

Tekijä

UUMA4-ohjelma 2021-2023, uusiomateriaalit maarakentamisessa

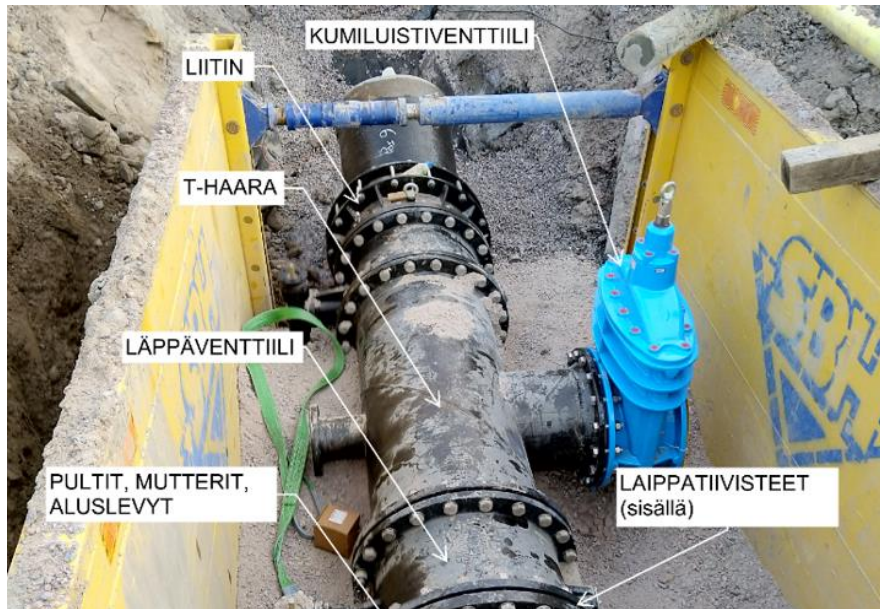
Työryhmä 4, Tekniset verkostot ja uusiomateriaalit

Asiakirjatyyppi

Opas

31.12.2023

TEKNISET VERKOSTOT UUSIOMAARAKENTEISSA, OPAS



UUMA4

TEKNISET VERKOSTOT UUSIOMAARAKENTEISSA

Opas

Tekijä:

UUMA4-ohjelma 2021-2023, uusiomateriaalit maarakentamisessa
Työryhmä 4, Tekniset verkostot ja uusiomateriaalit

Tässä oppaassa on esitelty, miten luonnon maa-aineksia korvaavia uusiomateriaaleja (UUMA-materiaaleja) voidaan käyttää maanalaisen verkoston yhteydessä erilaisissa maarakenteissa. Oppaassa käydään läpi laajasti verkostojen yhteydessä hyödynnettäviä uusiomateriaaleja, niiden vaikutuksia eri verkostomateriaaleille, vesijohtojen seinämän läpäisyriskiä sekä rakentamisessa ja kunnossapidossa huomioitavia asioita. Lisäksi on tarkasteltu uusiomateriaalien paikkatiedon saavutettavuutta ja yleisesti uusiomateriaalien käytön edistämisen edellyttämiä toimia eri osapuolien osalta.

Tekniset verkostot eivät pääsääntöisesti sulje pois uusiomateriaalien hyödyntämistä. Kun uusiomateriaaleja käytetään, tulee niiden yhteydessä tarkastella käytettävät verkoston materiaalit ja varmistaa, että uusiomateriaali ei aiheuta riskiä verkoston rakenteille, talousveden laadulle tai huollettavuudelle. Toimintatapa ei poikkea suunnittelusta tavanomaisilla materiaaleilla, kun huomioidaan erilaisia ympäristökäsitteitä.

Vesijohtoverkostat ovat pitkäikäisiä infran osia, joten niiden suunnittelun yhteydessä kaupungin tai kunnan ja vesilaitoksen on syytä kommunikoida UUMA materiaalien hyödyntämisestä hankkeiden sisällä, jotta ne voidaan huomioida suunnittelussa.

Tämän oppaan ovat laatineet Ramboll Finland Oy:stä:

Matias Napari
Esra Marvin
Juha Forsman
Veli-Pekka Koskela

Työtä on ohjannut työryhmä 4, Tekniset verkostot ja uusiomateriaalit:

Johanna Virtanen, HSY (pj.)
Matti Pokkinen, Tampereen kaupunki
Pekka Laakkonen, Tampereen Vesi
Kati Suhonen, Tampereen Infra Oy
Heli Rautio, Espoon kaupunki
Mikko Suominen, Helsingin kaupunki
Ismo Rantanen, Helsingin kaupunki
Virpi Nikulainen, Helsingin kaupunki
Anne Savola, Turun kaupunki
Tuomas Jalonen, Turun vesihuolto Oy
Eija Hartikainen, Kuopion kaupunki
Emmi-Kaisa Miettinen, Kuopion Vesi Oy
Tapio Siikaluoma, Oulun kaupunki
Jarno Arkko, Skanska Oy
Juha Laurila, RT ja Infra ry.
Lauri Utriainen, Helen (Energiateollisuus ry.)
Jarkko Kainulainen, Helen
Mika Rontu, Vesilaitosyhdistys
Teemu Salminen, Uponor Infra Oy
Sami Marttila, Ramboll Finland Oy
Haider Al-Rammahi, Ramboll Finland Oy

Sisällysluettelo

1.	JOHDANTO	7
2.	UUMA-MATERIAALIT MAARAKENTAMISESSA SUOMESSA	8
2.1	UUMA-materiaalit	8
2.2	Verkostorakentamisessa vapautuvat UUMA-materiaalit	9
2.3	UUMA-materiaalien ominaisuuksia verkostorakentamisen kannalta	10
2.4	UUMA-materiaalien käytön ohjeistus	12
2.5	CE-merkintä	13
3.	VERKOSTON MATERIAALIT	14
3.1	Putket	16
3.2	Kaivot	18
3.3	Venttiilit, liitokset, yms.	18
3.4	Tiivisteet	20
3.5	Kaukolämpö ja kaasuputket	20
3.6	Energiansiirron ja tietoliikenteen johdot, kaapelit ja suoja-putket	21
3.7	Liikennettä ohjaavat ja tukevat varusteet ja laitteet	21
4.	UUMA-MATERIAALIEN VAIKUTUKSET YMPÄRISTÖÖN JA IHMISIIN	21
4.1	Hyödyntämisperuste	21
4.2	MARA- ja MASA-asetuksissa esitetyt raja-arvot ja niiden perusteet	23
4.3	UUMA-materiaalien liukoisuudet ja pitoisuudet	24
4.4	Vesijohdon seinämän läpäisemättömyys	25
4.5	Uusiomateriaalien päätyminen vesijohtoverkoston putkirikkojen tms. seurauksena	27
4.6	Työterveysriskit verkoston rakentamisessa ja korjaustöissä	28
5.	UUMA-MATERIAALIEN VAIKUTUKSET MUIHIN MATERIAALEIHIN	29
5.1	Maaperä korroosioympäristönä	29
5.2	Metallin korroosio ja syöpyminen sekä betonin ja muovin turmeltuminen	30
5.3	UUMA-materiaalit ja verkoston rakennusosien korroosio tai turmeltuminen	34
5.4	Verkoston rakennusosien ja UUMA-materiaalien yhteensopivuus	34
6.	RAKENTAMINEN JA UUMA-MATERIAALIT	38
6.1	Uusiomateriaalien lujittuminen	38
6.2	Päällysrakenteen uusiomateriaalit	39
6.3	Putkikaivantojen lopputäyttö	39
6.4	Uusiomateriaalin varastointi	40
7.	KUNNOSSAPITO JA UUMA-MATERIAALIT	40
7.1	Kaivannon luiskakaltevuudet	40
7.2	Tuntojen tarve ja tuntojen asentaminen	40
7.3	Putkien ja kaapelien paikannus	41
7.4	Paikkakorjaus	42
7.5	Uudelleenkäyttö ja kierrätettävyys	42
7.6	Käytöstä poistaminen	42
8.	VERKOSTOTIETO JA UUMA-MATERIAALIEN PAIKKATIETO	42
8.1	Verkostotietojärjestelmät	42
8.2	Uusiomaarakenteiden paikkatieto	43
8.3	Uusiomaarakenteiden toteumamittaus	45
8.4	Paikkatietojen nykykäytännöt selvitys	47
8.5	Paikkatietojen yhdistäminen	47
9.	UUMA-MATERIAALIEN KÄYTÖN EDISTÄMINEN	48
9.1	Uusiomateriaalien valmistajat ja toimittajat	48
9.2	Vesilaitosten ohjeistus ja koulutus	48
9.3	Paikkatieto	49
10.	KIRJALLISUUS	50

LIITTEET:

- Liite 1 Uusiomateriaalien ohjeistus, 2 s.
- Liite 2 Uusiomateriaalien esittely, 13 s.
- Liite 3 MARA-asetus, liukoisuudet ja pitoisuudet, käyttökohteet ja kerrospaksuudet, 2 s.
- Liite 4 Jätteenpolton käsittely kuona, liukoisuuksia ja pitoisuuksia, 3 s.
- Liite 5 Lento- ja pohjatuhka, liukoisuuksia ja pitoisuuksia, 2 s.
- Liite 6 Betonimurske, hiekka, ja kalliokiviaines, liukoisuuksia ja pitoisuuksia, 2 s.
- Liite 7 Esimerkkejä uusiomateriaaleille tyypillisesti käytetyistä jalostusmenetelmistä, 1 s.
- Liite 8 Uusiomateriaalien soveltuvuus verkostorakentamiseen – arviointipyyntö, 3 s.
- Liite 9 Paikkatieto ja maanalaiset verkostot kysely, 1 s.

MÄÄRITELMÄT

Alempi ohjearvo	VNA:ssa 214/2007 on esitetty haitallisen aineen pitoisuusarvo, jonka ylittyessä maaperää pidetään yleensä pilaantuneena, ellei aluetta käytetä teollisuus-, varasto- tai liikennealueena tai muuna vastaavana alueena tai ellei kohdekohtaisella riskinarvioinnilla ole toisin osoitettu
CE-merkintä (ransk. <i>Conformité Européenne</i>)	Rakennustuotteiden CE -merkinnällä valmistaja ilmoittaa tuotteen ominaisuudet yhdenmukaisella eurooppalaisella tavalla ja vakuuttaa, että merkinnän yhteydessä ilmoitetut tekniset tiedot on varmistettu tuotetta koskevan ja EU:n virallisessa lehdessä julkaistun harmonisoidun tuotestandardin tai eurooppalaisen teknisen arvioinnin mukaisesti.
CLP-asetus (<i>Classification, Labelling and Packaging of substances and mixtures</i>)	Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1272/2008 kemikaalien luokituksesta, merkinnöistä ja pakkaamisesta.
EN	CENin laatima eurooppalainen standardi
End of waste (EoW) Ei enää jätettä (EEJ)	Euroopan unionin jätedirektiivissä (2008/98/EY) säädetään arviointiperusteista, joilla voidaan määrittää, milloin jäte lakkaa olemasta jätettä, ns. end-of-waste kriteerit. Aine tai esine luokitellaan ensin jätteeksi, joka hyödyntämistoimien seurauksena lakkaa olemasta jätettä.
Hyödyntäminen (<i>recovery</i>)	Toimi, jonka pääasiallisena tuloksena jätettä voidaan käyttää hyödylliseen tarkoitukseen joko tuotantolaitoksessa tai yleensä taloudessa korvaamalla muita materiaaleja, joita olisi muutoin käytetty erityiseen tarkoitukseen, tai jätteen valmistelemista tällaista tarkoitusta varten (jätedirektiivi 2008/98/EY).
Jäte (<i>waste</i>)	Jätteellä tarkoitetaan ainetta tai esinettä, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä
Jäteluettelo	Jätteet luokitellaan niiden syntyvän, koostumuksen tai muun tekijän pohjalta. Jätehuollossa Suomessa on käytössä ympäristöministeriön luokittamisesta antama asetus yleisimpien jätteiden ja ongelmajätteiden luettelosta. Se pohjautuu EY:n komission päätökseen Euroopan jäteluettelosta (List of Waste).
Jätteen hyödyntäminen	Toiminta, jonka ensisijaisena tuloksena jäte käytetään hyödyksi tuotantolaitoksessa tai muualla taloudessa siten, että sillä korvataan kyseiseen tarkoitukseen muutoin käytettäviä aineita tai esineitä, mukaan lukien jätteen valmistelu tällaista tarkoitusta varten. Toiminnan tarkoituksena on ottaa talteen ja käyttöön jätteen sisältämä aine tai energia.
Jätteen kierrätys (<i>recycling</i>)	Käytöstä poistetun tuotteen tai materiaalin ohjaaminen takaisin käyttöön tai raaka-aineksi. Siihen sisältyy eloperäisen aineksen uudelleen käsittely, mutta ei energian hyödyntäminen eikä uudelleen käsittely materiaaleiksi, joita käytetään polttoaineina tai maantäyttötoimiin (jätedirektiivi 2008/98/EY)
Jätteen käsittely	Jätteen hyödyntäminen tai loppukäsittely, mukaan lukien hyödyntämisen tai loppukäsittelyn valmistelu
Jätteen tuottaja	Luonnollinen henkilö tai oikeushenkilö, jonka toiminnassa syntyy jätettä
Kaivumaa	Rakentamisen yhteydessä kaivettava, siirrettävä tai muualle kuljetettava maa- tai kiviaines
Kierrätys	katso "uusiokäyttö"
Kiviaines	Kiviainestuotannossa kiviainekset jaetaan jalostamattomiin ja jalostettuihin aineksiin. Jalostettu kiviaines on kalliosta tai sorasta murskattua ja tiettyyn raekokoon seulottua kiviainesta. Jalostamaton kiviaines on luonnosta sellaisenaan otettua seulomatonta kiviainesta. Lisäksi kiviaineksiin lasketaan keinotekoisesti valmistettu kiviaines sekä kierrätetyt kiviainekset, jotka voivat olla joko luonnon- tai keinokiviainesta.
Kynnysarvo	VNA:ssa 214/2007 on esitetty haitallisen aineen pitoisuusarvo, jonka ylittyessä maaperää ei pidetä pilaantumattomana vaan yhden tai useamman haitta-aineen ohjepitoisuus ylittyy ja puhdistustarve on arvioitava

Käsittely (<i>treatment</i>)	Hyödyntämis- tai loppukäsittelytoimet, mukaan lukien hyödyntämisen tai loppukäsittelyn valmistelu (jätedirektiivi 2008/98/EY)
LCA (<i>life cycle assessment</i>)	Ympäristöhaittojen arviointi, materiaalin ympäristölliset haitat koko elinkaaren aikana
LCC (<i>life cycle costing</i>)	Elinkaarikustannusten arviointi, materiaalin koko elinaikana aiheutuvat kustannukset
L/S-suhde	Liukoisuustestissä uuttoon käytetyn vesimäärän (L) suhde kiinteään materiaalin määrään (S)
Läpivirtaustesti ("kolonnitesti")	Testi, jossa tutkitaan läpivirtaavaan uuttoneesteeseen jätteestä liukenevia aineita
MARA-asetus	Valtioneuvoston asetuksessa (843/2017) eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa määritellään perusteet, joiden täyttyessä asetuksessa tarkoitettujen jätteiden ammatti- tai laitospäiiseen käyttöön maarakentamisessa ei tarvita ympäristölupaa
MASA-asetus	MASA-asetus tulee koskemaan ensisijaisesti rakentamisessa syntyviä, jätteeksi luokiteltavia maa-aineksia. Asetuksen on arvioitu valmistuvan vuonna 2025.
Pilaantumaton maa-aines	Kaivettu maa-aines, jonka haitta-ainepitoisuus ei ylitä minkään aineen osalta kynnyisarvoa. Määritelmä on tarkoitettu käytettäväksi maaperän kunnostustarvetta arvioitaessa.
Pilaantunut maa-aines	Kaivettu maa-aines, jonka yhden tai useamman haitta-aineen pitoisuus ylittää PIMA-asetuksessa alemman ohjearvon tai joka on pilaantunut muulla esimerkiksi hajuhaitan perusteella. Määritelmä on tarkoitettu käytettävän maaperän kunnostustarvetta arvioitaessa.
PIMA-asetus	VNA 214/2007 maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointia koskeva asetus
Rakennusjäte	Rakennuskohteessa syntyvä aine tai esine, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä
Rakennustuote (<i>construction product</i>)	Rakennustuoteasetuksessa rakennustuotteella tarkoitetaan CE-merkittyä tuotetta tai tuotejärjestelmää, joka valmistetaan ja saatetaan markkinoille käytettäväksi pysyvinä osina rakennuskohteissa tai -osissa. Asetuksessa tuotteella tarkoitetaan kaikkia kohteessa pysyvästi käytettäviä materiaaleja, riippumatta siitä ovatko ne jätelainsäädännön mukaisia tuotteita tai jätteitä.
Ravistelutesti	Testi, jossa selvitetään ravistelun avulla uuttoneesteeseen materiaalista liukenevien aineiden liukoisuutta (SFS-EN 12457-3)
REACH-asetus (<i>Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals</i>)	Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus N:o 1907/2006 kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista, joka tuli voimaan 1.6.2007, asetus on suoraan jäsenmaita sitovaa lainsäädäntöä
Sivutuote (<i>by-product</i>)	Aine tai esine ei ole jäte vaan sivutuote, jos se syntyy sellaisessa tuotantoprosessissa, jonka ensisijaisena tarkoituksena ei ole tämän aineen tai esineen valmistaminen. Sivutuote ei ole jätettä eikä sen sääntelyyn sovelleta jätelakia. Sivutuote rinnastetaan mihin tahansa tuotteeseen ja se kuuluu kyseistä tuotetta säätelevien tuotesäännösten piiriin. Komission tiedonannon (KOM (2007) 59 lopullinen) mukaan sivutuote on jäännöstuote, joka ei ole jätettä.
Suoritusasoilmoitus DoP (<i>Declaration of Performance</i>)	Suoritusasoilmoituksessa ilmoitetaan mm. tuotteen yksilöintiä ja valmistajaa koskevat tiedot, sekä lisäksi CE-merkinnän kattamat tuotteen tekniset ominaisuustiedot. Tuotteen ominaisuuksista on ilmoitettava arvo tai luokka kaikille niille ominaisuuksille, joille sen markkina-alueella (kotimaassa siis Suomessa) on voimassa viranomaisvaatimuksia.
Tuote (<i>product</i>)	Tuote on aineellinen hyödyke, esimerkiksi tarvike tai raaka-aine. Tuotteella on myös määrätty elinkaari: määrittelyvaihe, suunnittelu, valmistus, huolto ja kunnossapito, ja poisto jätteeksi tai uudelleenkäyttöön. Komission tiedonannon (KOM (2007) 59 lopullinen) mukaan tuotteella tarkoitetaan kaikkea tuotantoprosessissa tarkoituksellisesti tuotettavaa materiaalia.
Tuotteen jakelija	Tuotteen ammattimainen myyjä tai muu taho, joka tarjoaa tuotteen käyttäjän saataville.

Tuotteistaminen	Tuotteistaminen on tavar an tai palvelun vakioimista sis ään p ain eli valmistamiseen (tuote on aina samanlainen tuotannossa/laadussa) ja ulosp ain eli asiakkaalle (tuote on aina samanlainen k yt össä). Vertailuna "mittatilausty ö" on aina erilainen eik ä silloin muodostu vakioitua tuotetta, kun taas vakioinnilla luodaan aina samanlainen toistettava tuote. Tuotteistamisen perusajatuksena on uuden kilpailukykyisen tuotteen tai palvelun kehittäminen ja sen tuominen markkinoille.
Uudelleenk ytt ö (<i>reuse</i>)	Tuotteen tai sen osan k ytt ämistä uudelleen samaan tarkoitukseen kuin mihin se on alun perin suunniteltu ilman materiaalin prosessointia uuteen muotoon
Uusiok ytt ö (<i>recycling</i>)	K yt t öst ä poistetun tavar an, materiaalin tai hyötyjätteen k ytt äminen uudelleen uudessa yhteydess ä esim. uusiotuotteen raaka-aineena
Uusiomateriaali (UUMA-materiaali)	Uusiomateriaali on yleist ermi, jota k yt etään tarkoitettaessa esimerkiksi ylij ää m aita, varsinaisesta k yt t öst ä poistunutta materiaalia, teollisessa prosessissa synty nyttä jätettä tai sivutuotetta, jotka sellaisenaan tai jalostettuna soveltuvat k yt t ettäväksi maarakentamisessa. Uusiomateriaali-termi ä ei sellaisenaan tunneta lains äädänn össä tai standardeissa.
Uusiutumaton luonnonvara	Luonnonvara, jota on k yt t äviss ä vain jokin rajallinen, uusiutumaton varasto. Vrt. uusiutuva luonnonvara, jota luonnon prosessit synnyttävät jatkuvasti lisää. Maa- ja kiviainekset kuuluvat p ä ä osin uusiutumattomiin luonnonvaroihin.
VNa, VNp	Valtioneuvoston asetus, Valtioneuvoston päätös
Ylij ää m ä maa (<i>surplus soil</i>)	Kaivumaa, jota ei pystyt ä hyödynt ämään rakennustoiminnassa ja se sijoitetaan maankäyttöpaikoille tai muille läjitysalueille. Routiva moreeni, savi ja siltti sekä pintamaat ja eloperäiset maalajit ovat maanrakentamisen kannalta heikkolaatuisia, mikä aiheuttaa niiden korvaamisen parempilaatuisilla kiviaineksilla. Ylij ää m ä ma ongelmaa aiheuttavat lisäksi lievästi pilaantuneet maa-ainekset ja sedimentit.
Ymp ärist ö lupa	Ymp ärist ön pilaantumisen vaaraa aiheuttavaan toimintaan on oltava ymp ärist ö lupa
Ymp ärist ö vaikutus	Toiminnasta ymp ärist ölle aiheutuvat haitalliset tai hyödylliset vaikutukset, esim. luonnonvarojen kuluminen, maaper än saastuminen, ymp ärist ökuormitus ja jätteiden muodostuminen

1. JOHDANTO

Julkisten tilaajien kestävä kehityksen strategisia tavoitteita esitetään kaupunkien ilmasto-ohjelmissa tai resurssiviisauden tiekartoissa, joista voidaan mainita mm.: Hiilineutraali Espoo 2030, Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelma, Hiilineutraali Vantaa 2030, Kestävä Tampere 2030 -tiekartta, Turun ilmastosuunnitelma 2029 (Hiilineutraali Turku vuoteen 2029 mennessä), Hiilineutraali Hämeenlinna 2035, Resurssiviisas Riihimäki 2030, Kehto-foorumi (Kuntaliitto ja 21 kaupunkia, 2012-...).

Käytännön tasolla luonnonvarojen kestävä käyttöä pyritään edistämään siirtymällä kertakäyttökulutuksesta kiertotalouden mukaiseen toimintaan. Kiertotaloudella tarkoitetaan taloutta, jossa tavaroitten, materiaalien, resurssien ja luonnonvarojen elinikä pyritään maksimoimaan ja uusiokäyttöön soveltumattomien jätteiden syntymistä minimoimaan. Ympäristöministeriön tavoitteena on tehdä kiertotaloudesta uusi talouden perusta ja ajaa sitä noudattavien toimintamallien käyttöönottoa. Jätehuollon perustana on niin sanottu ensisijaisuusjärjestys, jossa lähtökohtaisesti on pyrittävä välttämään jätteen syntyminen ja jos jätettä syntyy, niin se on valmisteltava uudelleen materiaalina hyödynnettäväksi. Mikäli uusiokäyttö materiaalina ei ole mahdollista, jäte tulee toimittaa kierrätettäväksi tai toissijaisesti pyrkiä hyödyntämään energiana. Kaatopaikalle loppusijoitukseen jäte tulee toimittaa vain, jos syntyneen jätteen hyödyntäminen ei ole teknisesti tai taloudellisesti mahdollista. (Jätelaki 2011) Jätedirektiivin määrittämä viisiportainen jätehierarchy eli jätehuollon etusijajärjestys on esitetty kuvassa 1.1. Valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa on määritelty, että rakennus- ja purkujätteen uusiokäyttö, tai muunlainen hyödyntäminen, on lisättävä vähintään 70 painoprosenttiin viimeistään vuonna 2023 (YM 2018).

Uusiomaarakentaminen on uusiomateriaalien hyödyntämistä maarakentamisessa. Tässä raportissa esitellään Suomessa muodostuvia ja maarakentamisessa käytössä olevia uusiomateriaaleja eli UUMA-materiaaleja. Raportissa on esitelty myös teknisen verkoston eri osat sekä niiden yhteensopivuus eri uusiomateriaalien kanssa. Kaikki uusiomateriaalit eivät välttämättä sovellu käytettäväksi verkostojen yhteydessä tai niiden käyttö verkostojen yhteydessä on mahdollista vain tietyin edellytyksin. Tässä raportissa on esitelty nykytietämyksen mukaisesti uusiomateriaalien ja verkoston yhteensopivuus sekä esitetty jatkoselvityksen edellyttämiä materiaalipareja. On todennäköistä, että materiaalien lisätutkimuksilla, korroosioselvityksillä, yms., käsitys uusiomateriaalien ja verkoston materiaalien yhteensopivuudesta täydentyy lähivuosina ja uusiomateriaalien käyttö maarakentamisessa verkostojen yhteydessä yksinkertaistuu.



Kuva 1.1 Jättehierarchy eli jätteiden käsittelyn etusijajärjestys, perustuu Jätelakiin 646/2011 (ELY 2022).

2. UUMA-MATERIAALIT MAARAKENTAMISESSA SUOMESSA

2.1 UUMA-materiaalit

Maarakentamisessa käytettävät uusiomateriaalit (UUMA-materiaalit) voivat muodostua mm. seuraavista sivuvirroista:

- teollisuuden sivuvirrat
- rakennus- ja purkutyömaiden mineraaliset jätteet
- rakennustyömaiden maa-ainesjätteet ja
- seostetut (stabiloidut tai muutoin seosaineilla käsitellyt) maa-ainesjätteet

Maarakentamisessa käytettävät uusiomateriaalit on esitelty tarkemmin liitteessä 2. Lisätietoja materiaaleista löytyy mm. luvussa 2.4 mainituissa julkaisuissa. UUMA-materiaalit on esitelty laajemmin mm. käsikirjassa "Uusiomateriaalit kaupunkien infrarakentamisessa" (Forsman et al. 2020). Materiaalit on esitelty yleispiirteisemmin luvussa 2.2. Liitteen 2 taulukoissa L2.1-L2.4 on esitetty, mitkä materiaaleista ovat hyödynnettävissä MARA-asetuksella tai ympäristöluvalla. Suuri osa UUMA-materiaaleista on polttoprosessin tuloksia ja niissä ei esiinny esim. liuottimia. Osa materiaaleista on purkuprosesseista, joissa purettavien kohteiden purkukartoitukseen sisältyy haitta-aineita sisältävien rakenteiden tunnistaminen, näytteistys, laboratorioanalyysit ja tarvittaessa ohjaus muuhun kuin MARA-asetuksen mukaiseen hyötykäyttöön.

Väylien päällys- ja pengerrakenteet rakennetaan kerroksittain, ja kerrokset johtavat liikenteestä tulevaa kuormitusta aina edelleen alemmille kerroksille. Kerrosten tulee olla routimattomia ja riittävän hyvin vettä läpäiseviä, jotta pakkaneen ei pääse vaurioittamaan teiden ja katujen runkoja. Myös uusiomateriaaleilla toteutettujen rakenteiden tulee täyttää edellä kuvatut vaatimukset, mikä tarkoittaa sitä, että niillä tulee olla riittävät tekniset ominaisuudet, jotta niitä voidaan hyödyntää väylärakentamisessa.

Katujen alle sijoitetaan usein erilaista ympäristöä palvelevaa infraa, kuten sähkö- ja kuitukaapeleita, vesijohtoja ja viemäriputkia sekä kaukolämpöputkia. Katualueiden reunalla on usein jalkakäytäviä ja rakennuksia, joten hulevesien kuivatus on usein järjestetty sivuojien sijaan kaivoilla ja putkituksilla. Edellä mainitut voivat aikaansaada maanalaisen teknisen verkoston yhteydessä käytettäville uusiomateriaaleille vaatimuksia liikennekuormista ja pakkasesta aiheutuvien teknisten vaatimusten lisäksi.

Teollisuuden sivuvirrat

Taulukossa L2.1 (liite 2) on esitetty laajasti suomalaisen teollisuuden sivuvirroista muodostuvia uusiomateriaaleja, joita ovat mm.:

- Käsitelty jätteenpolton kuona (kuva 2.1)
- Lentotuhka, pohjatuhka, pohjahiekka
- Masuunihiekka ja -kuona
- Ferrokromikuona (OKTO-tuotteet)
- Kalsiitin rikastushiekka
- Valimohiekka
- Sivukivet
- Vaahtolasimurske
- Rengasleike (rengasrouhe)

Taulukoiden L2.1-L2.4 sarakkeessa 1 on korostettu materiaalit, joilla on merkitystä maarakentamisessa ja joista suurinta osaa käsitelty tässä oppaassa.



Kuva 2.1 Kuva jalostetusta jätteenpolton kuonasta. Aumoissa eri rakeisuuteen seulottuja lajitteita (Fortum 2021).

Rakennus- ja purkutyömaiden mineraaliset jätteet

Taulukossa L2.2 (liite 2) on esitetty rakennus- ja purkutyömailla muodostuvia UUMA-materiaaleja ja muita materiaaleja, joita ovat mm.:

- Asfalttirouhe
- Betonimurske
- Tiilimurske
- Puretun päällysrakenteen UUMA-materiaali
- Rakenteesta purettu kevytsora tai vaahtolasimurske

Rakennustyömaiden maa-ainesjätteet

Taulukossa L2.3 (liite 2) on esitetty erilaisia maarakennustyömailla kaivettavia maa-aineksia. Osa materiaaleista on hyödynnettävissä maarakentamisessa sellaisenaan tai jalostettuna. Osa materiaaleista soveltuu kierrätyskasvualustoihin tai kasvualustojen raaka-aineeksi:

- Puretun päällysrakenteen kiviaines, hiekka, yms. luonnonmateriaali
- Raidesepeli
- Louhe
- Kitkamaa
- Kuivakuorisavi
- Pintamaa (kasvualustoihin)

Rakennustyömaiden seostetut maa-ainesjätteet

Rakennustyömailla muodostuvia sideaineilla tai muilla lisäaineilla käsiteltyjä maa-aineksia on esitetty taulukossa L2.4 (liite 2). Seostus (käsittely) lisää maa-ainesten jäykkyyttä ja lujuutta sideaineiden lujittumisen jälkeen.

- Pilaristabiloitu kaivumaa
- Massastabiloitu kaivumaa, in situ tai ex situ stabiloitu
- Bitumi-, sementti- ja tuhkastabiloitu kiviaines

2.2 Verkostorakentamisessa vapautuvat UUMA-materiaalit

Asfalttijäte:

Suurin Suomessa syntyvästä asfalttijätteestä käytetään uuden asfaltin valmistamisessa raaka-aineena ja pieni osa hyödynnetään päällysrakenteiden rakennekerroksissa. Vaikka asfalttirouheen hyödyntäminen kaivantojen täyttötöissä on mahdollista, on ympäristön ja kiertotalouden periaatteiden toteutumisen kannalta mielekkäämpää hyödyntää asfalttijäte ja sen sisältämä bitumi ja kiviaines uuden asfalttimassan valmistuksessa raaka-aineena.

Asfalttijätteiden uusiokäyttöä voitaisiin kasvattaa käyttämällä uusien asfalttipintojen tekemisessä uusioasfalttia. Asfalttinormit 2017 -oppaan mukaisesti pintakerroksissa voidaan hyödyntää

RC50 -merkinnällä olevaa massaa, jossa vanhan asfaltin osuus on 50 % ja pohjakerroksissa RC70 -merkinnällä massaa, jossa osuus on 70 %, joten tulevissa vuosiurakkasopimuksissa olisi mahdollista edellyttää näiden materiaalien käyttöä maarakennusurakoitsijalta. Hankekohtaisesti voidaan hyödyntää myös suuremman määrän kierrätysmateriaalia sisältävää asfalttia.

Betonijäte:

Betonirakenteiden purkamisessa muodostuva betonijätteen käsittelyyn on olemassa useampia mahdollisia toimintamalleja. Toimintamalliin kuuluu betonijätteen kuljetus, varastointi, käsittely sekä hyödyntäminen maarakentamisessa. Häkkinen (2019) on esittänyt neljä toimintamallia, jotka soveltuvat isommille infrarakennustyömaille, mutta vain osin verkostorakentamiseen tai sen korjauskohteisiin. Sottinen on insinööriyössään (2020) tarkastellut Helenille mahdollisia toimintamalleja, jotka saattavat olla mielekkäitä myös muiden teknisten verkostojen rakentamistoimintaa ajatellen:

- 1) betonijätteen kuljetus betonijätteen kierrätyskeskukseen, jossa materiaalin vastaanotto ja jalostus betonimurskeeksi sekä toimitus takaisin rakennuskohteeseen
- 2) betonijätteen kuljetus urakoitsijan, tilaajan tai muun toimijan alueelle, jossa jalostus, väli-varastointi (tarvittaessa) ja kuljetus hyödynnettäväksi rakennuskohteessa
- 3) betonijätteen murskaus ja hyödyntäminen rakennus- tai perusparannuskohteessa

Toimintamalleissa 1 ja 2 käsittely tapahtuisi pulverointilaitteella esikäsittelemällä betonijäte palakokoon 0/150-0/200 mm ja murskauslaitoksella esim. raekokoon 0/45 tai 0/90 mm. Toimintamallissa 3 esikäsitteily tapahtuisi pulverointilaitteella ja kauhamurskaimella (murskakauha). Kauhamurskaimella betonijätteen murskaus on hitaampaa ja betonijätettä ei välttämättä saada jalostettua yhtä korkealaatuiseksi tuotteeksi, kuin siirrettävällä murskaimella. (Sottinen 2020; Häkkinen 2019; Väylävirasto 2019)

Muut materiaalit:

Muita verkostorakentamisessa vapautuvia uusiomateriaaleja ovat mm. puretun päällysrakenteen kiviaines, hiekka, yms. luonnonmateriaali sekä UUMA-materiaalit, joita on käsitelty kohdassa 2.2.

