

Biohiili vesien puhdistuksessa

Virpi Siipola
Bioenergiapäivä 26.10.21

21/10/2021 VTT – beyond the obvious

Esityksen sisältö

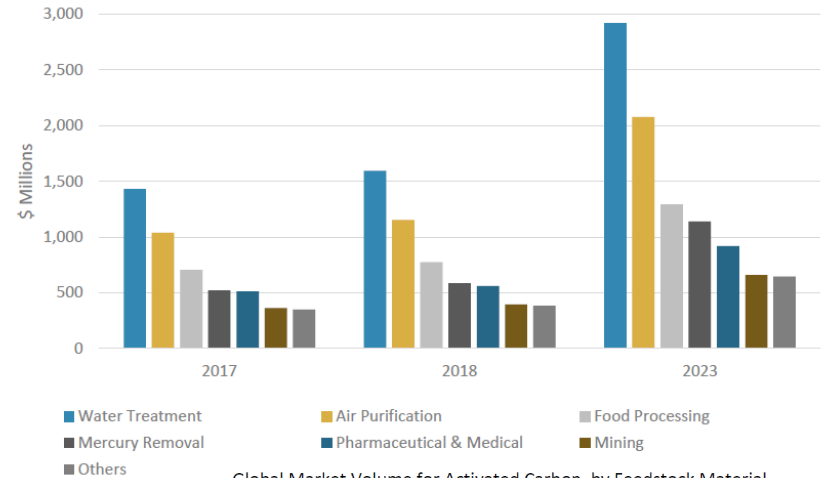
- Aktiivihiili vesienpuhdistuksessa
- Biohiili vai aktiivihiili
- Esimerkkejä puhdistuksesta
 - Orgaaniset jäämät ja metallit
 - COD-poisto sellutehtaan jätevedestä
 - Mikromuovien pidättäminen
- Perustuvat VTT:n biohiilitutkimukseen n. 5 vuoden ajalta (2016-2021)



Aktiivihiili vesienpuhdistuksessa

- Vedenpuhdistusta tarvitaan monessa eri kohteessa
 - Juomavedentuotanto, yhdyskuntajätevedet, teolliset jätevedet, suolanpoisto, ultrapuhtaan veden tuotanto
- Puhdistuksen kohteena esim. metallit, orgaaniset yhdisteet (mm. pestisidit, lääkeainejäämät), COD
- Käytetään aktiivihiiltä
 - Raaka-aineina esim ligniitti, turve, puu, öljyteollisuuden sivuvirrat, kookoskuori

Global Market for Activated Carbon, by Application, 2017-2023
(\$ Millions)



Global Market Volume for Activated Carbon, by Feedstock Material, Through 2023
(Kilo Tons)

Feedstock Material	2017	2018	2023	CAGR% 2018-2023
Wood and Coal	1,109.8	1,195.1	1,829.3	8.9
Coconut Shell	809.9	874.5	1,361.5	9.3
Other Feedstock Material	182.1	198.2	320.6	10.1
Total	2,101.8	2,267.8	3,511.4	9.1

Source: BCC Research, Copyrighted Material, All rights reserved

Biohiili vai aktiivihiili

- Tehokas vedenpuhdistus edellyttää normaalisti suurta huokoisuutta suodatinmateriaalilta
- Aktivointimenetelmillä biohiilen huokoisuutta ja pinta-alaa voidaan kasvattaa
- Aktivointimenetelmät voivat olla kemiallisia (alkali- tai happoaktivointi) tai fysikaalisia (CO₂, vesihöyryaktivoinnit)
- Fysikaalisilla menetelmillä päästään normaalisti noin 1000 m²/g pinta-aloihin, kemiallisilla useisiin tuhansiin m²/g



