kasvavan nykyisestä 2–2,5-kertaiseksi vuoteen 2050 mennessä
 - Kasvuturpeen tuotannon ei ennusteta kasvavan samassa suhteessa, joten kysyntään vastataan muista materiaaleista valmistetuilla kasvualustoilla
- Kasvuturpeen saatavuuteen on liittynyt epävarmuutta energiaturpeen tuotannon supistuessa
- Paju herättää uusiutuvana biomassana mielenkiintoa, koska uusien kasvualustojen kehitystyössä korostuvat myös kestävyys ja ilmastovaikutukset

- **Biohiili**

- Biohiili on kasvavaa kiinnostusta herättävä tuote, jolla on monia käyttökohteita maanparannuksesta vesienhallintaan ja fossiilisten raaka-aineiden korvaamiseen teollisuudessa
- Biohiili sitoo ilmakehän hiiltä pitkäaikaisesti ja tätä ominaisuutta voidaan hyödyntää ilmastomuutoksen hillinnässä
- Biohiiltä voidaan valmistaa monenlaisista biomassoista
- Lyhytkiertopajua pidetään potentiaalisena biohiilen raaka-aineena sen tasalaatuisuuden ja huokoisuuden takia

→ Näistä kolmesta teemasta laadittiin kirjallisuusselvitykset, ja niiden pohjalta valittiin tarkemmin tarkasteltavat liiketoimintamallit. Selvitykset hankkeen kotisivuilla: <https://www.satafood.net/hankkeet/pjuarvoketjusta-uutta-liiketoimintaa/>

- Paju soveltuu hyvin biohiilen raaka-aineeksi
- Mahdollisuus tuottaa suuria määriä tasalaatuista biohiiltä
- Pajubiohiilen suuret huokokset tekevät pajusta kiinnostavan erityisesti käyttökohteissa, joissa halutaan vaikuttaa maaperän vedenpidätyskykyyn
- Muita potentiaalisia pajubiohiilen käyttökohteita mm. vesien suodatus, aktiivihiili, akkumateriaalit ja biokoksi
- Biohiilen valmistusprosessista saadaan myös lämpöä ja pyrolyysinestettä, joita on mahdollista tietyin rajauksin hyödyntää:
 - Pajun pyrolyysinesteen käyttöä mm. torjunta-aineena on tutkittu, REACH-hyväksyntä vaaditaan kaupalliseen käyttöön
- Ilmastohyöty on keskeinen lisäarvo:
 - Biohiileen sitoutuu hiiltä pitkäaikaisesti → hiilikrediittikauppa
 - Biokoksilla voidaan korvata fossiilisia polttoaineita → pienemmät päästömaksut
- Ennusteiden mukaan biohiilimarkkina on kasvava, mutta kysynnässä on monien käyttökohteiden kohdalla epävarmuutta



