

Materiaalivalinnat ja –tehokkuus tierakentamisessa

Leena Korkiala-Tanttu

15.5.2019



Aalto-yliopisto
Insinöörیتieteiden
korkeakoulu



Esityksen sisältö

- Materiaalitehokkuus ja kiertotalouden periaatteet
- Mara- ja Masa-asetukset
- Kestävä infra-määritelmä
- Materiaalien vaatimukset
- Käyttökohteet tierakentamisessa: rakennusm. pengertäytöt ja yksityistiet
- Valikoituja esimerkkejä opinnäytetöistä



Materiaalitehokkuus

- Infrarakentaminen kuluttaa yli 50% Suomen neitseellisten luonnonvarojen käytöstä.
- Suomi on yksi maailman suurimpia luonnonvarojen kuluttajia per capita.
- Materiaalitehokkuudella tarkoitetaan sitä, että vähemmästä tuotetaan enemmän ympäristöä säästäen.
- Tavoitteena on käyttää mahdollisimman vähän materiaaleja, raaka-aineita ja energiaa. Samalla pyritään myös vähentämään tuotteen tai palvelun haitallisia ympäristövaikutuksia koko sen elinkaaren aikana.
- Parhaita tapoja parantaa materiaalitehokkuutta on pidentää rakenteen elinikää.

Lähteet: www.ymparisto.fi sekä Korkiala-Tanttu ja muut 2006 EIMI-indikaattorijärjestelmän käyttö tiehankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnissa

Kiertotalous

- Uusi talousmalli, jossa talouden kasvu ei perustu ympäristölle haitalliseen luonnonvarojen kulutukseen, vaan resurssien kiertokulkuun.
- Kiertotalous tarjoaa vaihtoehdon lineaarisille talousmalleille.
- Ajureina ovat uudet liiketoimintamallit ja kulutustottumusten painopisteen siirtyminen omistamisesta palveluiden käyttämiseen.
- Toiminta voidaan jakaa kolmeen periaatteeseen:
 1. Materiaalien, tuotteiden, systeemien ja liiketoimintamallien suunnitteleminen siten, että hukkaa, jätettä tai saasteita ei synny.
 2. Pidetään materiaalit ja tuotteet käytössä. Maksimoidaan tuotteiden, komponenttien ja materiaalien sekä niihin sitoutuneen arvon kierto taloudessa mahdollisimman pitkään
 3. Kaikki toiminta luontoa eheyttävää ja uudistavaa



Lähde: Euroopan
parlamentti 2015, Mitä
kiertotalous on?

Mara- ja Masa-asetukset

- Mara-asetus 1.1.2018 ->
- Masa-asetus (rakentamisessa ja muussa vastaavassa toiminnassa syntyvän maa-ainesjätteen hyödyntäminen) vielä työn alla, valmis 202X
- Maran tavoite on edistää eräiden jätteiden hyödyntämistä maarakentamisessa. Maran periaatteet:
 - Hyödyntämisen tulee olla suunnitelmallista
 - Herkät alueet rajattu ulos (pv-alueet, tulvavaara-alueet ym.)
 - Yksityis- & metsäautotiet sisällytetty MARAan
 - Soveltamisalaan kuuluvat hyödyntämiskohteet on eritelty materiaalikohtaisesti
 - Raja-arvot annetaan rakennetyyppikohtaisesti
 - Toteuma tulee raportoida

Kestävä infra-määritelmä

- Green Building Council Finland julkaisi yhdessä alan kanssa kestävän infran määritelmän keväällä 2019.
- Määritelmässä vastataan kysymykseen: Mitä kestävän kehityksen näkökulmat tarkoittavat infran kannalta?
- Määritelmän toivotaan toimivan työkaluna infrahankkeiden eri elinkaaren vaiheen toiminnoissa siten, että kestävä kehitys otetaan parhaiten huomioon.
- Käykää tutustumassa ja kommentoikaa.
- Työ jatkuu pohtimalla seuraavia askeleita.
- Tervetuloa mukaan infratoimikunnan toimintaan.