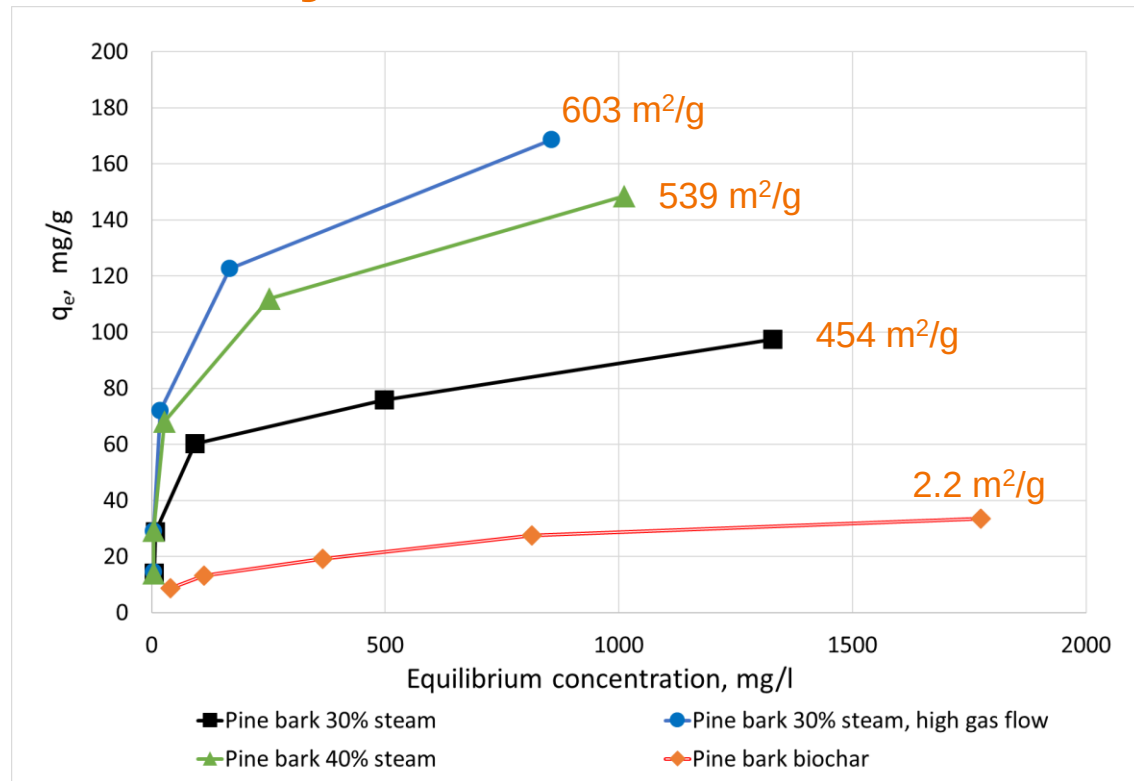
Mikä vaikuttaa biohiilen puhdistustehokkuuteen

- Huokoisuus:
 - suurempi huokoisuus tehostaa adsorptiota sitoutumispaikkojen kasvun kautta.
 - Huokoskokojakauma sopivan puhdistettavalle yhdisteelle → mahtuu kulkeutumaan biohiilen huokosiin
- Pintakemia:
 - Biohiilen huokospinnoilla olevat happiryhmät voivat parantaa biohiilen vettymistä ja tehostaa puhdistusta
- pH:
 - Tuhkan eli epäorgaanisten yhdisteiden määrä vaikuttaa biohiilen pH-arvoon
 - Korkea biohiilen pH soveltuu esimerkiksi metallien puhdistukseen
- Puhdistettavan veden laatu -> Biohiilen huokoset menevät korkeista kiintoainepitoisuuksista herkästi tukkoon

Biomassan ja hiilto/aktivointi-olosuhteiden valinnoilla voidaan vaikuttaa näihin. Lisäksi on mahdollista käyttää esi- ja jälkikäsittelyjä biomassalle/ biohiilelle.