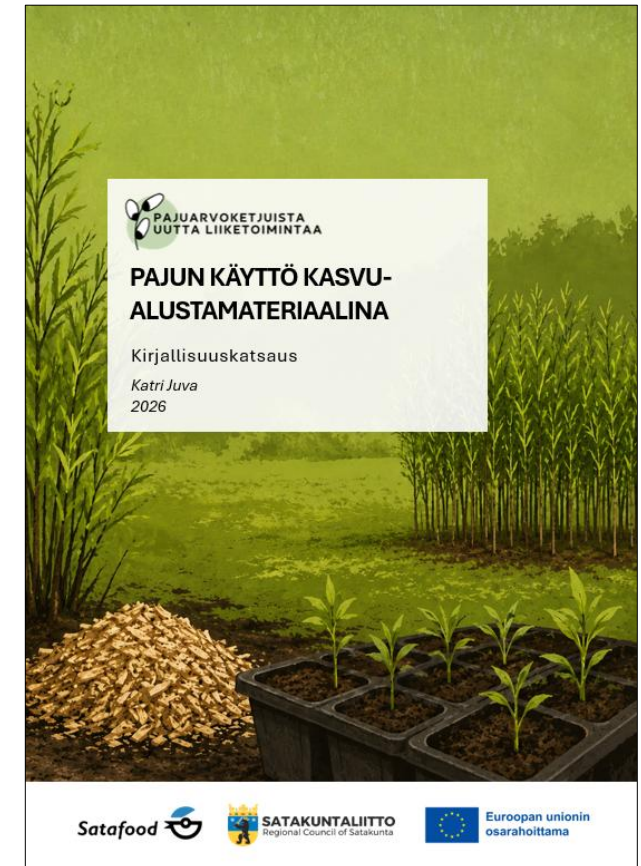
- Euroopasta löytyy kaupallisia pajupohjaisia kuivikeratkaisuja
 - Englannissa paju- ja poppelihaketta nautojen ja lampaiden kestokuivikkeeksi
 - Tanskassa kompostoitua paju–apilanurmi–kompostia erityisesti hevostalleille ja eläintarhoille
- Suomessa pajua on testattu erilaisissa kuivikeratkaisuissa vaihtelevin tuloksin
 - Luken Maaningan navetassa pajuhake on toiminut kestokuivikkeena
 - Broilereille pajuhake ja paju–kutteriseos eivät soveltuneet
 - Pajuhake/-hierre jäi Turveke-hankkeen laboratoriotesteissä jatkosta heikon nesteenpidätyskyvyn vuoksi
 - Harjun oppimiskeskuksessa pajukomposti–nollakuituseos toimi hevosten kuivikkeena



[Selvitys luettavissa:](#)



- Kompostointi näyttää lupaavimmalta prosessointitavalta
- Paju toimii paremmin kasvualustan osakomponenttina kuin yksinään
 - Puolalaiset tutkimukset:
 - Parhaiten toimivat riittävän kypsät kompostit, joissa oli pajun lisäksi myös muita komponentteja (esim. heinää, ravinteita)
 - Kompostien koostumuksella oli suuri merkitys: pelkät pajukompostit jäivät ravinneköyhiksi, kun taas liian voimakas typpilisa saattoi aiheuttaa fytotoksisuutta
 - Tanskan Biosubstrate-hankkeet:
 - Paju-nurmikompostilla on voitu korvata 50–70 % turpeesta ilman merkittävää vaikutusta kasvuun tai satoon.
 - Ny Vraa valmistaa kaupallisesti paju–apilanurmikompostia, ja paju on mukana myös ammattiviljelyyn kehitettävissä kasvualustaseoksissa.
- Pajuhakkeella on käyttöpotentiaalia myös kate- ja maanparannusmateriaalina



Hankkeessa laadittiin alustavat liiketoimintamallit ja kannattavuustarkastelut kolmelle pajun käyttökohteelle:

1. Pajubiohiili maanparannukseen

- Pajun viljely ja jalostaminen biohiileksi, lämmöksi ja hiilikrediiteiksi

2. Pajuhake kuivikkeena

- Tuoreen pajuhakkeen tuotanto ja myynti kestokuivikkeeksi nauta- ja lammastiloille, joilla käytetään kestokuivikepatjaa

3. Paju- apilanurmikomposti kuivikekäyttöön

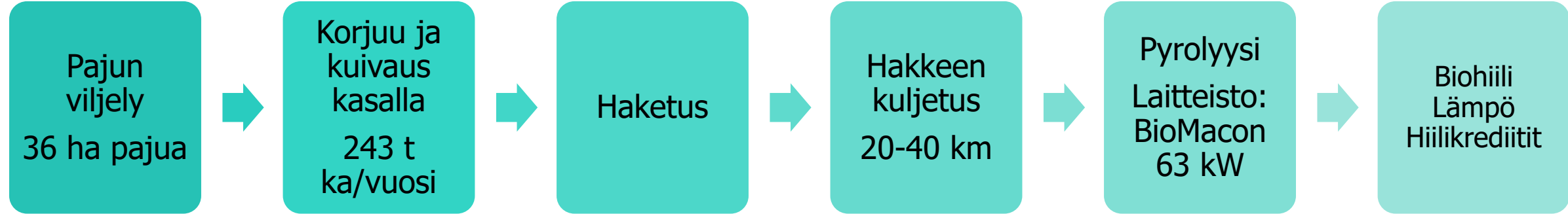
- Pajuhakkeen ja nurmibiomassan kompostointi ja myynti hevosten kuivikkeeksi

Kannattavuustarkasteluiden tavoitteena oli arvioida:

- voiko liiketoiminta olla taloudellisesti kannattavaa?
- mitkä kustannus- ja tulotekijät vaikuttavat kannattavuuteen eniten?
- millainen tuotantoketju liiketoiminnan taustalle tarvittaisiin?

