Euroopan unionin osarahoittama

Pohjois-Savon liitto



VESiHiiLi

Suunnittelijan ohje biohiilen käyttöön

VEDENPUHDISTUS JA MAANPARANNUS

UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND

SAVONIA

SAVOGROW KEHITYSYHTIÖ
Keitele Pielavesi Rautalampi Suonenjoki Tervo Vesanto

Sisällysluettelo

1. JOHDANTO 3
2. TERMINOLOGIAA 3
3. BIOHIILEN VALINTA 4
4. VEDENPUHDISTUS 5
4.1. Käyttökohde 6
4.2. Biohiilen käyttö 6
4.2.1. Biohiilimäärä ja -laatu 6
4.2.2. Biohiilisuodattimen rakenne 7
4.3. Jatkokäyttö, regenerointi ja kiertotalous 8
4.4. Regulaatio ja ympäristövaikutukset 8
4.5. Case – Pilottikontti paikalliseen vedenpuhdistukseen 10
4.6. Vedenpuhdistusta suunnittelevan apukysymyksiä 11
5. MAANPARANNUS 12
5.1. Käyttökohde 13
5.2. Kierrätys, regenerointi ja kiertotalous 14
5.3. Regulaatio ja ympäristövaikutukset 14
5.3.1. Lannoitelainsäädäntö 15
5.4. Case – Mansikan tunneliviljely 16
5.5. Maanparannusta suunnittelevan apukysymyksiä 16
6. LISÄTIETOA 17
6.1. Biohiiliverkostot 17
6.2. Kirjallisuutta 18

1. JOHDANTO

Biohiileksi kutsutaan hyvin monipuolista kirjoa erilaisista lähtöaineista erilaisin pyrolyysiparametrein valmistettuja materiaaleja. Ymmärrettävästi biohiilten ominaisuudet ja siten käyttökohteet vaihtelevat myös suuresti. Koska eri tarkoituksiin käytettäviltä biohiililtä toivotaan kohdekohtaisesti hyvin vaihtelevia ominaisuuksia, voi niiden valinta ja käyttö olla pulmallista. Useissa tilaisuuksissa, sekä keskusteluissa yritysten, yhteisöjen ja kunnallisten toimijoiden kanssa nousseen tarpeen pohjalta, halusimme luoda yhteistyössä Vesihiili-hankkeen toteuttajien, Itä-Suomen yliopiston, Savonia-ammattikorkeakoulun ja SavoGrown, kesken suunnittelijan ohjeistuksen biohiilen käyttöön vedenpuhdistuksessa ja maanparannuksessa.

Tämän ohjeistuksen tarkoituksena on tukea biohiilen käyttöä suunnittelevaa tunnistamaan keskeisimmät huomioitavat tekijät oman käyttökohteensa näkökulmasta sekä arvioimaan biohiilen käyttöön liittyviä etuja ja haasteita. Ohjeistuksessa käydään läpi mm. biohiilen valintaa, eri käyttökohteiden vaatimuksia, regulaatiota, ympäristövaikutuksia ja elinkaaren jatkumista käytön jälkeen. Vedenpuhdistusta ja maanparannusta on pyritty havainnollistamaan hankkeen aikana toteutettujen esimerkkien kautta. Lisäksi olemme laatineet listan apukysymyksiä, joiden avulla biohiilen käyttöä juuri omassa kohteessa olisi helpompi suunnitella ja toteuttaa. Ohjeen lopuksi on listattu biohiilen markkinoita, sääntelyä ja muuta hyödyllistä tietoa ja kirjallisuutta.

Vesihiili on EU:n osarahoittama ryhmähanke (01.09.2024-31.12.2026) ja saa rahoitusta Pohjois-Savon liiton hallinnoiman Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027 EU:n alue- ja rakennepolitiikan ohjelman Oikeudenmukaisen siirtymän rahastosta (JTF).

2. TERMINOLOGIAA

Aktiivihiili	Puhdasta, huokoista hiiltä, jolla on suuri pinta-ala. Sitoo tehokkaasti epäpuhtauksia itseensä.
Biohiili	Biomassasta pyrolyysillä valmistettua hiiltä. Raaka-aineet ja lämpötila vaikuttavat ominaisuuksiin.
Pyrolyysi	Myös kuivatislaus. Orgaaninen aine hajotetaan kuumentamalla hapettomissa oloissa, jolloin syntyy nestemäisiä ja kaasumaisia tisleitä ja kiinteää hiiltä.
Modaus	Hiilen ominaisuuksiin vaikutetaan esimerkiksi lisäämällä pinta-alaa tai lisäämällä pintaan aktiivisia kemiallisia ryhmiä.

