



Joonatan Riihimäki  
Jamk  
OPINNÄTETYÖ 2024

**GRK**

**BIOHIILEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET ASFALTIN VALMISTUKSESSA**



## Opinnäytetyön valinnan taustat

- Asfalttialan suuret hiilidioksidipäästöt
- Suomen hiilineutraaliustavoite 2035 ja GRK:n tavoite 2030
- Biohiilen kasvava suosio
- GRK:n oma biohiilituotanto
- Aiemmat tutkimukset biohiillasfaltista

# Tutkimuksen tavoitteet

## Tavoitteet

- Selvittää biohiilen vaikutuksia asfaltin runkoaineena sen ominaisuuksiin laboratoriokeihin sekä löytää optimaaliset biohiilipitoisuudet asfaltin valmistukseen
- Aiemmissä tutkimuksissa biohiiltä on käytetty vain sideaineessa
- Tutkimuksissa ei ole tehty laskelmia taloudellisesta näkökulmasta

## Tutkimuskysymykset

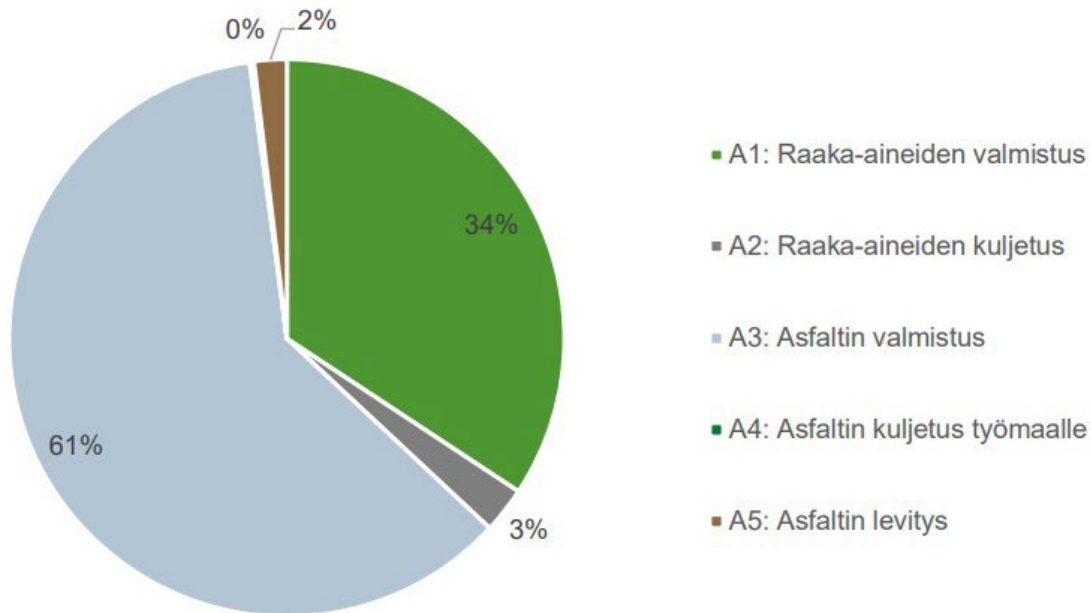
- Miten biohiili vaikuttaa asfaltin ominaisuuksiin?
- Onko sitä mahdollista käyttää asfaltin runkoaineena?

# Biohiili

- Biomassoista pyrolyysin avulla tuotettua hiiltä
- Hiilipitoisuus 80%-90%
- Käyttötarkoituksia mm. Maanparannusaineena, kompostin lisäaineena, vesistöjen puhdistuksessa, hiiltä sitomalla päästöjen kompensoinnissa
- Biohiilen on huokoinen materiaali sen tiheys on n.350kg/m<sup>3</sup>, kun verrokkina käytetyn kalkkifillerin tiheys on n. 2700kg/m<sup>3</sup>



# Asfaltin valmistuksen hiilidioksidipäästöt



## Pääraaka-aineet

- Kiviaines (hienoaines)
- Sideaine
- Lisäaineet (kuitu, kalkki, lentotuhka)