- Tarkastelut ovat skenaariotarkasteluja eivätkä perustu todellisiin yrityscaseihin
- Liiketoimintamallit rakennettu siten, että tuotteen valmistaja myös viljelee raaka-aineena käytettävän pajun
 - Pajuviljelmä perustetaan entiselle turvetuotantoalueelle (vaikuttaa perustamiskustannuksiin)
- Lähtöarvot perustuvat kirjallisuuteen, markkina- ja hintatietoihin sekä hankkeessa tehtyihin arvioihin
 - Tarkasteltavia tuotantoketjuja ei Suomesta juuri löydy, joten osa lähtöarvoista on melko karkeita tai eri tavoin johdettuja arvioita kustannuksista tai tuotoista
- Kannattavuutta on arvioitu pitkän aikavälin kassavirralla: nettonykyarvo (NPV), sisäinen korkokanta (IRR) ja takaisinmaksuaika, laskentakorko 5 %
 - Arviointitapa sopii pajuliiketoimintaan, jossa tehdään pitkäaikaisia investointeja ja kassavirrat vaihtelevat eri vuosina.

Liiketoimintamalli 1: Pajubiohiiltä maanparannukseen



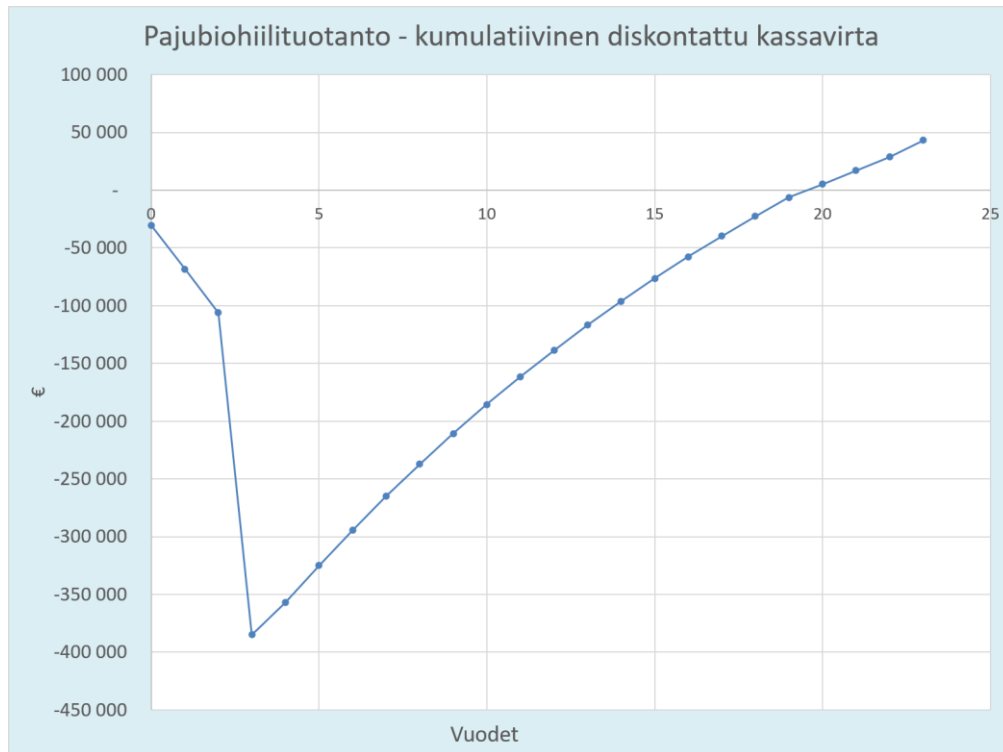
- Lyhytkiertopajun viljely entisellä turvetuotantoalueella
 - Neljän vuoden viljelykierto, viljelmän elinkaari 20 vuotta, kuiva-ainesato: 6,8 t ka/ha/v
 - 36 ha:n pajuviljelmät perustetaan vaiheittain neljän vuoden aikana. Biohiilituotanto alkaa ensimmäisen sadonkorjuun jälkeen
- Tuotteina biohiili, lämpöenergia ja hiilensidonta
 - Biohiili maanparannukseen 56 t/vuosi
 - 800 €/t
 - Lämmönmyynti 300 MWh/vuosi (laskelmassa oletettu, että 60 % lämmöstä on myytävissä)
 - 0,1 €/kWh
 - Sidotut hiilidioksiditonit eli myytävät hiilikrediitit 168 kpl/vuosi
 - 130 €/kpl