Kaikki työmailla päällysy- ja pengerrakenteista sekä pohjamaasta vapautuvat materiaalit eivät sovellu sellaisenaan hyötykäyttöön. Ne voidaan jalostaa ennen hyödyntämistä, ne voidaan hyödyntää kohteissa, joissa täyttömateriaalin tekniset vaatimukset ovat alhaisemmat (esim. puistotäytöt, melu- ja maisemavallit) tai ne voidaan sijoittaa maanlähijämsaluelle. Eryistä huomiota vaativat materiaalit ovat pilaantuneet maat sekä happamat sulfaattimaat, joiden hyödyntämisessä on erityisiä vaatimuksia haitallisten ympäristövaikutusten estämiseksi ja hallitsemiseksi.

Porauslietteet:

Suuntaporausien ja muiden porausmenetelmien voiteluaineena ja maa-aineksen kuljetusaineena käytetään tyypillisesti veden ja bentoniitin tai polymeerin sekoitetta (porausneste, muta, liete). Porausesta syntyvä neste, muta ja liete kerätään, kuivataan ja toimitetaan pois työmaalta urakoitsijan toimesta (Breja 2019). Porauslietteen käsittelyn kustannusten optimoinnissa, pyritään yleensä erottelemaan kiintoainek vedestä. Porausien ja muiden kaivamattomien menetelmien yleistyessä rakennetussa ympäristössä, tulisi näiden sivuvirtojen käsittelyä ja jatkohyödyntämistä selvittää tarkemmin. Tämän oppaan kirjoitushetkellä ei ole ollut tarkempaa tietoa siitä, mitä edellytyksiä porauslietteen hyödyntämiselle maanrakentamisessa on.

Pääkaupunkiseudun kunnilta löytyy esimerkiksi Maalämpökaivojen porausvesien käsittelyohje (HSY et al.), mutta se keskittyy lähinnä porausvesien käsittelyyn ja poisjohtamiseen. Porauslietteen lopusijoituksesta on lyhyesti todettu: *"Porauslietettä voi hyödyntää mahdollisuuksien mukaan maanrakentamisessa. Mikäli tällaista hyödyntämiskohdetta ei kuitenkaan ole tiedossa, lietteen voi viedä ympäristöluvalliselle maankaatopaikalle."*

2.3 UUMA-materiaalien ominaisuuksia verkostorakentamisen kannalta

Taulukossa 2.1 on arvioitu uusiomateriaalin lujittumista, pH-arvoa ja vaikutusta muihin rakennusmateriaaleihin. Asiaa on esitelty tarkemmin luvuissa 3 ja 4.

Taulukko 2.1 Esimerkkejä UUMA-materiaaleista, joita on teknisesti mahdollista hyödyntää katujen, kenttien, yms. rakentamisessa. Taulukossa on esitetty ominaisuuksia, joilla on tai saattaa olla vaikutusta materiaalien soveltuvuuteen maanalaisten verkostojen yhteydessä.

Uusiomateriaali	Rakennusosa, jossa mahdollista käyttää	Lujittumisen rakenteessa	pH ⁽¹⁾	Vaikutus muihin materiaaleihin	Vedenläpäisevyys verrattuna KaM
Käsitelty jätteenpolton pohjakuona	jakava, suodatin, pengertäyttö, lopputäyttö	lujittuu hie- man, riip- puu rakei- suudesta	9,0–11,2 ^(g)	Hienommista lajitteista liuke- nee kloridia, joka on aggressii- vinen mm. teräkselle.	pienempi
Lentotuhka kivihiilen pol- tosta tai biopol- tosta	jakava, pengertäyttö, lopputäyttö	lujittuu ⁽²⁾	10,8– 11,5 ^(a) 9–13 ^(e)	Tuhkalajit on tarkasteltava ma- teriaaleittain, PK-seudun kivi- hiilituhkat ovat mahdollisesti ei-aggressiivisia ^(e) . Biopolton tuhkien korroosio-ominaisuuksista ei liene riittävästi tutki- mustietoa.	pienempi
Pohjatuhka	suodatin, pengertäyttö, lopputäyttö	ei lujitu	8–10 (arvio)	Aggressiivisuus vastaa lähes luonnon kiviaineksia ^(3 d) . Kun pH > 9 vaikuttaa se haitallisesti alumiiniin ja polyesteriin.	pienempi
Pohjahiekka (leijupetihiekka)			11,3– 11,7 ^(h)		≈ sama
Vaahtolasi- murske	kevennys, routaeriste, lopputäyttö	ei lujitu	10–11 ^(b)	Korroosiovaikutus vastaava tai pienempi kuin kiviaineksella.	suurempi
Rengasleike (rengasrouhe)	kevennys lopputäyttö	ei lujitu	6–7 (arvio)	Ei aggressiiviinen. Suotautuva vesi voi olla ruosteista renkai- den teräsvöiden takia	suurempi
Betonimurske	kantava, jakava, pengertäyttö, lopputäyttö	lujittuu / ei lujitu, riip- puu BeM- luokasta	11 ^(c) < 12,5 ^(f)	Ei aggressiiviinen.	pienempi
Tiilimurske	pengertäyttö, suodatin, lopputäyttö	ei lujitu	< 11 (arvio)	Ei aggressiiviinen. Kun pH > 9 on se haitallinen alumiinille ja polyesterille. ^(f)	vastaava
Hiekotushiekka	pengertäyttö, suodatin, lopputäyttö	ei lujitu	6–7 (arvio)	Teiden suolauksesta johtuen mm. kohonneet kloridin liukoi- suudet => voi olla aggressiivi- nen teräkselle.	vastaava
Masuunihiekka	jakava, pen- gertäyttö, suodatin, lop- putäyttö	lujittuu	> 12	Lasimaisuuden vuoksi ei kat- sota olevan aggressiivinen. ⁽ⁱ⁾	≈ sama
Masuunikuona	kantava, ja- kava, pengertäyttö, suoda- tin, loppu- täyttö	lujittuu	> 11	Korroosiotutkimus tarvitaan ar- vioinnin tueksi.	vastaava
Ferrokromi- kuona (OKTO- tuotteet)	kantava, ja- kava, pengertäyttö, suoda- tin, loppu- täyttö	ei lujitu	> 9	Korroosiotutkimus tarvitaan ar- vioinnin tueksi	vastaava
Kalkkikivi- murske	pengertäyttö, suodatin, lop- putäyttö	ei lujitu	7–9	Ei aggressiivinen	vastaava
Valimohiekka	pengertäyttö, suodatin, lop- putäyttö	ei lujitu	8,5–11,5	Ei aggressiiviinen. Kun pH > 9 on se haitallinen alumiinille ja polyesterille.	vastaava

Puretun päällysrakenteen ki- viaines, yms.	jakava, suodatin, pen- gertäyttö, lop- putäyttö	ei lujitu	(4)	(4)	vastaava
Puretun päällysrakenteen UUMA-materi- aali		(2)	(5)	(5)	vaihtelee

- | | |
|--|--|
| 1) pH > 9 on haitallinen mm. alumiinille ja polyesteerille | 3) Helenin pohjatuhkaa voidaan hyödyntää Helenin kaukolämpöputkien suojaäytössä (vrt. alkutäyttö mm. InfraRYLissä) |
| 2) Lujittuminen vaihtelee UUMA-materiaalista ja sen varastoinnista, käsittelystä, tiivistämisestä ja olosuhteista riippuen | 4) Vastaava kuin luonnon kiviaineksella, suolatuilla teillä kloridipitoisuus voi aiheuttaa korroosiota |
| | 5) Vaihtelee UUMA-materiaalista riippuen |

Taulukon 2.1 kirjallisuus:

- | | | |
|--------------------------|--|------------------------|
| a) VTT 2009 | e) Napari 2016, <i>LT:n vanhetessa pH:n on havaittu alenevan tasolle 8-9</i> | h) Fortum 2018 |
| b) MaaRYL 2021 (luonnos) | f) HSY 2023 | i) Oulun kaupunki 2017 |
| c) YM 2020 | g) Ramboll 2021 | |
| d) Sottinen 2020 | | |

Osa taulukossa 2.1 esitellyistä uusiomateriaaleista sisältää tai voi sisältää rautametalleja (esim. käsitelty jätteenpolton kuona, rengasleike, betonimurske). Jätteenpolton kuonassa tai betonimurskeessa olevat raudat voivat aiheuttaa rengasrikkoja levitettäessä ja tiivistettäessä rakennekerroksia.

Rakennekerros materiaalissa oleva rautametalli estää metalliesineiden (esim. putket, venttiilit) löytämisen metallinilmaisimella ko. kerroksesta tai sen alapuolelta. HSY:n tekemissä kenttäkokeissa on kaapelinhakulaitteen todettu toimivan rakenteella, jossa on terästä sisältävää betonimursketta (HSY 2023).

2.4 UUMA-materiaalien käytön ohjeistus

Maarakentamiskohteille, niiden rakennusosille ja rakennusosissa käytettäville materiaaleille on asetettu teknisiä ja toiminnallisia vaatimuksia niiden käyttötarkoitusten mukaan. Nämä vaatimukset koskevat myös uusiomaarakenteita ja niiden peittämisessä tai päällystämässä käytettäviä rakennekerroksia (rakennusosia). Esimerkiksi betonimurskerakentamisessa huomioitava suunnittelu-, rakentamis- ja laadunvalvontaohjeistus voidaan jaotella esimerkiksi taulukon 2.2 mukaisesti.

Taulukossa 2.1 esitettyjä ohjeita täydentävät kaupunkien sisäiset ohjeet kuten esimerkiksi mallityöselitykset, joissa on esitetty yksityiskohtaisesti, miten uusiomateriaalit (esim. betonimurske) huomioidaan hankekohtaisissa suunnitelmissa. Joidenkin ohjeiden sisältöä on avattu seuraavasti:

- Betonimurskeen maarakennuskäytön laadunhallintajärjestelmä ("laadunhallintastandardi") SFS 5884: Standardi on tarkoitettu sovellettavaksi rakennustyömailla ja kiinteillä vastaanottoalueilla maarakennuskäyttöön jalostettavan betonimurskeen kaupallisessa tuotannossa, hankinnassa ja käytössä. Standardi määrittelee, miten rakennustuotteiden valmistuksessa, rakennustuotannossa sekä rakenteiden ja rakennusten korjauksessa ja purkamisessa syntyvä betonijäte jalostetaan maarakentamisen asettamat tekniset ja ympäristökelpoisuusvaatimukset täyttäväksi betonimurskeeksi.
- Materiaalitoimittajien ohjeet: Ohjeet on materiaalikohtaisia ja niissä esitetään materiaalien parametrit, suunnittelussa huomioitavat asiat ja InfraRYL:iä täydentävä rakentamisohjeet.
- Betonimurskeen laadunvalvontalomakkeet 2017 (päivitetty 2023): Lomakkeet on tarkoitettu työmaavalvojille avuksi työmaalle toimitettavan betonimurskeen laadunvalvontaan. Lomakkeiden avulla voidaan mm. varmistua siitä, että materiaalin toimittajalla on edellytykset toimittaa vaatimukset täyttävää betonimursketta ja hankkeella on edellytykset vastaanottaa betonimursketta.

Uusiomaarakentamista ohjaavat asetukset, standardit, yms. päivittyvät, mikä aikaansaa sen, että uusiomaarakentamisen ohjeistus on myös päivitettävä aika-ajoin.

Taulukko 2.2 Uusiomaarakentamista käsittelevän ohjeistuksen informatiivinen jaottelu ja esimerkejä olemassa olevista ohjeista.

<p>EU:n, Valtion ja Rakennuttajan tahtotila</p> <ul style="list-style-type: none"> - EU:n jätedirektiivi - Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2027, Kierrätyksestä kiertotalouteen - esim. Helsingin kaupunki: Kaivumaiden ja kiviaineksen käsittelyohje 2021, Hiilineutraali Helsinki 2030 - Rakennuttajan tahtotilan jalkautetaan erilaisilla ohjeilla ja malliteksteillä suunnittelijalle esim.: Helsingin kaupunki, "<i>Mallialueen suunnittelu, suunnitteluohjelma</i>"
<p>Ympäristölaki ja asetukset</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ympäristönsuojelulaki 2014 - Jätelaki 2011 - MARA - Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa, 2017 + Soveltamisohje 2019 - EEJ-Betoni – Valtioneuvoston asetus betonimurskeen jätteeksi luokittelun päättymisen arviointiperusteista, 2022
<p>Standardit ja laatuvaatimukset</p> <ul style="list-style-type: none"> - SFS 5884 Betonimurskeen maa- ja viherrakennuskäytön laadunhallintajärjestelmä 2022 - SFS-EN 13242+A1 Maa- ja vesirakentamisessa ja tienrakenteissa käytettävät sitomat- tomat ja hydraulisesti sidotut kiviainekset
<p>Julkiset suunnitteluohjeet</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kadun suunnittelun ohjeet, Katu 2020 (SKTY) - Betonijätteen käsittely ja käyttö väylähankkeissa, Väyläviraston ohjeita 43/2022
<p>Yleiset työselitykset</p> <ul style="list-style-type: none"> - InfraRYL, Päällis- ja pintarakenteet - InfraRYL, Maa-, pohja- ja kalliorakenteet
<p>Muut ohjeet ja ohjekortit</p> <ul style="list-style-type: none"> - Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa, 2023 - Betonimurskeen laadunvalvontalomakkeet. Purkutyömaalla murskatun betonimurskeen laadunvalvonta maarakennuskohteessa, 2017 (päivitetty 2023)
<p>Vesihuoltolaitosten ohjeet ja määräykset</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verkostosuunnittelukäytännöt, HSY vesihuollon toimiala, 2022, jossa liite: Betoni- murske, Käyttöohje suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon, 2023
<p>Materiaalitoimittajien ohjeet ja tuotekortit</p> <ul style="list-style-type: none"> - Betonimurskeiden tekninen soveltuvuus ja käyttö tierakenteissa, Infra ry, 2021 - Betoroc-murskeohje, 1/2017, Käyttöohje rakentamiseen ja suunnitteluun, Rudus Oy
<p>Kaupunkien sisäiset ohjeet ja määräykset</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kuntien ympäristönsuojelumääräykset
<p>Raportoinnin ohjeet ja vaatimukset</p> <ul style="list-style-type: none"> - MARA 2017 + Soveltamisohje 2019 (esitetty vaatimus toteumatiedolle) - Kaupunkien ohjeet toteumatietojen raportointiin

2.5 CE-merkintä

Rakennustuotteita koskevan lainsäädännön tavoitteena on varmistaa, että rakennustuotteista saatava tieto on luotettavaa ja vertailukelpoista, kun suunnittelija ja rakentaja arvioivat tuotteiden soveltuvuutta rakennettavaan kohteeseen. Rakennustuotteisiin liittyvä keskeinen säädös on EU:n rakennustuoteasetus ((EU) N:o 305/2011). Rakennustuoteasetuksessa säädetään, kuinka rakennustuotteen ominaisuuksista kerrotaan ja millä edellytyksillä rakennustuotteet voidaan CE-merkitä. Asetuksen mukaan kaikki maarakentamisessa käytettävät rakennustuotteet, jotka kuuluvat harmonisoidun tuotestandardin piiriin, tulee CE-merkitä. Sellaisille rakennustuotteille, joille ei ole määritelty Euroopan tasoista harmonisoitua tuotestandardia tai eurooppalaista teknistä arviointia, voidaan käyttää kansallista hyväksymismenettelyä.

Tuotteen CE-merkintä edellyttää tuotannon laatukäsikirjan luomista, joka on osa edellytettyä laadunhallinnan järjestelmää. CE-merkintäprosessi alkaa suoritustason pysyvyyden arviointi- ja

varmennusmenetelmällä, jossa tuotteelle määritetään AVCP-luokka. Tämä luokitus määrittää ilmoitetun laitoksen osallistumisen tuotteen ominaisuuksien ja laadunvalvonnan varmistukseen.

Matalamman turvallisuusvaatimusten kohteissa, kuten teiden ja piha-alueiden rakenteissa uusiomateriaalille käytetään tyypillisesti AVCP-luokkaa 4. Käytännössä tämä tarkoittaa, että valmistaja tekee tarvittavat toimenpiteet tuotteen ominaisuuksien varmistamiseksi standardien mukaisiksi. Harmonisoidussa tuotestandardissa mainitut toimenpiteet tässä luokassa ovat tuotteelle suoritettavat alkutestaukset, sekä tehtaan sisäisen laadunvalvonta järjestelmän teko.

Tuotteelle tulee suorittaa standardin mukaiset alkutestaukset. Esimerkiksi betonimurskeen kohdalla käytössä on standardi SFS-EN 13242, jonka pohjalta rakennustuotteeseen voidaan liittää CE-merkintä. Alkutestauksiin kuuluvat liukoisuus- ja pitoisuustestit sekä murskeen käyttötarkoituksen vaatimat testit teknisille ominaisuuksille. CE-merkityn betonimurskeen toimitusasiakirjoihin tai pakkaukseen täytyy liittää direktiivin 93/68/ETY mukainen CE-merkkisymboli tuotetietoineen. (Nordqvist 2016) Rakennustuoteasetuksen tavoitteena on saada luotettavaa ja tarkkaa tietoa rakennustuotteiden suoritusasoista ja ominaisuuksista yhdenmukaisella tavalla (Ympäristöministeriö, 2013). CE-merkintä on tuotteen valmistajan vastuulla. Suomessa CE-merkintöjen valvovana viranomaisena toimii turvallisuus- ja kemikaalivirasto TUKES, jolla on oikeus pyytää tuote ja siihen liittyvä aineisto nähtäville. (Väylävirasto 2020)

MARA-asetuksen tai ympäristöluvan mukainen hyödyntäminen ei poista CE-merkintävaatimusta. Hankkeessa jalostettua betonimursketta ei tarvitse CE-merkitä, mikäli betonijäte tai -murske ei vaihda omistajaa ja se käytetään rakennuttajan omassa kohteessa. Vaikka betonimursketta ei CE-merkittäisi, sen laatu on kuitenkin tutkittava ja osoitettava, että se täyttää ympäristökelpoisuuden lisäksi tilaajan ja käyttökohteen asettamat tekniset laatuvaatimukset.

3. VERKOSTON MATERIAALIT

Vesihuoltoverkostot koostuvat järjestelmistä, jotka ovat tarkoitettu talousveden johtamiseen käyttäjille ja jäteveden pois johtamiseen jätevedenpuhdistamoille. Lisäksi hulevesiverkostot huolehtivat sade- ja sulamisvesien pois johtamisesta rakennetuilta alueilta vesistöön. Verkostot koostuvat putkista ja niihin liittyvistä varusteista ja laitteista kuten esimerkiksi venttiileistä, painemittauksesta ja pumppaamoista. Tässä oppaassa on keskitytty verkoston osiin, jotka ovat suorassa kosketuksessa maaperään tai rakennetulla alueella kadun tms. muun rakenteen rakennekerroksiin. Laitekaivoihin asennettavat verkoston mittaukseen ja instrumentoituihin liittyvät varusteet ovat jätetty käsittelemättä oppaassa. Niihin voidaan kuitenkin soveltaa samoja periaatteita ja harkintaa, jota muiden verkostojen osille on tässä oppaassa esitetty.

Verkostojen lähtökohtana on, että ne toimivat suljettuna järjestelmänä, suunnitellun aineen kuljettamiselle. Ne eristävät kuljetettavan aineen maaperästä ja varmistavat esim. talousveden osalta, että vedenlaatu pysyy muuttumattomana matkalla vesilaitokselta kuluttajalle. Viemärien osalta järjestelmälle on tärkeää pitää pohja- ja hulevedet pois kuormittamasta puhdistamon toimintaa.

Samalla täytyy kuitenkin tiedostaa, että kaikissa vesihuoltoverkostoissa esiintyy jonkintasoisia vuotoja. Paineellisten vesijohtojen osalta normaaleissa käyttötilanteissa tämä ei aiheuta veden pilaantumista, koska verkoston ympäristöä suurempi paine varmistaa, että vuoto on aina normaalissa toiminnassa ulospäin. Viettoputkissa ja niiden liitoksissa voi kuitenkin esiintyä vuotoja myös verkostoon. Hulevesiverkostot yhdistävät rakennettua ympäristöä suoraan vesistöön, mikä on tärkeä huomioida rakenteista ja ympäristöstä liukenevien aineiden potentiaalisena kulkeutumismekanismina alkuperäisen alueen ulkopuolelle. Viime vuosien aikoina onkin kiinnitetty enemmän huomiota hulevesien laadulliseen hallintaan.

Vesihuoltoverkostojen ominaispiirteeseen kuuluu pitkä elinkaari. Tyypillisesti verkostojen elinkaari voi olla 50-100 vuotta. Tämä on tärkeää huomioida täyttömateriaalien ja verkostomateriaalien yhteensopivuutta arvioidessa, koska materiaalien korroosio- ja turmeltumisprosessit voivat olla hitaita. Lähtökohtana voidaan kuitenkin pitää, että käytettävät UUMA-materiaalit eivät saisi lyhentää tätä elinkaarta, vaikuttaa negatiivisesti talousveden laatuun tai vaikuttaa verkostojen auki kaivettavuuteen pitkälläkään aikavälillä. Asianmukaisesti suunniteltuna ja käytettynä UUMA-materiaalit eivät

vaikuta lyhentävästi verkoston käyttöikä. Esimerkiksi vahvasti emäksiset uusiomateriaalit, kuten betonimurske tyypillisesti lisäävät teräksen korroosiokestävyyttä emäksisten vajovesien vaikutuksesta.

Verkostoille on ominaista se, että ne koostuvat useista eri rakennusosista ja materiaaleista kuvan 3.1 mukaisesti. Arvioitaessa soveltuvuutta UUMA materiaalien kanssa tulee nämä kaikki järjestelmän osat huomioida. Materiaaleihin voi vaikuttaa suunnitteluvaiheessa ja esim. UUMA materiaalin hyödyntäminen voi olla yksi tekijä, joka vaikuttaa materiaalivalintoihin.



Kuva 3.1 Verkostot koostuvat putkien lisäksi erilaisista rakennusosista kuten venttiileistä, liittimistä ja erilaisista liitoksista. Erilaisten rakennusosien materiaalit tulisi huomioida aina putkien lisäksi, kun arvioidaan yhteensopivuutta UUMA-materiaalien kanssa.

Seuraavissa kappaleissa on esitetty verkostojen osia ja niissä tyypillisesti esiintyviä materiaaleja. Esitettyjen materiaalien lisäksi verkostoissa voi esiintyä myös muita materiaaleja. Tärkeintä UUMA-materiaalien ja teknisten verkostojen yhteensopivuutta arvioitaessa on aina tunnistaa materiaalit ja selvittää niiden yhteensopivuus yhdessä materiaalien toimittajien kanssa.

Materiaaleista ja niiden soveltuvuudesta tiettyyn ympäristöön löytyy tarkempaa tietoa valmistajilta ja rakennusosien toimittajilta. Lisäksi esim. Vesi-instituutin julkaisuja 1 "Talousveden kanssa kosketuksissa olevat verkostomateriaalit Suomessa" raportista löytyy kattavasti tarkempaa tietoa vesihuoltoverkostojen materiaaleista (Kekki et al. 2007).

Teknisiin verkostoihin liittyvät hulevesirakenteet sisältävät myös muita rakenteita, kuten viivytyks- ja imeytyserakenteita sekä maa-aineksista rakennettuja suodatinrakenteita. Nämä rakenteet poikkeavat

mm. ominaisuuksiltaan ja materiaaleiltaan verkostoista niin paljon, että niitä ei ole käsitelty tässä oppaassa.

3.1 Putket

Vesihuollon putket voidaan jakaa karkeasti paineellisiin putkiin ja viettoputkiin. Putket voivat putkikoosta ja tyypistä riippuen olla, joko määrämittaisista putkista koostuva kokonaisuus tai esim. kelalta tuleva yhtenäinen putkijohto. Määrämittaisista putkista koostuva kokonaisuus sisältää aina putkien välisiä liitoksia. Viettoviemärit koostuvat määrämittaisista putkista ja niiden välissä olevista tarkastuskaivoista.

All esitetyille vesihuoltoverkoston putkille, niiden materiaaleille ja pinnoitteille löytyy kansainväliset standardit. Suunnittelu-, asennus- ja materiaalitoimittajien -ohjeiden sekä yleisten teknisten laatu-standardien, kuten InfraRYL, noudattaminen tukevat putkien odotetun elinkaaren täyttymistä. Diffuusiosuojatuille PE-putkille ei ole kansainvälistä standardia oppaan kirjoitushetkellä ja ISO standardi on vasta kehitteillä.

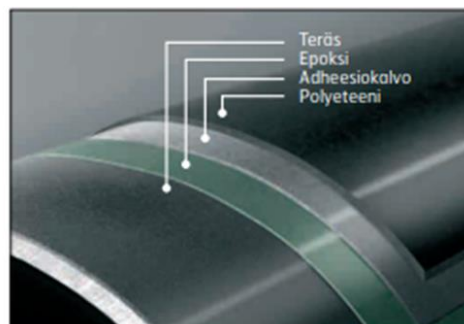
Paineputket

Suomessa nykyisin käytössä olevat paineellisten putkien materiaalit ovat tyypillisesti teräs, valurauta ja muovi.

Teräs: Paineelliset teräsputket koostuvat aina useammasta materiaalista. Modernit teräsputket perustuvat 3-kerrospinnoitteeseen ja sisältävät mm. päällimmäisenä suojakerroksena PE-kuoren (kuva 3.2). Sisäpuolisena pinnoitteena on yleensä betoni- tai epoksinpinnoite. Teräsputket tulevat määrämittaisina putkina, mutta ne liitetään toisiinsa hitsaamalla, mikä tekee putkesta asennuksen jälkeen yhtenäisen putkijohdon.

Kuten valurautaputkissa, vanhempien teräsputkien pinnoitteet ja ominaisuudet voivat erota moderneista materiaaleista. Esimerkiksi bitumia on käytetty valurautaisten ja teräksisten vesijohtojen pinnoitteena.

Ominaisuus	Tyypilliset arvot
Tiheyslaatu	HDPE (High Density Polyethylene)
Paksuus mm	> 2,2 DN 400 – 450 > 2,5 DN 500 – 750 > 3,0 DN 800 – 1200
	Vahvennettu paksuus (v) + 0,7 mm, max 6 mm
¹⁾ Polyeteeni-, adheesio- ja epoksikerrokset muodostavat 3-kerrospinnoitteen.	



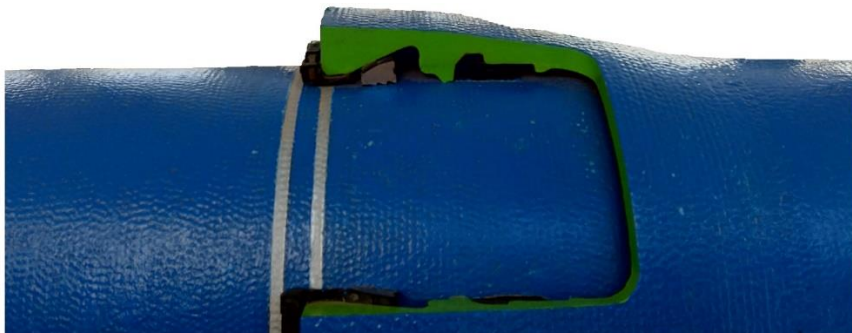
Kuva 3.2 Ulkopuolinen 3-kerrospinnoite DIN 30670 N-n (1991) suorille putkille. (SSAB 2015)

Valurauta: Valurauta on yleinen vesijohdon materiaali ja sitä on esiintynyt erityisesti runkolinjoissa aina 1870-luvun alkupuolelta lähtien. Ensimmäiset valurautaputket eroavat materiaaliltaan ja muilta ominaisuuksiltaan huomattavasti moderneista valurautaputkista. Nykyään käytetään SG (eng. *spheroidal graphite cast iron* tai *ductile iron*, suom. *pallografiittivalurauta*), joka on alkuperäisiä harmaa valurauta -putkia huomattavasti joustavampi materiaali.

Modernin SG-putken korroosiosuojaus perustuu erilaisiin pinnoitteisiin. Valurautaputkien ulkopuolinen korroosionsuoja koostuu tyypillisesti sinkki-alumiini- ja epoksinpinnoitteesta. Putkivalmistajasta riippuen myös muita vaihtoehtoisia pinnoiteyhdistelmiä on saatavilla. Esimerkiksi aggressiivisiin maaperiin putkivalmistajat yleensä suosittelevat putkea, jonka normaalin pinnoitteen lisänä on joko PE- tai PUR- (polyuretaani) suojakuori. Talousvesiputkissa putken sisäpuoli on yleensä pinnoitettu betonilla. Valurautaputket tulevat määrämittaisina putkikankina, jotka liitetään toisiinsa kumitiivisteillä muhveilla, kuva 3.2. Muhviliitosten materiaali on juomavesisovelluksissa tyypillisesti EPDM-kumi (eteenipropeenikumi). Putkien liitoksiin löytyy myös kumitiivisteellisiä laippoja sekä erilaisia lukittavia liittimiä ja liitososia.

Teräs- ja valurautaputkissa putkien kemiallinen tai korroosiokestävyys tulee käytettävistä pinnoitteista, sillä vaihtelevissa maaperäolosuhteissa suojamaaton metalli on aina altis korroosiolle.

Metalliputkien kuormituskestävyys ja muodonmuutosominaisuudet ovat hyviä, minkä vuoksi metalliputkia voidaan asentaa syväälle. Samasta syystä ne sietävät myös paremmin tilanteita, joissa esim. alkutäytön tiivistystä ei ole onnistuttu tekemään ohjeiden mukaisesti.



Kuva 3.3 Valurautaputken lukittava, kumitiivisteellinen muhviiliitos.

Muovit: Muoviputkina käytetään PE- (polyeteeni) ja PVC-materiaalia (polyvinyylikloridi). Muoviputkissa ei tarvita erillistä sisäpuolista pinnoitetta. PE-putkien materiaali-tyyppi voi vaihdella, mutta nykyiset paineelliset putket valmistetaan pääasiassa korkeatiheyksisestä polyeteenistä (PEH, HDPE). Uusin, yleisesti käytetty PE-materiaali, on RC (resistant to crack), joka kestää paremmin pistemäisiä kuormia ja joustaa paremmin halkeamatta. Putket tulevat, putkikoon mukaan, joko kieppinä, tai määrämittäisinä putkikankina. Määrämittaiset putkikanget voidaan liittää toisiinsa muovihitsaamalla tai mekaanisilla liittimillä.

Muoviputkien kemiallinen kestävyys on hyvä, mutta muoviputkien molekyyli rakenne mahdollistaa joidenkin aineiden läpäisyn putken seinämän läpi. Muoviputkien mahdollisen läpäisevyyden vuoksi, PE-putkia onkin saatavilla erilaisilla diffuusiosuojilla. Perinteinen lähestymistapa putkien diffuusiosuojaukseen on valmistaa suojakuorella varustettu putki, jossa virtaus ja suojaputken välissä on ohut alumiinikalvo. Markkinoilta löytyy myös erityisellä muovikalvolla varustettuja suojakuorellisia putkia, jotka antavat diffuusiosuojan PE-materiaalille. Muoviputkien seinämän läpäisyä on käsitelty lisää kohdassa 4.4.

Viettoputket

Viettoviemäreissä yleisimmin käytetyt materiaalit ovat muovi (yleensä PVC tai PP) ja betoni. Valurautaisia viemäreitä on myös tarjolla, mutta tällä hetkellä ne eivät ole vakiintuneet yleiseksi materiaalivalinnaksi kunnallisteknisille viemäriverkostoille. Valurautaviemäreitä saatetaan käyttää lähinnä erikoiskohteissa, joissa on esim. poikkeuksellisen pieni tai syvä peitesyvyys ja putkelta halutaan muoviputkeen verrattuna suurempaa kuormituskestävyyttä. Teräsputkia esiintyy vielä harvemmin, lähinnä erityiskohteissa, joissa esim. väylän tai radan alle asennetaan viettoputki tunkkaamalla, eikä suojaputken sisään ole mahdollista asentaa keskitettyä viettoputkea.

Betoniputket valmistetaan kumitiivisteellisillä liitoksilla (EK-järjestelmä) ja putkia on saatavana kestävyysluokan mukaan sekä raudoitettuna, että raudoitamattomana. Raudoitettujen betoniputkien etu on hyvä kuormituskestävyys.

Muoviputkia on saatavana eri rengasjäykkyyksillä. Rengasjäykkyys kertoo putken kyvystä kestää ulkopuolista maanpainetta. Tyypillinen liikenneäydyillä alueilla käytetty rengasjäykkyys on 8 kN/m² (SN8). Muoviputkien ympärystäytöt tulisi toimittajien ohjeiden mukaan tehdä mieluiten huolellisesti tiivistetystä sorasta tai murskeesta. Huolellisesti tiivistetty ympärystäyttö tasaa kuormituksen putken ympärille. Muoviputkissa voi esiintyä muodonmuutosta herkemmin, jos ympärystäytettä (alkutäyttö) ei ole tehty huolellisesti tiivistäen sopivasta maa-aineksesta. Määrämittaiset muoviputket liitetään toisiinsa ja kaivoihin kumitiivisteillä.

Muoviputkien etu on parempi kemiallinen korroosiokestävyys, mutta olosuhteet huomioon ottaen betonimateriaalin kestävyys voidaan suunnitella täyttämään tarvittavat vaatimukset. Betonille haastavat olosuhteet ovat happamat tai sulfaattipitoiset ympäristöt. Myös hiilihappopitoiset ympäristöt voivat aiheuttaa betonin karbonatisoitumista, joka heikentää betonin teräksiä suojaavia ominaisuuksia. (Petrow et al. 2015)

3.2 Kaivot

Vesihuollon kaivojen yleisin käytetty materiaali on PE-muovi tai betoni. Joissakin tapauksissa myös lasikuitusäiliöitä käytetään pumppaamoissa tai laitekaivoina, mutta niiden merkitys muihin kaivoihin verrattuna on vähäinen. Viemärilinjoilla tarkastuskaivoja asennetaan noin 50 m välein, jotta niistä voidaan suorittaa mahdollisia huoltotoimenpiteitä. Lisäksi viemärien suunnanmuutokset tehdään yleensä tarkastuskaivoissa. Kaivoihin tehtävät liitokset tehdään yleensä kumitiivisteillä.

Talousvesiverkostoissa kaivoja käytetään lähinnä ilmaventtiilien, paineenkorottamoiden, mittausasemien tai muiden laitteiden laitekaivoina. Nämä edellä mainitut ovat yleensä suurempia kaivoja, jotka on suunniteltu niin, että niissä voidaan suorittaa huoltotoimenpiteitä.

