



# **Biomassan uuttoliiketoiminnan käynnistämiselvitys**

PBI Research Institute Oy, 12/2025

Heikki Vuorikoski, Nea Vaalavirta

# 1 Taustaa

Suomalainen metsäteollisuus on murroksessa: sellun ja paperin rinnalle tarvitaan korkean lisäarvon ratkaisuja, jotka uudistavat arvoketjuja ja kasvattavat vientiä. Kainuussa hahmoteltu malli hyödyntää kuusisahanpurun paineistetun kuumavesiuuton (PHWE) tuottamia uutteita luonnonkosmetiikan ja uuselinarvikkeiden markkinoille ilman lisähakkuita, ja ohjaa uuton jäännösvirran bio-/aktiivihiileksi. Tämä kokonaisuus on linjassa EU:n uuden biotalousstrategian kanssa, joka korostaa innovaatioiden skaalausta, lead-markkinoiden rakentamista ja sivuvirtojen tehokasta hyödyntämistä.

Tässä selvityksessä PBI:n asiantuntijat täydentävät ja kohdistavat tutkimusta tarjouspyynnön mukaisesti biomassan uuttoliiketoiminnan käynnistämisen selvitykseksi – dokumentti käsittelee aihetta siten, että jokainen luku tukee sijoittaja- ja kumppaniyleisölle soveltuvaa kärkihankkeen kuvausta ja nojaa aikaisempaan PBI:n tekemään white paperiin: ”Selvitys korkean arvon tuotteiden valmistamisesta metsäteollisuuden sivuvirroista”. Käsiteltäviä aiheita ovat segmentit, markkinat, ostokriteerit, kaupallistamispolku, kumppaniverkosto, rahoitus ja etenemissuunnitelma.

## 2 Tiivistelmä

### 2.1 Sijoitusmahdollisuus ja strateginen visio

Tämä strateginen selvitys analysoi liiketoimintapotentiaalia, joka liittyy korkean jalostusarvon biojalostamon perustamiseen Kainuuseen. Hankkeen ytimessä on sahateollisuuden sivuvirtojen, erityisesti kuusen (*Picea abies*) sahanpurun, hyödyntäminen ns. kaskadiperiaatteella. Tavoitteena on irrottaa biomassasta paineistetulla kuumavesiuutolla (Pressurized Hot Water Extraction, PHWE) arvokkaita hemiselluloosia (galaktoglukomannaania, GGM) käytettäväksi alkuun luonnonkosmetiikassa, ja jatkossa - uuden EU-biotalousstrategian hahmotelman mukaisesti sääntelyn helpottuessa ja markkinoillepääsyn nopeutuessa - eläinrehussa ja elintarvikkeissa, sekä jalostaa jäljelle jäävä kiinteä jae biohiileksi tai aktiivihieksi.

Hanke vastaisi toteutuessaan suoraan Euroopan unionin bio- ja kiertotalousstrategioiden tavoitteisiin, joissa korostetaan fossiilisten raaka-aineiden korvaamista, resurssitehokkuutta ja alueellista elinvoimaa. Kainuun maakunnan vahva metsäbiotalouden klusteri, saatavilla oleva raaka-aine ja Oikeudenmukaisen siirtymän rahaston (JTF) tarjoamat investointituet luovat poikkeuksellisen otollisen toimintaympäristön tällaiselle "first-of-a-kind" (FOAK) -laitokselle.

### 2.2 Keskeiset havainnot ja kilpailuetu

Analysimme osoittaa, että markkinat ovat kypsymässä nopeasti tällaisille innovaatioille:

- Markkinoiden imu: Luonnonkosmetiikan raaka-aineiden kysyntä kasvaa globaalisti, ja kuluttajat etsivät aktiivisesti "upcycled"-tuotteita, jotka hyödyntävät teollisuuden sivuvirtoja. GGM monitoiminnallisuus (emulgaattori, stabiloija, bioaktiivaine) tarjoaa kilpailuetua verrattuna perinteisiin hydrokolloideihin, kuten guar gumiin.
- Hiilensidonta ja teollinen kysyntä: Biohiilen markkinat Euroopassa kasvavat yli 20 % vuosivauhtia, vauhdittajana sekä maatalouden maanparannus että vapaaehtoiset hiilensidonnan sertifikaatit. Samanaikaisesti aktiivihieiden kysyntä esim. vedenpuhdistuksessa kasvaa tiukentuvan EU-sääntelyn myötä.
- Teknologinen synergia: PHWE-prosessin integrointi pyrolyysiyksikköön mahdollistaa energiatehokkaan kokonaisuuden, jossa uuttojäännöksen hiiletys tuottaa prosessilämpöä uuttoa varten, parantaen laitoksen kokonaistaloudellisuutta ja hiilijalanjälkeä.