3. BIOHIILEN VALINTA

Sopivimman biohiilen valmistukseen ja valintaan vaikuttaa erityisesti lopputuotteen käyttötarkoitus. Se ohjaa sopivan lähtöaineen valintaa, valmistusprosessia, lopputuotteen jatkokäsittelyitä ja hiileltä toivottuja ominaisuuksia. Vedenpuhdistuksessa biohiilen valintaan vaikuttaa se, mitä ravinteita, raskasmetalleja jne. halutaan vedestä suodattaa. Toisaalta maanparannuskäytössä biohiilen tulee usein olla sopivan ravinteikasta tai ravinneladattua, jotta se ei köyhdytä kasvualustaa. Ravinnelataus voidaan tehdä etukäteen tai vasta kasvualustan rakennuksen yhteydessä sekoittamalla ravinnetta biohiileen.

Huomioitavia ominaisuuksia ovat mm.

- lähtöaineen ravinne- ja haitta-ainepitoisuudet
- biohiilen ominaispinta-ala ja tiheys
- biohiilen ravinteiden ja veden pidätyskyky
- hiili- ja tuhkapitoisuus

Taulukkoon 1 on listattu erilaisten raaka-aineiden sekä niistä valmistettujen biohiilten ominaisuuksia ja käyttökohteita. Biohiilen soveltuvuus eri käyttökohteisiin perustuu paljolti sen adsorptiokykyyn, joka on yleensä parempi huokoisemmilla materiaaleilla. Huokoisuuteen puolestaan vaikuttavat keskeisesti sekä käytetty raaka-aine että pyrolyysilämpötila. Näiden tekijöiden seurauksena biohiilen ominaispinta-ala voi vaihdella varsin paljon – aina alle kymmenestä jopa useisiin satoihin neliömetreihin grammaa kohden (Salo ym. 2025).

Taulukko 1. Arvioita eri raaka-aineiden tiheyksistä ja tuhkapitoisuuksista sekä niistä valmistettujen biohiilten hiilipitoisuuksista sekä potentiaalisia käyttökohteita Salo ym. (2025) raportin pohjalta

Raaka-aine	Tiheys kg/m³	Tuhka m-%	Biohiilen C-pitoisuus m-%	Käyttökohteet
Mänty runkopuu	390–410	0,3–0,5	70–85	maanparannus, suodatus, hiilensidonta
Kuusi runkopuu	380–400	0,3–0,5	70–85	maanparannus, suodatus, hiilensidonta
Koivu runkopuu	480–530	0,4–0,6	70–85	maanparannus, grilli- ja aktiivihiili, suodatus
Hakkuutähteet	200–350	0,4–6,0	60–80	maanparannus, kompostointi
Sahanpuru	380–480	0,4–1,1	60–90	maanparannus, suodatus
Puunkuoret	300–410	1,7–3,4	50–80	maanparannus, kompostointi
Kookoskuoret	400–600	0,4–3,0	75–85	maanparannus, aktiivihiili
Turve	300–400	2–10	60–80	maanparannus, aktiivihiili, tukipolttoaine
Kuivikelannat	507–740	10–15	30–50	maanparannus, happamuuden säätö, kasvualustanosana
Biokaasun*) rejekti, kuivajae	500–935	10–25	20–30	fosfori lannoitus, kalkitus, typpi-imuri, hivenravinne

*) oletuksena biokaasulaitos on märkäprosessi, jossa hyödynnetään myös lietelantaa

4. VEDENPUHDISTUS

Biohiili on monipuolinen ja kasvavaa kiinnostusta herättävä materiaali erilaisten vesien puhdistuksessa. Sen huokoinen rakenne, suuri ominaispinta-ala sekä kyky sitoa erilaisia epäpuhtauksia mahdollistavat sen hyödyntämisen niin hulevesien, maatalouden valumavesien, suotovesien kuin teollisuusvesien käsittelyssä. Biohiilisuodatuksella voidaan poistaa vedestä muun muassa ravinteita, raskasmetalleja, kiintoainesta, öljyjä, mikromuoveja, lääkejäämiä sekä pysyviä PFAS-yhdisteitä. Lisäksi biohiili tarjoaa mahdollisuuksia kiertotalouteen, sillä käytettyä biohiiltä voidaan tietyissä tapauksissa hyödyntää edelleen esimerkiksi maanparannuksessa tai rakenteellisissa täyttömateriaaleissa.