<https://figbc.fi/kestavan-infran-maaritelma-julkaistu/>



Materiaalin tehokas hyötykäyttö edellyttää tuotteistamista

- Tuotteistamisesta löytyy lisätietoja esim. www.uusiorakentaminen.fi
- Materiaalin tekninen ja ympäristökelpoisuus on todennettu.
- Materiaalihyväksyntä on kunnossa.
- Materiaalilla tulee pääsääntöisesti olla CE-merkintä.
- Myös laadunvalvonta (sekä materiaalin ja rakenteen osalta) ovat kunnossa.
- Materiaali on kustannuksiltaan kilpailukykyinen.
- Ensin esitetään materiaalintoimittajan ohjeet, sitten osaksi julkisten toimijoiden ohjeita, lopullinen tavoite InfraRYL (yleiset laatuvaatimukset) tai muu vastaava

Uusiomateriaalien ominaisuuksista 1

- Uusiomateriaalien tekniset ominaisuudet muistuttavat **vastaavan rakeisuuden omaavan luonnonmateriaalin (tai murskatun)** käyttäytymistä.
- Kaikkiaan uusiomateriaalien teknisten ominaisuuksien kirjo on valtavan suuri: heikkolaatuisesta materiaalista erinomaisiin.
- Uusiomateriaalien routivuus riippuu rakeisuuden lisäksi materiaalin muista ominaisuuksista sekä kohteen rakenneratkaisuista.
- Jotkut uusiomateriaalit **pystyvät sitoutumaan** rakenteessa, joten niitä voidaan käyttää myös sideaineina.
- Erityisesti sitoutumiskykyiset uusiomateriaalit voivat toimia vaativimmissakin rakenteissa yhtä hyvin ja jopa paremmin kuin vastaavat perinteiset materiaalit.
- Monet uusiomateriaalit ovat **kevyitä** ja niiden **lämmönjohtavuus** on pieni. Ne soveltuvat siis eristeiksi ja kevennemateriaaleiksi.

Uusiomateriaalien ominaisuuksia 2

- Uusiomateriaalit ovat usein **emäksisiä (korkea pH)** mm. tuhkat, kuonat → alumiinin tai polyesterin korrodoituminen / vaurioituminen
- Uusiomateriaalien **laatu saattaa vaihdella** mm. lähtömateriaalin ja tuotantoprosessin mukaan
- Materiaalien **saatavuus ei välttämättä ole tasaista** (esimerkiksi energianpolton tuhkien saatavuus kesällä) tai tuotantomäärät voivat olla pieniä tai rajattuja.
- Materiaalien **kuljetusmatkojen** on oltava taloudellisesti ja ekologisesti kestäviä.
- Uusiomateriaalit muistuttavat vastaavan rakeisuuden kiviainesmateriaaleja, mutta rakeet voivat olla **hauraita** (mm. kuonat, tuhkat). Tämä voi haitata hyötykäyttöä.
- Siksi materiaalien **rakentamistavat mm. tiivistäminen voivat erota.**

Uusiomateriaalien ominaisuuksia 3

- Myös materiaalien laadunvarmistuskokeet voivat poiketa, tai ainakin kokeiden tulokset (esim. Levykuormituskoe ei välttämättä anna “oikeaa” tulosta esim. lujittuvat materiaalit ja lujitetut rakenteet)
- Sitoutuvien materiaalien ominaisuudet ja **sitoutumisajan olosuhteet** vaikuttavat **lujittumisnopeuteen ja lujittumisen määrään**.
- **Varastointi** voi heikentää sitoutumista, lisätä vettymis- ja pölyämismahdollisuutta.
- **Sidosten purkaantumista** tapahtuu joskus: esimerkiksi suolat, jäätymis-sulamissyklit, liettymistäipumus voivat vaikuttaa tähän.
- **Rakenteen kosteus** voi vaikuttaa materiaalin toimintaan.
- Sitoutuvien materiaalin osalta voi olla **halkeilu- ja kutistumistaipumusta**.
- Mikäli materiaali **kaivetaan** myöhemmin auki – voiko käyttää uudelleen?