### 2.3 Rahoitus ja eteneminen

Hanke vaatii merkittäviä alkuinvestointeja (CAPEX), joiden arvioidaan olevan pilottivaiheessa 2–5 miljoonaa euroa ja teollisessa mittakaavassa 15–25 miljoonaa euroa. Rahoitusriskiä voidaan kuitenkin merkittävästi pienentää hyödyntämällä Kainuun erityisasemaa JTF-tukialueena sekä Business Finlandin ja EU:n innovaatorahaston instrumentteja vuosina 2025–2026.

Suosittelava etenemismalli on vaiheittainen: ensin kosmetiikkamarkkinan ja teknisen hiilen haltuunotto, samalla kun käynnistetään pitkäkestoisempi uuselintarvikelupaprosessi (Novel food) elintarvikesovelluksille.

## 3 Toimintaympäristö ja makrotaloudelliset ajurit

### 3.1 EU:n biotalousstrategia ja sääntelykehys

Euroopan unionin päivitetty biotalousstrategia (2025) asettaa selkeän tavoitteen: biopohjaisten ratkaisujen skaalaaminen fossiilisten materiaalien korvaamiseksi ja Euroopan strategisen autonomian vahvistamiseksi. Strategia tunnistaa "kuolemanlaakson" (Valley of Death) tutkimuksen ja teollisen mittakaavan välillä ja pyrkii ylittämään sen kohdennetuilla rahoitusinstrumenteilla.

Kainuulaiselle toimijalle tämä on merkittävä signaali. Strategia painottaa erityisesti sivuvirtojen (kuten sahanpurun) hyödyntämistä korkean jalostusarvon tuotteiksi, mikä on suoraan linjassa ehdotetun liiketoimintamallin kanssa. Lisäksi kemikaalilainsäädännön (REACH) ja ekosuunnitteluasetuksen (ESPR) uudistukset ohjaavat teollisuutta kohti turvallisia ja kestäviä kemikaaleja (Safe and Sustainable by Design, SSbD), mikä suosii myrkyttömiä uuttomenetelmiä kuten PHWE:tä.

### 3.2 Kiertotalous ja kuluttajatrendit

Markkinoita ohjaa vahva kuluttajavetoinen kysyntä läpinäkyvyydelle ja kestävyydelle.

**Upcycling (Hyötykäyttö):** Kosmetiikka- ja elintarviketeollisuudessa "upcycled ingredients" on yksi nopeimmin kasvavista trendeistä. Kuluttajat ja brändit (esim. Lumene) etsivät raaka-aineita, jotka vähentävät jätettä ja eivät kilpaile ruoantuotannon kanssa.

**Clean Label:** PHWE-tekniikan käyttö (vain vesi liuottimena) mahdollistaa "lisäaineettoman" ja luonnollisen tuotteen markkinoinnin, mikä on kriittinen tekijä premium-hintapisteen saavuttamiseksi kosmetiikassa ja funktionaalisissa elintarvikkeissa.

### 3.3 Alueellinen konteksti: Kainuun rakennemuutos

Kainuu on määritelty yhdeksi Suomen alueista, joihin kohdistuu merkittäviä toimia turpeesta luopumisen vuoksi. Oikeudenmukaisen siirtymän rahasto (JTF) on luotu tukemaan uutta, vihreää liiketoimintaa näillä alueilla. Ehdotettu biojalostamohanke, joka tuottaa biohiiltä (potentiaalinen turpeen korvaaja kasvualustoissa) ja luo korkean osaamisen työpaikkoja, osuu täydellisesti JTF:n rahoituskriteereihin. Kainuun älykäs erikoistuminen (Smart Specialization Strategy) korostaa metsäbiotaloutta ja mittaustekniikkaa (CEMIS), mikä tarjoaa vahvan TKI-selkänöjan hankkeelle.