Biohiilisuodatuksen tehokkuus riippuu kuitenkin merkittävästi kohteen ominaisuuksista, käytettävän biohiilen laadusta sekä suodatinrakenteen suunnittelusta. Käsiteltävän veden määrä, kemialliset ominaisuudet kuten pH, haitta-aineiden pitoisuudet, virtausvaihtelut ja kiintoainekuorma vaikuttavat sekä biohiilen mitoitukseen että koko järjestelmän toimivuuteen. Tämän vuoksi biohiilisuodatuksen suunnittelu perustuu aina kohdekohtaiseen tarkasteluun ja usein myös esitestauksiin. Samalla kasvava sääntely ja standardointi, kuten European Biochar Certificate (EBC), ohjaavat biohiilen turvallista käyttöä ympäristönsuojelussa sekä hulevesien käsittelyssä.

4.1. Käyttökohde

Biohiilellä pystytään puhdistamaan laadultaan ja määrältään vaihtelevia vesiä. Puhdistusta voidaan tehdä mm. kaupunkien ja teollisuusalueiden hulevesille, maatalouden valumavesille, ja suotovesille. Vedestä pystytään biohiilen avulla puhdistamaan esimerkiksi ravinteita, raskasmetalleja, öljyjä ja rasvoja, mikromuoveja, bakteereja, lääkejäämiä, PFAS-yhdisteitä, kiintoainesta jne.

4.2. Biohiilen käyttö

4.2.1. Biohiilimäärä ja -laatu

Biohiilen käyttömäärän mitoitus ja laatuvaatimusten arviointi lähtee kohteen tarkastelusta. Tätä varten tulee selvittää vedenkäsittelymäärä sekä mitä ainetta ja minkälaisia pitoisuuksia halutaan poistaa.

Virtaus- ja pitoisuuspiikit voivat aiheuttaa sen, että osa suodatettavista komponenteista kulkee suodattimen läpi. Jos piikkien aiheuttama puhdistustehon hetkellinen hiipuminen ei ole hyväksyttävää, voi korkeita pitoisuuksia sisältävä vesi vaatia esikäsittelyä ennen biohiilisuodatinta.

Biohiilen laatuun vaikuttavat erityisesti poistettava aine; yksittäisen haitta-aineen talteenottoon vaaditaan eri ominaisuuksia kuin yleiseen, useisiin haitta-aineisiin tepsivään poistoon. Näihin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa raaka-aineen valinnalla ja hiilen modifioinnilla. Biohiilimäärän ja -laadun arvioimiseksi on suositeltavaa tehdä ensin pienemmän mittakaavan esitestauksia käsiteltävällä vedellä, mikä helpottaa sopivimman biohiilen valintaa vaikuttaen suoraan puhdistustulokseen. Lopullinen määrä riippuu suodatinratkaisun koosta.

4.2.2. Biohiilisuodattimen rakenne

Kun ryhdytään suunnittelemaan biohiilisuodatinta ja selvittämään sen vaatimuksia, on tarpeen huomioida käsiteltävän vesimäärän lisäksi tarvittava viipymäaika. Lyhyt viipymäaika voi heikentää puhdistustulosta ja lisätä biohiilipedin vaihtotiheyttä, kun puolestaan pitkä viipymäaika voi kasvattaa suodattimen kokoa erityisesti silloin, jos virtaamat ovat suuria. Toisaalta, jos käsiteltävässä vedessä on paljon kiintoainetta tai roskia, tulee vettä esikäsitellä ennen biohiilisuodatinta, jottei biohiilipeti tukkeudu ja siten lyhennä sen käyttöikää. Roskat voivat tukkia myös mahdollisia pumppauslinjoja. Myös biohiilen partikkelikoko vaikuttaa sekä virtausnopeuden säätelyyn että biohiilipedin tukkeutumisriskiin. Pienemmällä partikkelikoolla käsittelypinta-ala kasvaa, mutta niin kasvaa tukkeutumisriskikin. Isompi partikkelikoko taas pienentää tukkeutumisriskiä, mutta ohivirtauksen määrä kasvaa. Pieni raekoko (0,1–1 mm) sopii parhaiten metallien poistoon, keskikokoinen (1–5 mm) ravinteiden ja orgaanisten yhdisteiden poistoon ja suurikokoinen (1–10 mm) kiintoaineen poistoon.

Lisäksi biohiilipedin on pysyttävä paikallaan suodattimen sisällä. Erityisesti painovoimaisella virtauksella toimivan biohiilisuodattimen kohdalla on huomioitava mahdolliset tulvat sekä hetkittäiset isommat veden virtaamat. Peti pystytään lukitsemaan paikalleen esim. verkolla tai raskaammalla materiaalilla, kuten sepeli. Myös kankaiset biohiilisäkit ovat toimiva ratkaisu varsinkin ahtaampiin kohteisiin, mutta niissä on huomioitava erityisesti kankaan kestävyys.