NPV
43 000 €

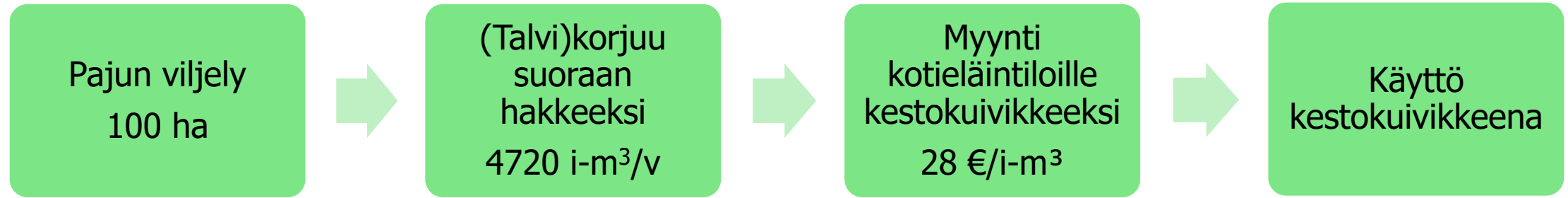
IRR
6,2 %

Takaisin-
maksuaika
20 vuotta

(5 %:n laskentakorko, 24 vuoden tarkastelujakso)



- Nettonykyarvo on positiivinen ja sisäinen korkokanta ylittää 5 %:n tuottovaatimuksen, mutta kannattavuuden marginaali jää melko pieneksi ja takaisinmaksuaika pitkäksi
- Tuotannon käynnistäminen vaatii merkittävät alkuinvestoinnit, ja pajuviiljelmän perustaminen pidentää ensimmäisten myyntituottojen saamiseen kuluva-aikaa
 - Investointi pajuviiljelmiin ~100 k€ ja biohiililaitokseen lähes 300 k€
- Herkkyystarkastelut:
 - Jo pienet muutokset biohiilen ja lämmön myyntituotoissa aiheuttavat negatiivisen nettonykyarvon ja alle 5 % tuoton
 - Biohiilen rinnalle tarvitaan muita tulovirtoja. Tuotetulle lämmölle pitäisi olla riittävän suuri ja pitkäaikainen paikallinen käyttökohde
- Myös investointikustannukset vaikuttavat merkittävästi tuotannon kannattavuuteen
 - Mahdollisia investointitukia ei ole laskelmassa huomioitu
- Laskentapohjaa mahdollista hyödyntää yrityskohtaisissa tarkasteluissa, kun tuotannon yksityiskohdat ja biohiilen tavoiteltu markkina tunnetaan tarkemmin