## 4 Raaka-aine ja sijaintistrategia

### 4.1 Kuusen sahanpurun saatavuus ja ominaisuudet

Kuusi (*Picea abies*) on optimaalinen raaka-aine GGM:n tuotantoon, sillä se on havupuiden pääasiallinen hemiselluloosa, muodostaen noin 10–15 % puun kuivapainosta. Sahanpuru on fraktiona ihanteellinen uuttoon sen suuren ominaispinta-alan vuoksi, mikä tehostaa aineensiiirtoa ilman kallista lisäjauhatusta.

## Kainuun raaka-ainepotentiaali:

Kainuussa toimii useita merkittäviä mekaanisen metsäteollisuuden yksiköitä, jotka takaavat raaka-aineen tasaisen virran:

- Kuhmo Oy: Itsenäinen saha, joka tuottaa vuosittain satojatuhansia kuutioita sahatavaraa (vuonna 2022 360 000 m<sup>3</sup>). Tämä volyyymi generoi vuosittain erittäin merkittävän määrän sahanpurua ja haketta sekä kuorta sivutuotteena. Kuhmo Oy on investoinut voimakkaasti energiatehokkuuteen ja etsii aktiivisesti korkeamman jalostusarvon käyttökohteita sivuvirroilleen.
- Pölkky Oy (Kajaani, osa Pfeifer Groupia): Pohjois-Suomen suurin yksityinen puunjalostaja, jolla on tuotantolaitos myös Kajaanissa. Pölkky korostaa vastuullisuutta ja raaka-aineen 100-prosenttista hyödyntämistä.

## 4.2 Logistiikka ja kustannusrakenne

Sahanpurun logistiikka on kriittinen kustannustekijä sen alhaisen irtotiheyden (~300–400 kg/m<sup>3</sup> kosteana) vuoksi. Kuljetuskustannukset Suomessa ovat nousseet, ja hake/purukuljetusten hinnat lyhyillä matkoilla (<100 km) liikkuvat tyypillisesti 13–20 €/tonni välillä.

### Sijaintisuositus:

Taloudellisen kannattavuuden maksimoimiseksi uuttolaitos tulisi sijoittaa ns. "aidan toiselle puolelle" (co-location) suuren sahan yhteyteen.

**Woodpolis (Kuhmo):** Kuhmo Oy:n välittömässä läheisyydessä sijaitseva puutuoteteollisuuden keskittymä. Tarjoaa valmiin infrastruktuurin, lämpöenergian saatavuuden (Kuhmon Lämpö) ja mahdollistaa purun siirron kuljettimilla ilman rekkarallia.

## 4.3 Hintakehitys ja kilpailu energiakäytön kanssa

Sahanpurun hinta määräytyy pitkälti sen energia-arvon ja pellettiteollisuuden kysynnän mukaan. Vuosina 2024–2025 sahanpurun hinta Suomessa on ollut vaihteleva, asettuen tyypillisesti 15–25 €/MWh tasolle, mikä vastaa noin 40–80 €/kuiva-ainetonne riippuen kosteudesta ja paikallisesta kysynnästä.

**Analyytikon huomio:** Biojalostamon on kyettävä maksamaan raaka-aineesta parempaa hintaa kuin polttolaitokset. Koska GGM:n markkinahinta on korkea (kymmeniä euroja kilolta), raaka-aineen hintajousto on biojalostamolle huomattavasti suurempi kuin energiantuottajalle. Tämä "maksukykyero" on keskeinen strateginen etu raaka-aineen varmistamisessa.

# 5 Teknologisen ratkaisut

## 5.1 Prosessikuvaus: paineistettu kuumavesiuutto

Paineistettu kuumavesiuutto (PHWE) on ympäristöystävällinen erotustekniikka, jossa vesi toimii ainoana liuottimena.

- Toimintaperiaate: Vesi kuumennetaan 160–180 °C lämpötilaan paineen alla (jotta se pysyy nesteenä). Tässä tilassa veden dielektrisyysvakio laskee, jolloin se pystyy liuottamaan orgaanisia yhdisteitä, kuten hemiselluloosaa, puumatriisista ilman happeja tai emäksiä.