Itse reaktori on helpointa valmistaa muovista, mutta materiaalivalintaan vaikuttavat sekä kohde että sen rajoitteet. Maan alle sijoitettu biohiilisuodatin on huomaamaton eikä useinkaan sisällä isoja maanpäällisiä rakenteita. Se voidaan usein myös toteuttaa painovoimaisella virtauksella. Toteutuksessa on huomioitava erityisesti huoltotoimenpiteiden toteutus. Biohiilisuodatin voidaan sijoittaa myös merikonttiin, kuten Vesihiili-hankkeen pilottikontin kohdalla on tehty (ks. kappale 4.5.), jolloin sen etuja ovat erityisesti liikuteltavuus ja helppohuoltoisuus. Maanpäällinen suodatin vaatii kuitenkin yleensä erillisen pumppauksen tai jonkun muun korkeuserojen säädön, sekä mahdollisen maisemoinnin kohteen sijainnin mukaan.

4.2.3. Mitattavat parametrit

Käsiteltävän veden alkuperä ja siihen liittyvä lainsäädäntö määrää usein puhdistustarpeen. Esimerkiksi maatalouskohteessa mitataan yleisimmin ravinteita, mutta voi olla aiheellista mitata myös mm. kiintoainetta ja mikromuoveja. Kaupungin hulevesikohteessa puolestaan tärkeimpiä mitattavia parametreja ovat usein kiintoaine, mikromuovit ja metallit, mutta myös mm. ravinteet. Teollisuuskohteessa taas muiden rinnalla esimerkiksi öljyt ja rasvat voivat olla järkeviä seurattavia, varsinkin, kun niillä voi olla biohiilisuodatinta tukkiva vaikutus. Kattavin arvio mitattavista parametreista sekä suodattimen toimivuudesta saadaan kuitenkin kohdekohtaisesti analysoimalla vesinäytteet laboratoriossa. Liikuteltavat analysaattorit mahdollistavat tarvittaessa mittaukset kohteessa, ja online-seurannan avulla voidaan kerätä dataa tiheämmin sekä tarkastella suodatustehoa aktiivisesti.

4.3. Jatkokäyttö, regenerointi ja kiertotalous

- Ravinnerikkaiden vesien puhdistuksessa käytettyä biohiiltä voitaisiin hyödyntää maanparannuksessa
- Muiden haitta-aineiden, kuten raskasmetallien sitoutuminen ja liukeneminen biohiilestä tulee huomioida jatkokäyttöä miettiessä
    - ➢ kaivosalueiden ja kaatopaikkojen peitto- ja täyttömateriaali

4.4. Regulaatio ja ympäristövaikutukset

Biohiilen haitta-ainepitoisuuksien raja-arvot hulevesien suodatuskäyttöön on määritetty EBC-standardissa, Taulukko 2. (The European Biochar Certificate).

Taulukko 2. EBC standardin raja-arvot maanrakennukseen

EBC-Certification Class		EBC-Urban	EBC-ConsumerMaterials	EBC-BasicMaterials
Elemental analysis	Declaration of Ctot, Corg, H, N, O, S, ash			
	H / Corg	<0.7		
Physical parameters	Water content, dry matter (as received and @< 3 mm particle size), bulk density (DM), WHC, pH, salt content, electrical conductivity of the solid biochar			
TGA	Needs to be presented for the first production batch of a pyrolysisi unit			
Nutrients	Declaration of N, P, K, Mg, Ca, Fe			
Heavy metals	Pb	120 g t^{-1} DM		Declaration, no limit values for certification
	Cd	1.5 g t^{-1} DM		
	Cu	100 g t^{-1} DM		
	Ni	50 g t^{-1} DM		
	Hg	1 g t^{-1} DM		
	Zn	400 g t^{-1} DM		
	Cr	90 g t^{-1} DM		
	As	13 g t^{-1} DM		
Organic contaminants	16 EPA PAH	CSI-declaration		
	8 EPA PAH	1 g t^{-1} DM		4 g t^{-1} DM
	benzo(e)pyrene benzo(j)fluoran-thene	< 1 g t^{-1} DM for each of both substances		
	PCB, PCDD/F	Once per pyrolysis unit for the first production batch. For PCB: 0.2 mg kg^{-1} DM, for PCDD/F: 20 ng kg^{-1} (I-TEQ OMS).		