Kaivojen materiaaliominaisuudet vastaavat pitkälti putkien ominaisuuksia, joten kaivojen ympärystäyttö tulisi tiivistää ja tehdä samoista materiaaleista kuin putkien alkutäyttö. Kaivoissa on aina yhteys maanpintaan kannen kautta, minkä vuoksi kaivo voikin sijaita usean erilaisen maa- tai rakennekerroksen ympäröimänä riippuen kaivon syvyydestä.

3.3 Venttiilit, liitokset, yms.

Venttiilit

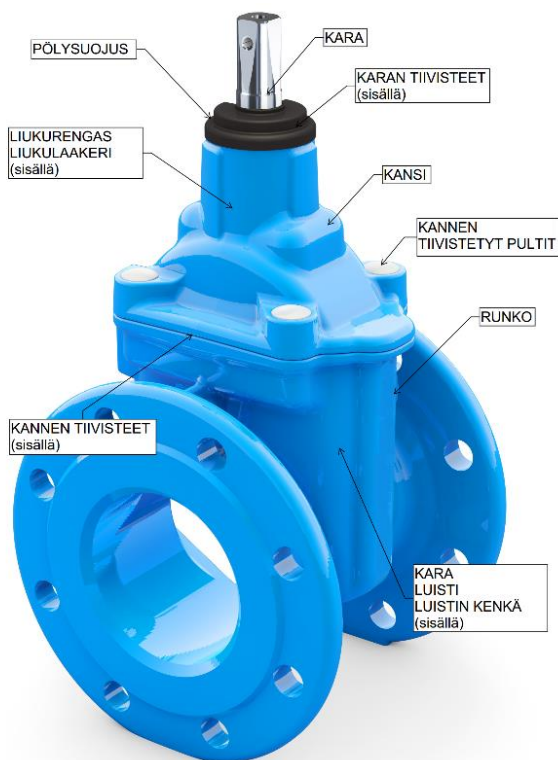
Vesihuoltoverkostojen hallintaan käytetään useita erilaisia venttiileitä. Näitä voivat olla mm. sulkuventtiili, ilmaventtiili, takaiskuventtiili ja paineensäätöventtiili. Vesihuoltoverkostoissa yleisin venttiilityyppi on kumiluistiventtiili (kuva 3.4). Suuremmissa runkolinjoissa voi esiintyä myös läppäventtiilejä. Osa näistä venttiileistä ja laitteista, kuten ilmaventtiilit asennetaan laitekaivoon, eivätkä ne ole suorassa kosketuksessa maa-ainesten tai UUMA-materiaalien kanssa.

Sulkuventtiilit asennetaan pääsääntöisesti maaperään, joten UUMA-materiaalien kanssa yhteensopivuutta arvioitaessa, ne ovat yleisin vastaan tuleva venttiilityyppi. Venttiilit koostuvat useista eri osista ja materiaaleista, jotka on suunniteltu kestämään korroosiota erilaisissa maaperissä. Kun mietitään soveltuvuutta UUMA-materiaalien yhteydessä, ensisijaisesti tulee tarkastella maaperän kanssa kosketuksissa olevia sulkuventtiilin osia. Venttiilin rungon sisältä löytyy osana luistimekanismia pienempiä osia, jotka eivät ole kosketuksissa rungon ulkopuolisiin maa-aineksiin.

Venttiilien osia ovat mm. runko, liittimet, tiivisteet, kara ja karanjatko, luisti, laakeri, kansi ja kannen kiinnitykseen käytetyt pultit. Alla on esitetty tyypillisessä venttiilissä esiintyviä materiaaleja. On kuitenkin huomioitava, että osissa voi olla valmistajakohtaisia eroja.

- Runko: valurauta, jauhemaalattu epoksinnoitus
- Kannen liitosuran sisäiset ja ulkoiset tiivisteet: EPDM, PE
- Kannen upotetut ja tiivistetyt pultit: ruostumaton teräs
- Kara: haponkestävä teräs, ruostumaton teräs
- Karan tiivisteet: PE, EPDM, NBR, messinki
- Karajatko: ruostumaton teräs, PE, galvanoitu teräs

Tonttiliitosten sulkuventtiileissä voi esiintyä enemmän vaihtelua materiaaleissa. Esimerkiksi pienemmät talosulkuventtiilien rungot voivat olla valmistettu muovista kuten POM (polyoksimetyyleeni, polyasetaali) tai sinkinkadon kestävästä messingistä.



Kuva 3.4 Tyypillinen kumiluistiventtiili ja sen osat.

Liitokset yms. varusteet

Vesijohtojen liitoksissa nykyiseen verkostoon tai eri putkimateriaalien välillä käytetään erilaisia mekaanisia liittimiä. Liittimet koostuvat venttiilien tapaan useista komponenteista ja materiaaleista. Liittimet koostuvat tyypillisesti rungosta, laippaliitoksesta, muhviliitoksesta, kumitiivisteistä, pulteista, kiristettävistä liitospulteista ja lukittavan liitoksen hammasrenkaasta. Alla on esitetty esimerkkejä liittimien pääkomponenteista ja niissä käytettyjä materiaaleja. On kuitenkin huomioitava, että komponenteissa on valmistajakohtaisia eroja.

- Runko ja kiristysrenkas: valurauta, jauhemaalattu epoksinnoitus
- Kiristysrenkaan kiila elementti: muovi, POM
- Pultit ja mutterit: molybdeenipinnoitettu ruostumaton teräs
- Keskitysholkki: muovi, PE
- Tukiholkki: ruostumaton teräs
- Tiivisteet: kumi, EPDM
- Tartuntahampaat: ruostumaton teräs, messinki

Muita UUMA materiaalien kannalta merkittäviä vesihuollon varusteita voivat olla esimerkiksi paloposit, korjauspannat ja liitossatulat. Näissä kaikissa on oleellista arvioida millaisessa maaperä ympäristössä komponentit sijaitsevat ja millaisten UUMA materiaalien, ja niissä mahdollisesti esiintyvien aineiden kanssa ne tulevat kosketuksiin. Taulukkoon 3.1 on kerätty vesihuollon varusteita ja komponentteja sekä niissä tyypillisesti esiintyviä materiaaleja. Taulukon koostamiseen on käytetty varusteiden valmistajien ja ”Talousveden kanssa kosketuksissa olevat verkostomateriaalit” (Kekki et al. 2007) julkaisusta koottuja tietoja.

Taulukko 3.1 Vesihuollon varusteissa ja niiden osissa tyypillisesti esiintyviä materiaaleja.

Varuste	Materiaali
Venttiilit ja niiden osat	messinki, pallografiittivalurauta, ruostumaton teräs, epoksimuovi EP, polyamidi PA, polyasetaaali POM, polytetrafluorietyleni PTFE, eteenipropeenikumi EPDM, fluorikumi FE, luonnonkumi NR, nitrilikummi NBR, styreenibutadieenikumi SBR, polyeteeni PEH
Liittimet ja niiden osat	alumiini, pallografiittivalurauta, messinki, kupari, ruostumaton teräs, epoksimuovi EP, polyamidi PA, polyasetaaali POM, polypropeeni PP, polyeteeni PEH, polyvinyylikloridi PVC, polytetrafluorietyleni PTFE, eteenipropeenikumi EPDM, fluorikumi FE, luonnonkumi NR, nitrilikummi NBR, styreenibutadieenikumi SBR, polyeteeni PEH
Palopostit	polyeteeni PEH, polyuretaani PUR, pallografiittivalurauta, ruostumaton teräs, alumiini, messinki, ABS-muovi
Satulat ja korjausmuhvit, muhvilukot	pallografiittivalurauta, epoksimuovi EP, ruostumaton teräs, eteenipropeenikumi EPDM, nitrilikummi NBR, messinki, sinkitty valurauta
Pultit, mutterit, aluslevyt	sinkitty teräs, haponkestävä teräs

3.4 Tiivisteet

Vesihuoltoverkostojen varusteissa ja putkiliitoksissa käytetään ja tarvitaan erilaisia tiivisteitä. Tiivisteiden tärkein tehtävä on eristää kuljetettava aine ympäristöstään ja estää haitallisten aineiden läpäisy. Niiden ei myöskään tulisi reagoida muiden aineiden kanssa niin, että niistä pääsisi liukenemaan haitallisia pitoisuuksia talousveteen. Tiivisteiden pinta-ala verkostossa on pieni suhteessa muihin rakennusosiin, mutta niiden merkitys talousveden laatuun on kuitenkin merkittävä (Kekki et al., 2007).

Yleisimmin käytetyt tiivistemateriaalit jakeluverkostoissa ovat EPDM ja NBR. Materiaalien ominaisuudet vastaavat hyvin toisiaan, mutta NBR-kumin kaasutiiveys ja öljyjen kestävyys on EPDM-kumiin verrattuna paremmat. EPDM-tiivisteiden etuna talousvesiverkostoissa on niiden parempi kloorin kestävyys ja siksi näille tiivisteille löytyykin yleisimmin juomavesihyväksyntä. NBR-tiivisteitä löytyy myös juomavesihyväksynnällä, mutta niiden huonomman kloorinkestävyyden vuoksi niitä ei ensisijaisesti käytetä juomavesiverkostoissa.

3.5 Kaukolämpö ja kaasuputket

Kaukolämpö- ja kaasuputkissa esiintyvät materiaalit vastaavat tyypillisesti vesihuoltoverkostoissa esiintyviä materiaaleja, mutta niissä johdettavien aineiden ominaisuuksien vuoksi, ne tyypillisesti voidaan asentaa matalampaan peittosyvyyteen (0,5–1,5 m maanpinnasta) ilman pelkoa jäätymisestä. UUMA-materiaaleja käytetään tyypillisesti päällysrakenteessa tai pengertäytössä 0,5-1,5 m syvyydellä eli syvyydessä, jossa myös kaasu- ja kaukolämpöjohdotkin sijaitsevat. Useiden UUMA-materiaalien lämmönjohtavuus on alhainen eli ne toimivat lämmöneristeinä.

Kaasuputkille löytyy omat ISO-standardit, mutta kaukolämpöputkina tulisi käyttää Energiategollisuus ry:n suosituksen mukaisia, tekniset vaatimukset täyttäviä putkia materiaaleja. Kaukolämpö- ja kaasuputkissa materiaalivahvuudet voivat erota vesihuoltoverkostoista korkeamman käyttöpaineen vuoksi.

Kaukolämpö

Nykyiset kaukolämpöputket ovat pääsääntöisesti kiinnivaahdotettuja putkia, jotka muodostuvat teräksisestä virtausputkesta, PUR lämpöeristeestä ja PE-suojakuoresta. Putket tulevat valmiina määrittäisinä putkiosina, jotka liitetään hitsaamalla toisiinsa. Hitsatut liitokset suojataan lämpöeristeellä ja esim. galvanoidulla teräspellillä tai muoviputkella.

Kaasuputket

Kaasuputkissa käytettävät materiaalit ja ominaisuudet vastaavat pitkälti vesihuoltoverkostoissa käytettävien paineellisten PE- ja teräsputkien ominaisuuksia. InfraRYL:n mukaan maakaasuputkien siirtoputkistojen tulee olla hitsattuja tai saumattomia paineenalaiseen käyttöön tarkoitettuja

teräsputkia. Teräksen tulisi olla tiivistettyä teräslaatua. Teräksiset siirto- ja jakelujohdot suojataan ensisijaisesti PE-pinnoitteella. Jakelujohtoina voidaan käyttää myös PE-putkia, jolloin putkien tulee olla saumattomia keskikovasta tai kovasta polyeteenistä valmistettuja maakaasukäyttöön tarkoitettuja putkia ja niiden osia. Muoviputkien suurin sallittu käyttöpaine on materiaalista ja kohteesta riippuen joko 4 tai 8 bar. Kaasuputken liitosmenetelmät vastaavat pitkälti paineellisten PE-vesihuollon putkien liitosmenetelmiä, mutta liittimien ja muiden tarvikkeiden tulee olla maakaasukäyttöön tarkoitettuja.

3.6 Energiansiirron ja tietoliikenteen johdot, kaapelit ja suojaputket

Kaapelien suojaputkina käytettävät yleisimmät materiaalit ovat PE- ja PVC-muovi. Suojaputkina käytettävät materiaalit ja ominaisuudet vastaavat pitkälti vesihuoltoverkostoissa käytettävien paineellisten PE- ja PVC-putkien materiaalia. PVC-putkien lujuusluokat A ja B vastaavat 8 kN/m² ja 16 kN/m² rengasjäykkyyttä. Suojaputkien ja niiden liitosten tulisi olla vesitiiviitä, mutta joissakin tapauksissa voidaan käyttää myös kaapelinsuojakouruja.

Suurjännitteisessä maakaapelissa on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, että kaivannon täytössä käytettävän maa-aineksen lämmönjohtavuus on riittävän suuri (Finngrid 2022). Tämä rajoittaa useiden uusiomateriaalien käyttämistä kaivantojen täyttömateriaalina.

3.7 Liikennettä ohjaavat ja tukevat varusteet ja laitteet

Tierakenteeseen liittyy runsaasti liikenteen hallinnan järjestelmiä ja laitteita sekä erilaisia turvajärjestelmiä, joiden maanalainen osa käsittää lähinnä kaapeleita ja niiden suojaputkia. Liikennettä ohjaavia järjestelmiä ovat myös liikennevalot, puomit, opasteet ja muut laitteet ja järjestelmät, joiden osat voivat sijaita maanpinnan alapuolella uusiomaarakenteessa. Lähtökohtaisesti näiden rakenteiden osalta menetellään vastaavasti kuin edellä esitetyissä kappaleissa on kuvattu eri materiaaleille.

4. UUMA-MATERIAALIEN VAIKUTUKSET YMPÄRISTÖÖN JA IHMISIIN

4.1 Hyödyntämisperuste

Ympäristölupa

Jätteen luokiteltu uusiomateriaali tarvitsee lähtökohtaisesti ympäristöluvan, jotta sitä voidaan hyödyntää maarakentamisessa. Ympäristöluvan myöntää joko kunnan ympäristöviranomainen tai AVI. Jätteen käsittelyssä ympäristöluvan myöntäjä riippuu jätteestä ja käsiteltävästä määrästä taulukon 4.1 mukaan.

Taulukko 4.1 Ympäristöluvan myöntävä viranomainen jätteen luokiteltujen uusiomateriaalien käsittelyssä silloin, kun materiaali tai kohde ei ole MARA-asetuksen mukainen. (VNa 2014)

Käsiteltävä jäte	Luvan myöntäjä
Pilaantumattoman maa-ainesjätteen, betoni-, tiili- tai asfalttijätteen tai pysyvän jätteen muu käsittely kuin sijoittaminen kaatopaikalle	<ul style="list-style-type: none"> Kunnan ympäristöviranomainen, kun käsiteltävä jätemäärä <50 000 tonnia vuodessa AVI, jos >50 000 t/a
Muiden tavanomaiseksi jätteen luokiteltujen uusiomateriaalien käsittely pl. sijoittaminen kaatopaikalle	<ul style="list-style-type: none"> Kunnan ympäristöviranomainen, kun käsiteltävä jätemäärä <20 000 tonnia vuodessa AVI, jos >20 000 t/a

MARA-asetus

Ympäristöluvan vaatimuksesta jätteen hyödyntämisessä voidaan poiketa, kun toimitaan MARA-asetuksen mukaisesti (Valtioneuvoston asetus eräiden jätteen hyödyntämisestä maarakentamisessa VNa 843/2017). Asetuksen määrittämien edellytykset, joiden täyttyessä ei ympäristösuojelulain VNa 527/2014 mukaista ympäristölupaa tarvita. Asetuksessa on määritelty raja-arvot hyödynnettävien jätteen sisältämille haitta-aineiden pitoisuuksille ja liukoisuuksille hyödyntämiskohteittain peitetynä tai päällystettynä. Asetuksessa määrittämien myös menetelmät, kuinka jätteen ympäristökelpoisuus ja niiden haitta-aineiden pitoisuudet tulee selvittää. Ympäristöministeriö (2019) on laatinut soveltamisohjeen selkeyttämään asetuksen käytännön tulkintaa.

MARA-asetusta voidaan soveltaa vain kohteissa, joissa jätteen hyödyntäminen on suunnitelmallista eli maarakentamiskohteissa, jotka toteutettaisiin, vaikka hyödyntämiseen soveltuvaa jättemateriaalia ei olisi tarjolla. Asetusta ei sovelleta kohteissa, joissa ensisijainen tarkoitus on jättemateriaalien loppusijoitus, eikä 1- tai 2-luokan pohjavesialueilla. MARA-asetuksen piiriin kuuluvia uusiomateriaaleja ovat:

- asfalttimurske ja -rouhe
- betonimurske sekä kevytbetoni- ja kevytsorajätteet
- kalkit (teollisuudessa syntyviä osittain tai kokonaan palaneita kalkkijätteitä)
- kivihiihen, turpeen ja puuperäisen aineksen lento- ja pohjatuhkat ja leijupetihiekka (pohjahiekka)
- kokonaiset renkaat ja rengasrouhe
- käsitelty jätteenpolton kuona
- tiilimurske ja
- valimohiekat

MARA-asetuksen piiriin kuuluville materiaaleille on asetettu MARA-asetuksessa haitta-aineiden raja-arvojen lisäksi hyödynnettävää jätettä koskevat seuraavat laatuvaatimukset (YM 2017):

- hyödynnettävän jätteen on täytettävä maarakentamiskohteen rakennusosien tekniset ja toiminnalliset vaatimukset, jotka on annettu säädöksissä, niitä täydentävissä määräyksissä ja ohjeissa sekä hankkeen rakennuttajan edellyttämässä kohdekohtaisissa suunnitelmissa;
- betoni- tai tiilimurske saa sisältää enintään yhden painoprosentin siihen kuulumatonta vedessä kellumatonta ainesta, kuten puuta, kumia tai metallia. Lisäksi betoni- tai tiilimurskeessa saa olla enintään 10 cm³/kg vettä kevyempiä materiaaleja, kuten muovia ja eristemateriaaleja. Betonijäte saa sisältää lisäksi enintään 30 paino-% tiili- ja kaakelijätettä;
- tiilijäte saa sisältää enintään 40 paino-% laastia ja 30 paino-% betonia;
- turpeen- ja puuperäisen aineksen polton tuhkien hyödyntämisessä on huomioitava rakennusmateriaalien ja tuhkien radioaktiivisuuteen liittyvät rajoitukset, jotka on annettu voimassa olevassa Säteilyturvakeskuksen ohjeessa;
- tuhkamursketiehen käytettävän tuhkan määrä ei saa ylittää 30 paino-% käytetyn tuhkan ja kiviainesmurskeen seoksessa;
- käsitellyn jätteenpolton kuonan suurin sallittu raekoko on 50 mm, betoni-, kevytbetoni ja asfalttijätteen 90 mm ja tiilijätteen 150 mm. Suunnitelmissa voidaan luonnollisesti asettaa vaatimus pienemmälle raekoolle.

Asetusta sovelletaan myös asetuksen mukaisesti hyödynnetyn ja rakenteesta poistetun jätteen hyödyntämiseen uudelleen asetuksen mukaisessa maarakentamisessa.

Koeluontoinen toiminta

Koeluontoinen lyhytaikainen toiminta on vapautettu ympäristöluvan tarpeesta (YSL 31 §). Koeluontoisesta toiminnasta on tehtävä ilmoitus lupaviranomaiselle, joka on toimivaltainen ratkaisemaan toimintaa koskevan luvan. (119 §). Koetoiminta voi liittyä esim. teknisen toteutuksen kokeiluun.

Pienimuotoinen hyödyntäminen

Jätteiksi luokiteltujen uusiomateriaalien hyödyntämisen ympäristöluvanvaraisuuteen on MARA-asetuksen lisäksi toinen poikkeus, jätteen pienimuotoinen hyödyntäminen. Pienimuotoinen hyödyntäminen tarkoittaa jätteen hyödyntämistä tai käsittelyä ilman että se on laitosmaista tai am-mattimaista esimerkiksi yksityishenkilöiden omassa maarakentamisessa. Pienimuotoisen hyödyntämisen yläraja on yleensä 100-1000 tonnia jätejakeesta riippuen ja hyödyntämisen tulee tapahtua pohjavesialueiden ulkopuolella. Luvan pienimuotoiselle hyödyntämiselle antaa tapauskohtaisen harkinnan perusteella kunnan ympäristösuojeluviranomainen. Hyödyntämisestä on tehtävä ilmoitus ympäristölautakuntaan. Hyödynnettäessä jätteeksi luokiteltuja uusiomateriaaleja pienimuotoisesti, voivat tekniset vaatimukset, kuten betonimurskeen palakoko, poiketa esimerkiksi MARA-asetuksen vaatimuksista.

Sivutuotteiksi luokitellut uusiomateriaalit

Teollisuuden prosesseissa syntyville uusiomateriaaleina käytettäville jäännösmateriaaleille on voitu hakea sivutuotestatusta jätelain 646/2011 mukaisesti, jos laissa annetut kriteerit täyttyvät. Sivutuote rinnastetaan mihin tahansa tuotteeseen ja se kuuluu kyseistä tuotetta säätelevien tuotesäädösten piiriin. Sivutuotetta ei siis luokitella enää jätteeksi. Sivutuotteiksi luokiteltuja uusiomateriaaleja

ovat mm: Ferrokromikuona (OKTO-tuotteet), Kalsiitin rikastushiekka (Nordkalk FS), ja Masuuni-hiekka.

Uusiomateriaalin jätestatuksen päätyminen (EoW / EEJ -menettely)

End of waste (EoW) / Ei enää Jätettä (EEJ) -menettely tarkoittaa, että jäte on hyödyntämistoimien (mukaan lukien kierrätys) seurauksena lakannut olemasta jätettä eikä siihen näin ollen enää sovelleta jätelain säännöksiä. Jäteominaisuuden päättymisen arviointiperusteina voidaan käyttää tapauskohtaisessa harkinnassa EU:n jätedirektiivin 2008/98/EY ja jätelain (646/2011) 5.4§:n mukaisia arviointiperusteita, ellei toimintaa koskevia säädöksiä ole erikseen annettu. Jos kyseessä olevasta jätteestä on annettu velvoittavia päätöksiä (joko EU- tai kansalliset säädökset), tapauskohtaista harkintaa ei voida soveltaa. (YM 2020) Mikäli materiaalin jäteluokitus päättyy, se siirtyy jätelainsäädännön piiristä tuotelainsäädännön piiriin, ja sen tulee täyttää muut kyseiselle tuotteelle tai materiaalille asetetut lainsäädännön mukaiset vaatimukset. Näitä ovat muun muassa REACH-asetus sekä rakennustuote- ja lannoitelainsäädäntö.

Kansallinen EEJ-säädös voidaan luoda jätteelle, jonka hyödyntäminen ei välttämättä ole koko EU:n alueella merkittävää, mutta kyseisessä valtiossa jätteen hyödyntäminen on laajamittaista ja tunnettua. Kansallisen säädöksen on kuitenkin noudatettava EU-säädöksessä kuvattuja edellytyksiä, vaikka kansallisilla säädöksillä ei ole vaikutuksia EU:n sisämarkkinoihin. (Turusen alustus 8.5.2019/Häkkinen 2019) Joissakin Euroopan maissa (Alankomaat, Belgia (Flander), Itävalta ja Yhdistynyt kuningaskunta (Englanti, Wales ja Pohjois-Irlandi)) on säädetty kansallisesti betonijätteen jätteeksi luokittelun päättymistä koskevista arviointiperusteista (YM 2020).

Suomessa on annettu ensimmäinen kansallinen asetus jäteluokittelun päättymisestä, kun valtioneuvosto hyväksyi kesäkuussa asetuksen, jossa määritellään arviointiperusteet sille, miten jätteeksi luokiteltu betoni lakkaa olemasta jätettä eli voidaan määritellä uudelleen tuotteeksi. Tätä "ei enää jätettä -betonia" eli EEJ-betonia voidaan käyttää kuin mitä tahansa kiviaineista. Hyväksytyt asetus sisältää säännökset betonijätteen käsittelyvaatimuksista sekä betonimurskeen hyväksytyistä käyttötarkoituksista ja käyttötarkoituksikohtaisista laatuvaatimuksista. Ympäristöriskien estämiseksi asetuksessa asetetaan betonimurskeen haitta-aineille tiukat raja-arvot ja raaka-aineen laadunvalvontavelvoitteet. Tarkoituksena on varmistaa mm. pinta- ja pohjavesien suojelu. Asetuksessa esitetyt haitta-aineiden suurimmat sallitut liukoisuudet (VNa 2020) ovat selvästi pienemmät kuin MARA-asetuksen mukaiselle betonimurskeelle, jonka käyttö on rajoitettu vain MARA-asetuksen mukaisiin kohteisiin. Asetus EEJ-betonin jäteluokittelun päättymisestä astui voimaan 1.9.2022.

Uusiomateriaalien tuotteistaminen

Jätteeksi ja sivutuotteeksi luokiteltuja sekä EoW menettelyn läpi käyneitä uusiomateriaaleja voidaan tuotteistaa. Uusiomateriaali voi myös olla jo lähtökohtaisesti tuote (esim. vaahtolasimurske). Tuotteistaminen on määritelty uusiomateriaalien tuotteistamisohjeessa seuraavasti (Koivisto et al. 2016): "Tuotteistaminen on tavaran tai palvelun vakioimista sisäänpäin eli valmistamiseen (tuote on aina samanlainen tuotannossa/laadussa) ja ulospäin eli asiakkaalle (tuote on aina samanlainen käytössä)." Tuotteistamisella pyritään siis vakioimaan materiaalin tekninen laatu ja ympäristökelpoisuus niin, että sen hyödyntäminen olisi mahdollisimman helppoa.

Tuotteistamista ohjaava lainsäädäntö määräytyy uusiomateriaalin jätestatuksen mukaan: EoW ja sivutuotteet noudattavat tuotelainsäädäntöä kuten REACH ja CLP-asetus (EU 2006; EU 2008), kun taas jättemateriaalit noudattavat jätteille annettua lainsäädäntöä kuten jätelaki tai MARA-asetus (VNa 2017; jätelaki 2011). Harmonisoidun tuotestandardin soveltamisalaan kuuluvat jättemateriaalit, kuten kuonat ja betonimurske, ovat sekä tuotelainsäädännön että jätelainsäädännön piirissä. Maarakentamisessa käytettäviä tuotteistettuja uusiomateriaaleja ovat mm: vaahtolasimurske (tuote), ferrokromikuona (sivutuote), kalsiitin rikastushiekka (sivutuote), masuunihiekka (sivutuote) ja betonimurske (MARA- tai EEJ-asetus).

4.2 MARA- ja MASA-asetuksissa esitetyt raja-arvot ja niiden perusteet

MARA

MARA-asetuksen mukaisesti hyödynnettävien uusiomateriaalien suurin sallittu haitallisten aineiden liukoisuus, pitoisuus ja kerrospaksuus maarakentamiskohteissa on esitetty liitteessä 3. Liitteessä esitettyjen haitallisten aineiden raja-arvojen perustana on laskennallinen tarkastelu, jossa on määritetty laskennallisesti riskiperusteiset viitearvot eli jätteen hyödyntämisestä eri maarakentamis-

kohteissa aiheutuva riski pohja- ja pintaveden laadulle. Laskenta on tehty yleisellä tasolla, yksinkertaisiin oletuksiin ja laskentamenetelmiin perustuen, huomioiden myös asetuksen soveltamisalan ulosrajaukset sekä jätteen hyödyntämistä ja laadunhallintaa koskevat vaatimukset. Laskennallisen tarkastelun lisäksi raja-arvojen asettamisessa on hyödynnetty päätösanalyysiä, mistä syystä lopulliset raja-arvot eivät vastaa suoraan laskennan tuloksia. Ylärajaksi liukoisuusraja-arvoille on valittu päätösanalyysiin perustuen tavanomaisen jätteen kaatopaikkakelpoisuuden raja-arvo, vaikka laskennallinen eli riskiperusteinen arvo olisi ollut tätä suurempi. (YM 2019)

Suomen ympäristökeskuksen MARA-asetusvalmistelun yhteydessä laskemien uusien riskiperusteisten ympäristökelpoisuuden viitearvojen lähtökohtana ovat yhtäältä tyypilliset maarakenteet, joissa jätteitä hyödynnetään ja toisaalta pohjaveden suojelu ja käyttö talousvetenä. Edellä mainitut rakennetyypit on jaettu neljään perusluokkaan: tiet, kentät, vallit ja maa-ainesten stabilointi. Pohjavesivaikutusten sallittu enimmäistaso on kytketty talousveden laatuvaatimuksiin ja -suositukseen (STMa 1352/2015) sekä joidenkin haitta-aineiden osin Maailman terveysjärjestön tuoreisiin terveysriskin arviointeihin. Asetuksen rakennetyyppikohtaiset raja-arvot eri haitta-aineille on muodostettu laskennallisen tarkastelun pohjalta. Riskiperusteisten, laskennallisten viitearvojen lisäksi lopullisten rakenne- ja haitta-ainekohtaisten raja-arvojen asettamisessa on käytetty tavanomaisen jätteen raja-arvoja. (YM 2017)

Laskennallinen tarkastelu on muodostunut kolmesta elementistä. Haitta-aineen liukeneminen jätemateriaalista rakenteen läpi suotautuvaan sade- ja sulamisveteen, haitta-aineiden kulkeutuminen vajoveden mukana pohjaveden pintaan ja edelleen pohjaveden mukana. Rakenteen alapinnan laskennallisena etäisyytenä pohjaveden pintaan on käytetty yhtä (1) metriä ja pohjaveden laadun tarkastelupisteenä 20 metriä rakenteen reunasta. Jäte sijoitettaisiin rakenteeseen pääasiassa peitettynä tai päällystettynä. Poikkeuksena tästä pääsäännöstä olisi metsäautotien pintarakenteessa käytettävä tuhkan ja murskeen seos, joka muodostaa tiiviin pinnan, sekä väylien ja kenttien pintarakenteessa käytettävä asfalttimurske ja -rouhe. (YM 2017)

Asetus on valmisteltu virkatyönä ympäristöministeriössä. Valmistelun tueksi teetettiin Suomen ympäristökeskuksessa selvitykset uusien jätemateriaalien soveltuvuudesta asetuksen mukaiseen maarakennuskäyttöön sekä ympäristökelpoisuuden uudistamisesta. Lisäksi metsäteollisuuden eräiden jättejakeiden ympäristökelpoisuudesta on teetetty erillinen selvitys ns. vihreän talouden hankkeena. (YM 2017)

MASA

MASA-asetuksen valmistelu on tämän oppaan kirjoitusajanhetkellä käynnissä. Asetuksessa säädetäisiin ympäristönsuojelulain 32 §:n 2 momentissa tarkoitetuista ympäristönsuojeluväitöistä, joiden täyttyessä maa-ainesjätteen hyödyntämiseen maarakentamisessa ja siihen kuuluvaan jätteen välivarastointiin ei tarvittaisi ympäristölupaa, vaan toimintaa voitaisiin harjoittaa valtion valvontaviranomaiselle tehtävän rekisteröinti-ilmoituksen nojalla. Rekisteröinti-ilmoitusmenettelyllä sujuvoitettaisiin maa-ainesjätteen hyödyntämisen hallinnollisia menettelyjä ja osaltaan kevennettäisiin viranomaisten työtaakkaa, minkä lisäksi asetuksessa säädetyillä maa-ainesjätteen hyödyntämistä koskevilla vaatimuksilla varmistettaisiin, ettei toiminnasta aiheutuisi vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle pitkänkään ajan kuluessa.

MASA-asetusluonnoksessa on esitetty asetuksen soveltamisalaan kuuluvan erilaisia maa-ainesjätteitä, kuten maa- ja kiviainekset, ruoppausmassat sekä side- ja täyteaineilla kiinteytetyt maa-ainekset ja maa-aineksen kiinteytyksessä sideaineena käytettäviä jätteitä, kuten erilaiset tuhkat, kipsit ja kalkkijätteet. MASA-asetus on arvioitu valmistuvan vuoden 2025 aikana.

4.3 UUMA-materiaalien liukoisuudet ja pitoisuudet

MARA-asetuksessa esitetyt vaatimukset täyttävien UUMA-materiaalien liukoisuudet ja pitoisuudet ovat asetuksessa esitetyjä raja-arvoja pienemmät (VNa 843/2017). Seuraavien uusiomateriaalien ympäristöominaisuuksia on esitelty liitteessä 2:

- jätteenpolton käsitelty kuona
- lentotuhka, pohjatuhka ja pohjahiekka
- vaahtolasimurske
- rengasleike (rengasrouhe)
- ferrokromikuona (OKTO-tuotteet)
- valimohiekka
- sivukivet, kaivosteollisuus
- sivukivet, rakennuskiviteollisuus

- betonimurske
- tiilimurske
- hiekoitushiekka
- masuunihiekka ja -kuona
- puretun päällysrakenteen kiviaines, hiekka, yms. luonnonmateriaali
- puretun päällysrakenteen UUMA-materiaali

4.4 Vesijohdon seinämän läpäisemättömyys

Tässä tarkastellaan riskiä lopputäytössä käytetystä uusiomateriaalista mahdollisesti liunneen aineen diffuutoitumiselle vesijohdon, joka sijaitsee alkutäytössä, seinämän läpi. Alkutäyttö on luonnon kiviainesta. Uusiomateriaalin sisältämien aineiden pitoisuuksien oletetaan olevan enintään MARA-asetuksessa esitetyn mukaisia. Tässä ei tarkastella tapauksia, joissa putki asennetaan pilaantuneeseen maahan, jossa pilaantuneisuus voi olla esim. liuottimia. Uusiomateriaaleissa, jotka täyttävät MARA-asetuksessa esitetyt laatuvaatimukset, ei ole liuottimia.

Eri materiaalista valmistettujen vesijohtojen soveltuvuus uusiomateriaalista rakennetun lopputäytön alapuoliseen luonnon kiviainesalkutäyttöön on arvioitu taulukossa 4.2. Kyseessä on varovainen arvio. Taulukossa on käsitelty nykyisin käytössä olevia putkimateriaaleja. Vanhassa verkostossa voi olla käytössä putkia, joiden ominaisuudet, pinnoitteet tai muut suojaukset saattavat erota moderneista putkista. Putkimateriaalit on esitelty yksityiskohtaisemmin tekstissä taulukon jälkeen.