- Saanto: Tyypillinen GGM-saanto kuusen sahanpurusta PHWE-menetelmällä on 10–15 % puun kuiva-aineesta. Prosessin olosuhteita (lämpötila, aika) säätämällä voidaan optimoida joko saantoa tai molekyyliainetta, aina 20 %:iin asti.
- Edut: Prosessi on kemikaaliton ("green chemistry"), mikä on valtava markkinointietu kosmetiikka- ja elintarvikesektoreilla. Lisäksi matalampi lämpötila verrattuna polttoon säilyttää molekyylien bioaktiivisuuden.

## 5.2 Jatkojalostus (Downstream processing, DSP)

Uutosta saatava neste on laimea vesiliuos, joka sisältää GGM:n lisäksi ligniiniä, uuteaineita ja monosakkarideja.

1. Ultra-suodatus (Ultrafiltration, UF): Kriittinen vaihe GGM:n konsentroimiseksi ja puhdistamiseksi. Kalvot erottavat suurimolekyylisen GGM:n pienemmistä sokereista ja suoloista. Kalvojen likaantuminen (fouling) on tunnettu haaste, joka vaatii optimoituja pesusyklejä ja virtausolosuhteita.
2. Pääväkeväinti (Mechanical vapor recompression, MVR-haihdutus): Haihduksista poistetaan jatkuvatoimisesti konsentraattia, jonka kuiva-ainepitoisuus on 40 %. Tämä "GGM-siirappi" on viskoosia mutta pumpattavaa.
3. Puhdistus: Kosmetiikkalaatua varten uute voidaan käsitellä aktiivihieillä tai adsorptiohartseilla värin ja ligniinijäämien poistamiseksi, jolloin saadaan valkoista, hajutonta jauhetta.
4. Kuivaus: Sumukuivaus (Spray drying) on teollinen standardi stabiilin jauheen tuottamiseksi.

## 5.3 Jäännöksen hyödyntäminen: Pyrolyysi ja aktivointi

Uuton jälkeen jäljelle jäävä kiinteä massa (n. 85 % alkuperäisestä massasta) on köyhdytettyä sahanpurua, jonka rakenne on avautunut.

- Pyrolyysi: Jäännös syötetään pyrolyysireaktoriin, jossa se kuumennetaan hapettomassa tilassa (n. 400–600 °C). Prosessi tuottaa biohiiltä sekä pyrolyysikaasuja/öljyä.
- Energiaintegraatio: Pyrolyysissä syntyvät kaasut voidaan polttaa ja hyödyntää PHWE-prosessin vaatiman kuumen veden ja höyryn tuottamiseen. Tämä suljettu energiakierto parantaa merkittävästi laitoksen OPEX-tehokkuutta.
- Aktivointi: Uuttojäännöksestä tehty biohiili on erinomainen esiaste aktiivihieille. Tutkimukset osoittavat, että hemiselluloosan poisto uutovaiheessa luo materiaaliin huokoisuutta, mikä voi vähentää varsinaisen aktivointivaiheen (esim. höyryaktivointi) energiankulutusta ja parantaa lopputuotteen ominaispinta-alaa.

## 5.4 Teknis-taloudellinen arvio (TEA)

Pienen teollisen mittakaavan (esim. 10 000 tonnia raaka-ainetta vuodessa) biojalostamon investointikustannukset ovat merkittävät.

- CAPEX: Arviot vaihtelevat teknologiavalinnoista riippuen 10–15 miljoonan euron välillä integroidulle laitokselle. Pilottilaitoksen (kapasiteetti satoja tonneja) hinta asettuu 2–5 miljoonan euron luokkaan.
- Skaalaetu: Tuotannon skaalaus kymmenkertaiseksi voi laskea CAPEX-kustannusta per tuotettu tonni jopa 57 %, mikä puoltaa teollisen mittakaavan tavoittelua pitkällä aikavälillä.