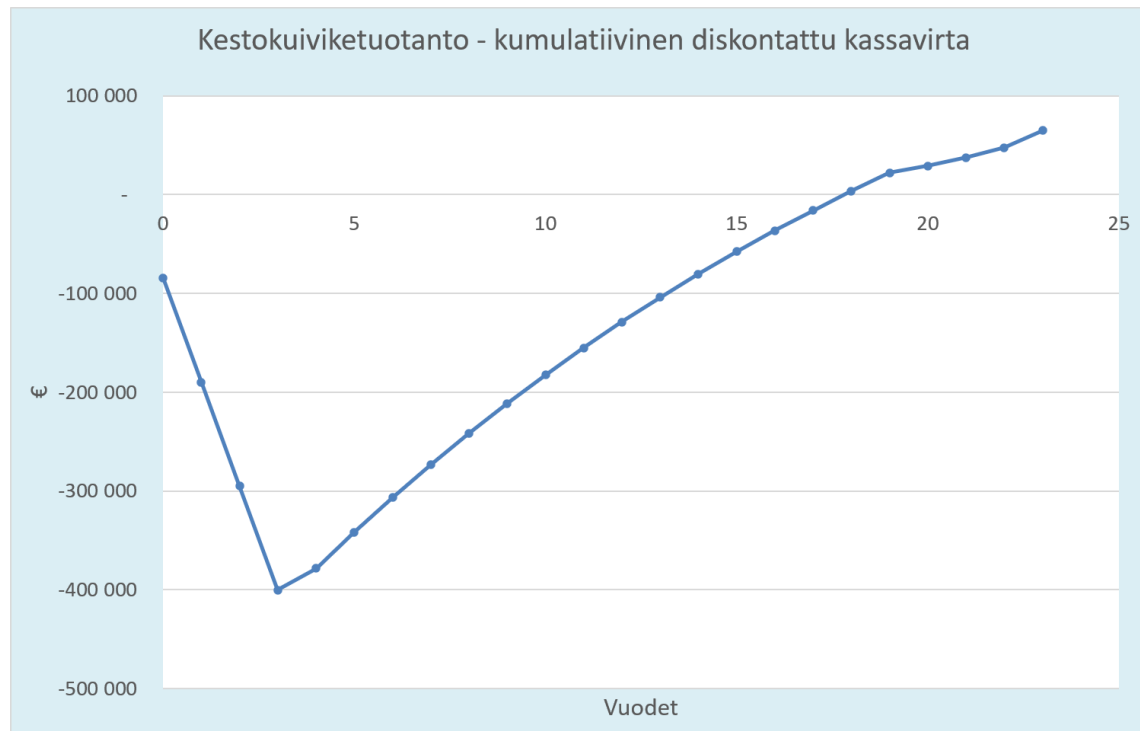
- Lyhytkiertopajun viljely entisellä turvesuolla
 - Neljän vuoden viljelykierto, viljelmän elinkaari 20 vuotta, kuiva-ainesato: 6,8 t ka/ha/v
- 100 ha:n pajuviljelmät perustetaan vaiheittain neljän vuoden aikana. Kuivikkeen myynti alkaa ensimmäisen sadonkorjuun jälkeen
- Tuote myydään tuorehakkeena
- Käyttökohteena erityisesti nauta- ja lammastilojen kestopuuvitus
 - Liiketoimintamallia benchmarkattu Englannista: Eco Crops Ltd
- Pajuhakkeen myyntihintana laskelmassa 28 €/i-m³, joka vastaa energiapuuhakkeen arvoa, kun energiapuuhakkeen hinta on 40 €/MWh