Hulevesien hallinnan osalta viitataan usein Tukholman läänin raja-arvoihin (taulukko 3). Suomen lainsäädännössä ei ole määritetty raja-arvoja hulevesien haitta-aineille. Tukholman malli on kokonaisvaltainen urbaanin rakentamisen malli, jossa rakennetaan vettä viivyttäviä rakenteita ja viheralueita.

Taulukko 3. Ehdotetut ohjearvot (vuosittainen keskimääräinen pitoisuus) hulevesipäästöille (Riktvärdesgruppen 2009).

	Taso	**Pienemmät järvet, vesistöt ja merenlahdet**		**Isommat järvet ja meret**		**Toimijat**
Haitta-aine[1]	**Yksikkö**	**1M**	**2M**	**1S**	**2S**	**3VU**
fosfori (P)	µg/l	160	175	200	250	250
typpi (N)	mg/l	2,0	2,5	2,5	3,0	3,5
lyijy (Pb)	µg/l	8	10	10	15	15
kupari (Cu)	µg/l	18	30	30	40	40
sinkki (Zn)	µg/l	75	90	90	125	150
kadmium (Cd)	µg/l	0,4	0,5	0,45	0,5	0,5
kromi (Cr)	µg/l	10	15	15	25	25
nikkeli (Ni)	µg/l	15	30	20	30	30
elohopea[2] (Hg)	µg/l	0,03	0,07	0,05	0,07	0,1
kiintoaine (SS)	mg/l	40	60	50	75	100
öljyindeksi (öljy)	mg/l	0,4	0,7	0,5	0,7	1,0
bentso(a)pyreeni[2] (BaP)	mg/l	0,03	0,07	0,05	0,07	0,1

4.5. Case – Pilottikontti paikalliseen vedenpuhdistukseen





Kuvat 1 ja 2. Pilottikontti paikalliseen vedenpuhdistukseen.

4.6. Vedenpuhdistusta suunnittelevan apukysymyksiä

Biohiilen valinta

- Mistä vesi on peräisin (hulevesi, maatalous, jätevesi jne.)?
- Mitä vedestä halutaan poistaa?
  - Yhtä vai useampaa ainetta?
  - Pelkästään ravinteita vai myös haitta-aineita?
- Paljonko vettä tulee käsitellä vuorokaudessa?
- Onko virtaama tasaista vai tarvitseeko huomioida esim. virtauspiikkejä?
- Ovatko poistettavan aineen pitoisuudet tasaisia vai tarvitseeko huomioida esim. pitoisuuspiikkejä?
- Onko vedessä kiintoainetta ja kuinka paljon?
- Tarvitaanko esisuodatusta?
- Tarvitaanko modifioitua/aktivoitua biohiiltä?
- Soveltuuko biohiili kyseiseen käyttötarkoitukseen?
- Onko biohiili EBC-sertifioitu ja sisältääkö haitta-aineita?

Suodattimen rakenne

- Mikä on järjestelmän tavoiteltu käyttöikä?
- Onko biohiili ainoa suodattava osa?
- Tarvitseeko huomioida kiintoaineen poisto tai esisuodatus?
- Mihin suodatin voidaan sijoittaa?
  - Tuleeko huomioida esim. pohjavesiä?
- Mikä on viipymäaika suodattimessa?
- Kuinka suuri suodatin tarvitaan ja paljonko biohiiltä?
- Onko tukkeutumisriski ja miten niihin pystytään reagoimaan?
- Vaikuttavatko sääolosuhteiden (sade, kuivuus, pakkaset jne.) vaihtelut suodattimen toimintaan kohteessa?
- Miten huoltotoimenpiteet järjestetään?
- Mitä parametreja vedestä seurataan ja kuinka usein?
- Kuinka nopeasti puhdistusteho heikkenee?
- Milloin biohiili tulee vaihtaa?

Riskienhallinta, luvat ja sääntely

- Voidaanko tukkeutumista tai käyttöiän päättymistä ennakoida?
- Tarvitaanko ympäristölupa?
- Onko puhdistustehovaatimuksia?
- Onko raportointivaatimuksia?

Taloudelliset kysymykset

- Biohiilen hankintahinta?
- Logistiset kustannukset?
- Suodattimen valmistus?
- Vuosittaiset ylläpitokustannukset?
- Biohiilen vaihtoväli?
- Puhdistetun vesikuution kustannus?
- Voidaanko yhdistää hiilikrediitteihin?
- Jatkokäytöstä tuotto vai lisäkustannus?

Käytetyn biohiilen käsittely

- Millaiseen jatkokäyttöön suodatuskäytössä ollut biohiili päätyy?
- Tarvitaanko haitta-ainekartoitusta?