# 6 Tuoteanalyysi ja markkinapotentiaali

## 6.1 Tuote 1: GGM – "kuusisokeri"

GGM on vesiliukoinen polysakkaridi, joka toimii emulgaattorina, stabiloijana ja kalvonmuodostajana. Sen kilpailijoita ovat guar gum, ksantaanikumi ja arabikumit, mutta GGM erottuu pohjoismaisella alkuperällä, täydellisellä jäljitettävyydellä ja "upcycled"-statuksella.

### 6.1.1 Segmentti A: Luonnonkosmetiikka (korkea kate, matala sääntelykynnys)

**Kysyntä:** Luonnonkosmetiikan raaka-ainemarkkinan ennustetaan ylittävän 1 miljardia dollaria vuoteen 2030 mennessä. Erityisesti monivaikutteiset aineet (esim. kosteuttava + stabiloiva + antioksidanttinen) ovat kysytyjä.

**Sääntely:** *Picea Abies wood extract* löytyy jo EU:n CosIng-tietokannasta, ja tuotteita on markkinoilla jo Suomessakin. Tämä mahdollistaa nopean markkinoille pääsyn ilman raskasta lupaprosessia, kunhan tuotteen turvallisuus on dokumentoitu (Safety assessment).

#### Hinnoittelu:

Perusaineet (Guar/Ksantaani): 2–15 €/kg.

Aktiiviaineet (Hyaluronihappo, Ektoiini): 100–1000+ €/kg.

**GGM:n tavoitehintana:** Asemointi aktiiviaineeksi (esim. antioksidanttisuuden perusteella) mahdollistaa 40–100 €/kg hinnan. Suomalainen Boreal Bioproducts markkinoi omaa "SpruceSugar™"-tuotettaan juuri tällä kulmalla (SPF-boosteri, antioksidantti).

### 6.1.2 Segmentti B: Eläinrehu (suuri volyymi, keskisuuri sääntelykynnys)

**Sovellus:** Prebioottinen kuitu, joka tukee suoliston terveyttä ja voi vähentää antibioottien tarvetta sioilla ja siipikarjalla.

**Sääntely:** Jos tuotetta markkinoidaan ravitsemuksellisena aineena (hiilihydraatin lähde), se voidaan luokitella *rehuraaka-aineeksi* (Feed material), mikä on kevyempi prosessi (ilmoitusmenettely Feed Materials -rekisteriin). Jos tuotteelle haetaan terveystuotteita (esim. "vähentää metaanipäästöjä" tai "parantaa suolistoflooraa"), se luokitellaan *rehun lisäaineeksi* (Feed additive), mikä vaatii raskaan ja kalliin EFSA-hyväksynnän (asetus 1831/2003). Toisaalta tämän

kategorian kilohinnat ovat erittäin suuret, ja esim. uusi EU:n biotalousstrategia pyrkii nopeuttamaan ja helpottamaan juuri tämän kategorian tuotteiden markkinoillepääsyä.

**Strategia:** Markkinoille tulo rehuaineena ("kuusen kuitu"), samalla kun kerätään dataa mahdollista lisäainestatusta varten tulevaisuudessa.

### 6.1.3 Segmentti C: Elintarvikkeet (suurin markkina, korkein kynnys)

**Sääntely:** GGM on EU:ssa Uuselintarvike (Novel Food), koska sillä ei ole merkittävää käyttöhistoriaa ennen vuotta 1997.

**Prosessi:** Vaatii kattavan turvallisuusdokumentaation ja hakemuksen Euroopan komissiolle (EFSA:n arviointi). Prosessi kestää tyypillisesti 18–24 kuukautta ja maksaa 30 000 – 100 000 euroa konsulttikuluineen ja tutkimuksineen.

**Status:** Boreal Bioproducts/Montinutra Oy on ilmeisesti käynnistänyt prosesseja, mutta julkista hyväksyntää ei vielä ole "Spruce gum" -nimikkeellä Novel Food -katalogissa. Yrityksellä on lisäksi merkittävä kansainvälinen patenti kuusen GGM-rikkaan hemiselluloosan hyödyntämisestä alavirtsatievaivoja estävänä ja hoitavana ainesosana.