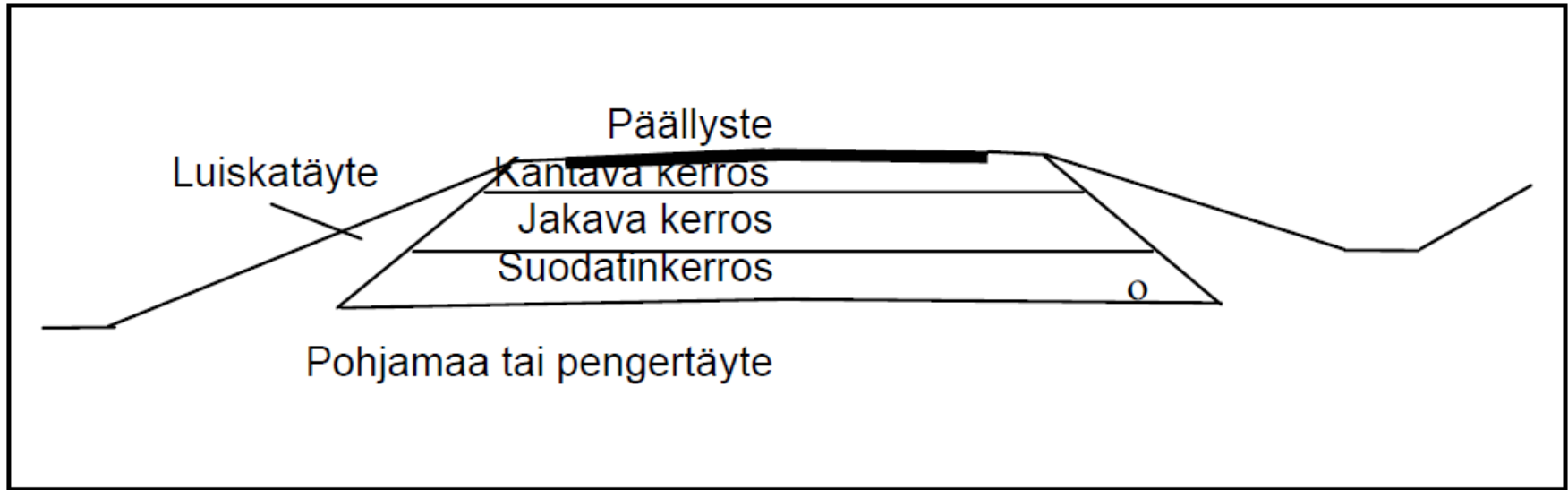
Tierakenteen uusiomateriaaleja

- **Energiateollisuuden tuhkat**, mm. lentotuhkat, jätteenpolton kuona
- **Metalliteollisuuden sivutuotteet** mm. masuunikuona, OKTO-murskeet
- **Purkumateriaalit** mm. betonimurske, asfaltti
- **Kierrätystuotteet**, rengasleikkeet, vaahtolasi
- **Kaivannaisteollisuuden jätteet** (vai sivutuotteita)
- **Ylijäämämaat** tai muutoin heikkolaatuiset luonnonmateriaalit luokitellaan usein myös uusiomateriaaleiksi. Niiden käyttö on samankaltaista, vaikka niiden ympäristökelpoisuus onkin yleensä kunnossa.
- **Valimohiekat**, tärkeimpien soveltuvuutta testataan.

Hyötykäytön periaatteet

- Käytetään **mahdollisimman lähellä uusiomateriaalien syntypaikkaa** (pidetään päästöt kurissa).
- **Ympäristökelpoisuuden tarkistaminen** on itsestäänselvyys.
- Ympäristökelpoisuus riippuu käyttökohteesta (mm. päällystetty/päällystämätön, sijanti suhteessa pohjaveteen ($>1\text{m}$)).
- **Uusiomateriaaleja käytetään optimaalisesti**, eli ei tuhjata hyvälaatuista betonimursketta meluvalliin jne.
- Uusiomateriaaleja **voidaan jalostaa** kohteen mukaan. Esim. stabilointi parantaa materiaalien ominaisuuksia.
- Muita jalostusmenetelmiä ovat mm. erilaiset sekoitukset, seulonnat, granuloinnit ja pesut.
- Kun uusia materiaaleja jalostetaan ja tutkitaan, on tärkeää selvittää myös materiaalien **pitkäaikaistoimivuus!**

Teiden ja katuojen rakennekerrosten nimet



Lähde: Tiehallinto 2007, Sivutuotteiden käyttö tierakenteissa

UUMA2

Tuotteis- tamisohje

Ohjeesta löytyy
vastaava taulukko
myös kaatopaikka-
ja tiivisterakenteille
sekä valleille.