## Suurimmat päästöjen aiheuttajat

- Raaka-aineiden valmistus ja kuljetus
- Kiviaineksen lämmitys
- Tuotannon vaatima muu energia

Asfaltin valmistuksesta syntyvät CO2 päästöt ilman kierrätys asfalttia (Tuominen, J. 2023)

# Aiempiä tutkimuksia biohiilestä asfaltin valmistuksessa

- Suomalaisia tutkimuksia ei ole, Yhdysvalloissa, Australiassa, Itävallassa, Hongkongissa on tutkittu
- Aiemmissä tutkimuksissa biohiiltä käytetty sideaineen modifioijana
- Biohiili sopinut hyvin yhteen asfalttiseideaineiden kanssa
- Yhdysvaltalaisessa tutkimuksessa biohiili lisäsi asfaltin urautumis-, kosteus- ja halkeilukestävyyttä
- Kiinalaisessa tutkimuksessa biohiili lisäsi asfaltin kriittistä korkeaa lämpötilaa, ja asfaltin routimiskestävyys kasvoi merkittävästi
- Myös Itävaltalaisessa tutkimuksessa kaikki saadut tulokset viittasivat siihen, että biohiilihiukkasten läsnäolo lisää bitumin jäykkyyttä pääasiassa korkeissa lämpötiloissa

# Tutkimussuunnitelma



- Laboratoriotutkimukset 2% ja 4%, myöhemmin päätettiin kokeilla 1% biohiilellä
- AB11/ABK32
- Tilavuussuhteutukset/sideaineen määrän selvitys
- Lopuksi päätimme tehdä vedenkestävyys- Marshall kokeet 1% biohiilellä
- Laboratoriotutkimukset tehtiin Mitta Oy:n laboratoriossa Vantaalla

# Tilavuussuhteutus AB11

- Biohiilen osuus on laskettu asfaltin kiviaineksen massasta
- 4% biohiilipitoisuudella AB11 optimi sideainepitoisuus 8,4 %, jolla saavutettiin vaaditut ominaisuudet. Se on 2,9 % enemmän kuin AB11 massan referenssin (5,5%) sideainepitoisuus
- 2 % biohiilellä bitumin tarve pieneni 6,6 %:in. Se on 1,1 % enemmän kuin referenssimassan sideainepitoisuus.

**AB 11 Mäntymäki BH 4 %**

Täyttöasteet ICT -suhteituksessa      Tiivistystyö      ICT 150 CEN, 80 k

Kiviainesseoksen tiheys      2586      Sideaineen tiheys      1025

näyte nro	SAP	päällysteen tiheys punnittu	massan tiheys ( teor )	massan tiheys ( Rice )	tyhjätila punnittu	kiviaineksen tyhjätila punnittu	täyttöaste punnittu
5,5		2133	2386	2386	10,6	22	52
5,8		2144	2376	2376	9,8	22	55
6,0		2136	2369	2369	9,9	22	56
6,2		2074	Rice	2363	12,2	25	51
6,2		2074	teor.	2368 -5	12,4	25	51
6,6		2043	2350	2350	13,1	26	50
7,0		2025	2337	2337	13,4	27	51
7,4		2095	2324	2324	9,8	25	61
7,8		2174	Rice	2289	5,1	22	74
7,8		2174	teor.	2316 -27	6,1	22	74
8,2		2196	2299	2299	4,5	22	80
8,6		2263	2287	2287	1,0	20	95

Tavoite      1 - 4      12 - 16      75 - 93



# Tilavuussuhteutus ABK32

- ABK 32 optimi sideainepitoisuus on 3,8 – 4,8 %. Valitsimme referenssimassan sideainepitoisuudeksi 4,0 %.
- 4% biohiilipitoisuus vaatii 6,4 % sideainepitoisuuden
- Käytettäessä biohiiltä 2 % sideainepitoisuus laskee 5,0 % joka on 1 %-yks yli referenssimassan sideainepitoisuuden