**Johtopäätös:** Elintarvikesovellukset ovat pitkän aikavälin (3+ vuotta) tavoite, eivätkä voi muodostaa kassavirtaa alkuvaiheessa. Toisaalta tämän kategorian kilohinnat ovat erittäin suuret, ja kuten rehun lisäaineissa, uusi EU:n biotalousstrategia pyrkii nopeuttamaan ja helpottamaan tämänkin kategorian tuotteiden markkinoillepääsyä.

## 6.2 Tuote 2: Biohiili ja aktiivihiili

Biohiili toimii hiilinieluna ja maanparannusaineena, kun taas aktiivihiili on kriittinen komponentti teollisuuden puhdistusprosesseissa. Aktiivihiilen markkinat ovat kuitenkin myös lääketeollisuudessa, ja enenevässä määrin myös energia- ja akkuteollisuudessa grafeenin ja grafiitin tuotannossa.

### 6.2.1 Biohiili

Markkina on voimakkaassa kasvussa. Euroopassa biohiilen tuotannon ennustetaan kasvavan satoihin tuhansiin tonneihin. Hinta vaihtelee laadun mukaan 500–1000 €/tonni. Lisäksi markkinapaikoilla biohiilen hiilensidontasertifikaateista (CORC) maksetaan 100–150 €/tonni CO<sub>2</sub>-ekvivalenttia, mikä tuo merkittävän lisätulovirran. Kainuussa, jossa turvetuotanto on vähenemässä, sahanpurulla on valtava potentiaali korvata turve biohiilen tuotannossa.

### 6.2.2 Aktiivihiili

Vedenpuhdistuslaitokset (esim. HSY) ja kaivosteollisuus (esim. Terrafame Kainuussa) käyttävät suuria määriä aktiivihiiltä. Puumateriaaleista tehdyn korkealaatuisen aktiivihiilen hinta voi olla 1500–2500 €/tonni. PHWE-prosessin jälkeinen uuttojäännös on valmiiksi "esikäsiteltyä", mikä voi tehdä siitä teknisesti ylivoimaisen raaka-aineen verrattuna neitseelliseen puuhun.

## 7 Kaupallistamisstrategia

### 7.1 Asiakassegmentit ja potentiaaliset kumppanit

#### **Kosmetiikka (korkea kate, brändiarvo):**

- Lumene: Suomen johtava brändi, joka käyttää jo koivunmahlaa ja lakkaa. Yhteistyö Lumene kanssa olisi "leimasin" tuotteen uskottavuudelle.
- Ole Hyvä Luonnontuote: Jo Boreal Bioproductsin asiakas, mikä todistaa GGM:n toimivuuden pesuaineissa.
- Distribuutorit: Pienen valmistajan ei kannata rakentaa omaa globaalia myyntiverkostoa. Kumppanuus jakelijoiden (kuten Bang & Bonsomer tai IMCD) kanssa avaa ovet Keski-Euroopan markkinoille.

#### **Rehu ja maatalous (volyyymi):**

- Hankkija: Suomen johtava rehuteollisuuden toimija, jolla on kokemusta puupohjaisten innovaatioiden (Progres, Progut) kaupallistamisesta. Hankkija on ihanteellinen kumppani volyymituotteen jakeluun.
- A-Rehu / Valio: Tutkivat aktiivisesti metaanipäästöjen vähentämistä. Jos puupohjaisilla tuotteilla voidaan osoittaa olevan pötsifermentaatiota ohjaavia vaikutuksia, potentiaali on valtava.

#### **Tekninen hiili (teollinen integraatio):**

- Carbons Finland Oy: Biohiilen markkinointikumppani.
- Vesilaitokset & Kaivokset: Kainuun alueen paikalliset toimijat off-take -sopimuksiin.

#### **Arvolupaus (value proposition)**

1. Kosmetiikkaan: *"Pohjoinen, puhdas tehoaine, joka korvaa synteettiset polymeerit ja kosteuttaa ihoa – ilman mikromuoveja."*
2. Rehuun: *"Luonnollinen suoliston hyvinvoinnin tukija, joka vähentää antibioottien tarvetta ja on tuotettu kestävästi puhtaasta luonnosta."*
3. Teollisuuteen: *"Hiilinegatiivinen suodatinmateriaali, joka tukee yrityksen ESG-tavoitteita."*

## 8 Rahoitus ja taloudellinen tiekartta

### 8.1 Rahoituslähteet (2026–2027)

Hanke on pääomavaltainen, joten rahoitusrakenne (Capital stack) on rakennettava hybridimallilla: oma pääoma + julkiset tuet + lainat.