LÄHDE: UUMA2 Uusio-
materiaalien tuotteistamis-
ohje maarakentamiseen,
2016

Taulukko B.2-2 Tie- ja katurakenteet sekä kaivantojen lopputäyttö. Tekniset ominaisuudet ja arvio niiden merkityksellisyydestä eri rakennusosissa (arvio on kirjoittajien tämän raportin laatimisen yhteydessä laatima ja se ei ole minkään tahon virallinen vaatimuslista). Selitteet: ++ erittäin tärkeä / + tärkeä / - vähämerkityksellinen. Taulukkoa ei löydy tässä muodossa kirjallisuudesta, minkä takia tässä ei ole kirjallisuusviittausta.

rakennusosa tekn. ominaisuus	kantava kerros	jakava kerros	suodatin- kerros	pengertäyttö		penger- keven- nys	putkikaivannon lopputäyttö	
				liikenne- kuorma	ei liik. kuormaa		kadul- la	puistos- sa
hyvä kuormitus- kestävyys	++	+	- *	++	-	++	++	-
hyvä kantavuus (jäykkyys)	++	+	- *	++	-	++	++	-
oikea rakeisuus	++	+++	++	-	-	+	++	-
suuri raelujuus	++	+++	-	-	-	++	++	-
hyvä tiivistettä- vyys	++	++	+	-	-	+	+	-
routimattomuus	++	++	+	++	-	++	++	-
hyvä jäätymis- sulamiskestävyys	++	++	+	-	-	-	++	-
hyvä vedenlä- päisevyys	+	+++	+	-	-	+	-	-
suuri lämmöneris- tävyys tai jääty- misvastus	-	+	+	-	-	++	+	-
vähäinen kapillaa- risuus	-	-	++	-	-	-	-	-
keveys	-	-	-	-	-	++	-	-
kaivettavuus	-	-	-	-	-	-	+	+
korroosio- ominaisuudet	-	-	-	-	-	-	++	++

- * rakennusosan etäisyys rakenteen yläpinnasta vaikuttaa ko. ominaisuuden merkityksellisyyteen
 ** rakeisella materiaalilla, lujittuvilla materiaaleilla merkityksellisyys arvioitava materiaaliakohtaisesti
 *** huonosti vettäläpäisevällä materiaalilla tarkasteltava koko rakenteen toimivuus

Yksityis- ja metsäautotiet

- Uusiomateriaalien käyttöön vaikuttaa se, että nämä tiet ovat pääsääntöisesti päällystämättömiä.
- Potentiaalia kuitenkin olisi.
- Esimerkkinä Keski-Suomen metsäautotiet (Tapio) 18 kohdetta, jossa tehtiin erilaisia koerakenteita seospolton tuhkasta.
- Tutkittu esim. Kajander 2014 kandidaatintyö
- Toistaiseksi – tietääkseni - ovat toimineet hyvin.



Esimerkkejä Aallon opinnäytetöistä

Päästölaskelmat

- Vuosina 2018-2019 on tehty kolme infra-alan päästölaskentaan liittyvää diplomityötä:
 - Eveliina Niittyniemi: CO₂-päästöjen vähentäminen asfaltointiprosessissa, toimenpiteet ja niiden vaikutukset
 - Tuuli Teittinen: Uusiomaarakentamisen ympäristövaikutusindikaattorit ja päästölaskenta tie- ja katurakentamisessa
 - Susanna Suomela: Elinkaarinäkökulman huomioiminen infra-alan hankkeiden hankinnassa

Betonimurskeet

- Betonimurskerakenteiden pitkäaikaistoimivuus, Taavi Dettenborn 2013.
 - Olemassa olevien tierakenteiden mittauksia. Tierakenteiden seurantajakson pituus 13-15 vuotta.
- Betonimurskeen puhtauden tunnistaminen ja mekaaniset ominaisuudet, Topi Paalanen, 2017
 - Purkumateriaalin puhtauden mittariston kehittäminen
 - Betonimurskeen (BeI) ja kalliomurskeen ominaisuuksien vertailua. Mukana myös dynaamisia kolmiakselikokeita.