Sopivuus on arvioitu tarkasteltujen uusiomateriaalien sisältämien aineiden vesijohdon seinämän läpäisyriskin kannalta. Arviointi on kolmeportainen "+" \ "0" \ "-" = soveltuu \ mahdollisesti soveltuu \ ei sovellu ja "?" = ei tiedossa. Kaikki taulukossa esitetyt UUMA-materiaalit ovat teknisen toimivuuden, rakennettavuuden, aukikaivun ja työturvallisuuden kannalta soveliaita lopputäyttöön (rengasleike sovelias lähinnä puistoalueilla). Vaahtolasimurske, masuunihiekka ja OKTO-rakennustuotteet ovat ympäristölain kannalta vapaasti käytettävissä ja muut ovat MARA-materiaaleja tai EEJ-materiaaleja.

Taulukko 4.2 Eri materiaalista valmistetun vesijohdon soveltuvuus uusiomateriaalilopputäytön alapuoliseen alkutäyttöön vesijohdon seinämän läpäisyriski perusteella varovaisesti arvioituna. Merkinät: "+" \ "0" \ "-" = soveltuu \ mahdollisesti soveltuu \ ei sovellu ja "?" = ei tiedossa

Rak.osa + materiaali	UUMA-materiaali	JpKu	LT	PT LpHk	VaM (ke- venne)	RL (ke- venne)	BeM TiM	MaHk, MaKu	OKTO
Vesijohdot (putket)									
PE		0	0	0	+	0	0	+	+
PE diffuusiosuojattu		+	+	+	+	+	+	+	+
PVC ⁽¹⁾		0	0	0	+	0	0	+	+
Valurauta ⁽¹⁾		+	+	+	+	+	+	+	+
Teräs		+	+	+	+	+	+	+	+
Tiivisteet									
EPDM ⁽²⁾		0	0	0	0	0	0	0	0
NBR ⁽²⁾		0	0	0	0	0	0	0	0

JpKu = käsitelty jätteenpolton kuona

LT = lentotuhka kivihien poltosta

PT = pohjatuuhka

LpHk = pohjahiekka (leijupetihiekka)

VaM = vaahtolasimurske

OKTO = Ferrokromikuonamurske ja -hiekka (OKTO-tuotteet)

RL = rengasleike (rengasrouhe)

BeM = betonimurske

TiM = tiilimurske

MaHk = Masuunihiekka

MaKu = Masuunikuonamurske

1. Arvio perustuu putkimateriaalin diffuusioriskiin. Valurautaputkissa ja PVC-putkissa tulee huomioida myös kumitiivisteiden diffuusioriski.
2. Tiivisteiden läpäisyriskiä tulisi selvittää tarkemmin. Tässä arvio perustuu lähteessä Mao (2008) esitettyihin mainintoihin EPDM ja NBR-tiivisteiden diffuusiosta.

Polyeteeniputket (PE)

Erityisesti hiilivedyt ja orgaaniset klooriyhdisteet, joita voi esiintyä pilaantuneessa maassa, ovat todettu ongelmalliseksi PE-putkien kannalta. (Mao 2008).

PE-materiaalit eivät ole täysin diffuusiotiiviitä. Eri PE-laaduilla läpäisevyys vaihtelee muun muassa muovin tiheyden mukaan. Taulukon 4.2 arvio ”mahdollisesti soveltuu” PE-vesijohdoille perustuu siihen, että MARA-asetus sallii joitakin haitta-aineita, jotka voivat läpäistä tavanomaisen PE-materiaalin. Näiden osalta tulisi varmistaa putkimateriaalitoimittajan kanssa käytettävän materiaalin ja UUMA-materiaalin MARA-asetuksen mukaisten liukoisuuksien soveltuvuus. Mikäli UUMA-materiaalissa esiintyy PE-materiaalin ja diffuusion kannalta riskiä tuovia hiilivetyjä tai muita BETEX aineita, suositellaan käytettäväksi diffuusiosuojattua putkea tai vaihtoehtoista putkimateriaalia. Rengasleikkeessä ja vaahtolasimurskeessa ei tietävästi esiinny PE:lle riskialttiita haitta-aineita.

Muoviteollisuus ry:n laatiman julkaisun nro 42 (2021) mukaan on erittäin harvoja tapauksia, joissa vedessä on huomattu haju- ja makuvaikutuksia pilaantuneeseen maahan asennetun putken seinämän läpi tapahtuvan diffuusion takia. Harvat tapaukset ovat koskeneet lähinnä pieniä vanhoja matalatiheyksistä PEL-putkia. Korkeatiheyksisellä PEH-materiaalilla on huomattavasti korkeampi vastustuskyky diffuusiolle kuin PEL-materiaalilla. Aika aineen diffuusiolle putkiseinämän läpi on suorassa suhteessa putken seinämäpaksuuden neliöön. Eli suuremman halkaisijan ja paksumman seinämävahvuuden omaavilla runkoputkilla riski on huomattavasti pienempi. Lisäksi on hyvä todeta, että pilaantuneet maaperät ovat luokitukseltaan ja haitta-ainepitoisuuksiltaan täysin eri kuin esim. lopputäyttöön hyväksytty uusiomateriaali.

Muoviteollisuus ry:n mukaan on syytä käyttää diffuusiosuojattuja putkia, mikäli pieniä putkia asennetaan vahvasti pilaantuneeseen maaperään. Diffuusiosuojatut PE-putket koostuvat normaalista standardoidusta PE-putkesta, diffuusion estävästä kalvosta (esim. alumiini) sekä sen ympärille putken valmistuksen yhteydessä asennetusta suojakuoresta. Suojakuoren ja diffuusiosuojauksen materiaali ja paksuus voivat vaihdella valmistajasta riippuen. Taulukon 4.2 arvio ”soveltuu” diffuusiosuojatuille PE-vesijohdoille perustuu siihen, että tyypilliset diffuusiosuojatut putket estävät MARA-asetuksessa mainittujen haitta-aineiden läpäisyn putken seinämän läpi. Diffuusiosuojaukselle ei kuitenkaan ole kansainvälistä standardia, joten soveltuvuus on silti hyvä tarkastaa putkivalmistaja kohtaisesti.

Joidenkin kemikaalien läpäisevyyttä tavanomaisen PE-putken ja markkinoilla olevan diffuusiosuojatujen PE-putken välillä on vertailtu taulukossa 4.3. Taulukko on koostettu putkivalmistajan vastavasta taulukosta ja ei ole siten yleispätevä kaikille diffuusiosuojatuille putkille. Taulukon kemikaalit ovat Tanskassa tyypillisesti tutkittuja aineita pilaantuneessa maaperässä ja niiden hajoamistuotteita. Lisäksi niiden tiedetään helposti kulkeutuvan PE-materiaalin läpi.

PVC-putket

PVC-putkien molekyyli rakenne eroaa PE-materiaalista ja on siten läpäisemättömämpi, mutta joissakin poikkeuksellisissa olosuhteissa liuottimet voivat muuttaa PVC-materiaalin rakennetta niin, että putken läpäisevyys kasvaa (Mao, 2008). Tämän vuoksi PVC:lle on esitetty samat suositukset kuin PE:lle.

SG-valurautaputket

SG-valurauta on läpäisemätöntä materiaalia, jonka seinämää haju- tai makumolekyylit eivät läpäise. Valurautaputket soveltuvat lähtökohtaisesti diffuusionäkökulmasta hyvin, mutta putkien kumitiiviteissä tulee huomioida mahdollinen läpäisevyys tai yhteensopimattomuus. PIMA-alueilla putken liitokset, joissa on EPDM kumirengastiivisteet, liitokset suojataan esimerkiksi alumiinikalvolla ja lämpökutisteella. Samaa periaatetta suositellaan käytettävän, jos UUMA-materiaalissa esiintyy hiilivetyjä kuten öljyä tai muita BETEX yhdisteitä.

Valurautaputkissa tulee myös huomioida putken soveltuva pinnoitteen valinta ks. taulukko 5.4.

Teräspanputket

Teräspanputkissa yhdistyy PE-suojakuoren korroosiokestävyys ja teräksen läpäisemätön materiaali. Lisäksi teräspanputkissa käytetään tyypillisesti hitsattuja liitoksia, joten haitta-aineiden mahdollinen läpäisy kumitiivisteiden läpi ei ole rajoittava tekijä.

Taulukko 4.3 Joidenkin pilaantuneessa maassa esiintyvien kemikaalien läpäisevyyden vertailua tavanomaisen PE-putken ja markkinoilla olevan diffuusiosuojatun PE-putken välillä. Taulukko on koostettu putkivalmistajan vastaavasta taulukosta.

Kemikaali	PE	PE-diffuusiosuojattu (esimerkki)	Esimerkkejä käytöstä
tolueeni	läpäisee	ei läpäise	liuotin, puhdistusaine, raaka-aine (esim. polyuretaani)
trikloorietyleeni (TCE)	läpäisee	ei läpäise	liuotin, puhdistusaine metalleille, kemialliset pesulat
p-diklooribentseeni	läpäisee	ei läpäise	tetra- ja trikloorietyleenin hajojamistuote
2,2,4-trimetyylipentaani	ei tietoa	ei tietoa	-
vinyylidikloridi	läpäisee	ei läpäise	-
1,1-dikloorietyleeni	läpäisee	ei läpäise	-
trans-1,2-dikloorietyleeni	läpäisee	ei läpäise	-
cis-1,2-dikloorietyleeni	läpäisee	ei läpäise	-
tetrakloorietyleeni	läpäisee	ei läpäise	kuivapesuaine, metallipintojen puhdistus, värjäysaine
bentseeni	läpäisee	ei läpäise	liuotin, raaka-aine (monet teollisuudet)
etylibentseeni	läpäisee	ei läpäise	styreenin raaka-aine
ksyleeni	läpäisee	ei läpäise	liuotin, raaka-aine, polttoaine
1,2-dikloorietani	ei tietoa	ei läpäise	liuotin
dikloorimetaani	ei tietoa	ei läpäise	liuotin

Tiivisteet

Öljy-yhdisteiden kuten BETEX tiedetään läpäisevän helpommin EPDM-kumeja verrattuna NBR-kumeihin. Juomavesihyväksytyjä NBR-tiivisteitä voidaan käyttää putkissa, jotka asennetaan ympäristöön, jossa tiedetään olevan öljy tai muita BETEX-yhdisteitä. Lisäksi muhvit voidaan suojata alumiinikalvolla ja kutistesukalla, kuten pilaantuneiden maiden kohteissa tyypillisesti toimitaan. Taulukon 4.2 arvio "mahdollisesti soveltuu" perustuu UUMA-materiaalin MARA-asetuksen mukaisiin haitta-ainepitoisuuksiin.

Muut putket

Vesilaitosten putkimateriaaleina käytetään pääasiassa edellä esitettyjä materiaaleja. Rakennetuissa johdoissa on käytetty myös muita materiaaleja (esim. harmaavalurautaa ja asbestisementtiä) ja ne voivat tulla vastaan korjauskohteissa. UUMA-materiaalien yhteensopivuuden kannalta näiden merkitys on kuitenkin vähäinen, koska putket korvataan nykyaikaisilla putkimateriaaleilla. Mikäli vanhoja putkia jää lopputäytön alapuolelle, esim. vanhan käytössä olevan putken risteyskohdassa, tulee erikseen tarkastella vesijohdon läpäisyriskiä.

4.5 Uusiomateriaalien päätyminen vesijohtoverkostoon putkirikkojen tms. seurauksena

Uusiomateriaaleja käytetään vesijohtojen lopputäytössä, jolloin alapuolella sijaitsevan putken ympärillä on alkutäyttö luonnon kiviaineksesta. Vesijohdon rikkoutuessa paineellinen vesi leviää ympäristöön, mutta lienee mahdollista, että putken alkutäyttömateriaalia ja ehkä myös lopputäyttömateriaalia voisi päätyä vesijohtoon. Vesijohtoon päätenyt uusiomateriaali käyttäytyy vesijohdossa kuten luonnon kiviaines. Mikään tässä raportissa käsitelty uusiomateriaali ei ole myrkyllinen. Vähäisen määrän uusiomateriaalia vesijohdossa, jossa uusiomateriaalin mahdolliset haitta-aineet liukenevat suureen vesimäärään, terveysvaikutukset ovat merkityksettömiä.

Uusiomateriaalien kulkeutuminen vesijohtoverkostossa on riippuvainen myös materiaalin tiheydestä ja partikkelikoosta. Karkeajakoisemmat ja tiheydeltään suuremmat uusiomateriaalit, kuten betonimurske käyttäytyvät vastaavan rakeisuuden omaavien maa- ja kiviainesten tavoin verkostossa ja laskeutuvat hitaasti virtaavan putken pohjalle. Sen sijaan hienojakoiset tai tiheydeltään kevyemmät uusiomateriaalit kulkeutuvat vesijohtoverkostossa helpommin ja sakkautuvat hitaammin putken pohjalle. Etenkin hienojakoiset tuhkat voivat kulkeutua vesijohtoverkostossa pidemmälle.

Vahtolasimurskeen aiheuttamaa riskiä vesijohtoon päätyessään on arvioitu seuraavasti: *“Vahtolasimurske valmistetaan käsittelemällä puhdistettu lasinsiru teollisessa prosessissa. Lasinsiru jauheetaan alle 0,1 mm lasijauheeksi, johon sekoitetaan vaahdotusagenttia. Lasijauheessa ei ole teräviä särmiä eli sitä ei pidä sekoittaa ominaisuuksiltaan esim. lasinsiruihin tai lasimurskeeseen. Lasijauhe kuumennetaan noin +900 °C lämpötilaan, jossa se paisuu vaahdotusagentin (piikarbidin, SiC) ansiosta.”* (Ramboll 2018) Mikäli uusiomateriaalin vesijohtoon johdon rikon seurauksena päätyminen epäillään olevan mahdollinen riski vesijohtoveden käyttäjille, on uusiomateriaalin toimittajalla mahdollisuus esittää asiasta selvitys (vastaavasti kuin vahtolasimurskeen valmistaja on esittänyt HSY:lle).

4.6 Työterveysriskit verkoston rakentamisessa ja korjaustöissä

Tässä raportissa tarkastelluista uusiomateriaaleista käsitelty jätteenpolton kuona, vahtolasimurske, lentotuhka, pohjatuhka, pohjahiekka (leijupetihiekka), betonimurske ja tiilimurske ovat materiaaleina emäksisiä ja kuivana herkästi pölyäviä. Näin ollen niillä pätee toisiaan vastaavat työohjeet. Alla on esitetty esimerkkeinä betonimurskeelle, lentotuhkalle ja käsitellylle jätteenpolton kuonalle esitetyjä ohjeita käsittelyyn ja käyttöturvallisuuteen:

- Kuivan betonimurskeen pöly saattaa ärsyttää silmiä ja limakalvoja. Lisäksi se saattaa ärsyttää ihoa ja aiheuttaa ihon herkistymistä ja pitkäaikaisessa ihokosketuksessa ihon kuivumista ja halkeilua. Betonimursketta käsiteltäessä on vältettävä pitkäaikaista ihokosketusta ja tarvittaessa on käytettävä henkilökohtaisia suojaimia. (HSY 2023)
- Lentotuhkan pölyäminen ja korkea pH tulee huomioida työntekijöiden ja muun ympäristön turvallisuudessa. Korkea pH arvo saattaa vaurioittaa, ihoa, silmiä ja hengitysteitä. Rakentamisen helpottamiseksi sekä pölyämisen aiheuttamien terveysriskien vähentämiseksi lentotuhka kostutetaan ennen sen levittämistä. Rakentaminen suunnitellaan siten, että lentotuhka voidaan käyttää suoraan rakenteeseen, jolloin mahdollinen tuuli ei pääse levittämään varastokasalla olevaa lentotuhkaa. Mikäli kastelulla ei voida riittävästi estää pölyämistä, käytetään pölyltä suojaavia hengityssuojaimia. Tuhkamateriaalin toimittajan laatimasta käyttöturvallisuustiedotteesta löytyy lisätietoja ja ohjeita lentotuhkan turvallisesta käsittelystä. (Infra 062-710191 2018)
- Kuonarakentamisen työturvallisuusasiat esitetään hankkeen turvallisuusasiakirjassa. Kuonien pH on korkea ja ne ovat haitallisia silmille sekä voivat ärsyttää ihoa ja hengitysteitä. Näiltä tekijöiltä suojaudutaan henkilökohtaisten suojavarusteiden avulla. Kuonia käsiteltäessä on aina huomioitava pölyämisen riski. Mikäli kuonan pölyämistä ei voida riittävästi estää esimerkiksi kastelulla, käytetään pölyltä suojaavaa hengityssuojainta ja silmäsuojaimia. Materiaalitoimittaja toimittaa tarvittaessa tarkemmat ohjeet turvallisesta käytöstä. (RT 103552 2023)

Materiaalien haitta-aineettomuus työturvallisuuden kannalta tulee myös osoittaa. Alla esimerkkinä betonimursketta ja tuhkia koskevaa ohjeistusta:

- Betonimurskeen haitta-aineettomuuden varmistamiseksi raaka-aineksi vastaanottokeskuksiin ei oteta vastaan haitallisia aineita sisältäviä betoni- ja tiilijätteitä. Infra ry:n ohjeen mukaisesti purkukohteissa haitalliset ja vaaralliset aineet poistetaan ennen betonirakenteiden purkutöitä (haitallisia ja vaarallisia aineita ovat mm. asbesti, kreosootti, PCB- ja lyijy-yhdisteet). Kierrätyskeskuksiin toimitettavan betoni- ja tiilijätteen mukana on toimitettava siirtoasiakirja, joka sisältää Jätelain (646/2011, § 121) edellyttämät tiedot. (HSY 2023)
- Tuhkamateriaalien radioaktiivisuus tutkitaan ja siitä ilmoitetaan aktiivisuusindeksi I2 Säteilyturvakeskuksen ”ST 12.2. Rakennusmateriaalien ja tuhkan radioaktiivisuus” -ohjeen mukaisesti. Mikäli indeksi on yli 1, materiaalia voidaan yleensä edelleen käyttää, kunhan kerroksen päälle tulee riittävän paksu suojakerros. (Infra 062-710191 2018) Mikäli indeksin arvo on korkeintaan 1, tuhkan käytölle ei ole radioaktiivisuudesta johtuvia rajoituksia.

Säteilyturvakeskus (STUK) toteutti 2015-2017 laajan biotuhkaselvityksen, jossa analysoitiin tuhkatyypeittäin ja voimalaitoksittain tuhkan radioaktiivisuuspitoisuuksista määritettyjä aktiivisuusindeksejä, joiden avulla arvioidaan tuhkan käytön säteilyturvallisuutta. Tuhkan käsittelystä työntekijöille aiheutuvaa altistusta kuvaava aktiivisuusindeksin I4 raja-arvo alittui kaikissa tutkituissa lento-, pohja-, ja arinatuhkanäytteissä eli näiden tuhkanäytteiden mittausten pohjalta tuhkan käsittelylle ei

aseteta radioaktiivisuuden vuoksi rajoituksia. Biopolton tuhkien säteily on suurelta osin peräisin Tšernobylin ydinonnettomuuden aiheuttamasta laskeumasta. (Kämäräinen et al. 2018)

5. UUMA-MATERIAALIEN VAIKUTUKSET MUIHIN MATERIAALEIHIN

5.1 Maaperä korroosioympäristönä

Maanalaiset tekniset verkostot ovat aina alttiita korroosiolle tai turmeltumiselle. Uusiomateriaalien mahdollinen tai epäilty korroosiovaikutus tai turmeleva vaikutus tulee suhteuttaa siihen, millainen kohteen maaperä on korroosioympäristönä. Uusiomateriaaleilla voi olla positiivinen, neutraali tai negatiivinen vaikutus ko. olosuhteeseen uusiomateriaalin ominaisuuksista ja kohteen olosuhteista riippuen.

Taulukossa 5.1 on esitetty kootusti tekijöitä, jotka vaikuttavat maaperän syövyttävyyteen ja sen arviointiin. Asiaa on käsitelty laajemmin mm. Naparin diplomityössä (2016). Kuvaan on korostettu sinisellä ne tekijät, joihin uusiomateriaaleilla saattaa olla vaikutusta. Tällaisiksi tekijöiksi on tunnistettu uusiomateriaalin pH sekä sulfaatti- ja kloridipitoisuudet sekä niiden myötä kasvava sähkönjohtavuus. Myös joidenkin uusiomateriaalien sisältämät metallit ja epäpuhtaudet, kuten jäännöshiili saattavat aiheuttaa suorassa kontaktissa verkostojen metalliosien kanssa galvaanista korroosiosta. Uusiomateriaaleille tyypillinen pH-alue 8-12 on raudan korroosiota hidastava, mutta pH-arvon >10 on todettu vaikuttavan voimakkaasti alumiinin syöpymisnopeuteen sekä polyesterin turmeltumiseen ja käyttöiän vähentymiseen.

Taulukko 5.1. Maaperän syövyttävyyteen vaikuttavia tekijöitä ja tekijöiden vaikutus (Napari 2016). Sinisellä fontilla on korostettu joillekin uusiomateriaaleille tyypilliset tekijät – esim. useilla uusiomateriaaleilla pH on välillä 8-12 (taulukko 2.1) ja muutamassa uusiomateriaalissa, esim. rikinpoiston lopputuote, on korkea rikki-pitoisuus.

Tekijä	Vaikutus
Maaperän kosteus (vesipitoisuus)	Edellytys elektrolyysiliuoksen syntyyn. Maaperässä on aina kosteutta. Pohjaveden yläpuolella rakenteen kosteus riippuu kuivatuksesta ja materiaalin raekokojakaumasta. Hienorakeisemmissa materiaaleissa on tyypillisesti korkeampi vesipitoisuus, joka edistää korroosiota.
Lämpötila	Pääsääntöisesti nopeuttaa korroosiota. Maaperä on tyypillisesti viileä, mikä hidastaa korroosiota.
pH-arvo	Vaikutus vaihtelee verkoston materiaalikohtaisesti. Korkea pH voi olla syövyttävä alumiinille ja lyhentää polyesterin käyttöikä.
Veden- ja ilmanläpäisevyys	Edellytys hapen saannille. Myös sähkönjohtavuuteen ja vesipitoisuuteen välillinen vaikutus. Uusiomateriaalien veden- ja ilmanläpäisevyys ovat riippuvaisia raekokojakaumasta.
Happipitoisuus	Edellytys korroosiolle (pl. anaerobisten bakteerien toiminta). Uusiomateriaaleja käytetään tyypillisesti pysyvän pohjaveden pinnan yläpuolella, jolloin rakenteessa on käytännössä aina happea läsnä.
Redox-potentiaali	Määrittää onko ympäristö pelkistävä vai hapettava. Pelkistyspotentiaali kasvaa tyypillisesti pH:n kasvaessa.
Elektrolyyttipitoisuus tai sähkönjohtavuus	Vaikutus korroosionopeuteen. Sähkönjohtavuutta lisäävät ionit voivat osallistua myös suoraan korroosioon.
Sulfaatti- ja kloridipitoisuudet	Suoraan korroosiota aiheuttavat ja/tai välillisesti sähkönjohtavuutta lisäten
Hajavirrat ja bakteerien toiminta	Merkittävät paikalliset vaikutukset
Metallit ja epäpuhtaudet	Galvaanisen korroosion riski suorassa kontaktissa

5.2 Metallin korroosio ja syöpyminen sekä betonin ja muovin turmeltuminen

Metallin korroosio ja syöpyminen:

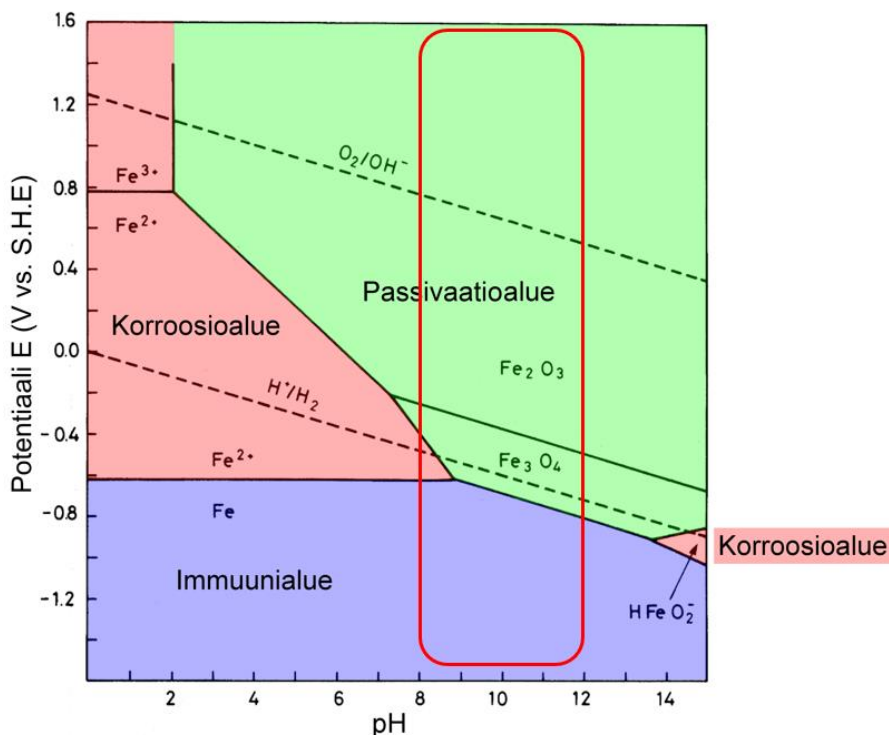
Korroosio (ilmiö) on metallin fysikaaliskemiallinen reaktio ympäristönsä kanssa, mikä aiheuttaa muutoksia metallin ominaisuuksiin ja mikä usein voi johtaa metallin, sen ympäristön tai teknisen järjestelmän vaurioihin. Reaktio on luonteeltaan tavallisesti sähkökemiallinen. Korroosiovaikutus on syöpyvän järjestelmän jonkin osan muutos, joka on aiheutunut korroosiosta. Korroosiovaurio on korroosiovaikutus, jonka katsotaan olevan haitallinen metallille, sen ympäristölle tai sille tekniselle järjestelmälle, johon ne kumpikin kuuluvat. Metallien sähkökemiallisen korroosion edellytyksenä on korroosioparin (katodi ja anodi) syntyminen kahden eri potentiaalil omaavan metallipinnan osan tai kahden metallin välille. Korroosioparin syntymisen edellytys on sähköä johtava elektrolyytti, joka on usein vesiliuos. (SKY 1988)

Sähkökemiallisen korroosion nopeuteen vaikuttavat useat tekijät (SKY 1988):

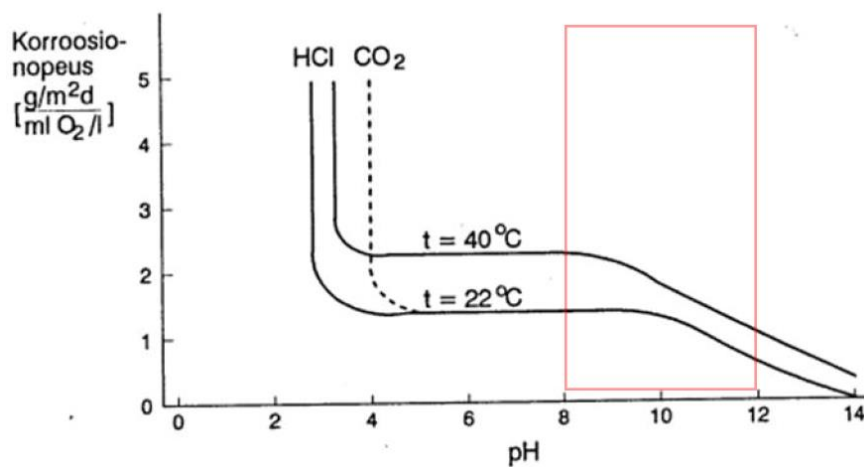
- Potentiaaliero anodin ja katodin välillä: mitä eriarvoisempia metallit ovat, sitä suurempi galvaaninen virta ja korroosio on seurauksena.
- Sähköinen vastus virtapiirissä: pienellä vastuksella on suuri korroosiota lisäävä vaikutus.
- Elektrolyytin sähkönjohtavuus: mitä ionipitoisempi liuos on, sitä helpommin galvaaninen virta voi kulkea.
- Elektrolyytin kemiallinen luonne: esim. raudan anodi- ja katodireaktiot ovat erilaisia riippuen liuoksen emäksisyydestä tai happamuudesta.
- Polarisaatio, joka on anodilla tai katodilla esiintyvä sähkökemiallista korroosiota hidastava ilmiö.
- Depolarisaatio, joka on polarisaatiolle käännteinen ilmiö. Esimerkiksi sekoitus heikentää polarisaatiota tasoittamalla konsentraatioeroja ja usein kiihdyttää galvaanista korroosiota. Depolaattorit puolestaan estävät suojakalvon muodostumisen elektrodille tai eliminoivat vetyylijännitteen yhtymällä katodille kerääntyvään vetyyn. Depolaattoreita ovat elektrolyyttiin liuenneet happi, hapettavat suolat ja hapot.
- Inhibiittorit, jotka jarruttavat galvaanista korroosiota vahvistamalla polarisaatiota tai heikentämällä depolarisaatiota.
- Passivaatio, joka kohottaa metallin elektrodipotentiaalia siirtäen sen asemaa jännitesarjassa. Passivoituminen tapahtuu, kun metallin pinnalle adsorboituu atomeja tai molekyyliä ilman, että syntyy varsinaisia kemiallisia yhdisteitä (normaalipotentiaali nousee) tai kun metallin pinnalle muodostuu kemiallisia yhdisteitä ilman, että elektrodipotentiaali nousee.

Pourbaix-diagrammilla havainnollistetaan metallin ja liuoksen välisen potentiaalieron (E/V vs. SHE) ja pH:n vaikutusta korroosioikäytymiseen, mutta ei korroosionopeuteen. Raudan pourbaix-diagrammin mukaan (kuva 5.1) rauta passivoituu, kun sen potentiaalia nostetaan tai kun pH-arvo on emäksisellä puolella. Passivoitumisessa korroosiotuotteet muodostavat metallipinnalle tiiviin ja yhtenäisen kerroksen, joka eristää metallin ympäristöstään ja hidastaa huomattavasti korroosiota. Kalvo on tavallisesti oksidikalvo, teräksellä Fe_2O_3 tai Fe_3O_4 . (SKY 1988) Tämän perusteella seostamattomat rautametallit (valurauta ja hiiliteräkset) ovat sähkökemiallisesti stabiileja, kun elektrolyytin eli metallin kanssa kosketuksessa olevan veden pH ylittää noin tason 8-9. Passivoituville metalleille on ominaista pistekorroosio. Suojakalvon vaurioituminen voi johtaa nopeaan pistemäiseen syöpymiseen. Emäksisissä vesissä suojakalvo muodostuu helpommin ja tiiviimmäksi kuin happamissa tai neutraaleissa vesissä. (SKY 1988)

Kuvassa 5.2 on esitetty teräksen korroosionopeus veden pH:n funktiona. Alkalisella alueella, kun $\text{pH} > 10$, teräksen pinnalle muodostuvan suojakalvon paksuus ja tiiviys rajoittavat hapen diffuusionopeutta ja siten hidastavat korroosionopeutta (SKY 1988).



Kuva 5.1. Raudan korroosipotentialikuvaaja (Napari 2016). Kuvaan on lisätty punaisella rajauksella uusiomateriaaleille tyypillinen pH-alue 8-12 (taulukko 2.1).



Kuva 5.2. Teräksen korroosionopeus veden pH:n funktiona (SKY 1988). Kuvaan on lisätty punaisella rajauksella uusiomateriaaleille tyypillinen pH-alue 8-12 (taulukko 2.1).

Teräksen korroosiosuojaus perustuu materiaalin seostamiseen, eristämiseen syövyttävästä ympäristöstä, potentiaalin siirtämiseen suotuisampaan suuntaan uhrautuvaa metallia tai katodista suojausta käyttämällä, tai muuttamalla ympäristön olosuhteita teräkselle suotuisammaksi, esim. nostamalla pH:ta tai kuivattamalla rakennetta.

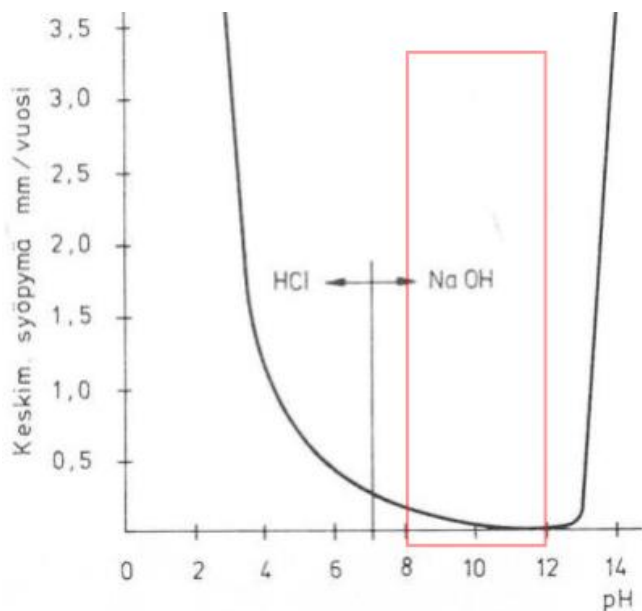
Verkostorakenteissa valurautaputket ja muut metallivarusteet, mutterit suojataan usein korroosiolta uhrautuvalla sinkki- tai sinkkialumiinipinnoitteella. Pinnoite suojaa terästä kahdella tavalla:

- Sinkkipinnoite muodostaa sulkukerroksen, joka estää hapen ja kosteuden pääsyn valuraudan pinnalle ja
- Sinkki muodostaa katodisen suojan naarmuissa, kolhuissa, iskujäljissä, leikkausreunoissa ja muissa vastaavissa kohdissa.

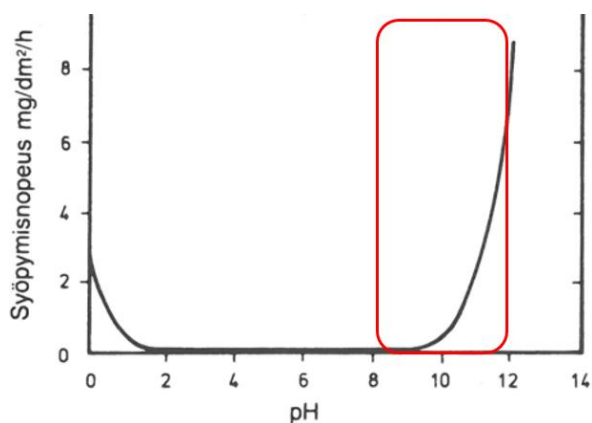
Sinkki on epäjaloka metalli, jolla on suuri korroosiotuotus. Sinkki syöpyy teräksen sijaan uhrautuen muodostaen tiukasti kiinnittyviä, emäksisiä korroosiotuotteita, jotka hidastavat korroosiota.