5. MAANPARANNUS

Maaperän kunto on keskeinen tekijä kasvien kasvun, sadon määrän ja viljelyn kestävyyden kannalta. Rakenteeltaan heikentynyt, tiivistynyt tai ravinnetasapainoltaan epätasapainoinen maa rajoittaa juurten kehittymistä, heikentää veden ja ravinteiden hyväksikäyttöä sekä altistaa kasvit stressille. Näiden haasteiden ratkaisemiseksi tarvitaan pitkävaikutteisia ja monipuolisia maanparannuskeinoja.

Biohiili on yksi tällainen ratkaisu. Sen huokoinen rakenne, suuri pinta-ala ja kemialliset ominaisuudet tekevät siitä poikkeuksellisen tehokkaan maaperän ominaisuuksien parantajan. Toisin kuin monet perinteiset maanparannusaineet, biohiili säilyy maassa vuosikymmeniä tai jopa vuosisatoja, tarjoten pysyvän perustan maaperän rakenteen, vesitalouden ja biologisen toiminnan kehittämiselle.

Biohiilen käyttö maanparannuksessa perustuu sen kykyyn toimia sekä fysikaalisena että biologiskemiallisena alustana. Se parantaa maan mururakennetta, sitoo vettä ja ravinteita kasvien käyttöön sekä tarjoaa elinympäristön maaperän hyödyllisille mikrobeille. Näiden vaikutusten kautta biohiili voi lisätä viljelyn tuottavuutta, parantaa kasvien stressinsietokykyä sekä vähentää ravinteiden huuhtoutumista ympäristöön. Biohiiltä voidaan käyttää kaikissa

EBC standardin mukaisesti biohiilelle on erilaisia laatuvaatimuksia käyttökohteen perusteella, taulukko 4. Tiukin on EBC-FeedPlus joka voidaan käyttää eläinten rehun lisäaineena muun maanparannuskäytön ohella, EBC-AgroOrganic on luomuviljeluun sopivaan ja EBC-Agro kaikkeen muuhun maanviljelyyn ja maanparannukseen sopivaa.

5.1. Käyttökohde

Biohiiltä voidaan käyttää maanparannukseen hyvin monipuolisesti sekä harraste- että ammattiviljelyssä ja -viherrakentamisessa. Biohiili sopii maanparannukseen kaikille kasveille parantaen hyödyllisten pieneliöiden elinoloja, maan rakennetta sekä vesi- ja ravinnetaloutta. Biohiili myös tasaa kosteutta ja lisää vedenpidätyskykyä, tehostaa anionin- ja kationinvaihtokykyä jopa 50 % sekä tasapainottaa pH:ta. Pysyvän rakenteen vuoksi biohiili säilyy maaperässä pitkään lisäten maaperän kuohkeutta ja vähentäen tiivistymistä.

Monet maaperän bakteerit viihtyvät biohiilen pinnoilla. Grammassa biohiiltä voi olla jopa tuhat neliötä pinta-alaa täten rikastuttaen ja aktivoiden maaperäeliöstöä. Tämän myötä vesitalous paranee ja ravinteiden huuhtoutuminen vähenee, jolloin vesi ja ravinteet pysyvät kasvien ulottuvilla. Lisäksi maaperässäkin biohiili sitoo haitta-aineita, kuten kasvinsuojeluaineita ja raskasmetalleja. Näin kasvit eivät altistu niin paljon maaperässä oleville kasvitaudeille lisäten samalla sadon määrää.

Biohiilen maata parantavasta vaikutuksesta on hyötyä kaikilla maalajeilla ja eritoten karkealla kivennäismaalla. Tavallinen käyttömäärä peltomaalla on noin 250 g/m^2, kasvimaalle tai nurmikon parantamiseen 10 l/m^2 ja taimikasvatuksessa taimen vaatimusten mukaan 1 tl – 1 rkl ruukun pohjalle. Istutusvaiheessa biohiiltä voi laittaa istutuskuoppaan tai pieneen kaivantoon kasvin viereen. Biohiili kannattaa sekoittaa esimerkiksi kompostin kanssa tai ladata ravinteilla ennen käyttöä, jotta se voi luovuttaa ravinteita myöhemmin kasvien käyttöön eikä sido niitä maa-aineksesta. Ravinnelataus voidaan tehdä esimerkiksi sekoittamalla siihen ravinnepitoista biokaasulaitoksen kiinteää tai nestemäistä rejektiä. Rejektin valinnassa tulee kiinnittää huomiota sen soveltuvuuteen viljelyyn tai viherrakentamiseen. Ruukuissa ja kasvatusaltaissa hiili voi myös korvata kosteutta tasaavat kastelukiteet tai salaojituksen soran.