Kivituhkat

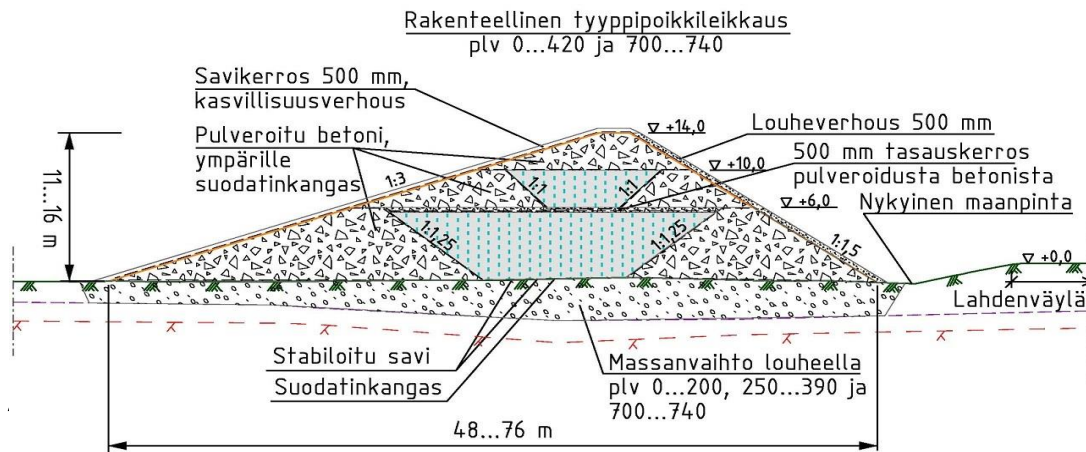
- Kivituhkan soveltuminen sidotun kantavan kerroksen runkoaineeksi, Marika Melander 2018
 - Työssä tutkittiin kivituhkan käyttöä kantavan kerroksen stabiloituna runkoaineena.
 - Testattiin useampaa sideainetta, joista osa oli myös UUMA-materiaaleja. (tuhkia, masuunikuonaa ja jätteenpoltonkuonaa)
- Työ on jatkunut kivituhkan perusominaisuuksien tutkimuksella. Tutkijana PostDoc-tutkija Yinning Zhang. Ensimmäinen julkaisu: <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/37595>
- Toinen on valmistella, julkaistaan myös e-lehdessä.

Bitumikatteen käyttö asfaltissa

- Osa Tekesin INKA-ohjelman projektia.
- Eurooppalaisissa bitumikatteissa on paljon bitumia, joten niitä ei kannata polttaa
- Kohteissa käytettiin AB:n osana bitumikatteesta uutettua bitumia.
- Kahdeksan koekohdetta, 128 poranäytettä
- Laboratoriokokeet
- Bitumikateasfaltissa (RAS) vähemmän tuoretta bitumia => massan jäykkyys kasvoi ja deformaatiokestävyys parani.
- Nosti sideaineseosten jäykkyyttä ja pienensi virtaavuutta. Kylmäominaisuuksissa ei havaittu kuitenkaan eroja.
- Materiaali kestää myös uusiokäytön.
- Työn tulos oli, ettei ole esteitä käyttää osana asfalttia.

Esimerkki uusiomateriaalien suunnittelusta käytöstä Vantaalla

- Kohteena poikkeuksellisen korkea meluvalli (max. 15 m) Vt4:n kohdelle Leppäkorven alueelle.
- Tavoitteena käyttää useita uusiomateriaaleja: meluvallin sisus massastabiloidaan energialaitosten tuhkillla, meluvalliin reunaosiin käytetään pulveroitua betonia Vantaan purkutyömailta.
- Lisäksi käytetään paikoitellen rengaskevennyksiä ymv.



Diplomityö Arto Kivinen 2016

Valimohiekkatutkimukset

- Käynnissä kahden diplomityön sarja, joista ensimmäinen on puolivälissä. Mikko Vilenius ja Eero Juuti.
- Tutkimusta rahoittavat Businessa Finland ja valimoteollisuus
- Tutkimuksen osana on myös hiekan terminen elvytys.
- Tavoitteena jalostaa valimohiekkaa tienrakennuskäyttöön.



Summa summarum

- Uuma-materiaalit sopivat lähes kaikkiin tierakentamisen kerroksiin ja rakenteisiin, kunhan valitaan oikea materiaali ja rakentaminen tehdään ohjeiden mukaisesti.
- Ratarakentamisessa uusiomateriaaleja ei pääsääntöisesti sallita kiskojen alapuolisiin rakenteisiin, koska näin vaativissa ja hankalasti korjattavissa rakenteissa ei haluta ottaa turhia riskejä. Poikkeuksena raitiotierakenteet.
- Katupuoli pääosin sama kuin tie, mutta jotakin tiukempia vaatimuksia esim. Putkista, kaapeleista ja reunakivistä johtuen.
- Myös kaatopaikka-, viher- ja urheilupaikkarakentaminen ja muut infrarakenteet sopivat hyvin uusiomateriaalien hyötykäyttökohteiksi.

Kiitos!

Lisätietoja: leena.korkiala-Tanttu@aalto.fi
050 312 4775

Jälkeen:



Ennen:



Valokuvat Keski-Suomen
Metsäautoteiltä ennen ja
jälkeen tuhkarakenteiden
rakentamista.

Kuvat:
Hanna Vanhanen

16.5.2019