Sinkin korroosio on nopeaa, kun pH on alle 6 tai yli 12,5 (kuva 5.3). Sinkki on siis sähkökemiallisesti stabiili, kun pH on välillä noin 6-12,5. (SKY 1988)

Puhdas alumiini on sähkökemiallisesti stabiili pH-alueella, joka ulottuu pH-tasolta 4 noin tasolle 8 (kuva 5.4). Tätä emäksisemmässä ympäristössä alumiini syöpyy, joskin alumiinin koostumus (seostaminen) vaikuttaa korroosionkestävyyteen merkittävästi.



Kuva 5.3. Sinkin syöpymisnopeus pH:n funktiona (SKY 1988). Kuvaan on lisätty punaisella rajauksella uusiomateriaaleille tyypillinen pH-alue 8-12 (taulukko 2.1).



Kuva 5.4. Alumiinin syöpymisnopeus pH:n funktiona (SKY 1988). Kuvaan on lisätty punaisella rajauksella uusiomateriaaleille tyypillinen pH-alue 8-12 (taulukko 2.1).

Betonin turmeltuminen

Taulukossa 5.2 on esitetty betonin kemiallisen rasituksen ympäristöluokkien raja-arvot. Maaperän alhaisen pH:n (<6,5) katsotaan vaikuttavan syövyttävästi betonimateriaaleihin. Kun pH laskee <4,0, on betonimateriaalin turmeltuminen erittäin nopeaa, ja maaperän katsotaan olevan rasittavuudeltaan alueella, jossa hyväksyttävää käyttöikää ei betonirakenteelle saavuteta millään betonikoostumuksella (Eurofins 2023). Useimmat uusiomateriaalit ovat pH-tasonsa puolesta suotuisa ympäristö betonille. Joissakin uusiomateriaaleissa (esim. rikinpoiston lopputuote) sulfaattipitoisuus voi olla haitallisen korkea, joka tulee huomioida betonilaadun valinnassa.

Polymeerien (muovit) turmeltuminen:

Muovista valmistetut tuotteet joutuvat maarakenteissa alttiiksi ympäristötekijöille, jotka saattavat vaikuttaa haitallisesti tuotteen ominaisuuksiin. Tämän vuoksi tuotteilla täytyy olla riittävä kestävyys ainakin seuraavien ominaisuuksien osalta (Liikennevirasto 2012);

- kemiallinen kestävyys (hydrolyysi, hapettuminen),
- mikro-organismien ja bakteerien vastustuskyky,
- termien kestävyys (lämpö, routa) ja
- auringonvalon kestävyys (ennen asentamista).

Polymeerien kestävyys erilaisissa olosuhteissa vaihtelee materiaaliikohtaisesti (taulukko 5.3). Tyypillisesti muovimateriaalit polyeteeni ja polypropeeni kestävät hyvin maaperän kemiallista ympäristöä. Joidenkin uusiomateriaalien korkea pH on haitallinen polyesterille. (Liikennevirasto 2012).

Taulukko 5.2 Betonin kemiallisen rasituksen ympäristöluokkien raja-arvot (Suomen Betoniyhdistys 2016). Kuvaan on lisätty punaisella rajauksella kemiallisesti aggressiivinen ympäristö, jonka voi jokin uusiomateriaalit aikaansaada (esim. rikinpoiston lopputuote).

<p>Alla luokitellut kemiallisesti aggressiiviset ympäristöt perustuvat luonnollisiin ympäristöihin maassa ja vedessä 5 °C ja 25 °C lämpötilavälillä ja riittävän hitaalla veden virtausnopeudella, minkä voidaan katsoa vastaavan staattista tilannetta. Jokaisesta yksittäisestä kemiallisesta ominaisuudesta suurin rasitusarvo määrittää luokan. Jos kaksi tai useampi aggressiivista ominaisuutta johtaa samaan luokkaan, ympäristö luokitellaan seuraavaan korkeampaan luokkaan. Aggressiivisten ominaisuuksien määrittämiseen käytetään taulukossa annettuja standardikoemenetelmiä.</p>				
Kemiallinen ominaisuus	Koemenetelmä	XA1	XA2	XA3
Pohjavesi				
SO ₄ ²⁻ mg/l	SFS-EN 196-2	≥ 200 ja ≤ 600	> 600 ja ≤ 3000	> 3000 ja ≤ 6000
pH	ISO 4316	≤ 6,5 ja ≥ 5,5	< 5,5 ja ≥ 4,5	< 4,5 ja ≥ 4,0
CO ₂ mg/l aggressiivinen	SFS-EN 13577	≥ 15 ja ≤ 40	> 40 ja ≤ 100	> 100 kyllästymiseen asti
NH ₄ ⁺ mg/l	ISO 7150-1	≥ 15 ja ≤ 30	> 30 ja ≤ 60	> 60 ja ≤ 100
Mg ²⁺ mg/l	EN ISO 7980	≥ 300 ja ≤ 1000	> 1000 ja ≤ 3000	> 3000 kyllästymiseen asti
Maaperä				
SO ₄ ²⁻ mg/kg ^{a)} kokonaismäärä	SFS-EN 196-2 ^{b)}	≥2000 ja ≤3000 ^{c)}	>3000 ^{c)} ja ≤12000	>12000 ja ≤24000
Happamuus Baumann Gullyn mukaisesti ml/kg	prEN 16502	> 200	Ei esiinny käytännössä	
<p>a) Savimaat, joiden läpäisevyys on pienempi kuin 10⁻⁵ m/s, voidaan luokitella alempaan luokkaan.</p> <p>b) Testausmenetelmän periaate on uuttaa SO₄²⁻ suolahapolla. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää vesiuuttoa, jos betonin käyttöpaikalla on siitä kokemusta.</p> <p>c) Raja-arvo 3000 mg/kg lasketaan arvoon 2000 mg/kg, jos betonin toistuva kuivuminen ja kastuminen tai kapillaarinen kastuminen saattavat aiheuttaa betonin sulfaatti-ionien kasaantumisriskin.</p>				

Taulukko 5.3. Polymeerien kestävyys eri ympäristötekijöiden suhteen (Liikennevirasto 2012, muokattu Statens vegvesen 2008 pohjalta).

Polymeeri- tyyppi	Vastustuskyky										
	Korkea lämpötila	Veden absorboituminen	Hapot	Emäkset	Biologinen hajoaminen	Suolavesi	Mineraaliöljyt	Lentobensiini	Liukeminen	UV-säteet, stabiloimaton polymeeri	UV-säteet, stabiloitu polymeeri
Polyesteri											
Polyamidi										XXXX	
Polyeteeni	XXXX							XXXX		XXXX	
Polypropeeni								XXXX		XXXX	

Heikko
 Kohtalainen
 Hyvä
 Erittäin hyvä

5.3 UUMA-materiaalit ja verkoston rakennusosien korrosio tai turmeltuminen

Joidenkin UUMA-materiaalien vaikutusta verkoston materiaaleihin on esitelty laajemmin liitteessä 2, jossa on esitelty tarkemmin niiden muodostuminen ja tekniset tiedot, mahdollisesti liukenevat aineet sekä vaikutukset verkoston materiaaleihin ja vesijohdon seinämän läpäisyriski.

Vaikutukset muihin maarakennusmateriaaleihin:

Liikenneviraston käsikirjassa "Geolujitetut maarakenteet" (2012) on esitetty, että synteettisissä geolujitteissa käytettävät polymeerit, lukuun ottamatta polyesteriä, sietävät hyvin emäksisiä materiaaleja. Mikäli uusiomateriaalin pH on korkea (yleensä yli 9), tulee se huomioida sitä vasten tai alapuolelle asennettavan geolujitteen materiaalivalinnassa. Polyesteriä ei käytetä yleensä suodatinkankaiden valmistuksessa.

5.4 Verkoston rakennusosien ja UUMA-materiaalien yhteensopivuus

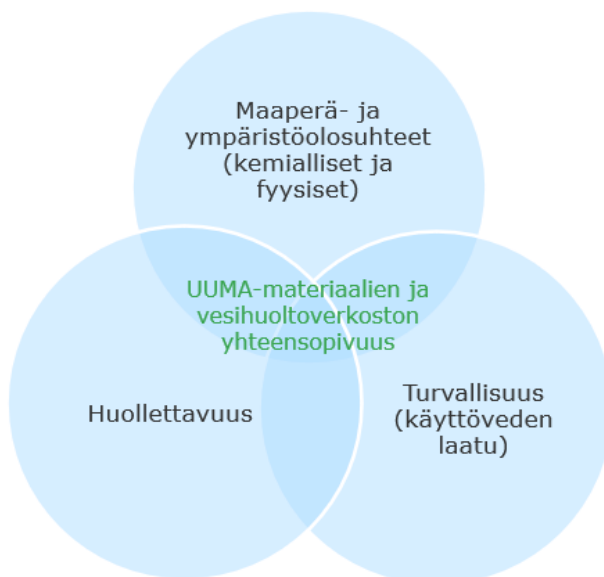
Verkoston kaivantojen lopputäytössä käytettävien uusiomateriaalien ja verkoston osien yhteensopivuutta voidaan arvioida kuvassa 5.5 esitetyn periaatteen mukaisesti olosuhteiden, turvallisuuden ja huollettavuuden perusteella. Mikäli uusiomateriaali ei vaikuta negatiivisesti käyttöikään tai turvallisuuteen, eikä estä auki kaivettavuuteen, voidaan sitä käyttää vesihuollon kaivannon lopputäytössä tai yläpuolisessa päällysrakenteessa. Taulukossa 5.4 on esitetty tämän työn yhteydessä arvioituja soveltuvuuksia. UUMA-materiaalit, jotka soveltuvat katujen rakentamiseen, soveltuvat teknisiltä ominaisuuksiltaan pääosin hyvin myös verkoston lopputäyttöön. Vesihuoltoverkostojen rakentamisen yhteydessä tulee huomioida putkimateriaalin lisäksi muut rakennusosat kuten kulmatuet, liitosyhteet ja alumiiniset tarvikkeet.

Vesihuollon rakennusosien materiaalivalintojen tulee olla maaperä- ja ympäristöolosuhteisiin soveltuvat. Soveltuvuudessa huomioidaan sekä fyysiset että kemialliset ominaisuudet, joilla molemmilla on vaikutusta rakennusosien kestävyteen ja materiaalien elinkaareen. Yhteensopivuutta tarkasteltaessa tavoitteena voidaan pitää valmistajien ilmoittamaa suunniteltua käyttöikää tai vesilaitoksen kokemuseräistä tietoa verkoston elinkaaresta (huomioiden paikalliset olosuhteet). Vesijohtojen ja niiden varusteiden osalta on myös tärkeää, että valitut materiaalit suojaavat ja säilyttävät käyttöveden laadun verkoston ulkopuolisilta tekijöiltä. Esimerkiksi jotkut orgaaniset yhdisteet pilaantuneessa maaperässä voivat läpäistä muoviputkia ja vaikuttaa negatiivisesti vedenlaatuun (kts. kohta 4.4). MARA-asetuksessa esitetyt uusiomateriaalit ei kuitenkaan luokitella pilaantuneiksi maiksi. Yhteensopivuudessa huomioidaan lisäksi verkoston mahdollinen aukikaivu esimerkiksi korjausten tai

liitosten yhteydessä. Käytettävät lopputäytön ja päällysrakenteen materiaalit tulee olla teknisesti ja työturvallisuusnäkökulmasta kaivettavissa tavallisilla rakennusmenetelmillä.

InfraRYL:ssä on esitetty, että putkien alkutäytöt ovat luonnon hiekkaa, soraa tai mursketta. Tässä osiossa käsitelty UUMA-materiaalien ja verkoston yhteensopivuudessa tarkastelun oletuksena on materiaalin hyödyntäminen alkutäytön yläpuolisissa rakenteissa (putken laki +300 mm). Alkutäytöissä voi olla mahdollista käyttää UUMA-materiaaleja, mutta ne tulisi aina tapauskohtaisesti tarkastella valitun verkostomateriaalien perusteella.

Rakentamistyön toteutuksella ja laadulla voi olla suuri vaikutus verkoston käyttöikään. InfraRYL:ssä esitetyt vaatimukset vesihuollon kaivantojen täyttömateriaaleista liittyvät pääasiassa materiaalien fyysisiin ominaisuuksiin ja toimintatapoihin, jotka suojaavat vesihuollon rakenteita vahingoilta rakentamisen yhteydessä. Täyttöjen vaikutukselle maaperän kemiallisiin olosuhteisiin ei ole tarkempia vaatimuksia, mutta lähtökohtaisesti valittu täyttömateriaali ei saa aiheuttaa vesihuollon rakennusosien korroosiota tai turmeltumista. Korroosiota arvioitaessa tulisi myös huomioida, että täytön heikentynyt vedenjohtokyky voi lisätä ympäröivän maaperän aggressiivisuutta tai toisaalta täytön emäksisyys voi nostaa happaman maaperän pH:ta ja vähentää aggressiivisuutta.



Kuva 5.5 Periaate UUMA-materiaalien ja vesihuoltoverkoston rakennusosien yhteensopivuuden arviointiin.

Valurautaisten putkien korroosiokestävyys perustuu putken ulkopuolella käytettäviin pinnoitteisiin. EN 545 (2010) määrittelee kolme eri pinnoitekategoriaa maaperän aggressiivisuuden mukaan. Standardin mukaan perus- ja lisäpinnoitteet eivät ole soveltuvia maaperiin, jotka sisältävät jätettä, kuonaa, tuhkaa tai muuten pilaantuneita materiaaleja (*huom! tämän raportin kirjoittajien käsitys on, että ko. kohdassa tarkoitetaan maaperään aiemmin läjitettyä tuhkaa tai kuonaa, mikä on eri asia kuin lopputäytössä suunnitelmallisesti käytettävä tuhka tai kuona, joiden yhteensopivuus valurautaisen putken kanssa on ennalta selvitetty*). Nykyisten valurautaputkien materiaaliominaisuuksien takia alkutäytön teknisistä vaatimuksista olisi mahdollista joustaa nykyistä enemmän. Tyypillisesti samaan kaivantoon asennetaan kuitenkin useita johtoja, jolloin alkutäytöt ja muut täyttömateriaalit tulee valita rajoittavan materiaalin mukaan.

Muoviputket kestävät hyvin erilaisia kemiallisia olosuhteita, mutta ne ovat alttiimpia putken muodonmuutoksille. Muoviputkien rakentamisessa korostuu fyysiset ominaisuudet ja erityisesti hyvin tiivistetyt ympärystäytöt, jotka vähentävät muodonmuutosta. Vaikka kemiallinen kestävyys on hyvä, niin mahdolliset orgaaniset liuottimet tulee kuitenkin huomioida. Lisäksi on huomioitava, että liittimet, laipat ja muut liitososat voivat sisältää metallisia komponentteja, jotka ovat alttiita korroosiolle, vaikka vesihuoltoverkosto olisi muutoin muovia. Mikään tiedossa olevista uusiomateriaaleista ei ole hapanta, joten uusiomateriaalit eivät aiheuta hapanta olosuhdetta ($\text{pH} < 4$) putkille. Ylijäämämaat

voivat olla happamia, joten ne tulee rajata pois ko. käyttötarkoituksesta (stabilointi nostaa happaman ylijäämämaan pH:ta). Sinkki ja alumiini ovat tavanomaisista verkostomateriaaleista poikkeuksia, joiden korrosio voimistuu pH asteikon molemmissa ääripäissä, joten niiden soveltuvuus on tarkasteltava tarkemmin emäksisiä materiaaleja, kuten esimerkiksi betonimursketta, käytettäessä.

Teräsputket: Nykyisissä teräsputkissa yhdistyvät teräksen lujuus ja muovipinnoitteen korroosiokestävyys. Teräsputkien hitsisaumojen korroosion suojaukseen tulee kuitenkin kiinnittää huomiota.

Betoniputket kestävät hyvin ympäristön ja maaperän erilaiset kemialliset ja fyysiset kuormitukset. Hapot ja sulfaatit ovat riskitekijä betonin kemialliselle kestävyydelle ja kloridit betonin teräksille. Kemiallisesti korrodoiville aineille on esitetty raja-arvot pohjavedessä ja maaperässä betonin eri rasitusluokille (by65). Yhdyskuntajätteen palamistuotteet voivat sisältää rikkiyhdisteitä, mikä tulee huomioida jätteenpolttolaitosten tuhkien ja kuonien käytössä betonirakenteiden läheisyydessä. Tavallisia sementtilaatuja käytettäessä ettringiittireaktion mahdollisuus ei ole poissuljettu betonirakenteissa (Pyy 2019). Toisaalta jätteenpolton kuonaa käytetään myös betonin runkoaineena.

Uusiomateriaalien toimittajilla (tuottajat, jalostajat) on käytössään laatu järjestelmät, joiden mukaisesti materiaalien laatua ylläpidetään ja valvotaan. Joidenkin CE-merkittyjen uusiomateriaalin laatua valvoo ulkopuolinen taho AVCP-luokituksen 2+ -luokan mukaisesti. Materiaaleille on asetettu tekniset ja ympäristölliset laatu kriteerit, jotka materiaalien tulee täyttää, jotta niitä on mahdollista hyödyntää asianmukaisessa maarakentamisessa.

Taulukossa 5.4 on esitetty verkoston rakennusosien yhteensopivuus verkosto- ja katurakentamisessa mahdollisesti tavattavien uusiomateriaalien kanssa, silloin kun uusiomateriaali hyödynnetään loppu täytössä. Taulukossa esitetty sopivuus on arvioitu varovaisesti korroosioriskin kannalta kolmeportaisesti "+" \ "0" \ "-" = soveltuu \ mahdollisesti soveltuu \ ei sovellu ja "?" = ei tiedossa. Tässä oppaassa esitettyä arvioita on mahdollista tarkentaa lisätutkimusten tuloksilla. Kaikki taulukossa esitetyt UUMA-materiaalit ovat teknisen toimivuuden, rakennettavuuden, aukikaivun ja työturvallisuuden kannalta soveliaita lopputäyttöön hyödynnettäväksi (rengasleike RL sovelias lähinnä puistoalueilla).

Tekniset verkostot eivät pääsääntöisesti sulje pois UUMA materiaalien hyödyntämistä. Kun UUMA materiaaleja käytetään, tulisi niiden yhteydessä tarkastella käytettävät verkoston materiaalit ja varmistaa, että materiaali ei aiheuta riskiä verkoston rakenteille tai talousveden laadulle. Tarvittaessa valitaan materiaalit tai pinnoitteet, niin että suljetaan pois mahdolliset yhteensopivuusriskit. Toimintatapa ei sinänsä poikkea tavallisesta suunnittelusta, kun huomioidaan vesihuollon materiaaleja suunniteltaessa verkostoja erilaisiin maaperä ympäristöihin (happamat sulfaattimaat, maaperän hajavirrat, maaperän pilaantuneisuus, tms.).

Mikäli materiaalien yhteensopivuudessa on vielä selkeästi epävarmuutta tai tarvitaan lisätietoja, suositus on olla käyttämättä kyseisiä UUMA materiaaleja verkoston yläpuolisessa rakennekerroksessa (esim. lopputäyttö), kunnes materiaalien yhteensopivuudesta saadaan tarkempaa tietoa. Tämä suositus koskee varsinkin vesijohtoja, joiden tärkeänä ominaisuutena on talousveden laadun säilyttäminen. Vesijohtoverkostot ovat pitkäikäisiä infran osia, joiden mahdollinen ennen aikainen saneeraus tarve voi kuormittaa jo nykyisin saneerausvelasta kärsiviä vesihuoltolaitoksia. Siksi suunnittelun yhteydessä kaupungin ja vesilaitoksen on syytä kommunikoida UUMA-materiaalien hyödyntämisestä hankkeiden sisällä, jotta ne voidaan huomioida suunnittelussa. Viettoputkien rakenteellinen soveltuvuus on helpommin selvitettävissä (tekniset vaatimukset: lujittuminen, tiivistettävyyys, soveltuva rae koko).

Tyypillisesti silloin, kun varaudutaan ohjeiden mukaisesti riittävällä tutkimuksella (maaperä- ja korrosiotutkimukset) ja selvittämällä materiaalien yhteensopivuus (korroosioselvitykset, kokemustieto) sekä noudattamalla ohjeistusten suosituksia, ollaan mitoituksen kannalta noudatettu riittävää varovaisuusperiaatetta ja ratkaisut ovat tällöin käyttöikämitoituksen puolesta turvallisella puolella. Varomattoman suunnittelun ja yhteensopimattomien rakenteiden toteuttaminen voi johtaa korroosion tai turmeltumisen nopeaan etenemiseen, jolloin rakenteen vaurioituminen voidaan havaita jo muutamien kuukausien tai vuosien päästä. Uusiomateriaalien hyödyntämisen edistämisen vuoksi on ensisijaisen tärkeää, että suunniteltavat uusiomaarakenteet ovat toimivia, pitkäikäisiä ja teknistaloudellisesti sekä ympäristön kannalta suotuisia ratkaisuja.

Taulukko 5.4 Verkoston rakennusosien yhteensopivuus joidenkin lopputäytön uusiomateriaalien kanssa. "+" \ "0" \ "-" = soveltuu \ mahdollisesti soveltuu \ ei sovellu ja "?" = ei tiedossa.

UUMA-materiaali Rak.osa + materiaali	JpKu	LT ⁽¹⁾	PT ⁽²⁾ LpHk	VaM (ke-venne)	RL (ke-venne)	BeM TiM	MaHk, MaKu	OKTO
Vesijohdot (putket)								
PE	+	+	+	+	+	+	+	+
PE diffuusiosuojattu	+	+	+	+	+	+	+	+
PVC	+	+	+	+	+	+	+	+
Valurauta ^{(3 (5)}	0	0	0	+	+	+	0	0
Teräs (PE-kuori)	+	+	+	+	+	+	+	+
Viemärit (putket ja kaivot)								
Betoni	0	0	0	+	+	+	+	+
PE	+	+	+	+	+	+	+	+
PVC	+	+	+	+	+	+	+	+
PP	+	+	+	+	+	+	+	+
Valurauta ^{(3 (5)}	0	0	0	+	+	+	0	0
GRP (lasikuitu)	0	0	0	0	0	0	0	0
Tiivisteet								
EPDM ⁽⁴⁾	0	0	0	+	+	0	0	0
NBR ⁽⁴⁾	+	+	+	+	+	+	+	+
Varusteet (liitostarvikkeet, laipat, venttiilit, palopostit, liittimet, suoja-putket)								
Alumiini	- ⁽⁵⁾	- ⁽⁵⁾	- ⁽⁵⁾	- ⁽⁵⁾	+	- ⁽⁵⁾	- ⁽⁵⁾	- ⁽⁵⁾
Teräs	?	?	0	+	+	+	0	0
HST	+	+	+	+	+	+	+	+
Kupari	+	+	+	+	+	+	+	+
Sinkitty teräs	0	0	0	+	+	+	0	0
Valurauta ^{(3 (5)}	0	0	0	+	+	+	0	0

JpKu = käsitelty jätteenpolton kuona

LT = lentotuhka kivihiilen poltosta

PT = pohjatuhka

LpHk = pohjahiekka (leijupetihiekka)

VaM = vaahtolasimurske

RL = rengasleike (rengasrouhe)

BeM = betonimurske

TiM = tiilimurske

MaHk = Masuunihiekka

MaKu = Masuunikuona

OKTO = Ferrokromikuona (OKTO-tuotteet)

- Lentotuhkan käyttö kaivantojen täytöissä on tyypillisesti kielletty. Tapauskohtaisesti käyttöä voisi harkita lopputäytössä esim. kenttäalueilla, joilla hyödynnetään lentotuhkaa (?). Lentotuhkaa on hyödynnetty 1980-90-luvuilla mm. Helsingissä kaduilla, raiteilla, kentillä, päällysrakenteessa, pengertäytöissä ja lopputäytöissä, joten tuhkaa voi olla valmiiksi rakentamiskohteessa (tuhkakohteet ovat pääosin Helsingin kaupungin paikkatietojärjestelmässä).
- tarkasteltu kivihiilen polton pohjatuhkia. Biopolton pohjatuhkien / pohjahiekan mahdollinen korroosiovaikutus tulee selvittää erikseen.
- Valuraudan tavanomaiset pinnoitteet (sinkki-alumiini) EN545 mukaisesti ei sallita ympäristöön, jossa maaperä sisältää teollisuuden sivutuotteita, tuhkia, kuonia, pilaantuneita maita tai teollisuusjätteitä. Arviointi edellyttää lisätutkimusta.
- "kemikaalien kestävyys rajallinen" (St Gobain, 2016) ja "unsatisfactory compatibility" joidenkin MARA haitta-aineiden kanssa (Chemical resistance guide EPDM & FKM, IPEX, 2009), todennäköisesti pitoisuudet kuitenkin niin pieniä ja laimeita, kun materiaali alkutäytön yläpuolella, että ei käytännön merkitystä. Lisäselvitykset ovat tarpeen joillakin materiaaleilla.
- alumiini ei siedä suoraa kontaktia materiaaleihin, joiden pH on korkea. Käytettäessä esim. sinkkialumiinipinnoitteisia valurautaputkia, on kiinnitettävä huomiota siihen, että vapaa pohja- tai orsivesipinta ei ulotu putkien päällä lopputäytössä olevaan korkean pH:n omaavaan uusiomateriaalikerrokseen, kuten betonimurskeeseen (HSY 2023).

6. RAKENTAMINEN JA UUMA-MATERIAALIT

6.1 Uusiomateriaalien lujittuminen

Materiaalien lujittumisella tarkoitetaan sen kykyä lujittua kosteuden ja tiivistämisen vaikutuksesta. Osa uusiomateriaaleista lujittuu rakenteeseen asianmukaisesti tiivistettynä. Tällaisia materiaaleja ovat mm. betonimurske, erilaiset tuhkat ja kuonat sekä masuunihiekka.

Betonimurskeen lujittuminen

Betonimurske on murskauksen jälkeen uudelleen lujittuva materiaali. Lujittuminen vaatii kuitenkin huolellisen tiivistämistyön optimivesipitoisuudessa, riittävän jälkihoidon ja lujittuvan betonimurskelajitteen. Betonimurskeen lujittuminen on suurinta ensimmäisten vuosien jälkeen rakentamisesta ja lujittuminen hidastuu n. 2-5 vuoden jälkeen rakentamisesta.

Aukikaivettaessa betonimurske irtoaa kaivannosta talvi- ja kesäolosuhteissa rakeisena eli siihen ei muodostu kovia lujittuneita kappaleita, jotka eivät hajoaisi työmaalla. Kenttäkokeiden perusteella sulan ja jäätyneen (routaantuneen) betonimurskeen kaivuvastus on suurempi kuin luonnon kiviaineksen, mutta kaivu on silti tehtävissä samalla kaivukalustolla.

Rakenteesta aukikaivettu betonimurske, joka on tiivistetty huolellisesti, lujittuu uudelleen lähes vastaavasti kuin ensimmäistä kertaa ko. materiaalilla rakennettaessa. Aukikaivun ei ole havaittu muuttavan oleellisesti betonimurskeen rakeisuutta.

Lujittuessa betonimurskeen vedenläpäisevyys pienenee ja se muodostaa jäätynyttä kiviainesta vastaavan laatan. Laatan muodostuminen saattaa vaikuttaa putkirikkotilanteissa vesien kulkeutumisen betonimurskekerroksen alapuolella ja vuotovesien kulkeutumisen etäämmälle vuotokohdasta.

Tuhkien ja kuonien lujittuminen

Tuhkalajeista vain hienojakoinen lentotuhka on tyypillisesti merkittävästi lujittuva materiaali. Pohjatuuhilla lujittumisominaisuuksia esiintyy hyvin vähän, jonka vuoksi niiden lujittumista ei huomioida rakenteita suunniteltaessa. Tuhkien lujittumiskäyttäytymiseen vaikuttaa moni asia. Eri polttoainekoostumusten tuhkat voivat käyttäytyä hyvin eri tavalla lujittumisen voimakkuuden ja lujittumismekanismien myötä ja niitä tulee tarkastella erillisinä materiaaleina.

Tuhkien lujittuminen voi olla mekanismeiltaan itselujittuvaa, eli sementtimäistä, tai pozzolaanista, eli kalkin kanssa reagoidessaan vettä sitovia kalsiumsilikaatti- ja kalsiumalumiinisilikaattihydraatteja muodostavaa. Lentotuuhilla lujittumisominaisuuksiin vaikuttaa oleellisesti vapaan aktiivisen kalkin pitoisuus. Suomessa muodostuvista kivihiilen lentotuhkista valtaosa on luonteeltaan pozzolaanisia ja lujittuvat, kun seoksessa on mukana pieni määrä kalkkia, sementtiä tai muuta aktivaattoria. Bio- ja seospolton tuhkien koostumukset vaihtelevat enemmän ja niiden lujittumiskäyttäytymistä tulee tarkastella polttoainekoostumus- ja -laitoskohtaisesti. Bio- ja seospolton tuhkat voivat olla luonteeltaan itselujittuvia tai pozzolaanisia.

Yhdyskuntajätteenpolton pohjakuona voi olla luonteeltaan pozzolaanista ja optimivesipitoisuudessa tiivistetty kuonakerros lujittuu rakenteessa ajan myötä, edellyttäen, että lujittuminen ei häiriinny ilmastorasituksen tai voimakkaan dynaamisen kuormituksen vuoksi. Kuonien mahdollista pienimuotoista lujittumista rakenteessa ei huomioida rakenteita suunniteltaessa eikä sillä ole vaikutusta rakenteiden auki kaivamiseen. (Rakennustieto 2023)

Masuunihiekan lujittuminen

Masuunihiekka on rakenteeseen tiivistettynä lujittuva materiaali. Sitoutunut masuunihiekkakerros on kovaa ja sen auki kaivaminen saattaa olla työläämpää luonnon maa- ja kiviaineksiin verrattuna. Sitoutuminen rakenteessa tapahtuu muutaman kuukauden kuluessa rakenteen tiivistämisestä ja materiaalille on tyypillistä, että kantavuusvaatimusten saavuttaminen heti rakentamisen jälkeen voi olla haastavaa. Kantavuusvaatimus saavutetaan lujittumisen myötä noin kolmen kuukauden kuluessa tiivistämisestä, joka tavanomaista suodatinhiekkarakennetta suurempi. (Oulun kaupunki 2017)

Tiedossa on myös tapauksia, joissa lujittuminen on ollut erityisen huomattavaa. Kohteiden olosuhteista ei kuitenkaan ole varmaa tietoa esimerkiksi siitä, onko masuunihiekkaan sekoitettu sementtiä tai muuta sideainetta tai aktivaattoria, joka käynnistää masuunihiekan sitoutumisreaktion.

6.2 Päälysrakenteen uusiomateriaalit

Uusiomateriaaleja voidaan käyttää päälysrakenteissa InfraRYL:ssä esitettyjen periaatteiden mukaisesti sekä lainsäädännön edellyttämällä tavalla, esim. MARA-ilmoitusmenettelyllä. Päälysrakenteessa käytettävän uusiomateriaalin tekniset ominaisuudet vastaavat pääasiassa luonnon maa- ja kiviaineksia. Lämmönjohtavuus ja kemialliset ominaisuudet voivat poiketa merkittävästi tavanomaisista kalliokiviaineksista.

Verkstorakenteet suunnitellaan sijoitettavaksi usein teiden, katujen ja kenttien alueelle, jossa päälysrakenteet muodostavan ylimmän yhtenäisen kerrosrakenteen verkstorakenteiden päällä. Osa teknisistä verkostoista, kuten erinäiset kaapelit ja niiden suojaputket sekä kaukolämpöverkostot sijoitetaan päälysrakenteen sisään esim. jakavaan kerrokseen.

Päälysrakenteessa käytettävät uusiomateriaalit ovat tyypillisesti karkearakeisia ja kantavia sekä mahdollisesti lujittuvia materiaaleja, kuten betonimursketta. Materiaalien hyödyntämisessä tulee huomioida rakenteessa sijaitsevien sekä alapuolelle sijoitettujen teknisten verkstorakenteiden materiaalien yhteensopivuus käytettyjen uusiomateriaalien kanssa. Verkoston yläpuolella käytettävä uusiomateriaali voi vaikuttaa välillisesti vajovesien kautta verkoston materiaaleihin esim. uusiomateriaalista liukenevien kloridien ja sulfaattien sekä emäksisyyden kautta.

Päälysrakenteessa käytettävien uusiomateriaalien ja teknisten verkostojen yhteensopivuudesta tulisi olla aikaisessa vaiheessa yhteydessä verkoston omistajaan ja huomioida tavanomaisesta maa- ja kiviaineksesta poikkeava rakenne jo alkuvaiheessa, jotta materiaalien yhteensopivuudesta voidaan varmistua tai tarvittaessa materiaalivalintoihin voidaan tehdä muutoksia. Esimerkiksi Tampereen Hiedanrannan infran rakentamisessa on pystytty esimerkillisesti hyödyntämään uusiomateriaaleja huomioiden vesihuoltojärjestelmien yhteensopivuus. Myös pääkaupunkiseudulla yhteistyö kaupunkien ja HSY:n välillä on tiivistä hankkeissa, joissa hyödynnetään esimerkiksi betonimursketta.

Päälysrakenteen kannalta on suotavaa, että rakenteessa käytetään mahdollisimman paljon samaa materiaalia, oli se sitten kalliokiviainesta tai uusiomateriaalia. Mikäli teknisen verkoston mahdolliset yhteensopivuusrajoitteet edellyttäisivät kalliokiviaineksen käyttöä muuten uusiomaarakenteisessa päälysrakenteessa, voi muuttuvat tekniset ominaisuudet heijastua päällysteeseen esim. routakäytetytymisen seurauksena tai halkeiluna materiaalien vaihdoskohdassa. Suositeltavaa on varmistaa sekä päälysrakenteet että teknisen verkoston pitkäaikaiskestävyys mahdollisimman homogeenisilla materiaalivalinnoilla ja varmistamalla materiaalien yhteensopivuus, esimerkiksi rajoittamalla alumiinin käyttöä tai valitsemalla diffuusiosuojatun putkimateriaalin.