5.2. Kierrätys, regenerointi ja kiertotalous

- Lähtömateriaalina maatilalta/viljelypaikalta syntyviä sivuvirtoja
  - Olki, kuoret, viljelykasvien varret ja naatit, raivausjäte ja oksat, lanta,
- ravinnelataus orgaanisilla lannoitteilla, biokaasun rejekteillä tai vesienpuhdistuksella
  - haitta-aineiden huomioiminen
- hiilidioksidin sitominen
- Kasvualustan uudelleenkäyttö maisemointiin/viherrakentamiseen (esim. mansikan)

5.3. Regulaatio ja ympäristövaikutukset

- Huom. luomutilalla sallittu yksinomaan kasviperäisitä materiaaleista saatu biohiili, joka rikastetaan esim. omalla lannalla
- Itse biohiilen raja-arvot EBC-standardista, taulukko 4

Taulukko 4. EBC standardin raja-arvot maatalouskäyttöön

EBC-Certification Class		**FeedPlus**	**AgroOrganic**	**Agro**
Elemental analysis				
	H / Corg	<0.4	<0.7	
Physical parameters				
TGA				
Nutrients				
Heavy metals	Pb	5 g t^{-1} DM	45 g t^{-1} DM	120 g t^{-1} DM
	Cd	0.5 g t^{-1} DM	0.7 g t^{-1} DM	1.5 g t^{-1} DM
	Cu	70 g t^{-1} DM	70 g t^{-1} DM	100 g t^{-1} DM
	Ni	25 g t^{-1} DM	25 g t^{-1} DM	50 g t^{-1} DM
	Hg	0.1 g t^{-1} DM	0.4 g t^{-1} DM	1 g t^{-1} DM
	Zn	200 g t^{-1} DM	200 g t^{-1} DM	400 g t^{-1} DM
	Cr	70 g t^{-1} DM	70 g t^{-1} DM	90 g t^{-1} DM
	As	2 g t^{-1} DM	13 g t^{-1} DM	13 g t^{-1} DM
Organic contaminants	16 EPA PAH	6±2.4 g t^{-1} DM	6±2.4 g t^{-1} DM	6±2.4 g t^{-1} DM
	8 EPA PAH	1 g t^{-1} DM		
	benzo(e)pyrene benzo(j)fluoran-thene	< 1 g t^{-1} DM for each of both substances		
	PCB, PCDD/F	See chapter 10	Once per pyrolysis unit for the first production batch. For PCB: 0.2 mg kg^{-1} DM, for PCDD/F: 20 ng kg^{-1} (I-TEQ OMS).	

5.3.1. Lannoitelainsäädäntö

Pyrolyysihiilen osalta sanotaan MMM asetuksessa, että termokemiallisen konversioprosessin on tapahduttava olosuhteissa, joissa hapen määrää on rajoitettu, siten, että lämpötila reaktorissa nostetaan kasvibiomassalla vähintään 180 celsiusasteeseen vähintään kahdeksi sekunniksi. Jos prosessissa käytetään materiaalina jätevesilietettä, lämpötila reaktorissa nostetaan vähintään 500 celsiusasteeseen vähintään viideksi minuutiksi. Pyrolyysissa ja kaasutuksessa muodostuvien materiaalien moolisuhteen on oltava sellainen, että vedyn suhde orgaaniseen hiileen on alle 0,7. Tähän ei käytännössä normaalipaineessa päästä alle 300 celsiusasteen lämpötiloissa. Pyrolyysissa syntyvissä materiaaleissa saa olla enintään 6 milligrammaa PAH_{16}-yhdisteitä kilogrammassa kuiva-ainetta.

EBC-standardin raja-arvoja noudattamalla saadaan lannoitelainsäädäntöä alhaisemmat arvot haitta-aineille kaikkien muiden paitsi lyijyn kohdalla (taulukko 3).