NPV
65 000 €

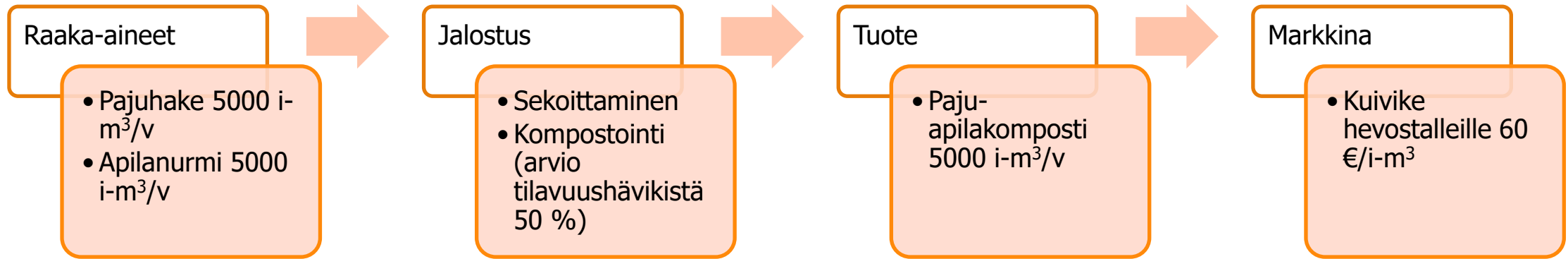
IRR
6,6 %

Takaisin-
maksuaika
18 vuotta

(5 %:n laskentakorko, 24 vuoden tarkastelujakso)



- Nettonykyarvo on positiivinen ja sisäinen korkokanta ylittää 5 %:n tuotto-vaatimuksen, mutta takaisinmaksuaika on pitkä
- Suurin taloudellinen rasite syntyy pajuviiljelmien perustamisvaiheessa ennen ensimmäistä sadonkorjuuta ja kuivikemyynnin käynnistymistä
- Sekä kuivikkeen myyntihinta että satotaso vaikuttavat olennaisesti kannattavuuteen
 - Jo myyntihinnalla 25 €/i-m³ liiketoiminta muuttuu kannattamattomaksi. Tämä huomioitava, jos energiapuun hinta määrittää kuivikkeen hinnan
 - Korkeampi satotaso parantaa kannattavuutta, vaikka myös korjuu-, haketus- ja kuljetuskustannukset kasvavat sadon mukana
 - Samoin laskentaoletusta alhaisemmalla satotasolla 5 t ka/ha/v liiketoiminta muuttuu kannattamattomaksi