6.3 Putkikaivantojen lopputäyttö

Putkikaivannossa putkien ympärille alkutäyttö tehdään InfraRYL:ssä esitettyjen laatuvaatimusten mukaisesti luonnon kiviaineksella. Alkutäytön yläpuolisessa lopputäytössä on mahdollista käyttää uusiomateriaaleja, esim. MARA-ilmoitusmenettelyä käyttämällä, jossa putkikaivannon lopputäyttö tulkitaan kuuluvan osaksi väylä- tai kenttärakennetta. Uusiomateriaalien käytölle lopputäytössä tulee olla hyväksyntä kyseessä olevan teknisen verkoston omistajalta. Rakenteen yhtenäisyyden ja rakentamisen sujuvuuden lisäämisen kannalta on suotavaa, että päälysrakenteessa käytettävä uusiomateriaalia voidaan hyödyntää myös kaivantojen lopputäytöissä.

Lopputäytössä käytettävän uusiomateriaalin tulee olla rakenteeseen soveltuva ja noudattaa yleisiä laatuvaatimuksia. Lisäksi uusiomateriaalien mahdollinen lujittuminen on huomioitava auki kaivun mahdollistamiseksi. Lujittunut lopputäytön materiaali saattaa putken vuototilanteessa ohjata veden kulkua putkikaivannossa vettä johtavassa, ei-lujittuneessa tavanomaisessa kiviaineskerroksessa, kuten alustäytössä, jolloin vuoto voidaan havaita maanpinnalla eri kohdassa. Ilmiötä voi esiintyä myös roudan seurauksena niin uusiomateriaaleilla kuin tavanomaisilla kalliokiviaineksilla. Vettä hyvin läpäisevillä uusiomateriaaleilla, kuten betonimurskeella vastaavanlaista ongelmaa ei ole havaittu eikä arvioida esiintyvän.

Uusiomateriaaleja (pl. vaahtolasimurske ja muut tuotteiksi luokiteltavat uusiomateriaalit) ei tyypillisesti käytetä vapaan pohjavedenpinnan tai orsivesipinnan alaisissa rakenteissa tai täytöissä. Näin ollen uusiomateriaalien käyttöä ei rajoita esim. savikerroksen alapuolisen paineellisen pohjavedenpinnan painetaso.

6.4 Uusiomateriaalin varastointi

Uusiomateriaalien kuten myös luonnon maa- ja kiviainesten varastoinnissa on noudatettava materiaali-kohtaisia ohjeita ja vaatimuksia. Myös materiaalin hyödyntämisen mahdollistama lupa (esim. ympäristölupa, MARA-ilmoitus) voivat edellyttää varastoinnilta tavanomaisista maa- ja kiviaineksista poikkeavaa käytäntöä tai suojaustarvetta.

Tyypillisesti karkearakeisia uusiomateriaaleja, kuten betonimursketta, voidaan varastoida vapaasti läjitetyissä kasoissa. Hienojakoisilla uusiomateriaaleilla voidaan usein edellyttää pölyämisenestoa esim. kastelulla tai suojaamalla varastokasa peitteellä tai maakerroksella. Sekoittuminen muihin materiaaleihin on estettävä ja varastointialueen päällysrakenteelle voidaan edellyttää esim. vettä vähän läpäisevää päällystettä (asfaltti tai vastaava) tai vähintäänkin suodatinkankaalla alusrakenteesta erottamista.

Varastointiin voi liittyä myös erillisiä vaatimuksia, kuten varastointiaikaan tai materiaalin leviämisen suojaukseen liittyen. Betonimurskeen varastointiajoissa noudatetaan MARA-asetuksen vaatimuksia, ellei kyseessä ole EEJ-betonimurske tai ympäristöluvitettu kohde, jolloin varastointiajoista ja suo-
jauksista on määrätty kyseisessä luvassa. EEJ-betonimurskeelle ei ole erikseen rajoitettu varastointiaikaa. Sen sijaan eri käyttötarkoituksiin tarkoitettut betonimurskeet on varastoitava toisistaan erillään ja varastointi ja käsittely tulee hoitaa siten, että materiaalin laatu ei heikkene (VNa 2022).

7. KUNNOSSAPITO JA UUMA-MATERIAALIT

7.1 Kaivannon luiskakaltevuudet

Uusiomateriaaleista rakennetuissa maarakenteissa tehtävissä luiskatuissa kaivannoissa luiskakaltevuuksien osalta noudatetaan tyypillisesti InfraRYL:ssä esitettyjä kaivannon luiskakaltevuusohjeita rakeisuudeltaan vastaavien luonnon maa- ja kiviainesten mukaisesti. Osa uusiomateriaaleista on luonnon vastaavia maa- ja kiviaineksia kevyempiä, jolloin siihen kaivettavan luiskakaltevuuden harkinnassa on syytä olla konservatiivisempi. Vaativat luiskatut kaivannot tulee aina olla pätevän suunnittelijan suunnitteleamia. Tällaisia ovat tyypillisesti syvyydeltään yli 2,0 m karkearakeisessa maa-aineksessa tai uusiomateriaalissa (esim. BeM) tai yli 1,7 m hienorakeisessa maa-aineksessa tai uusiomateriaalissa (esim. lentotuhka) tehtävät kaivannot.

Osalla uusiomateriaaleista havaittava lujittumiskäyttäytyminen edesauttaa kunnallistekniikan korjaus- ja muutostöiden suorittamisen ilman, että päällysrakenne vaurioituu laajalta alueelta, koska materiaali pysyy kaivannossa muodossaan purkautumatta. Tyypillisesti päällysrakenteissa käytettävä lujittuva uusiomateriaali on betonimurske. Uusiomateriaaleihin kaivettujen kaivantojen seinien pysyvyyden on havaittu olevan parempi pidempään rakenteessa olleella materiaalilla kuin tuoreessa rakenteessa. Matalat kaivannot, kuten kaapelikaivannot, voidaan tapauskohtaisesti toteuttaa lähes pystysuorilla luiskakaltevuuksilla lujittuneissa uusiomaarakenteissa. Tämä säästää mm. asfaltin uusimistarvetta sekä vähentää rakennustöiden edellyttämää tilaa.

7.2 Tuentojen tarve ja tuentojen asentaminen

Mikäli kaivantoa ei voida toteuttaa luiskattuna kaivantosyvyyden, haastavien olosuhteiden tai kaivannon laajuutta rajoittavien tekijöiden vuoksi, voi kaivannon toteuttaminen edellyttää tuentaelementtien käyttöä tai ponttiseiniä. Tuennan tarve on tarkistettava aina tapauskohtaisesti kuten luonnonkiviaineksilla. Tuntoja käytetään kuten luonnonkiviaineksella. Ponttien kohdalta pintakerroksen voimakkaasti lujittuneen (vrt. jäänyt maa) uusiomateriaalin poistamisen tarve on arvioitava tapauskohtaisesti ennen ponttien asentamista. Lujittuneen uusiomateriaalin irrottamiseen soveltuvat kauha sekä iskuvasarat (esim. Rammer).

Iskuvasarointi on voimakkaasti lujittuneen uusiomateriaalin irrottamiseen soveltuva menetelmä, jota käytetään myös jäätyneen maan rikkomiseen. Menetelmän haittapuolina voidaan pitää melua, joka etenkin kaupunkialueella voi aiheuttaa haittaa. Talvella jäätyneen maan ja uusiomaarakenteen sulattamiseen voidaan käyttää myös routamattoja, jolloin rakenne sulatetaan ennen pontitustyötä.

7.3 Putkien ja kaapelien paikannus

Putkia ja kaapeleja paikannetaan rakennetussa ympäristössä, kun niiden lähettyvillä kaivetaan ja niiden tarkka sijainti ei ole tiedossa. Verkosto-omistajien omat paikannustarpeet liittyvät yleensä saneeraus tai käyttö- ja kunnossapito toimintoihin. Paikannustarve voi liittyä esimerkiksi putken tai rakenteen paikantamiseen maastossa, kun oman verkon paikkatieto on jäänyt dokumentoimatta. Paikantamisella pyritään myös välttää kaivuaurioita kolmannen osapuolen verkostoille.

Maanalaisten putkien ja rakenteiden paikannusta suoritetaan tyypillisesti metallinpaljastimilla tai erilaisilla kaapelinhakulaitteilla. Maatutkaluotausta voidaan myös käyttää maalajien, putkien ja maanalaisten rakenteiden paikannukseen. Yleisimmät menetelmät perustuvat sähkömagneettisen kentän tunnistamiseen, mutta tarkemmat toimintaperiaatteet vaihtelevat menetelmän mukaan.

Kaapelinhakulaitteet perustuvat, putkesta tulevan passiivisen tai aktiivisen sähkömagneettisen kentän (signaalin) tunnistamiseen. Passiivisia menetelmiä voidaan käyttää kaapeleille, jotka itse tuottavat sähkömagneettisen kentän. Aktiivisissa menetelmissä sähköä johtavaan putkeen indusoidaan sähkömagneettinen kenttä. Menetelmät toimivat hyvin sähköä johtavilla metalliputkilla ja kaapeleilla, mutta epäjatkuvuuskohdat kuten kumitiivisteet voivat haitata paikannusta. Nämä menetelmät eivät sovellu muoviputkille, ellei niissä ole erikseen asennettua paikannusjohdinta tai esim. alumiinista diffuusiosuojausta.

Maaperän sähkönjohtavuudella on vaikutusta signaalin kulkeutumiseen maaperässä. Alhainen sähkönjohtavuus rajoittaa putken ympärillä olevan sähkömagneettisen kentän tunnistamista vastaanotimella. Maaperän ei kuitenkaan tiedetä estävän putken paikannusta näillä menetelmillä. Haastetta paikannukseen saattavat myös tuoda maaperässä olevat muut metalli esineet tai rakenteiden (putket, kaapelit) suuri määrä. Paikannuslaitteiden herkkyyttä voidaan kuitenkin yleensä säätää, jolloin päästään esim. syvemmälle ja tunnistetaan selkeästi isommat metallirakenteet kuten putket. HSY on testannut kaapelinhakulaitteiden toimivuutta betonimursketta sisältävien rakennekerrosten yhteydessä, eikä sillä todettu olevan vaikutusta putkien paikannukseen (HSY 2023). UUMA-materiaaleista betonimurske, rengasleike ja jätteenpolton kuona voivat sisältää metallia, mikä häiritsee metallinpaljastimen toimintaa. Muilta osin UUMA materiaaleilla ei kuitenkaan tiedetä, tai oleteta olevan suurempaa vaikutusta kaapelinhakulaitteiden toimintaan.

Maatutkaluotausta voidaan käyttää kaikille putkimateriaaleille. Menetelmä perustuu radioaaltojen heijastumiseen (nopeuteen) eri maalajeista ja rakenteista. Putkien ja rakenteiden tunnistaminen perustuu heijastumisen eroihin verrattuna ympäröivään maaperään. Maatutkaluotaus on herkempi maaperäolosuhteille. Muihin menetelmiin verrattuna, maatutkaluotauksen erottelukyky tai teho heikenee hyvin sähköä johtavissa maalajeissa. Täten korkea pohjavedenpinta tai orsivesi mm. heikentävät maatutkaluotauksen tehokkuutta. Muita hyvin sähköä johtavia ja maatutkaluotaukselle haasteellisia ympäristöjä ovat esimerkiksi savikerrostumat ja suolattu maanpinta. UUMA- materiaaleista hienorakeisimmat ja vettä hieman huonommin läpäisevät rakennekerrokset voivat mahdollisesti vaikuttaa maatutkaluotaukseen. Näitä ovat jätteenpolton kuona, pohjatuhka ja lentotuhka. Muilta osin UUMA materiaaleilla ei kuitenkaan tiedetä, tai oleteta olevan suurempaa vaikutusta maatutkaluotauksen toimintaan.

Muoviputkille käytetään myös akustisia paikannus menetelmiä. Näissä menetelmissä putkeen kiinnitetään äänilähde, jota kuunnellaan maamikrofonilla. Eri materiaaleilla voi olla vaikutusta äänen kantautumiseen maaperässä. Suurin vaikutus on kuitenkin maaperän tiiveydellä ja vesipitoisuudella, joten UUMA-materiaaleilla ei oleteta olevan merkittävää vaikutusta verrattuna luonnon kiviaineksiin, kun niiden tiveys ja reakoko vaatimukset täyttävät rakenteille vaaditut standardit.

7.4 Paikkakorjaus

Uusiomateriaalikerrokseen kaivetun kaivannon täyttämiseen käytetään ensisijaisesti vastaavaa uusiomateriaalia, mutta mikäli kyseistä uusiomateriaalia ei ole saatavilla, voidaan kaivanto täyttää luonnonkiviaineksilla, joka tiivistetään huolellisesti.

Kaivua tehtäessä uusiomateriaali erotetaan muusta maa-aineksesta ja suojataan materiaalin varastoinnissa noudatettavien periaatteiden mukaisesti siten, että se säilyy mahdollisimman puhtaana ja muuttumattomana, jolloin se voidaan käyttää uudelleen tai toimittaa asiaankuuluvalla vastaanotto-paikalle.

Uusiomateriaalien tiivistystyössä noudatetaan materiaalikohtaisia ohjeistuksia ja suosituksia.

7.5 Uudelleenkäyttö ja kierrätettävyys

Käytöstä poistuva uusiomateriaali luokitellaan jätteeksi. Mikäli uusiomateriaalia on alun perin rakenteessa hyödynnetty MARA-ilmoitusmenettelyllä ja materiaali ei ole muuttunut käytön aikana ja dokumentaatio on saatavilla, voidaan materiaalia hyödyntää uudelleen MARA-ilmoitusmenettelyllä (VNa 843/2017).

Pienimuotoinen hyödyntäminen voi olla mahdollista hankkeen sisällä sekä lupaviranomaisen (kaupunki tai kunta) luvalla. Pienimuotoisessa (ei ammattimaisessa tai laitospäivätyksessä) hyödyntämisessä jätettä voidaan hyödyntää kertaluontoisesti vähäinen määrä (tulkinta vaihtelee ollen tyypillisesti alle 100–1000 tonnia) korvaamaan neitseellistä luonnonaineksia.

Betonimurskeen osalta uudelleenkäyttö on mahdollista ja suositeltavaa. Rakenteesta kaivettu puhdas betonimurske on mahdollista vastaanottaa betonijätteen kierrätysasemille vastaanottoehtojen mukaisesti.

7.6 Käytöstä poistaminen

Mikäli uusiomateriaalia ei pystytä kierrättämään se poistetaan käytöstä jätteenä, eli toimitetaan kaatopaikalle tai maankaatopaikalle. Ennen kaatopaikalla toimittamista materiaali on etukäteen hyväksytettävä kaatopaikalle sijoitettavaksi.

8. VERKOSTOTIETO JA UUMA-MATERIAALIEN PAIKKATIETO

Verkoston ja muun infran omistajien ja kunnossapitäjien tulisi tietää, mitä materiaaleja ja millaisia ratkaisuja on käytetty maanalaisissa rakenteissa esim. maanalaisen verkoston yhteydessä. Käytännössä tämän paikkatiedon taso ja tietojen hyödynnettävyys eri järjestelmissä vaihtelee. Uusiomaarakenteiden ja muiden "erityisrakenteiden" (esim. routaeristeet, keventeet, geolujitteet, yms.) paikkatietoa tarvitaan mm. suunnittelukohteissa tai verkoston "hätkäkorjausten" lähtötietona.

Tähän lukuun on koottu tietoa eri organisaatioilla käytössä olevista järjestelmistä, niiden sisältämästä tiedosta, niiden rajapinnoista, yms. Selvityksessä on keskitytty organisaatioihin, joiden alueella UUMA-rakenteita on käytetty, käytetään tai käyttö on todennäköistä. Ensimmäiset kappaleet käsittelevät verkostotietojärjestelmiä ja uusiomaarakenteiden paikkatietoa yleisellä tasolla, minkä jälkeen esitellään kaupungeille ja vesilaitoksille (organisaatioille) lähetetyn kyselyn tulokset. Lopuksi kootaan yhteen ajatuksia paikkatietojen yhdistämisestä. Yhteenvedon on tarkoitus antaa perustietoja verkoston omistajille ja UUMA-rakenteiden omistajille toimintatapojensa, järjestelmien, tietojen kokoamisen ohjeistamisen, yms. kehittämisessä. Esiselvityksen tietoja voidaan käyttää mahdollisen kansallisen paikkatietojärjestelmän luomisen lähtötietona.

8.1 Verkostotietojärjestelmät

Verkkotietojärjestelmät ovat vesihuoltolaitosten ja operaattorien fyysisen verkosto-omaisuuden dokumentointiin tarkoitettuja tietojärjestelmiä. Verkkotietojärjestelmiin voidaan tallentaa verkkojen ja niihin liittyvien laitteiden sijainti- ja ominaisuustietoja. Tämä mahdollistaa verkko-omaisuuden

digitaalisen hallinnan, joka tukee laitoksen tehokasta toimintaa. Verkkotietojärjestelmien avulla vesihuoltolaitokset voivat mm. ennakoida ja kohdentaa saneeraustoimenpiteitä riskialttiille verkoston kohdille, mikä on perusedellytys laitoksen toimitusvarmuuden takaamiselle.

Verkkotietojärjestelmät voivat olla osa laajempaa omaisuustietojärjestelmää, johon kuuluu myös muita järjestelmiä kuten asiakastietojärjestelmiä tai erillisiä käyttö- ja kunnossapitojärjestelmiä (VVY, 2020). Tyypillisesti näiden eri järjestelmien välille on luotu tarvittavat rajapinnat, jotka mahdollistavat tiedon hyödyntämisen eri järjestelmissä. Kaiken kattava tietojärjestelmä ei ole mielekäs eri käyttäjien näkökulmasta. Kattavan järjestelmän sijaan voi olla tarkoituksenmukaisempaa panostaa tiedon sisältöön ja sen hyödynnettävyyteen eri järjestelmien välillä.

Vesilaitosyhdistyksen (VVY) digitalisaatiostrategiassa omaisuudenhallinnan tasolla 1 verkostojen perustiedot on kerätty verkkotietojärjestelmään. Nämä sisältävät mm. putket, pumput, venttiilit, sensorit, laitokset, altaat jne. Tasolla 1 vastataan peruskysymyksiin kuten Mitä omistan, Missä se sijaitsee, Milloin se on rakennettu ja Mitä materiaalia se on. Nämä perustiedot luovat pohjan verkostojen systemaattiselle hallinnalle. Ominaisuustiedoille tai sen tarkkuudelle ei varsinaisesti ole rajoitteita. On kuitenkin tärkeää, että tietosisällöt vastaavat käyttötarpeita, sillä tietoa täytyy myös ylläpitää. VVY:n digitalisaatiostrategian omaisuudenhallinnan ylemmät tasot pohjautuvat perustiedoille, mutta niissä korostuu tietojärjestelmät, jotka mahdollistavat enemmän ennakointia, elinkaaren hallinnan, laskennat ja automaattista tietojen analysointia. Kehittyneemmät järjestelmät tukevat ja helpottavat mm. päätöksentekoa, oikea-aikaista saneerausta, toimintavarmuuden paranemista ja tulevaisuuden ennusteiden tekoa. (VVY, 2020)

8.2 Uusiomaarakenteiden paikkatieto

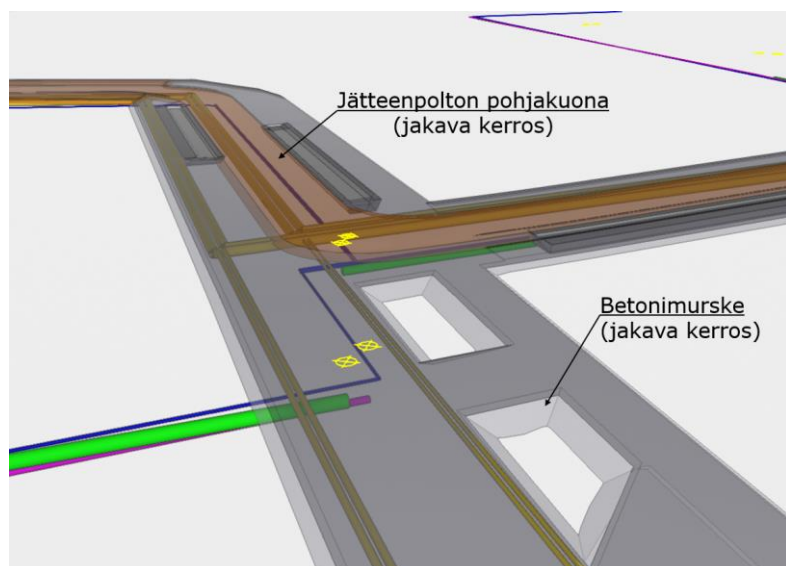
Uusiomateriaalien paikkatietoa on saatavilla vaihtelevasti. Tyypillisesti vanhemmat rakenteet voivat olla sellaisia, joiden olemassaolosta ei ole tarkkaa tietoa ja rakenteet voivat tulla verkostorakentamisen yhteydessä yllätyksenä. Uusien uusiomaarakenteiden paikkatiedon saatavuus riippuu mm. hyödyntämisperusteesta (MARA, ympäristölupa tai muu), rakenteen tilanteen organisaation esittämistä mallinnusvaatimuksista (suunnitelma- ja toteutumamallien vaatimukset) sekä jälkikäteen tehtävistä kartoituksista. Lähtökohtaisesti maahan sijoitettavan jätteen sijainnista ja laajuudesta, hyödynnetyistä massamäärästä sekä jätteen ominaisuuksista tulee olla tieto. Ympäristöluvista tieto hyödynnetyistä jätteistä viedään ympäristönsuojelun tietojärjestelmän valvontaosaan YLVAan, Väylävirastolla on oma Velho-tietojärjestelmänsä, johon tietoja uusiomateriaalien hyödyntämisestä viedään, ja myös muilla organisaatioilla voi olla omia tietojärjestelmiä, jonne tietoja uusiomaarakenteista viedään. Eri tietojärjestelmien ja paikkatietoaineistojen kanssa tulee huomioida, että järjestelmän laatu ei takaa aineistojen laatua tai ajantasaisuutta. Kuitenkin vähäinen tieto on aina parempi kuin ei tietoa lainkaan.

MARA-asetuksen (843/2017) mukaisesti rekisteröinti-ilmoituksella hyödynnettävien uusiomateriaalien sijainti tulee rekisteröinti-ilmoitukseen päivittää toteutuneen rakenteen mukaisesti neljän kulmapisteen koordinaattien tai väylillä alku- ja loppupisteiden koordinaattien mukaisesti. Aikaisemman MARA-asetuksen (591/2006) mukaisesti ilmoitettujen uusiomaarakenteiden sijainti on tullut ilmoittaa ympäristönsuojelun tietojärjestelmään ilmoituksen yhteydessä, jolloin sijaintina on tyypillisesti esitetty yhden pisteen koordinaattitieto.

Infran suunnittelun tietomallivaatimuksia ohjaa YIV (Yleiset inframallivaatimukset). Lisäksi kaupungeilla ja muilla rakennuttajaorganisaatioilla voi olla omia vaatimuksia. Rakennussuunnittelun inframallivaatimuksilla annetaan mallinnusvaatimukset rakennusosakohtaisesti. Näin ollen esimerkiksi rakennusosia, joissa hyödynnetään uusiomateriaaleja, ei välttämättä mallinnetta erikseen suunnitteluvaiheessa. Sen sijaan toteutuneet rakenteet mitataan ja mittausaineiston perusteella laaditaan toteutumamalli, josta selviää rakenteet laajuus sekä hyödynnetty materiaali. Toteutumamalliaineisto voidaan viedä rakennuttajan paikkatietojärjestelmään.

Talonrakennuspuolen mallivaatimukset voivat poiketa infrapuolen vaatimuksista. Niitä ohjaa YTV (yleiset tietomallivaatimukset), jossa maarakentamisen vaatimuksia ei ole määritetty yhtä tarkasti kuin talonrakennuspuolella. Uusiomaarakenteissa voidaan noudattaa samaa menettelyä kuin muutoinkin infrapuolella.

Uusiomateriaalien paikkatietoa syntyy jo suunnitteluvaiheessa. Tietomallipohjainen suunnittelu tuottaa koneluettavassa muodossa olevaa tietoa, jota voidaan hyödyntää suunnittelun lähtötietona, rakentamisessa, yhdistelmä- ja kaupunkimalleissa sekä kaupunkien tiedonhallinnassa osana muita paikkatietoaineistoja. Digitaalisessa muodossa olevat tiedot voivat olla esimerkiksi maalajikerroksien pintamalleja, 3D-tilavuuskappaleita tai aluerajauksia, joissa on mukana kohteen ominaisuustietoja. Kuvassa 8.1 on esitetty esimerkki uusiomaarakenteiden esittämisestä osana tietomallipohjaista suunnitelmaa Tampereen Hiedanrannassa. Kohteessa hyödynnettävistä eri uusiomateriaaleista oli laadittu omat rakennusosamallit (tässä jakavan kerroksen pintamalli). Kuvassa 8.2. on esitetty vastaava rakenne osana koneohjausmallia.

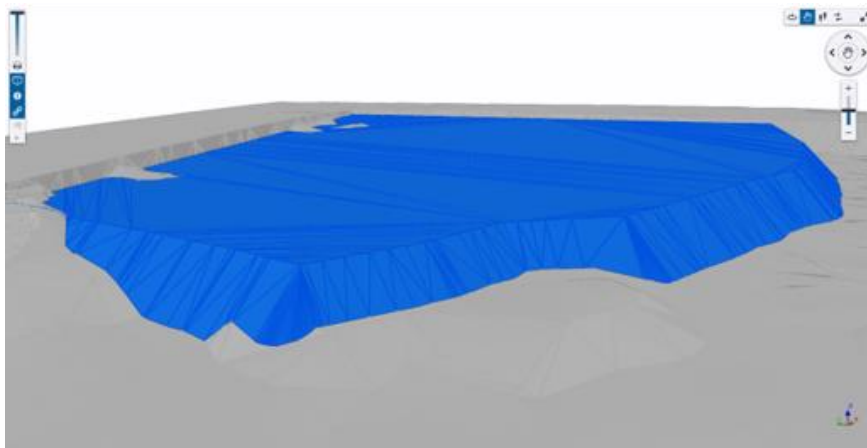


Kuva 8.1 Ote uusiomaarakenteiden suunnitelmamallista (Tampereen Hiedanranta, Hiedanrannan Kehitys Oy).



Kuva 8.2 Kadunrakennussuunnitelman koneohjausmallissa betonimurskeesta tehtävä jakava kerros näkyy oikeanpuoleisessa kuvassa (Tampereen Hiedanranta, Hiedanrannan Kehitys Oy).

Rakentamisen aikana maastossa mitattava toteumatieto todentaa rakennetun kohteen sijainnin. Mittaustiedon tulisi olla sellaisessa tiedostomuodossa, että sitä voidaan hyödyntää jo sellaisenaan paikkatietoaineistona kaupungin rekistereissä. Tarvittaessa mittausaineistoa voidaan edelleen käsitellä esimerkiksi digitoimalla pistekohteet aluemaisiksi tai mallintamalla ne 3D- tai tietomallimuotoon. Kuvassa 8.3 on esitetty esimerkki suunnitelmallisen hyödyntämisen toteuttamisesta. Jälkikäteen tehtävillä mittauksilla voidaan varmentaa rakenteen sijoittuminen. Mikäli toteuma noudattaa suunniteltua rakennetta esitettyjen toleranssien tarkkuudella, voidaan suunnitelmamallia hyödyntää toteumamallina. Mikäli toteutunut rakenne poikkeaa suunnitellusta, tulee mittausaineistoista laatia uusi toteumamalli, joka vastaa rakenteen todellista sijaintia.



Kuva 8.3 Esimerkkikuva kynnysarvomaiden paikkatietojen hyödyntämiseen liittyvästä selvitystyöstä (Suunnitelma kynnysarvomaiden sijoittamisesta, Verkkosaari, Helsingin kaupunki).

Suunnittelun ja rakentamisen aikana tuotettaviin suunnitelmiin ja mittauksiin tulisi liittää ominaisuustietoja, jotka siirtyvät tiedostojen mukana. Perinteisesti ominaisuustietoja on lisätty suunnitelmätiedostojen nimiin ja niiden tasonimiin. Tietomallinnus ja paikkatieto antaa monipuolisemmat mahdollisuudet ominaisuustietojen lisäämiseksi. Ominaisuustietoja voi olla myös taulukkomuodossa, josta ne voi linkittää karttakohteisiin yksilöivien tunnusten avulla. Tietojen siirtämistä yksinomaan tulosteina tulisi välttää ja tiedostomuodot tulisi olla sellaisia, että niitä voi käyttää myös vuosien päästä.

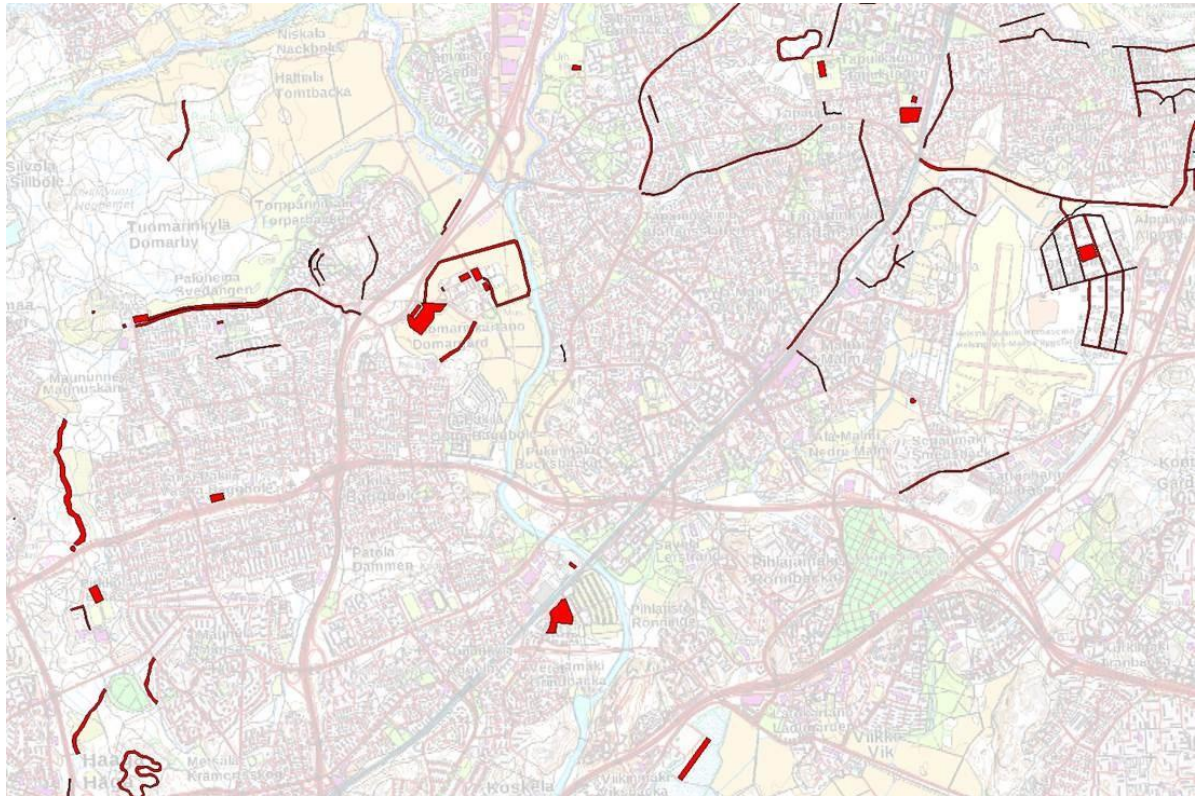
Paikkatietoaineistoa voidaan myös tuottaa vanhoista teksti- tai taulukkomuodossa olevista tiedoista. Esimerkiksi Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen vuonna 1998 tekemässä kivihiilivoimalaitosten palamisjätteiden sijaintikartoitusraportissa olleet tiedot digitoitiin paikkatietomuotoon. Paikkatieto-ohjelmassa digitoituihin karttarajauksiin liitettiin ominaisuustiedoiksi monisteessa olleet tiedot, jolloin aineisto oli siirrettävissä kaupungin tietokantaan ja osaksi ajantasaisia taustakartta-aineistoja. Näin aineistosta saatiin arvokasta lähtötietoaineistoa suunnittelun ja kunnossapidon tarpeisiin. Kuvassa 8.4 on esitetty Helsingin kaupungin paikkatietoaineistoon viety sijaintitieto kivihiilivoimalaitosten palamisjätteiden hyötykäyttöalueista Helsingissä.

Uusiomateriaalitietojen tuottamiseksi on tehty valtakunnallisia, kaupunki- ja projektikohtaisia ohjeita. Niissä määritellään mm. mittaustarkkuus, vaadittavat ominaisuustiedot, koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä sekä tiedostoformaatti. Vaikka ohjeita on tehty ja hyviä käytäntöjä on jo olemassa, niin edelleen tulee panostaa yhteisten toimintatapojen ohjeistamiseen sekä niiden noudattamiseen.

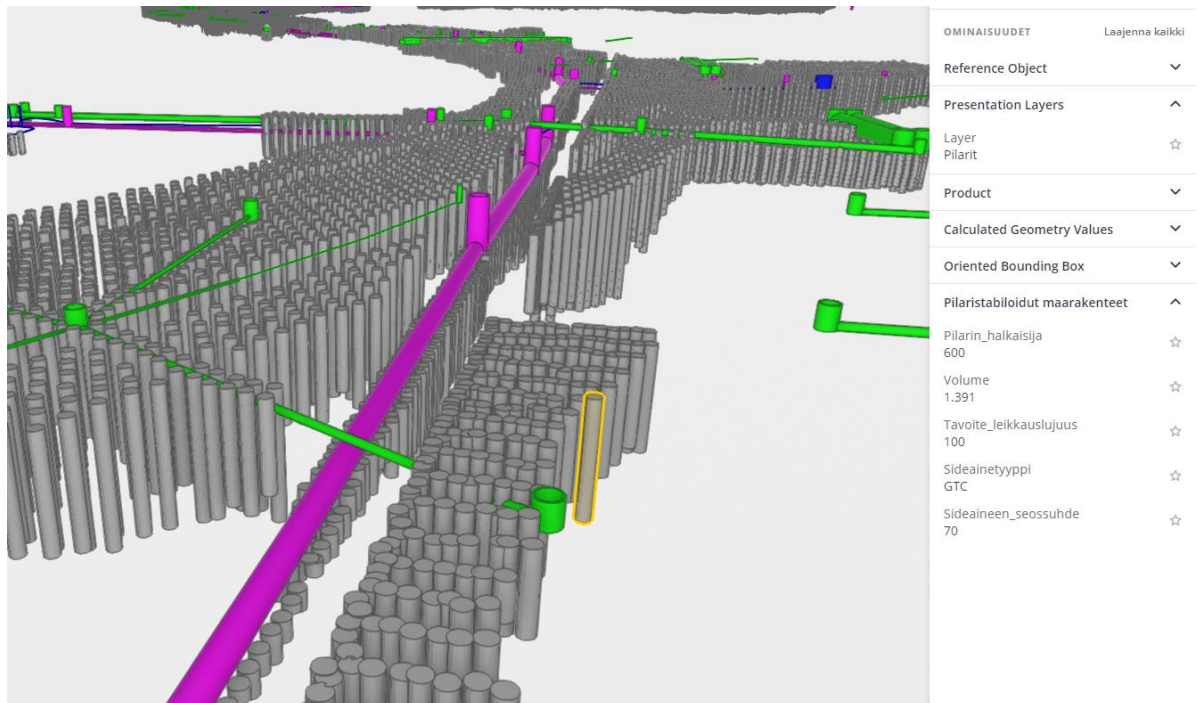
8.3 Uusiomaarakenteiden toteumamittaus

Muutamat kaupungit ovat tehneet toteumatietojen mittausohjeita. Esimerkiksi Helsingin kaupungin maan- ja vedenalaisten rakenteiden mittausohje liitetään osaksi urakka-asiakirjoja kaupungin hankkeissa. Ohjeessa mainitaan mitattavat rakenteet, niiden mittaus- ja toimitustapa. Suunnittelija tekee listan rakennuskohteessa olevista maan- ja vedenalaisista rakenteista. Listan avulla seurataan työmaakokouksissa toteumamittausten suorittamista sekä niiden toimittamista. Mittausaineistot siirtyvät kaupungin rekisteriin, josta ne toimitetaan tulevien suunnittelu- ja rakennustoimeksiantojen lähtötiedoiksi.