## ABK 32 Mäntymäki BH 2 %

### Täyttöasteet ICT -suhteituksessa

Tiivistystyö

ICT 150 CEN, 80 k

Kiviainesseoksen tiheys

2647

Sideaineen tiheys

1025

näyte nro	SAP	päällysteen tiheys punnittu	massan tiheys ( teor )	massan tiheys ( Rice )	tyhjätila punnittu	kiviaineksen tyhjätila punnittu	täyttöaste punnittu
4,0		2221	2489	2489	10,8	19	45
4,4		2238	2475	2475	9,6	19	50
4,8		2303	2460	2460	6,4	17	63
5,2		2321	2446	2446	5,1	17	70
5,6		2332	2431	2431	4,1	17	76

Tavoite	2 - 6	12 - 20	65 - 83
---------	-------	---------	---------

# Vedenkestävyys ja Marshall-stabiliteetti

- Sideainepitoisuudeksi valittiin AB 11 massalle 5,9 % eli 0,4 %-yks yli referenssin ja ABK 32 4,4 % eli 0,4 %-yks yli referenssin optimin.
- Biohiilen määrän pudotus 1 %:in muuttaa oleellisesti sideaineen tarvetta sekä parantaa tyhjätilaa
- Vedenkestävyys silti heikompi kuin referenssissä
- Myös Marshall- koe eli asfaltin maksimipuristuslujuus hieman heikompi kuin referenssissä

Vedenkestävyyskoe SFS-EN 12697-12A suunnittelun mukaisena laboratoriokoelaatasta					
	AB 11 referenssi	AB 11 BH 1 %	ABK 32 referenssi	ABK 32 BH 1 %	
Päällysteen tiheys	2405 kg/m <sup>3</sup>	2314 kg/m <sup>3</sup>	2420 kg/m <sup>3</sup>	2375 kg/m <sup>3</sup>	
Tyhjätila	2,3 %	4,7 %	4,3 %	4,8 %	
Kiviaineksen tyhjätila	15 %	18 %	14 %	15 %	
Täyttöaste	85 %	74 %	69 %	68 %	
Halkaisuvetolujuus + 10 °C kuivana	2010 kPa	1814 kPa	2023 kPa	1841 kPa	
Halkaisuvetolujuus + 10 °C vedessä säilytetyt	1786 kPa	1236 kPa	1724 kPa	1505 kPa	
ITSR -tarttuvuusluku SFS-EN 12697-12 A	89 %	68 %	85 %	82 %	

# Laskelmat

- Keskimääräinen päästö asfaltin valmistuksessa on 45kg CO<sub>2</sub>/tn asfalttia
- Tutkimuksessa käytetty biohiili sitoo 2,79 CO<sub>2</sub> tonnia per tonni biohiiltä
- ABK32 1% vastaava luku on 26,6 kg CO<sub>2</sub> saatavaa hyvitystä. Tämä on 57%:in vähennys perinteisesti valmistettuun asfalttiin (lisäbitumin määrä huomioitu)
- Pienempikin kuin 1% määrä biohiiltä muiden päästöjen vähennystoimenpiteiden kanssa auttaa pääsemään hiilineutraaliuteen



# Yhteenveto

- Biohiilireseptien sideainepitoisuudet huomattavasti korkeammat kuin referenssiresepteissä
- Asfalttinormien suositeltuja tilavuussuhteita ei saavutettu kaikkien asfalttimassojen osalta
- Biohiiltä lisättäessä asfalttimassan tyhjätila sekä muut ominaisuudet heikentyivät verrattaessa referenssimassaan
- Biohiilen käyttöä asfaltin valmistuksessa ei ole testattu teollisessa mittakaavassa

# Johtopäätökset

- ABK32 massassa on mahdollista käyttää reseptisuunnittelulla
- Biohiilen käyttöä RC-massoissa ei ole testattu
- Biohiili on kallista verrattuna kalkkifilleriin
- Tarkempien reseptien ja valmistusmenetelmien löytäminen
- Jos biohiilirakeet eivät ole täysin bitumikalvon sisällä, ne voivat aiheuttaa nostetta päällysteen tiheysmäärityksessä, kun ne imevät vettä itseensä punnittaessa näytteen tilavuutta vedessä : testausmenetelmien luotettavuus?
- Jatkotutkimuksia tehtävä biohiilen valintaan ja valmistukseen liittyen, koska biohiililaaduissa on suuria eroja
- Biohiilen seulonta tai jauhaminen



**GRK**