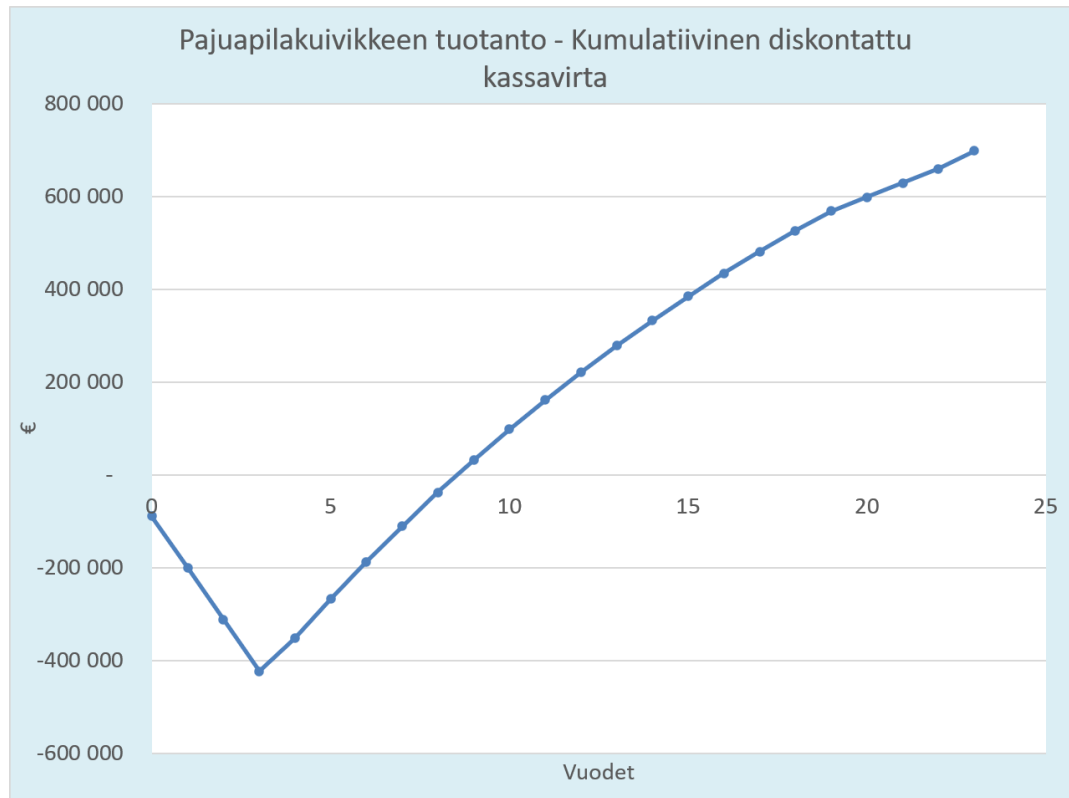


- Valmistetaan hevosalleille kuiviketta kompostoimalla pajuhaketta ja apilanurmea
- Lyhytkiertopajun viljely entisellä turvesuolla
 - Neljän vuoden viljelykierto, viljelmän elinkaari 20 vuotta, kuiva-ainesato: 6,8 t ka/ha/v
 - 106 ha:n pajuviljelmät perustetaan vaiheittain neljän vuoden aikana
 - Paju korjataan suoraan hakkeeksi
- Nurmibiomassan tuotanto maatalousmaalla (54 ha)
- Kuivikkeen myynti alkaa ensimmäisen pajunkorjuun ja kompostoinnin jälkeen
 - Kuivikkeen myyntihinta 60 €/i-m³ perustuu Ny Vraan vastaavantyyppisen tuotteen listahintaan

NPV
698 000 €

IRR
17 %

Takaisin-
maksuaika
9 vuotta



- Nettonykyarvo on positiivinen, tuotto hyvä ja takaisinmaksuaika kaikkein lyhyin
- Kuivikkeen hintakilpailukyky riippuu yksikköhinnan lisäksi käyttömääristä:
 - Jos kuivikkeen kulutus on selvästi verrokkeja pienempi, korkeampi yksikköhinta voi olla asiakkaalle ok. Vertailukelpoista tietoa eri kuivikkeiden käyttömääristä on kuitenkin vähän.
- Kannattavuus on herkkä myyntihinnalle: laskelmassa kannattavuuden raja osuu noin 45–50 €/i-m³ välille

1. Kannattavuus on mahdollista

Kaikissa malleissa löytyi realistinen skenaario, jossa 5 %:n tuottovaatimus ylittyi. Kannattavuusmarginaalit biohiilen ja kestokuivikkeen kohdalla melko pienet: Jos viljely ja jalostus olisivat eri toimijoilla, pitäisi erikseen tarkastella, riittääkö ketjussa syntyvä arvo tekemään toiminnasta kannattavaa molemmille.