Toteumamittausaineistojen mittauksen ja toimittamisen laadunvalvonta edellyttää järjestelmällisyyttä, jotta saadaan riittävät tiedot. Toteumamittauksia voidaan jalostaa mallintamalla tiedot 3D- tai tietomallimuotoon, jolloin ne ovat helpommin käytettävissä tulevien tietomallipohjaisten suunnittelutoimeksiantojen lähtötietona. Myös suunnittelijan tekemää suunnitelmamallia voidaan käyttää toteumamallina, mikäli tehty rakenne vastaa riittävän tarkasti suunnitelmaa. Suunnitelmaa voidaan myös käyttää sellaisenaan referenssitietona toteumamittauksia täydentävänä aineistona tai se voidaan päivittää tarkemmaksi toteumamittauksien mukaan.



Kuva 8.4 Kivihiilivoimalaitosten palamisjätteiden (lentotuhka, pohjatuuhka, pohjakuona) hyötykäyttöalueita Helsingissä. Paikkatiedot on digitoitu Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen 1998 tekemästä kivihiilivoimalaitosten palamisjätteiden sijaintikartoitusraportista.



Kuva 8.5. Pilaristabiloinnin toteumatietojen mukaan tehty toteumamalli tietosisältöineen, jonka rinnalla esitetty vesihuollon suunnitelmamalli (Luhtitie, Vantaan kaupunki).

8.4 Paikkatietojen nykykäytännöt selvitys

Osana verkostot ja uusiomateriaalit selvitystyötä laadittiin kesällä-syksyllä 2023 kysely paikkatietojen nykykäytännöistä. Kysely toimitettiin suurimmille kaupungeille ja kunnille sekä vesilaitoksille ja muille teknisten verkostojen omistajille (mm. kaukolämpö- ja televerkostot). Kyselyyn saatiin kahdeksan vastausta, joissa edustettuna oli kaikkia osapuolia, teleoperaattoreita lukuun ottamatta. Vastauksia tuli kolmelta vesilaitokselta ja kahdelta kaupungilta sekä kaukolämpöverkoston omistajalta. Lisäksi kyselyyn vastasi yksi energiayhtiö, joka hoitaa sähkö-, kaukolämpö- ja vesilaitostointoja. Kysymykset ja vastaukset on esitetty liitteessä 9.

Useilla toimijoilla on useampia paikkatietojärjestelmiä eri käyttötarkoituksiin. Tyypillisimmin verkostotieto on saavutettavissa TrimbleNIS -verkkotietojärjestelmän kautta. Uusiomaarakenteille ja muille erikoisrakenteille ei tyypillisesti ole vakioitua järjestelmää. On mahdollista, että joillain toimijoilla tietoa on viety myös verkostotietojärjestelmään TrimbleNIS. Vesihuoltolaitokset ja muut verkostojen omistajat saavat tietoa uusiomaarakenteista tyypillisesti kaupunkien tietojärjestelmistä (mm. LocusCloud Lahdessa) tai pyytämällä aluekohtaiset tiedot suoraan kaupungin rakennusvirastoilta. Samoin suunnittelussa tarvittavat tiedot uusiomaarakenteista saadaan tyypillisesti kysymällä kaupungeilta suoraan.

Uusiomaarakenteiden paikkatietona esitetään järjestelmissä sijainti (aluerajaus, xyz tai 3D), materiaalitieto ja rakentamisajankohta sekä mahdolliset vaikutukset vesihuoltorakenteisiin mm. korjaustilanteissa. Tällä hetkellä uusiomaarakenteita ei useimmiten ole saatavissa verkostojärjestelmiin rajapintojen kautta (pois lukien Lahti Aqua Oy), mutta tämä on nostettu kyselyssä tärkeäksi kehitysuunnaksi, jotta kunnossapidollisissa kaivutöissä olisi paikkatieto käytettävissä.

Uusiomateriaalien laaja-alaisempi käyttö on yleisesti toimijoiden keskuudessa tunnistettu lisääntyvän lähivuosina ja toteumatietoa tullaan jatkossa edellyttämään rakentamiskohteista. Tällä hetkellä uusiomateriaaleihin liittyvä ohjeistus toteumatietojen osalta on vajavaista tai sitä ei ole. Rakentamishankkeissa tyypillisesti asia on kirjattu esim. urakka-asiakirjoihin, mutta yhtenäistä menettelyä ei ole laajemmin esitetty.

Suunnitelma-aineistoa ei tyypillisesti hyödynnetä tai viedä paikkatietojärjestelmiin, vaan järjestelmät nojaavat työmaalta kulkeutuvaan toteumatietoon. Osittain ongelma on sekin, että uusiomaarakenteiden suunnitelmatietoa ei ole saatavissa sellaisessa muodossa, että se voitaisiin hyödyntää.

Toimijoiden sisällä on tehty muutamia selvityksiä uusiomaarakenteiden paikkatiedosta tai tiedonhallinnasta. Kyselyn perusteella on kuitenkin selkeä tarve uusiomaarakenteiden paikkatiedon saavutettavuuden kehittämiseksi ja useat ovat nostaneet esille, että paikkatieto / tiedonhallinta olisi hyvä järjestää kaupunkien ja kuntien toimesta siten, että tieto olisi saatavilla verkkotietojärjestelmään. Valtakunnallinen uusiomaarakenteiden paikkatietojärjestelmä koettiin jossain määrin tarkoituksenmukaiseksi, kuitenkin sillä edellytyksellä, että tieto on ajantasaista ja helposti saavutettavaa. Osa vastaajista suhtautui valtakunnalliseen paikkatietojärjestelmään hyvin kriittisesti.

8.5 Paikkatietojen yhdistäminen

UUMA-materiaalien ja verkostojen pitkäaikaisen yhteensopivuuden varmistamiseksi olisi tärkeää, että verkostojen omistajilla olisi käytössä tietoa täytöissä tai rakenteissa käytetyistä UUMA-materiaaleista. Yhdistettynä esim. kuntotietoon, tämä voisi mahdollistaa analyysit ja selvitykset, mikäli jonkun verkon osan ja UUMA-materiaalin välillä epäillään lisääntyneitä korroosioriskiä.

Todennäköisesti järkevin tapa dokumentoida UUMA-materiaalien käyttöä olisi kaupunkien tai väyläviraston omat paikkatietojärjestelmät tai muut tietojärjestelmät. Kaupunkiympäristössä voi esimerkiksi tapahtua paljon muutoksia, minkä vuoksi verkosto-omistajien ei ole välttämättä järkevää ylläpitää omia tietokantoja. Lisäksi UUMA-materiaalit sijaitsivat yleensä kaupungin omistamassa rakenteissa, kuten kadun rakennekerroksissa. Oleellista tiedoissa on se, että rajapintojen kautta verkostonomistajilla olisi mahdollisuus tarkastella UUMA-materiaalien sijoittumista omien verkostojen läheisyydessä.

Tärkeimpiä tietoja verkoston omistajien kannalta olisi:

- alue (x,y) (suunniteltu tarkkuus riittäisi, toteumatieto suositeltava)
- rakennekerros, jossa materiaali sijaitsee
- materiaali
- rakennusvuosi

Muita hyödyllisiä tietoja esim. pitkäaikaisen seurannan tai tutkimuksen tekemisen kannalta voisivat olla:

- UUMA-materiaalin laadunvarmistuksen tulokset, kuten liukoisuusanalyysit
- rakenteen tiiveyskokeet
- alueen pohjavedenpinnantaso
- alkuperäinen / neitseellinen maalaji
- hyödyntämisperuste (ympäristölupa / MARA-asetus / muu)

UUMA-paikkatietojen hyödyntämisen mahdollisuudet verkkotietojärjestelmissä vaatisi tarkempaa selvitystä verkkotietojärjestelmien kehittäjiltä.

9. UUMA-MATERIAALIEN KÄYTÖN EDISTÄMINEN

Uusiomateriaalien käytön edistämiseksi verkostorakentamisen yhteydessä tarvitaan mm. seuraavia toimenpiteitä:

9.1 Uusiomateriaalien valmistajat ja toimittajat

Uusiomateriaalien valmistajat / toimittajat:

- "Korroosioselvitysten" tekeminen uusiomateriaaleille, joille sellaista ei ole vielä tehtynä tai tehty selvitys on puutteellinen ja sitä tulisi täydentää esim. muille verkoston materiaaleille. "Korroosioselvitys" tulee ymmärtää tässä laajasti eli tulisi selvittää oleelliset vaikutukset, joilla uusiomateriaalista liukenevat aineet voivat vaikuttaa verkoston materiaaleihin (joilla-kin uusiomateriaaleilla korroosioselvitys olisi aiheellista tehdä eri rakeisuuksiin seulotuille lajitteille).
- Uusiomateriaalit, jotka tulevat kyseeseen, eivät tiettävästi sisällä liuottimia, jotka voisivat läpäistä vesijohdon seinämän, mutta mikäli asiasta on epäilyksiä, on asia aiheellista selvittää.
- Uusiomateriaalikohtaisia ohjeita suunnitteluun ja rakentamiseen verkostojen yhteydessä, kuten HSY ja teollisuus laatineet yhdessä käyttöohjeet betonimurskeelle ja vaahtolasimurskeelle verkostokohteisiin. Vastaavat ohjeet suositellaan laadittavaksi myös muille uusiomateriaaleille, joilla on merkitystä verkostorakentamisen kannalta (esim. käsitelty jätteenpolton kuona). Ohjeistuksessa on eduksi ohjeistuksen samansisältöisyys eri alueilla.

9.2 Vesilaitosten ohjeistus ja koulutus

Vesilaitosten ohjeistus ja koulutus:

- Nykyisiä materiaali-ohjeita tulisi aktiivisesti päivittää siten, että niiden sisältö olisi linjassa mm. uuden MARA-asetuksen (2018), InfraRYLin (2017 ja 2018), MaaRYLLin (2021) ja laadunhallintastandardin (2017) kanssa.
- Uusiomateriaalien valmistajat ja toimittajat tarvitsevat tilaajilta selkeitä ohjeita siitä millaiset selvitykset ja/tai tutkimukset heidän tulee tehdä, jotta heidän tuottama uusiomateriaali tulisi hyväksytyksi verkoston yhteydessä käytettäväksi. Tämän opastyön yhteydessä on laadittu uusiomateriaalin arviointipyyntö, jonka perusteella materiaalityöntekijät näkevät, mitä heiltä odotetaan, millaisia selvityksiä ja/tai tutkimuksia on tehtävä ja onko heidän materiaalinsa ylipäätään mahdollista täyttää listalla esitetyt vaatimukset.
- Uusiomateriaaleista ja uusiomaarakentamisesta sekä teknisten verkostojen yhteensopivuudesta ja yhteensovittamisesta tulisi järjestää koulutusta suunnittelijoille, rakennuttajille, urakoitsijoille, yms.

9.3 Paikkatieto

Uusiomaarakenteiden paikkatiedon tallennusvaatimuksia tulee kehittää siten, että uusiomaarakenteet ovat saavutettavissa rajapintojen kautta alueella toimivien vesihuoltolaitosten putkikartoilla. Tarvittaessa putkikarttajärjestelmää tulee kehittää siten, että uusiomaarakenteiden paikkatieto on järjestelmään tallennettavissa ja tieto näkyy mm. kaivuluvan myöntäjän (kadunpitäjä) käyttämässä järjestelmässä.

Myös rakentamisen toteumamittausten vaatimuksia tulisi täsmentää uusiomateriaalien huomioimiseksi. UUMA-rakenteiden toteumamittaus on suositeltavaa olla tarkempaa kuin tällä hetkellä lainsäädäntö edellyttää. Mittauskäytännöissä olisi hyvä huomioida se, että rakenne ja sen muoto on paikannettavissa myöhemmin ja käytettävissä lähtötietona tulevissa rakentamis- ja ylläpito-hankkeissa.

10. KIRJALLISUUS

Apila Group Oy, Suomen Rengaskierrätys Oy, Kuusakoski Oy, 2015. Rengasrouheen käyttö maarakennuskohteissa, Sovelluskohteet ja tutkimustulokset. 9 s.

Breja Kayla 2019 <https://www.geodrillinginternational.com/infrastructure-utilities/news/1369125/mud-matters-making-sense-of-hdd-drilling-fluids>

ELY 2022. Jätekuljetusten valvonnan kehittämishanke. Verkkosivu. Viitattu 25.4.2022. Saatavissa: <https://www.ely-keskus.fi/varsinais-suomi-jatekuljetusten-valvonnan-kehittamishanke>.

Foamit 2020. Suunnitteluohje infrarakentamiseen, vaahtolasimurske – täyttää kevyesti. 36 s.

Forsman, J., Dettenborn, T., Suikkanen, T., Harju, I., Järkkä, H., Kivimäki, J., Teittinen, T., Koivulahti, M. & Lahtinen, P. 2020. Uusiomateriaalit kaupunkien infrarakentamisessa -käsikirja. UUMA3-hanke. 104 s. Saatavissa: <http://www.uusiomaarakentaminen.fi/uuma-k%C3%A4sikirjasto>

Fingrid. 2022. Helsingin 400 kilovoltin kaapeliyhteys välillä Viikinrannan energiakortteli - Vantaan Länsisalmi, 11.4.2022. https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/verkon-rakentaminen/helsinki/hki400_reittisuun_suunnitelmaselostus_julkaisuversio.pdf

Fortum 2021. Jätteenpolton pohjakuonasta jalostetun kuonatoran hyödyntäminen maarakentamisessa. Ohjeet käsittelyyn, käyttöön ja suunnitteluun. 18 s.

Fortum 2018. Joensuun pohjahiekan turvaohje 2018, versio 1.0, 22.2.2018. 1 s.

Helsingin, Espoon, Tampereen, Turun ja Vantaan kaupungit 2019. Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa”.

HSY 2022. Verkostosuunnittelukäytännöt.

HSY 2023. Betonimurske, käyttöohje suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon (päivitys 2023).

HSY 2014. Vaahtolasimurske, Käyttöohje suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon. HSY 2022 liite 6.

HSY, Helsingin kaupunki, Vantaan kaupunki, Espoon kaupunki. Maalämpökaivojen porausvesien käsittelyohje. <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/asuminen-ja-ymparisto/ymparistonsuojelu/PKS-Maalampokaivojen-porausvesien-kasittelyohje.pdf>

Häkkinen, S. 2019. Betonijätteen hyödyntämisen toimintamallit maarakentamisessa. Aalto yo. Diplomityö. 87 s.

IPEX 2009. Chemical resistance guide EPDM & FKM.

ISO 10358 Plastics pipes and fittings – Combined chemical-resistance classification table, Uponor Infra Oy.

Jätelaki 646/2011. Jätelaki. Annettu Helsingissä 17.6.2011. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646>

Kaila, O. 2015. Hiekkoitussepin elinkaari ja uusiokäyttö Turun kaupungissa. Opinnäytetyö (AMK). 75 s.

Kekki, T. et al. 2007. Talousveden kanssa kosketuksissa olevat verkostomateriaalit Suomessa. Vesi-Instituutin julkaisuja 1. ISBN 978-952-99840-1-5

Koivisto, K., Forsman, J. & Vaajasaari, K. 2016. Uusiomateriaalien tuotteistamisohje maarakentamiseen. UUMA2-ohjelma. Raportti. 75 s.

Kämäräinen, M., Kallio, A. & Turunen, J. 2018. Bioenergian tuotannossa syntyvän tuhkan radioaktiivisuus, Ympäristösäteilyn valvonnan toimintaohjelma. Säteilyturvakeskus. 53 s.

- Laine-Ylijoki et al. 2005. Yhdyskuntajätteiden termisen käsittelyn kuonista ja tuhkista hyötykäytettäviä ja loppusijoitettavia tuotteita. Kansainvälinen esiselvitys. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 83 s. VTT Tiedotteita 2291.
- Leca Oy 2016. Leca® sora infrarakentamisessa, Suunnittelu ja rakentaminen. 28 s.
- Liikennevirasto 2012. Geolujitetut maarakenteet.
- Maalämpökaivojen Porausvesien Käsittelyohje <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/asuminen-ja-ymparisto/ymparistonsuojelu/PKS-Maalampokaivojen-porausvesien-kasittely-ohje.pdf>
- Mao, F. 2008. Permeation of hydrocarbons through polyvinyl chloride (PVC) and polyethylene (PE) pipes and pipe gaskets. Doctoral Thesis, Iowa State University. 29, 33 s.
- Muoviteollisuus ry. 2021. Paineputkijärjestelmät polyeteenistä (PE). Putkijaoston julkaisu no 42.
- Mäkelä, H. & Höynälä, H. 2000. Sivutuotteet ja uusiomateriaalit maarakentamisessa - Materiaalit ja käyttökohteet. TEKES, Teknologia katsaus 91/2000. 109 s.
- Napari, M. 2016. Pääkaupunkiseudun energiantuotannon tuhkien korroosiovaikutus. Diplomityö. Aalto yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu. 108 s., 11 liitettä.
- Nordqvist, J. 2016. Betonin kierrätys ja betonimurskeen tuotteistaminen. Insinöörityö. Savonia-ammattikorkeakoulu, Tekniikan ja liikenteen ala, Ympäristötekniikan koulutusohjelma. 42 s., 4 liitettä.
- Nurmi, A. 2019. Rakenteesta pois kaivettavien materiaalien uudelleenkäyttö kadun- ja tienrakennuksessa. Kandidaatintyö, Tampereen yliopisto. 21 s.
- Oulun kaupunki 2017. Katurakenteiden suunnitteluohje. 9.3.2017.
- Petrow, S., Forsman, J., Heikkinen, M. & Pirinen, M. 2015. Betoniset viemäri- ja hulevesijärjestelmät -suunnittelu ja toteutus. Betoniteollisuus Ry.
- Pyy, H. 2019. Betonirakenteiden kemialliset vauriot. Betonirakenteiden korjaaminen 2019.
- Rakennustieto 2021. MaaRYL.
- Rakennustieto 2023. Yhdyskuntajätteenpolton pohjakuonan käyttö maarakentamisessa. RT 103552.
- Rakennustieto 2018. Infra-ohje Tuhkien käyttö maarakentamisessa, Metsä- ja energiateollisuuden tuhkamateriaalit. Infra 062-710191. 21 s.
- Ramboll Finland Oy, Tampereen yliopisto ja Ytekki Oy 2022. Käsitelty jätteenpolton pohjakuona, ohjeet suunnitteluun ja käyttöön. Koekäyttöön 03/2022
- Ramboll 2013. FOAMIT® -vaahtolasi kulkeutumISRISKIN tarkasteluja pohjavesialueilla. Riskinarvioreportti. (saatavilla valmistajan verkkosivuilta)
- Ramboll 2011. FOAMIT® -vaahtolasin käyttö pohjavesialueilla. Riskinarvio. 53 s.
- Rudus Oy. 2017. Betoroc-murskeohje, Suunnittelu ja rakentaminen.
- SFS 5884, Betonimurskeen maanrakennuskäytön laadunhallintajärjestelmä, 2022
- SFS-EN 13242+A1 Maa- ja vesirakentamisessa ja tienrakenteissa käytettävät sitomattomat ja hydraulisesti sidotut kiviainekset.
- SKY Suomen korroosioyhdistys 1988. Korroosio käsikirja. Suomen korroosioyhdistyksen julkaisuja n:o 6. Hangon kirjapaino Oy (kirjasta on otettu uusintapainos 2004).
- SKTY 2020. Kadun suunnittelun ohjeet, Katu 2020.

- SSAB 2015. SSAB runkovesijohdot. PDF-dokumentti. Saatavilla: <https://www.ssab.com/fi-fi/brandit-ja-tuotteet/terasloukat/teraspaalut-ja-paineputket/ladattavat-tiedostot>
- Sormunen, A. 2007. Recovered municipal solid waste incineration bottom ash: Aggregate like products for civil engineering structures. Väitöskirja. Tampereen teknillinen yliopisto.
- Sottinen, N. 2020. Uusiomateriaalit kaukolämpö- ja jäähdytysverkkotyömailla. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikka. 44 s.
- Suikkanen, T., Lindroos, N., Autiola, M., Napari, M., Taipale, T., Laine, J., Forsman, J., Auri, J. & Boman, A. 2018. Esiselvitys happamien sulfaattimaiden kartoitusmenetelmistä ja suosituksia toimenpiteiksi infrahankkeissa pääkaupunkiseudulla. 131 s.
- Suomen Betoniyhdistys 2016. Betoninormit by 65.
- Suomen Erityisjäte 2018. Jätteenpolton pohjakuona, ohje materiaalin hyödyntämiseen maarakentamisessa. 44 s.
- Tampereen Tekninen Yliopisto, 2014. Vaahtolasimurske korroosioympäristönä. Kirjallisuusselvitys.
- Vna 466/2022. Valtioneuvoston asetus betonimurskeen jätteen luokittelun päättymisen arviointiperusteista. Annettu Helsingissä 16.6.2022. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2022/20220466>
- Vna 843/2017. Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. Annettu Helsingissä 7.12.2017. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170843>
- VNa 713/2014. Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta. Annettu Helsingissä 4.9.2014. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140713>
- VTT 2009. Energiantuotannon tuhkien jalostaminen maarakennuskäyttöön. 75 s, 19 liitettä.
- VVY 2020. Vesihuoltolaitosten digistrategia – portaat digitalisaation hyödyntämiseen. Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 59. Helsinki 2020.
- Väylävirasto 2020. Uusiomateriaalien käyttö väylärakentamisessa. Väyläviraston ohjeita 6/2020. 67 s.
- Väylävirasto 2019. Kokemuksia uusiomateriaaleista tierakenteissa. Väyläviraston ohjeita 7/2019. 177 s.
- Ympäristöministeriö 2017. Ehdotus valtioneuvoston asetukseksi eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. Muistio, 28.11.2017. 15 s.
- Ympäristöministeriö 2018. Kierrätyksestä kiertotalouteen. Helsinki 2018. Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2023.
- Ympäristöministeriö 2019. Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. Soveltamisohje. Versio 2.7.2019. Saatavilla: <https://www.ymparisto.fi/download/no-name/%7B39D6ABBA-49BE-4620-ACB1-B8A03700AB96%7D/143106>
- Ympäristöministeriö 2020. Ehdotus Valtioneuvoston asetukseksi arvioperusteista sen määrittämiseksi, milloin betonimurske lakkaa olemasta jätettä. Muistio, luonnos 11.9.2020. 24 s. (*Lausuntopyynnön VN/23338/2020-YM-1; YM034:00/2018, 20.11.2020 liite*)

Uusiomateriaalien maarakennuskäytön ohjeistus

LIITE 1/1

Uusiomateriaalien hyödyntämistä katu- ja muissa rakenteissa käsitellään mm. seuraavissa ohjeissa:

- Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa (Helsinki, Espoo, Tampere, Turku, Vantaa, Ramboll 2023)
- Yhdyskuntajätteenpolton pohjakuonan käyttö maarakentamisessa. RT 103552 (Rakennustieto 2023)
- Betonimurskeen laadunvalvontalomakkeet, Purkutyömaalla murskatun betonimurskeen laadunvalvonta maarakennuskohteessa (2017, päivitys 2023)
- Katurakenteiden suunnitteluohje (Oulun kaupunki, 2017)
- Verkostosuunnittelukäytännöt (HSY:n vesihuolto, 2022, sisältää liitteet 5 ja 6 eli Betonimurske, Käyttöohje suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon, 2023 ja Vaahtolasimurske, Käyttöohje suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon, 2014)
- Kierrätysmaiden käyttö viherrakentamisen kasvualustoissa (Viherympäristöliitto ry., 2019)
- Kierrätysmaiden käyttö kasvualustoissa Helsingin kaupungin puisto- ja katuhankkeissa, Ohjeita suunnittelijoille (Kaituri et al., 2018)
- Tuhkien käyttö maarakentamisessa. Metsä- ja energiateollisuuden tuhkamateriaalit, Infra 062-710191 (Rakennustieto, 2018)
- UUMA Liikuntapaikkaohje (Mäkinen et al. 2018)
- Maavalli- ja rinnekatsomot, Infra 66-710136, RT 97-11169 (Rakennustieto, 2014)
- Kaatopaikkarakenteet, Infra 15-710106 (Rakennustieto, 2013)
- Hiekkakenttien ylläpitäjän ja perusparantajan opas (Ramboll, 2008)

Osa edellä mainituista julkaisuista löytyy UUMA www-sivustolta. Osa julkaisuista on maksullisia tai on muita syitä, joiden takia niitä ei ole mahdollista linkittää uusiomaarakentaminen www-sivuille.

Joillakin kaupungeilla on olemassa käytäntöjä ja ohjeistusta uusiomateriaalien käyttöön. Esimerkkinä voidaan mainita Oulun kaupunki, joka on vuonna 2017 päivittänyt ohjeen kaduilla käytettävistä maasuunihiekka-, LD-masuunihiekka-, OKTO- ja betonimurskerakenteista (Oulun kaupunki 2017). Kaikilla kaupungeilla ei ole riittävää kokemusta ja ohjeistusta uusiomateriaalien käytöstä. UUMA4-ohjelmassa laaditaan yleiset oppaat uusiomaarakentamiseen. Näiden oppaiden pohjalta on kaupunkien ja muiden tilaajien mahdollista laatia kaupunkikohtaiset tai alueelliset suunnittelu- ja hankintaohjeet kaavoituksesta rakentamiseen.

Teiden päällysrakenteiden, penkereiden, pengerkevennysten ja pohjanvahvistusten suunnittelussa käytetään mm. seuraavia Väyläviraston ohjeita, joissa on esitelty, ohjeistettu ja rajattu uusiomateriaalien käyttöä:

- Betonijätteen käsittely ja käyttö väylähankkeissa (Väylävirasto 2022)
- Uusiomateriaalien käyttö väylärakentamisessa (Väylävirasto 2022)
- Uusiomateriaalien teknisen soveltuvuuden arviointi (Väylävirasto 2022)
- Väylärakenteisiin soveltuvia uusiomateriaaleja (Väylävirasto 2022)
- Heikkolaatuisen penger materiaalin laadun arviointi, opas (Väylävirasto 2020)
- Uusiomateriaalit tierakenteissa, opas (Väylävirasto 2022)
- Uusiomateriaalien käyttö väylärakentamisessa, opas (Väylävirasto 2020)
- Maanteiden asfalttipäällysteissä käytettävät uusiomateriaalit ja lisäaineet (Väylävirasto 2019)
- Väyläsuunnittelun uusiomateriaaliselvitykset (Liikennevirasto 2018)
- Tierakenteen suunnittelu (Liikennevirasto 2018)
- Syvästabiloinnin suunnitteluohje (Liikennevirasto 2018)
- Kevennysrakenteiden suunnittelu (Liikennevirasto 2011)
- Päällysrakenteen stabilointi (Tiehallinto 2007)

Edellä esitetyt julkaisut löytyvät Väyläviraston www-sivuilta (<https://vayla.fi/julkaisut>). Lisäksi Tiehallinnon ja Tielaitoksen vanhoissa 1900-luvun ohjeissa ja selvityksissä on useita käytöstä poistettuja uusiomateriaalien suunnitteluohjeita ja erilaisia selvityksiä UUMA-materiaaleista.

Uusiomateriaalien ohjeistus

LIITE 1/2

Materiaalitoimittajien, teollisuuden ja urakoitsijoiden laatimia ohjeita ja tuotekortteja ovat mm.

- OKTO®-rakennustuotteiden suunnittelu- ja rakentamisohje tie-, katu- ja maarakenteissa (Outokumpu & Destia, 2019)
- Foamit Vaahtolasimurske, Suunnittelu- & rakennusohje (Uusioaines Oy, 2018)
- Jätteenpolton pohjakuonan hyödyntäminen (Suomen Erityisjäte, 2018)
- Betoroc-murskeohje (Rudus Oy, 2017)
- Masuunihiekka, LD-Masuunihiekka, RT 38919 (SSAB Europe Oy, Merox, 2017)
- Massastabilointikäsikirja (2014) / Mass stabilisation manual (2015)
- Tuhkarakentamisen käsikirja, Energiantuotannon tuhkat väylä-, kenttä- ja maarakenteissa (2012, *Infra 062-710191 ohjekortti on osin korvannut tämän käsikirjan*)

Materiaalitoimittajien ohjeet löytyvät materiaalitoimittajien www-sivuilta, osa löytyy myös osoitteesta <http://www.uusiomaarakentaminen.fi/uusiomateriaalirakentaminen-ohjejulkaisuja>.

Ajantasainen listaus voimassa olevista lakisäädöksistä löytyy osoitteesta www.finlex.fi. Eräitä uusiomateriaalien käytön ja hankinnan kannalta tärkeimpiä kansallisia lakeja ja säädöksiä ovat mm.:

- VNa 2022. Valtioneuvoston asetus betonimurskeen jätteeksi luokittelun päättymisen arviointiperusteista. (466/2022)
- Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa eli MARA-asetus (843/2017)
- Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista (1397/2016)
- Ympäristönsuojelulaki (527/2014) ja -asetus (713/2014)
- Jätelaki (646/2011) ja -asetus (179/2012)
- Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista (VNa 331/2013)
- EU:n rakennustuoteasetus (EU 305/2011), laki (954/2012) ja asetus (555/2013) eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä
- Ratalaki (110/2007)
- Jäteverolaki (1126/2010)
- Laki liikennejärjestelmästä ja maanteistä (503/2005)

Lakien ja säädösten merkityksestä uusiomateriaalirakentamiselle on esitetty laajemmin Väyläviraston ohjeessa Uusiomateriaalien käyttö väylärakentamisessa (Väylävirasto 2022).

Vuonna 2017 voimaan tullut ns. uusi hankintalaki (1397/2016) toi Suomen lainsäädäntöön hankintadirektiivin (2014/24/EU) edellyttämät mahdollisuudet huomioida ympäristötekijät hankinnoissa. Hankintalain nojalla voidaan vaikuttaa hankinnan ympäristövaikutuksiin monin tavoin, mm. (ympäristö)merkkien käyttö hankinnan kohteen kuvauksessa (72 §) sekä ympäristöasioiden hallinta- ja laadunvarmistustoimenpiteet (90 §). Hankkeelle voidaan myös määrittää kierrätetyn tai uusiutuvan materiaalin vähimmäismäärä sekä muita kriteerejä.

LIITE 2.1

Maarakentamisessa käytettävien uusiomateriaalien esittely

Taulukko L2.1 Teollisuuden sivuvirroista muodostuvia UUMA-materiaaleja. 1. sarakkeessa on korostettu materiaalit, joilla on arvioitu olevan merkitystä maarakentamisessa verkostojen yhteydessä. Syvästabiloinnin tai kerrostabiloinnin sideaineseoksissa myös osa muista taulukossa esitetyistä materiaaleista ovat mahdollisia.

Uusiomateriaali	Hyötykäytön MARA-asetus ⁽¹⁾	luvanvaraisuus ympäristölupa ⁽¹⁾	Muodostumisen alueellisuus
Käsitelty jätteenpolton kuona	X	X	Vaasa-Mänttä-Kuopio linjan eteläpuoli, Oulun ympäristö
Lentotuhka ⁽³⁾	X	X	Energia- ja teollisuuslaitokset -
Pohjatuhka, pohjahiekka ⁽³⁾	X	X	
Rikinpoiston lopputuote	-	X	
Masuunihiekka ⁽⁴⁾	-	- ⁽²⁾	Raahe
Masuunikuona ⁽⁴⁾	-	-	Raahe
Ferrokromikuona (OKTO-tuotteet)	-	- ⁽²⁾	Tornio
Kalsiitin rikastushiekka	-	- ⁽²⁾	Kalsiittikaivos ja -rikastamo
Valimohiekka, kaavaushiekka	X	X	Valimoteollisuus, mm. Etelä-Suomi, Jyväskylä, Raahe
Sivukivet , rakennuskiviteollisuus	-	-	Luonnonkiviteollisuus
Sivukivet , kaivosteollisuus ⁽⁵⁾	-	(X)	Kaivokset
Fosfokipsi	-	X	Siilinjärvi, Uusikaupunki
Vahtolasimurske ⁽⁶⁾	-	- ⁽²⁾	Jokioinen, käyttö koko Suomi
Rengasleike (rengasrouhe)	X	X	Koko Suomi
Kuituliete (kuitusavi)	-	X	Paperiteollisuus
Siistausliete (kuitusavi)	-	X	Paperiteollisuus
Meesa	-	X	Selluteollisuus
Suotokakku	-	X	Kalsiumkloridin valmistus

- 1) Materiaalin ja hyödyntämiskohteen on täytettävä MARA-asetuksen vaatimukset, ellei täytä, tarvitaan ympäristölupa
- 2) Ei ympäristölupatarvetta (sivutuote / tuote / muu)
- 3) Kivihiilen, turpeen ja puuperäisen aineksen polton lentotuhkaa voidaan käyttää MARA-asetuksella kerrosrakenteena. Syvästabiloinnin sideaineena käytettäessä tarvitaan ympäristölupa tai tuhkaa sisältävä sideaineseos tulee olla muutoin vapautettu ympäristölupatarpeesta. Lentotuhkaa, pohjatuhkaa sekä pohjakuonaa on käytetty maarakenteissa 1970-luvulta alkaen. Kivihiilen polton pohjakuonaa ei nykyään muodostu, mutta sitä on vanhoissa rakenteissa.
- 4) Masuunihiekkaa ja -kuonaa muodostuu sivutuotteena Raahessa. Sitä on käytetty maarakentamisessa yleisesti Raahan ja Tornion välisellä alueella ja jonkin verran myös muualla. Masuunikuonaa muodostui aikaisemmin myös Koverharissa (Hanko) ja sitä on käytetty Etelä-Suomessa maarakentamisessa eli sitä voi olla korjattavissa ja purettavissa rakenteissa.
- 5) Sivukivet ovat joko kaivosteollisuudesta tai rakennuskiviteollisuudesta, ympäristölupatarve riippuu kiiven laadusta. Sivukivimateriaalin ominaisuudet vaihtelevat geoteknisiltä ja kemiallisilta ominaisuuksiltaan. Parhaimmillaan sivukivi on puhdasta graniittia, joka kelpaa vaativimpiinkin käyttökohteisiin.
- 6) Valmistetaan Jokioisissa.