Esimerkki: Fenolin adsorptio männynkuoriaktiivihielellä

- Vesihöyryaktivoitu männynkuori
- Adsorptio riippuvainen pinta-alasta

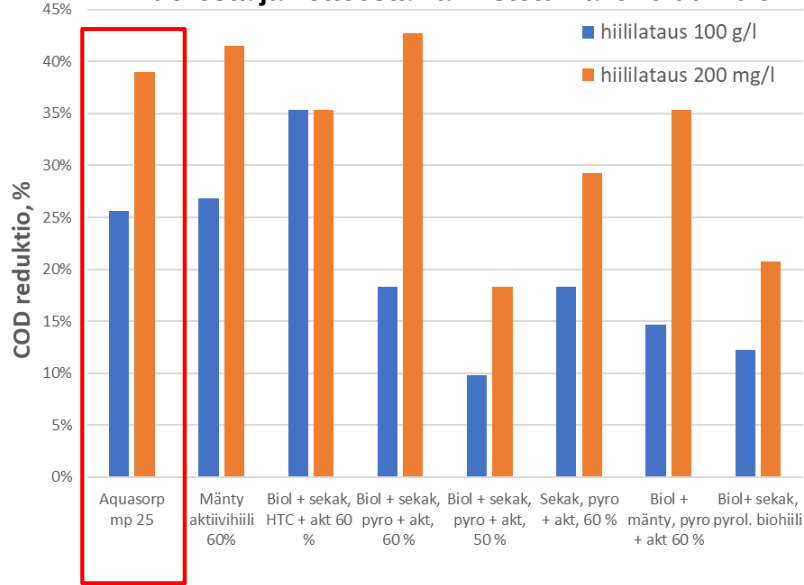


Esimerkki: Orgaaniset yhdisteet vs. metallit vesienpuhdistuksessa

Aktiivihiihi lähtömateriaali	Aktivointimenetelmä	Pinta-ala m ² /g	Metyleenisininen, 300 mg/l	Orange II, 300 mg/l	Zn 100 mg/l	AC pH
Paju - HTC-hiili	H ₃ PO ₄	1682	92 %	95 %	7 %	3.9
Männynkuori - HTC-hiili	H ₃ PO ₄	3505	95 %	95 %	9 %	4.0
Paju- hidas pyrolysoitu	H ₃ PO ₄	376	62 %	52 %	5 %	4.2
Paju - HTC-hiili	CO ₂	257	55 %	47 %	13 %	5.4
Paju - HTC-hiili	KOH	966	80 %	50 %	61 %	6.2
Paju - hidas pyrolysoitu	KOH	1594	91 %	67 %	88 %	7.2
Paju - hidas pyrolysoitu	CO ₂	339	54 %	52 %	98 %	9.5

Kemiallisen hapenkulutuksen (COD) poisto sellutehtaan kuori-bioliete-biohiilellä

- Sellutehtaalla puhdistamoliete ja kuori voidaan yhdistää biohiilen raaka-aineiksi ja edelleen aktiivihieksi
- Jäteveden aktiivihiihipuhdistus poistaa hyvin veden orgaanisia hiilyhdisteitä tertiärikäsittelyn jälkeen
- Kuoresta ja lietteestä valmistetun aktivoidun biohiilen puhdistusteho on verrannollinen kaupalliseen aktiivihieleen**



- Biomassan sisältämät metallit sitoutuvat biohiileen eivätkä liukene merkittävässä määrin veteen -> turvallista käyttää**
- Puhdistamokäytöstä poistuva biohiili sopii uudelleen-käytettäväksi biopolttoaineena tai pelkistimenä



VTT- Veolia AquaFlow yhteistyönä vv. 2018-2019 suoritettu lupaavia testejä biohiilen käyttämiseksi kemiallisen hapenkulutuksen (COD) poistoon sellutehtaan jätevesistä (biohiili ↔ kaupallinen aktiivihiihi)

MMM rahoittama tutkimus -Study funded by the Ministry of agriculture and forestry
Patent pending (FI20215496)

Mikromuovien pidätys biohiilellä

- Biohiili on tehokas mikromuovien pidättäjä erikokoisille mikromuovipartikkeleille
- Pienillä partikkeleilla sitoutuminen biohiilen koloihin ja rakoihin, mutta myös pintaan pidättymistä.

	Pinta- ala	Hiilen huokoskokojakauma			Mikromuovin partikkelikoko			
	m ² /g	<2 nm	2-50 nm	>50 nm	<1 mm	2-3 mm	4 mm	6-8 mm
Männynkuori biohiili	2.2	9 %	69 %	22 %	59 %	32 %	100 %	100 %
Männynkuori aktiivihiili	757	60 %	38 %	2 %	1 %	21 %	100 %	100 %
Kuusenkuori aktiivihiili	613	70 %	29 %	1 %	0.01 %	26 %	100 %	100 %

Siipola ym. (2020). Low-Cost Biochar Adsorbents for Water Purification Including Microplastics Removal. *Applied Sciences*, 10(3), 788.

MMM rahoittama tutkimus

Johtopäätökset

- Biohiilen valmistukseen soveltuvat esim. erilaiset jäte- ja sivuvirrat
- Biohiilen ominaispinta-alaan ja huokoskokoon voidaan vaikuttaa aktivointitekniikoilla => bio-aktiivihiihi
- Bio-aktiivihiihi soveltuu erityisesti jätevesien COD-poistoon ja puhdistukseen orgaanisista jäämistä, metallien poisto pH riippuvainen
- Biohiili on tehokas mikromuovien pidättäjä – soveltuu esim. hulevesien suodattamiseen



bey⁰nd

the obvious

Virpi Siipola
virpi.siipola@vtt.fi
+358 40 823 7143

@VTTFinland

www.vtt.fi