### **Julkinen rahoitus ja tuet:**

1. Oikeudenmukaisen siirtymän rahasto (JTF): Kainuu on JTF-alueita. Tämä on hankkeen tärkein yksittäinen rahoitusvaltti. JTF tukee investointeja, jotka korvaavat turvetaloutta ja luovat vihreitä työpaikkoja. Investointituki voi olla pk-yritykselle jopa 40–50 % hyväksytyistä kustannuksista.
2. Business Finland:
  - Yritysten T&K-rahoitus teolliseen tutkimukseen: uusien tuotteiden, prosessien tai palvelujen kehittämiseen tai että olemassa olevat tuotteet, prosessit tai palvelut paranevat huomattavasti.
  - Co-Innovation: T&K-vaiheen rahoitukseen yhteistyössä tutkimuslaitosten (VTT, Luke, KAMK) ja Veturi-yritysten kanssa.
3. EU Innovation Fund: Pienen kokoluokan hankkeet (<2,5M€ CAPEX) voivat hakea tukea, jos ne osoittavat merkittävää kasvihuonekaasujen vähennystä. Biohiilen tuotanto tekee hankkeesta vahvan kandidaatin.
4. CBE JU (Circular Bio-based Europe): hauissa on teemoja metsäbiomassan hyödyntämiselle ("Valorisation of untapped forest biomass"), joissa avustukset ovat 7–14 miljoonaa euroa.

### **Oma pääoma ja lainat:**

- Pääomasijoittajat: Metsä Spring on aktiivinen, mutta myös Taaleri Bioteollisuus -rahasto sijoittaa teollisen kokoluokan laitoksiin.
- Ilmastorahasto: Tarjoaa pääomalainaa hankkeille, joilla on merkittävä ilmastopotentiali. Tämä sopii erinomaisesti CAPEX-rahoituksen täydentäjäksi.

## 8.2 Suuntaa-antavat tuottolaskelmat

Erä	Arvio	Perustelu
<b>Investointi (CAPEX)</b>	<b>18 - 22 M€</b>	Sis. uuttolaitteisto, ultrasuodatus, kuivaus, pyrolyysi, infra.
<b>Liikevaihto (GGM)</b>	<b>10 - 15 M€</b>	Oletus: 1000 t tuotantoa, keskihinta 10-15 €/kg (konservatiivinen).
<b>Liikevaihto (Biohiili)</b>	<b>1.5 - 2.5 M€</b>	Oletus: 2500 t tuotantoa, hinta 600 €/t + päästöoikeudet.
<b>OPEX</b>	<b>8 - 10 M€</b>	Energia, työvoima, logistiikka, ylläpito.
<b>Käyttökate (EBITDA)</b>	<b>3.5 - 7.5 M€</b>	Riippuu voimakkaasti GGM:n myyntihinnasta.

Huom: Luvut ovat suuntaa-antavia arvioita perustuen vastaaviin biotaloushankkeisiin ja vaativat tarkan kannattavuuslaskelman.

## 9 Johtopäätös

Hanke on strategisesti oikea-aikainen. Kainuussa yhdistyvät raaka-aineen saatavuus, vahva puurakentamisen ja biotalouden osaaminen (Woodpolis/CEMIS) sekä poikkeukselliset rahoitusmahdollisuudet (JTF). Teknologia (PHWE + Pyrolyysi) on kypsää skaalattavaksi.

Suurin haaste ei ole tekninen, vaan kaupallinen: miten saavutetaan riittävä volyyymi ja hintataso GGM-tuotteelle ennen elintarvikelupien saamista? Vastaus on aggressiivinen panostus kosmetiikka- ja rehusektoreille sekä biohiilen hyödyntäminen kassavirran vakauttajana. Sijoittajalle hanke tarjoaa pääsyn nopeasti kasvavaan "clean beauty" ja "carbon removal" -markkinaa konkreettisella, skaalautuvalla teollisella ratkaisulla.