2. Laskelmat auttavat tunnistamaan, mistä kannattavuus muodostuu

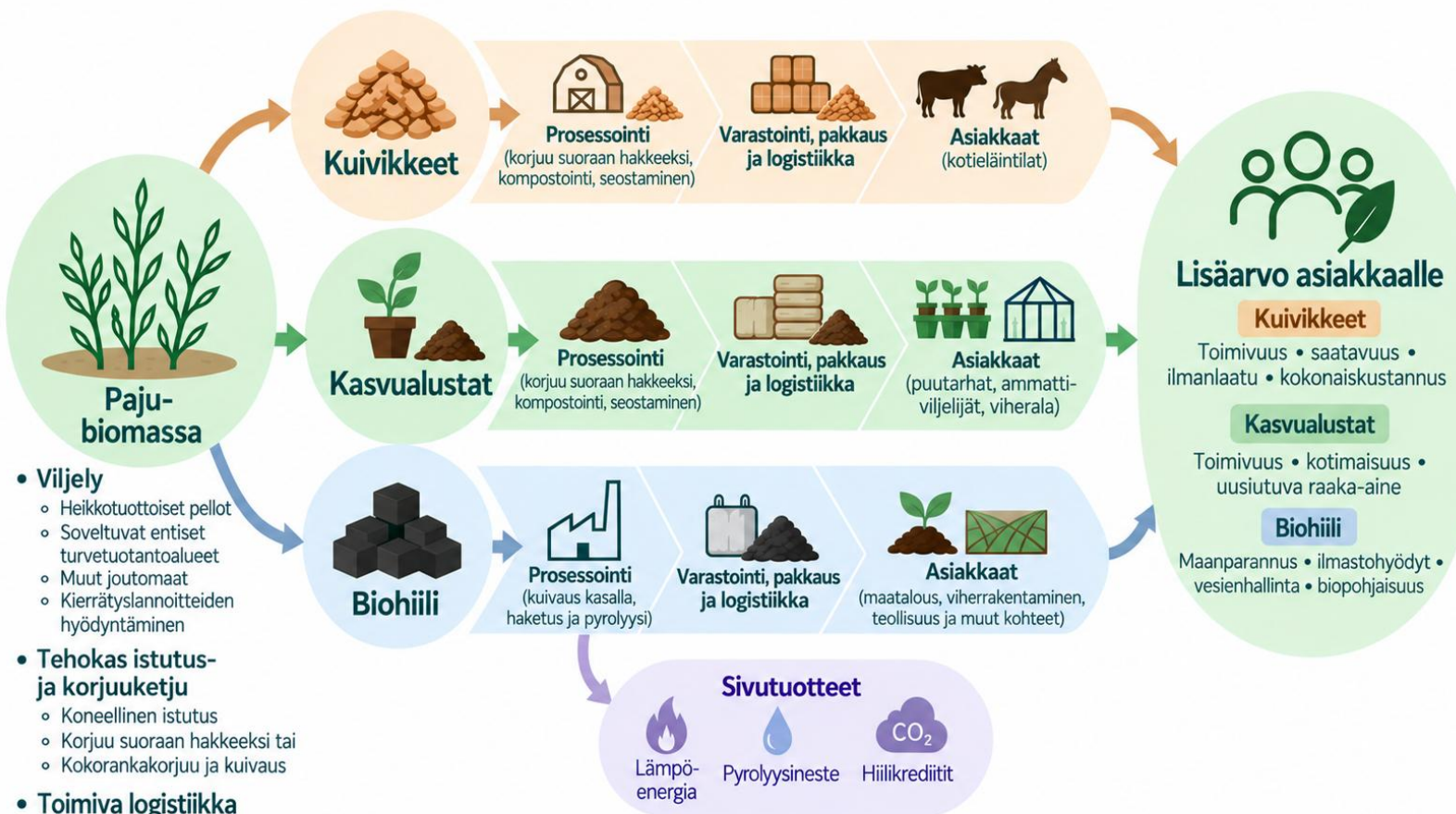
Vaikka lähtöarvoihin liittyy merkittävää epävarmuutta, laskelmat näyttävät kustannusten ja tuottojen suuruusluokat. Herkkyystarkastelut havainnollistavat keskeisten muuttujien vaikutusta kannattavuuteen.

3. Pajuviljelmän perustaminen on pitkäaikainen ja pääomaa vaativa investointi

Pajuviljelmän perustamiskustannukset syntyvät alussa, mutta ensimmäiset tuotot saadaan vasta muutamien vuosien kuluttua viljelmän perustamisesta. Viljelämä perustetaan noin 20 vuodeksi.

4. Tarkastellut liiketoimintamallit perustuvat oletukseen toimivasta arvoketjusta

Suomessa ei tällä hetkellä ole kaupallisessa tuotannossa olevia lyhytkiertopajuviljelmiä eikä siten toimivaa istutus-, korjuu- ja jalostusketjua tai lopputuotteen markkinaa.



MITÄ TARVITAAN?

1. Pajubiomassan tuotanto

Riittävä viljelyala, hyvät biomassasadot, viljelyosaaminen, tehokas istutus- ja korjuuketju

2. Viljelyn ja jalostuksen käynnistäminen arvoketjuna

Pitkäaikainen pajuvielmä tarvitsee näkymän biomassan ostajasta tai omasta jatkojalostuksesta ja jalostaja riittävän raaka-ainepohjan

3. Pajutuotteiden jatkokehitys

Biosuodatushiilet, aktiivihiili, biokoksi, pajun kuoren uuteaineet, pyrolyysineste (edellyttää REACH-rekisteröintiä), kuivike- ja kasvialustatuotteiden jatkokehitys

Kiitos