Taulukko 5. Haitta-aineiden raja-arvot MMM asetus -23/-25, EU -24 ja EBC-Agro

	Enimmäispitoisuus mg/kg ka.		
Alkuaine	**MMM**	**EU**	**EBC-Agro**
Arseeni	40	40	**13**
Elohopea	**1**	**1**	**1**
Kadmium	**1,5**	2	**1,5**
Kromi (VI*)	300	2*	**90**
Kupari	600	300	**100**
Lyijy	**100**	120	120
Nikkeli	70	**50**	**50**
Sinkki	1500	800	**400**

5.4. Case – Mansikan tunneliviljely



Kuvat: Mikko Selenius ja Raija Kumpula, 2025

5.5. Maanparannusta suunnittelevan apukysymyksiä

Biohiilen valinta

- Millainen käyttökohde on kyseessä?
- Mihin haetaan apua? Kärsiikö tiivistymisestä, kuivuudesta, liiallisesta märkyydestä, ravinne-epätasapainosta tai heikosta maaperäeliöiden aktiivisuudesta?
- Mikä on maalaji?
- Millä tasolla maan pH, orgaanisen aineksen määrä, hiilipitoisuus, ravinnetaso ja haitta-ainepitoisuus ovat?
- Tarvitseeko biohiili ravinnelatausta
- Lisääntyykö tai vähentyykö lannoitustarve?
- Paljonko biohiiltä tarvitaan?
- Miten sijoitetaan kohteessa?
- Tarvitseeko huomioida pölyäminen?
- Voiko biohiili aiheuttaa liiallisia muutoksia ravinnetasapainoon, pH-arvoon tai eliöiden hyvinvointiin?
- Voidaanko pitkäaikaisvaikutuksia ennustaa?

Taloudelliset kysymykset

- Biohiilen hankintahinta?
- Kuljetuskustannukset?
- Levityskustannukset?
- Voidaanko lannoitekustannuksia vähentää?
- Lisääntyykö sadonmäärä?
- Vähentyykö kastelutarve?
- Voiko tuottaa hiilikrediittejä?

Seuranta

- Lähtötilanteen dokumentointi?
- Mitä muuttujia seurataan?

6. LISÄTIETOA

Biohiilen käyttö ja tuotanto ovat kasvaneet Suomessa, ja markkinoille on syntynyt toimijoita sekä tutkimusta tehdään eri puolille maata. Samalla myös alan verkostot ja yhteistyöfoorumit ovat vahvistuneet, tarjoten ajankohtaista tietoa, tutkimusta ja käytännön kokemuksia biohiilen hyödyntämisestä. Seuraavassa on koottuna alan merkittävimpiä verkostoja lisätiedon hankkimiseen.

6.1. Biohiiliverkostot

Suomen biohiiliverkosto: https://www.bioenergia.fi/biohiili/#kartta

Nordic Biochar Network (https://www.nordicbiochar.org/about-us/map/)

Biochar Europe (https://www.biochareurope.eu/)

International Biochar Iniative (https://biochar-international.org/)

6.2. Kirjallisuutta

Amonette ym. 2021. **Biomass to Biochar: Maximizing the Carbon Value.** Report by Center for Sustaining Agriculture and Natural Resources, Washington State University, Pullman WA. https://csanr.wsu.edu/biomass2biochar/

Elo ym. 2023. **Biohiiliopas viher- ja ympäristösuunnitteluun, -rakentamiseen ja kunnossapitoon**. Viherympäristöliitto ry. Ladattavissa: https://link.webropolsurveys.com/Participation/Public/83958864-4dd6-4017-8768-3fcb1364df48?displayId=Fin2824484

Elo ym. 2021. **Biohiili kiertotalousratkaisuna Kanta-Hämeessä**. HAMKin e-julkaisuja 5/5021 https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/506425/HAMK%20Eloym.%20biohiili%20kiertotalousratkaisuna%20kanta_hameessa%20WEB%202021-10-21.pdf

Riktvärdesgruppen. 2009. **Förslag till riktvärden för dagvattenutsläpp. Regionala dagvattennätverket i Stockholms län**. Regionplane- och trafikkontoret. Stockholms läns landsting. https://static1.squarespace.com/static/592c525fe3df282718f63597/t/5e05bb3b966a241ee2c7dff6/1577433916644/Riktvarden_dagvatten_feb_2009.pdf

Salo ym. 2025. **Biohiili osana suomalaista biotaloutta.** VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Asiakasraportti Nro VTT-CR-00466-25 https://sarjaweb.vtt.fi/julkaisut/muut/2025/VTT-CR-00466-25.pdf

Siipola ym. 2025. **BioCarbonValue – High-value carbons from agricultural biomass** Final Report. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Research Report No. VTT-R-00161-25 https://cris.vtt.fi/en/publications/biocarbonvalue-high-value-carbons-from-agricultural-biomass-final/

Yrjälä 2024. **Biohiili: Ravinnekierrätys**. Bioenergia ry:n julkaisu. https://www.bioenergia.fi/wp-content/uploads/2025/02/Biohiili-ravinnekierratys-2024-1.pdf

www.Kekkilä.fi