LIITE 2.2

Maarakentamisessa käytettävien uusiomateriaalien esittely

Taulukko L2.2 Rakennus- ja purkutyömailla muodostuvia UUMA-materiaaleja ja muita materiaaleja, jotka eivät ole maa-ainesta. Purettavat rakenteet voivat olla mm. rakennuksia, siltoja, tms. rakenteita. Betonilietettä muodostuu valmisbetonilaitoksilla ja niiden betoniautojen pesun yhteydessä. 1. sarakkeessa on korostettu materiaalit, joilla on arvioitu olevan merkitystä maarakentamisessa verkostojen yhteydessä.

Uusiomateriaali	Hyötykäytön luvanvaraisuus		Muodostumisen alueellisuus
	MARA-asetus ⁽¹⁾	ympäristölupa	
Asfalttirouhe ⁽²⁾	X	X	koko Suomi
Betonimurske ⁽³⁾	X	X	koko Suomi
Tiilimurske	X	X	koko Suomi
Betoniliete	X	X	betonitehtaat
Puretun päällysrakenteen UUMA-materiaali	X ⁽⁴⁾	X ⁽⁵⁾	koko Suomi
Rakenteesta purettu kevytsora	X ⁽⁶⁾	X ⁽⁵⁾	Etelä-Suomi
Rakenteesta purettu vaahtolasi-murske ⁽⁷⁾	-	-	Etelä-Suomi
Maarakenteesta purettu EPS tai XPS	-	X ⁽⁸⁾	koko Suomi
Betoniset reunakivet ⁽⁹⁾	-	-	kaupungit
Maatuhka (lentotuhkatäyttö tms.)	X ⁽⁴⁾	X ⁽⁴⁾	Energiantuotanto- ja teollisuuslaitosten lähialueet

- 1) Materiaalin ja hyödyntämiskohteen on täytettävä MARA-asetuksen vaatimukset - ellei täytä, tarvitaan ympäristölupa
- 2) Ensisijaisesti vanha asfaltti tulisi käyttää asfalttimassan valmistuksessa korvaamaan kiviainesta. Pieni määrä asfalttirouhetta voidaan hyödyntää MARA-asetuksella päällysrakenteen muissa rakennekerroksissa, mikäli esim. kuljetusmatka asfalttiasemalle on pitkä
- 3) Betonimursketta voidaan hyödyntää tietyin edellytyksin ilman ympäristölupaa EOW/EEJ -lainsäädännön perusteella tai MARA-asetuksen mukaisesti.
- 4) Mikäli rakenteesta puretaan jätemateriaalia (esim. betonimurske, pohjatuhka, tms.), joka kuuluu MARA-asetuksen piiriin, voidaan sitä hyödyntää uudelleen MARA-ilmoituksella. Mikäli materiaali on hyödynnetty alkujaan MARA-ilmoituksella, voidaan sen kelpoisuus osoittaa käyttäen alkuperäisen rekisteröinti-ilmoituksen mukana viranomaiselle toimitettuja tietoja. Jos jätettä on hyödynnetty ennen vuotta 2006 tai MARA-asetuksen mukaisia rekisteröintitietoja tai ympäristöluvan tietoja ei ole saataville, voidaan jäte hyödyntää MARA-asetuksen mukaisesti, mikäli jäte kuuluu asetuksen soveltamisalaan ja tulokset jätteen ympäristökelpoisuudesta toimitetaan rekisteröinti-ilmoituksen liitteenä. (YM 2019)
- 5) Mikäli materiaali tai hyötykäyttökohde ei täytä MARA-asetuksessa esitettyjä vaatimuksia, tarvitaan hyödyntämiseen ympäristölupa
- 6) Uudelleen käyttö on ohjeistettu kevytsoran infrarakentamisohjeessa (Leca 2016). Leca Oy:llä on tavoitteena rakenteesta purettu kevytsoran tuotteistaminen
- 7) Uudelleen käyttö on ohjeistettu vaahtolasimurskeen käyttöohjeessa (Foamit 2020)
- 8) Tarkoittaa käytännössä kevennysrakenteena käytettyjä EPS-blokkeja, jotka on purettu ehjinä maarakenteesta, esim. Muurlasta väliaikaisesta tierakenteesta kaivettuja EPS-blokkeja on hyödynnetty Kehä I:n viereen rakennetussa meluvallissa ympäristöluvitettuna (Väylävirasto 2019)
- 9) Vesilaitosten tekemissä korjauksissa reunakivet palautetaan usein takaisin rakenteeseen. Kaupunkien ja kuntien kohteissa toimitaan kaupunkien ja kuntien ohjeiden / vaatimusten mukaisesti

LIITE 2.3

Maarakentamisessa käytettävien uusiomateriaalien esittely

Taulukko L2.3 Rakennus- ja purkutyömailla muodostuvia UUMA-materiaaleja, jotka ovat luonnon maa-aineksia tai niistä mekaanisesti jalostettuja (murskaus, seulonta, yms.). 1. sarakkeessa on korostettu materiaalit, joilla on arvioitu olevan merkitystä maarakentamisessa verkostojen yhteydessä.

Uusiomateriaali	Hyötykäytön luvanvaraisuus		Muodostumisen alueellisuus
	MARA-asetus	ympäristölupa ⁽¹⁾	
Puretun päällysrakenteen kiviaines, hiekka, yms. luonnonmateriaali	-	-	koko Suomi
Raidesepeli	-	-	rautatiet
Louhe	-	-	koko Suomi
Kitkamaa	-	-	koko Suomi
Kuivakuorisavi	-	-	savikot
Siltti, savi ja lieju	-	-	savikot
Turve	-	-	suot
Ruoppausmassa	-	-	vesistöt
Pintamaa (kasvualustoihin)	-	-	koko Suomi
Kaupunkimoreeni ⁽²⁾ (aikaisemmin. ns. "Helsinki-moreeni")	-		kaupunkialueet
Reunakivet, luonnonkivet ⁽³⁾	-	-	kaupunkialueet
Hiekoitushiekat ja -sepelit	-	X / - ⁽⁴⁾	kaupunkialueet
Happamat sulfaattimaat (mm. sulfidisavi ja happamat kitkamaat) – kaivumaa	-	X / - ⁽⁵⁾	rannikko sekä sisämaan mustaliuskealueet
Pilaantunut maa	-	X ⁽⁶⁾	koko Suomi

- 1) Materiaalin hyödyntämiseen saatetaan tarvita ympäristölupa (esim. savimaat pohjavesialueilla)
- 2) Pilaantumaton sekalainen maa-aineksen, joka sisältää vähäisiä määriä mineraalista purkujätettä ja puuta ja jossa on halkaisijaltaan yli 150 mm kappaleita alle 10 % ja jossa puuta on maksimissaan 1 % ja jonka haitta-aineiden pitoisuudet ovat alle valtioneuvoston asetuksen 214/2027 mukaisten alempien ohjearvojen.
- 3) Korjauksissa reunakivet ensisijaisesti palautetaan takaisin, kohteissa toimitaan tilaajan ohjeiden / vaatimusten mukaisesti
- 4) Lait ja asetukset ovat hiekoitushiekan ja -sepin käsittelyn osalta tulkinnanvaraisia ja joissakin tapauksissa ilmoitusmenettely lienee riittävä (Kaila 2015)
- 5) Happamalla sulfaattimaalla tarkoitetaan rikkipitoista maaperää, jossa on sekä hapettunut hapan maakerros, että hapettumaton sulfidirikkipitoinen maakerros, tai vain toinen näistä. Hapanta sulfaattimaata ei pidetä pilaantuneena maa-aineksena, joten sen hyödyntämisen luvan tarve tulee arvioida tapauskohtaisen harkinnan perusteella (Suikkanen et al. 2018), mm. ylempänä mainitut kuivakuorisavi, siltti, savi ja lieju sekä ruoppausmassa voivat olla tietyissä olosuhteissa hapettunutta tai hapettumatonta sulfaattimaata (aktiivinen hapan sulfaattimaa tai potentiaalinen hapan sulfaattimaa)
- 6) Pilaantuneen maan hyödyntämiseen tarvitaan ympäristölupa. Joissakin tapauksissa hyödyntäminen kasvialueella on mahdollista pima-ilmoituksella

LIITE 2.4

Maarakentamisessa käytettävien uusiomateriaalien esittely

Taulukko L2.4 Rakennustyömailla muodostuvia UUMA-materiaaleja, jotka ovat kemiallisesti käsiteltyä (lujitettua) tai muutoin seosaineita sisältävää maa-ainesta. 1. sarakkeessa on korostettu materiaalit, joilla on arvioitu olevan merkitystä maarakentamisessa verkostojen yhteydessä.

Uusiomateriaali	Hyötykäytön luvanvaraisuus		Muodostumisen alueellisuus
	MARA-asetus	ympäristölupa	
Pilaristabiloitu kaivumaa	-	X ⁽²⁾	Etelä-Suomi
Massastabiloitu kaivumaa , in situ -stabiloitu	-	X ⁽²⁾	Etelä-Suomi
Massastabiloitu maa , ex situ -stabiloitu	-	X ⁽²⁾	Ruoppausmassa
Suihkuinjektointiliete	X ⁽¹⁾	X ⁽²⁾	talokohteet
Bitumi-, sementti- ja tuhkastabiloitu kiviaines	-	X ⁽²⁾	koko Suomi
Bitumi- ja sementtistabiloitu kevytsora	-	X	Etelä-Suomi
Geopolymeeri-, vesilasi-, ym. injektoitu kaivumaa	-	X	koko Suomi
Suuntaporauksessa muodostuva bentoniittiliete ⁽³⁾	-	X ⁽²⁾	koko Suomi

- 1) Mikäli lujittunut liete täyttää betonimurskeen tekniset vaatimukset ja MARA-asetuksen mukaiset ympäristövaatimukset, saattaa olla joissakin tapauksissa hyödynnettävissä MARA-asetuksen mukaisesti
- 2) Hyödyntäminen vaatii / saattaa vaatia ympäristöluvan (v. 2023 mahdollisesti valmistuva "MASA"-asetus saattaa vapauttaa stabiloidun maa-ainekset ympäristölupapalveloitteesta)
- 3) Bentoniittiliete ei ole välttämättä jalostettavissa maarakentamisessa hyötykäyttökelpoiseksi

Osa uusiomateriaaleista on esitelty tarkemmin jaottelulla:

- Muodostuminen ja tekniset tiedot
- Mahdolliset liukenevat aineet
- Vaikutukset verkoston materiaaleihin ja vesijohdon seinämän läpäisyriskeihin

Käsitelty jätteenpolton kuona

Muodostuminen ja tekniset ominaisuudet:

Käsitellyllä yhdyskuntajätteen poltosta syntyvällä kuonalla (JpKu) tarkoitetaan yhdyskuntajätteen polttolaitoksella syntyvää käsiteltyä kuonaa, joka koostuu pääosin mineraaliaineksesta. Käsitely on tehty rauta- ja muiden metallien poistamiseksi raakakuonasta. Yhdyskuntajätteen polton ja energian hyödyntämisen myötä vuosittain muodostuvan yhdyskuntajätteenpolton pohjakuonan määrä on arviolta yli 300 000 tonnia Suomessa. Jätettä poltetaan nykyisellään kymmenessä eri voimalaitoksessa, joista kahdeksassa on käytössä arinapolttotekniikka. Arinapoltoissa syntyvää pohjakuonaa kutsutaan ennen käsittelyä raakakuonaksi, joka muistuttaa ulkonäöltään karkeaa kiviainesta. Arinapoltoissa muodostuu raakakuonaa noin 20-30 % poltettavan jätteen painosta. (RT 2023)

Kun raakakuonasta on käsitellyllä erotettu metallit, jäljelle jääneet mineraaliset kuonakiviaineslajitteet koostuvat pääosin lasin, laattojen, klinkkerin, betonin ja tiilen kappaleista, kiviaineksesta sekä polttoprosessissa syntyneistä kuonarakeista. Metallinerottamisesta huolimatta huokosiin mineraalilajikkeisiin jää myös jonkin verran magneettisia ja ei-magneettisia metallipartikkeleita. Lisäksi mineraalilajikkeissa on rakeita, joissa voi olla toisiinsa kiinnittyneinä edellä mainittuja materiaaleja. Käsitelyssä mineraaliaines jaetaan eri lajitteiksi raakoon perusteella. Suhteuttamalla eri lajitekokoja saadaan maarakentamisen eri rakennusosiin soveltuvia kuonaseoksia. Kuonakiviainesten maksimirakoko on 50 mm. (RT 2023) Kuonakiviaineksilla voidaan korvata luonnonkiviainesta betoniteollisuuden tuotteissa, kuten pihakivissä ja betonielementeissä (Suomen erityisjäte 2018). Kuonakiviaineksen tekniset ja mekaaniset ominaisuudet poikkeavat jonkin verran luonnonkiviainesten ominaisuuksista. Kuonakiviaines on luonnonkiviainesta kevyempää ja huokoisempaa. Kuonakiviaines on herkempi hienontumiselle kuin luonnon kiviainekset, vaikka luonnon kiviainestenkin

hienontumisherkkyyks (kovuus) vaihtelee. Käyttökohteita pohjakuonalle ovat mm. liikenneväylien, pysäköintialueiden ja kenttärakenteiden päällysrakenteet ja pengertäytöt. Näissä kuonan käyttö on rajoitettu enimmäkseen alempiin rakennekerroksiin (suodatin- ja/tai jakava kerros). (RT 2023)

Mahdolliset liukenevat aineet:

Käsitelty jätteenpoltton kuona sisältyy MARA-asetukseen, joten sen haitta-aineiden liukoisuuksien tulee alittaa MARA-asetuksessa esitetyt raja-arvot. Kirjallisuudessa esitetyn liukoisuudet ovat suurimmat hienoainepitoisilla kuonilla ja liukoisuudet vähenevät kuonan raekoon kasvaessa – erityisesti silloin, kun hienopää on leikattu pois. Suomen erityisjäte (2018) on raportoinut, että kuonalajitteista (0/2 ja 2/5) on havaittu liukenevan kloridia MARA-asetuksessa päällystetyllä kenttärakenteelle sallittua enemmän, mutta kuitenkin selvästi vähemmän kuin on sallittu päällystetylle väylärakenteelle.

Vaikutus verkoston materiaaleihin ja vesijohdon seinämän läpäisy:

Kuonakiviainesten vaikutuksia eri putkimateriaaleihin on arvioitu lähinnä kuonan kemiallisten ominaisuuksien perusteella. Putkien alkutäyttö tehdään InfraRYLin luvun 18320 mukaisesti luonnon kiviaineksilla. Käsitelystä kuonasta liukenevien aineiden mahdollisia vaikutuksia kunnallistekniikan laitteisiin ja varusteisiin ei ole tiettävästi vielä tutkittu, eikä kuonaa ole Suomessa runsaasti putkia tai johtoja sisältävissä rakenteissa (Räsänen 2018). Kuona on emäksinen, joten se voi kosteissa olosuhteissa aiheuttaa mm. alumiinin ja polyesterin korroosiota tai turmeltumista. Se kuinka yleisesti kloridia liukenee käsitelystä jätteenpoltton kuonasta ja onko sillä mahdollisesti vaikutusta verkoston materiaaleihin tyyppillisissä käyttökohteissa, tulisi materiaalitoimittajien selvittää tarkemmin.

Lentotuhka, pohjatuhka, pohjahiekka

Muodostuminen ja tekniset ominaisuudet:

Energiantuotannossa muodostuu lento- ja pohjatuhkia. Suomessa syntyy metsä- ja energiateollisuuden energiantuotannossa erilaisia tuhkamateriaaleja vuosittain yli miljoona tonnia (luku ei sisällä jätteenpoltossa muodostuvia tuhkia ja kuonia). Muodostuvien tuhkien ominaisuudet, määrä ja koostumus riippuvat poltetusta materiaalista eli polttoaineesta, polttotekniikasta, polttolämpötilasta ja lentotuhkan erotustekniikasta. Polttoaineena käytetään tyyppillisesti kivihiiltä, turvetta ja puuperäisiä polttoaineita. Orgaanisten aineiden poltosta syntyvistä tuhista käytetään nimitystä biotuhkat. Karkeampaa pohjatuhkaa muodostuu sivutuotteena arina- ja pölypolttokattiloissa ja pohjahiekkaa (leijupetihiekkaa) leijupetikattiloissa. Syntyvien savukaasujen mukana talteen otetaan poltossa syntyvää hienorakeisempaa lentotuhkaa. (Infra 062-710191 2018) Muodostuvien tuhkien määrät vaihtelevat ja tarkemmat tiedot niiden saatavuudesta saa niiden tuottajilta.

Pohjatuhka on rakeisuudeltaan hiekan kaltaista ja käyttäytyy rakennusmateriaalina kuten perinteiset kiviainekset. Pk-seudulla muodostuu kivihiilen polton pohjatuhkaa vuodessa n. 10 000-13 000 t. Sottisen (2020) mukaan Helenillä muodostuva pohjatuhka täyttää MARA-asetuksen laatuvaatimukset ja se hyödynnetään kokonaisuudessaan maarakentamisessa. Pohjatuhkan hyötykäyttö on nykyisellään hyvällä pohjalla ja uusia hyötykäyttöön sopivia maarakennuskohteita on tiedossa riittävästi ja sen hyötykäyttö ei aiheuta normaalia poikkeavia toimenpiteitä (Sottinen 2020).

Lentotuhka on puolestaan hienompaa, rakeisuudeltaan siltin kaltaista ja on rakennusaineena lujituva. Kivihiilen poltto tulee loppumaan viimeistään v. 2029. Hanasaaren ja Salmisaaren kivihiilivoimalaitoksilta syntyvä lentotuhka ei täytä MARA-asetuksen laatuvaatimuksia, joten sen hyötykäyttö maarakentamisessa vaatii ympäristöluvan. Nykytilanteessa Helenin voimalaitoksilta syntyvä lentotuhka uusiokäytetään sementin valmistuksessa, jossa se toimii alumiinin ja piin lähteenä. (Sottinen 2020)

Leijupetipoltossa syntyvää pohjatuhkaa kutsutaan **pohjahiekaksi** (leijupetihiekka), sillä se sisältää leijupetikattilan poltossa tukiaineena käytettävää hiekkaa (luonnonkiviaines). Lisäksi pohjahiekka voi sisältää polttoaineen mukana kattilaan tulevaa karkeampaa kiviainesta, muita epäpuhtauksia ja pieni määrä polttoaineen tuhkaa. Pohjahiekka vastaa koostumukseltaan ja rakeisuudeltaan hiekkaa ja sen ominaisuudet vastaavat luonnon hiekkaa. Sitä voidaan hyödyntää maarakentamisessa MARA-asetuksen mukaisesti toimittaessa, mikäli pohjahiekalle määritellyt laatuvaatimukset täyttyvät. Pohjahiekan pääasialliset käyttökohteet ovat katujen ja kevyenliikenteenväylien suodatinkerroksessa, teollisuus- ja varastorakennusten pohjarakenteissa, pengertäytössä, kenttärakenteissa ja muissa täytöissä (Fortum 2019).

Mahdolliset liukenevat aineet:

Lentotuhkan, pohjatuhkan ja pohjahiekan haitta-ainepitoisuudet riippuvat käytetystä polttoaineesta ja polttoprosessista. Lentotuhkissa pitoisuudet ovat tyypillisesti korkeampia kuin pohjatuhkissa, jotka saattavat täyttää jopa pysyvän jätteen raja-arvot. (Infra 062-710191 2018) MARA-asetuksella hyödynnettävän lento- ja pohjatuhkan sekä pohjahiekan tulee alittaa asetuksessa esitetyt raja-arvot.

Vaikutus verkoston materiaaleihin ja vesijohdon seinämän läpäisy:

Kivihieksen polton lentotuhkien korroosiovaikutuksista on todettu seuraavasti (Napari 2016): *”Lentotuhkien korkean pH:n vaikutus tulee huomioida materiaalikohtaisesti. Yhden materiaalin syöpyminen tietyllä pH-arvolla ei tarkoita ympäristön olevan aggressiivinen kaikille materiaaleille. Korkea pH (9-13) on muutamille metalleille, kuten alumiinille, voimakkaasti syövyttävä, jolloin nämä metallit tulee rajata käytön ulkopuolelle. Osalle metalleista, kuten teräkselle ja valuraudalle, korkea pH on todettu suotuisaksi. Kivihieksen polton lentotuhkat koostuvat pääasiassa kiteisistä ja lasimaisista partikkeleista, joiden alkuainekoostumukset vastaavat luonnossa esiintyvien piin, alumiinin ja raudan eri yhdisteiden koostumuksia. Maamateriaaleista poiketen tuhkillä tavataan huomattavat määrät polttoprosessissa palamatta jäänyttä hiiltä, joka määritetään hehkutushäviönä. Jäännöshiilen osuudella ei tehdyn laboratoriotutkimuksen perusteella voida sanoa olevan merkittävää vaikutusta tuoreen tuhkan ominaisvastukseen. Sen sijaan on mahdollista, että jäännöshiili aiheuttaa galvaanista korroosiota epäjaloilla metalleilla, kuten seostamattomilla teräksillä (etenkin galvanoidut ja kuumasinkityt teräksit), valuraudoilla sekä alumiinilla. Tehdyn kirjallisuusselvityksen sekä tehtyjen tutkimusten perusteella voidaan todeta pääkaupunkiseudun energiantuotannossa syntyvien kivihiilituhkien olevan mahdollisesti ei-syövyttäviä materiaaleja, mikäli niiden jäännöshiilen osuus hehkutushäviönä mitattuna on tarpeeksi alhainen.”*

Lentotuhkaa biopoltosta ja rinnakkaispoltosta muodostuu käytettäessä polttoaineena turvetta sekä puuperäisiä ja muita kiinteitä biopolttoaineita tai lajiteltuja jättepohjaisia polttoaineita (nk. rinnakkaispoltossa). Näiden polton lentotuhkista liukenevat aineet voivat poiketa mm. sulfaatin ja kloridien osalta kivihiilen poltosta muodostuvista lentotuhkista.

Pohjatuhka, pohjahiekka: Kivihieksen polton pohjatuhka ei tiettävästi aiheuta verkoston materiaalien korroosiota. Helen Oy:n kohteissa hyväksytään pohjatuhka kaukolämpöputkien suoja-tyttöön (alku-tyttö) (Sottinen 2020). Polttoaineella (biopoltto yms.) voi olla vaikutusta muodostuvien tuhkien laatuun. Myös jäännöshiilipitoisuus voi aiheuttaa galvaanista korroosiota suorassa kontaktissa. Pohjatuhkan liukoisuuksien perusteella voidaan tarkemmin arvioida tapauskohtaisesti pohjatuhkan korroosiovaikutuksia eri metallimateriaaleille.

Masuunihiekka ja -kuona

Muodostuminen ja tekniset ominaisuudet:

Masuunihiekka on raakaraudan valmistuksen sivutuote, joka muistuttaa ulkoisesti luonnonhiekkaa. Masuunihiekka syntyy masuunikuonasta vesijäähdytyksen eli granuloinnin tuloksena. Masuunihiekka on hydraulisesti sitoutuva materiaali. Masuunihiekan rakeet ovat teräväsärmäisempiä kuin luonnonhiekan ja seassa on neulamaisia kiteitä. Rakeiden särmikkyuden takia materiaali tiivistyy lujaksi rakenteeksi. (Mäkelä & Höynälä 2000)

Masuunihiekka on CE-merkitty tuote ja täyttää standardien EN 13242 ja SFS 5904 vaatimukset, jolloin ei tarvita ympäristölupaa eikä VNA 591/2006 mukaista ilmoitusmenettelyä. Rakentamisessa noudatetaan voimassa olevan ”InfraRyl:n” mukaisia laatuvaatimuksia ja työselityksiä sekä ohjetta ”Masuunihiekka, MaHk Suunnittelu ja rakentaminen”. Sitoutunut materiaali on kovaa ja sen kaivaminen auki saattaa olla vaikeaa. Tulevaan kaapelointiin voidaan varautua asentamalla maahan suojaputket (Oulun kaupunki 2017)

Mahdolliset liukenevat aineet:

Masuunihiekka on kemiallisesti stabiili, joka koostuu yleisesti kolmesta pääkomponentista: piin, alumiinin ja magnesiumin oksideista. Kuonan raskasmetallipitoisuudet ovat matalia ja ne ovat yleensä sitoutuneet kuonamatriisiin, eivätkä siten liukoisessa muodossa.

Vaikutus verkoston materiaaleihin ja vesijohdon seinämän läpäisy:

Lasimaisuuden vuoksi MaHk ei juuri aiheuta korroosiovaaraa, mutta yleisesti kuonatuotteita ei suositella putkien ympärystyittäisiin (alkutäyttöön) mm. sitoutumisen vuoksi. Masuunihiekan ja -kuonan korkea pH on aggressiivinen alumiinille ja polyesterille.

Ferrokromikuona (OKTO-tuotteet)

Muodostuminen ja tekniset ominaisuudet:

OKTO-tuotteita syntyy Outokumpu Oy:n Tornion ferrokromituotannossa ilma- tai vesijäähdytysjäähdytysmenetelmällä. Ilmajäähdytyksessä materiaalin annetaan jäähtyä vapaasti, minkä jälkeen se murskataan sopivan kokoisiksi lajitteiksi (OKTO-murske). Murskauksen jälkeen tuotteet käsitellään erityisessä metallinpoistoprosessissa, jossa kuonasta erotetaan tärkeitä metalleja (mm. kromia). Vesijäähdytyksessä muodostuva granuloitu ferrokromikuona on huokoista (OKTO-eriste).

OKTO-eriste on CE-merkitty tuote, jolloin ei tarvita ympäristölupaa eikä VNA 591/2006 mukaista ilmoitusmenettelyä. Rakentamisessa noudatetaan voimassa olevan InfraRyl:n mukaisia laatuvaatimuksia ja työselityksiä sekä ohjetta OKTO-rakennustuotteiden suunnittelu- ja rakentamisohje tie-, katu- ja maarakenteissa. OKTO-eriste on helposti kaivettavaa, joten se soveltuu myös paljon kunnallistekniikkaa sisältäviin rakenteisiin. (Oulun kaupunki 2017)

Mahdolliset liukenevat aineet:

OKTO-tuotteiden kromipitoisuus on muihin uusiomateriaaleihin verrattuna korkea, mutta kiderakenteesta johtuen materiaalin sisältämät metallit eivät ole helposti liukenevassa muodossa. OKTO-tuotteiden liukoisuudet ovat pieniä ja täyttävät EU:n pysyvän ja tavanomaisen jätteen kaatopaikkakelpoisuusvaatimukset. Lisäksi liukoisuudet alittavat Valtioneuvoston eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa -asetuksessa (MARA-asetuksessa) asetetut raja-arvot maarakentamisessa hyödynnettäville jätteille.

Vaikutus verkoston materiaaleihin ja vesijohdon seinämän läpäisy:

OKTO-tuotteiden sisältämät metallit saattavat aiheuttaa galvaanista korroosiota suorassa kontaktissa metallien kanssa. Lisäksi korkea pH voi olla aggressiivinen alumiinille ja polyesterille. Tuotteelle ei ole tehty korroosiovaikutuksista tarkempaa tutkimusta.

Valimohiekka

Muodostuminen ja tekniset ominaisuudet:

Valimohiekka on yleensä kvartsihiekkää, johon on lisätty side- ja kovetusainetta. Hiekka voi olla myös oliviini-, kromiitti- tai zirkonihiekkää, mutta kvartsihiekkä on Suomessa eniten käytetty. Suomessa valimoteollisuudessa yleisimmin käytetyt hiekka-sideainetyypit ovat esterikovetteinen fenolihartsihiekka (kauppanimeltään Alphaset), tuorehiekkä ja furaanihartsihiekka. Hiekasta valmistetaan valimoissa kertakäyttöisiä valumuotteja, jotka käytön jälkeen rikotaan takaisin hiekaksi. Hiekkaa voidaan kierrättää valimon sisällä, siten että 70 % hiekasta käytetään uudelleen ja 30 % lisätään puhdasta kvartsihiekkää. Tällöin kierrosta jää aina noin 30 % valimohiekkää yli. Yli jäävä hiekka on aikaisemmin sijoitettu kaatopaikoille, mutta se voidaan myös termisesti elvyttää vastaamaan puhdasta kvartsihiekkää tai sitä voidaan käyttää erilaisiin maarakennustarkoituksiini, kuten kaatopaikkarakenteisiin, väylän pengermateriaaliksi tai suodatinkerrokseksi. (Juuti 2020).

Mahdolliset liukenevat aineet:

Valimohiekkää voidaan hyödyntää MARA-asetuksen myötä ilmoitusmenettelyllä, jolloin sen liukoisuudet ja haitta-ainepitoisuudet ovat korkeintaan MARA-asetuksessa esitettyjen rajojen mukaisia.

Vaikutus verkoston materiaaleihin ja vesijohdon seinämän läpäisy:

Tyypillisesti valimohiekköjen haitta-ainepitoisuudet ylittävät MARA-asetuksessa esitettyjä pitoisuuksia liuenneen orgaanisen hiilen (DOC) ja bentseenin osalta (Päivinen 2019), jotka eivät kuitenkaan katsota olevan korroosiota edistäviä. Valimohiekan pH vaihtelee yleisesti välillä 8,5–11,5 (Vilenius 2019). Valimohiekan korkea pH voi olla aggressiivinen alumiinille ja polyesterille, mutta muiden materiaalien osalta ei arvioida olevan merkittävää korroosiota edistävää vaikutusta.

Sivukivet, kaivosteollisuus

Muodostuminen ja tekniset ominaisuudet:

Kaivannaistoiminnassa syntyy sivukivimateriaaleja, joita osa voisi olla hyödynnettävissä infrarakentamisen tarpeisiin. Kaivannaisteollisuuden tuotantomäärät ovat suuria ja tuotannon materiaalivirtojen ominaisuudet tunnetaan usein hyvin tarkasti. Kaivannaisteollisuuden sivutuotteiden ja jätemateriaalien hyödyntämisessä esiintyy edelleen haasteita. Tarjolla olevien mineraalisten ylijäämämateriaalien ja infrarakentamisen ajallinen ja paikallinen kohtaamattomuus on ollut rajoite hyödyntämisen lisäämiselle ja suurin osa kaivannaisteollisuuden sivumateriaaleista on jäänyt jätteeksi. Sivukivimateriaalien tarkemmat tiedot jäävät yleensä pelkästään kaivannaisteollisuuteen tietoon, eikä ulkopuolisten hyödyntäjien tiedon saanti ole järjestelmällistä. Lisäksi kaivannaisjätteiden hyödyntämistä vaikeuttavat riittämättömät tiedot hyödyntämistavoista ja niihin liittyvistä mahdollisuuksista ja riskeistä. (Inkeröinen & Alasaarela, 2010)

Kaivannaisjätteitä muodostuu luonnonkiven louhinnassa sekä arvokiven tai malmin jatkojalostuksessa tai prosessoinnissa. Sivukiviin luokitellaan hyödyntämättömät kivet, jotka irrotetaan kiven tai malmin louhinnan yhteydessä ja joita ei hyödynnetä. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2010) Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2019 Suomessa syntyvästä jätteestä 76 % oli kaivosjätettä. Mineraaliperäisiä jätteitä on potentiaalisinta hyödyntää tierakennussektorilla, jossa sivu- ja jättekiveä on mahdollista käyttää teiden alusrakenteiden pengertäytteenä ja päällysrakenteen jakavassa ja jopa kantavassa kerroksessa sekä päällystekerroksen raaka-aineena. (Kaisanlahti 2021)

Mahdolliset liukenevat aineet:

Kaivosteollisuuden sivutuotteita ovat mm. malmien louhinnassa muodostuvat sivukivet ja malmien rikastuksessa syntyvät rikastushiekat. Niiden koostumus riippuu louhitun malmin ja sen isäntäkiven mineralogiasta. Suomesta louhitaan laajalti erilaisia teollisuusmineraaleja, oksidimalmeja sekä sulfidimalmeja. Kaivosten sivukivien kemiallinen koostumus ja kivistä liukenevat haitta-aineet vaihtelevat merkittävästi isäntäkiven koostumuksen mukaan. Osa kaivosteollisuuden sivukivistä voivat olla esimerkiksi rikkipitoisia ja hapettuessaan rikkihappoa tuottavia. Näin ollen kemiallisen koostumuksen arvioinnissa tulee huomioida myös tilanteen mahdollinen muuttuminen ajan suhteen.

Vaikutus verkoston materiaaleihin ja vesijohdon seinämän läpäisy:

Sivukivien kemiallinen koostumus ja kivistä liukenevat haitta-aineet vaihtelevat merkittävästi isäntäkiven koostumuksen mukaan. Kaivosteollisuuden sivukivien korroosiovaikutuksia tulee arvioida ta-pauskohtaisesti.

Sivukivet, rakennuskiviteollisuus

Muodostuminen ja tekniset ominaisuudet:

Rakennuskiviteollisuuden kiviaines on lähes aina hyvin homogeenista. Rakennuskivien raaka-aineen tulee olla mahdollisimman tasalaatuista. Sivukivi on suurilohkareista ja vaatii yleensä esimurskauksen ennen hyötykäyttöä. Laadultaan sivukivi on yleensä lujaa ja hyvää kiviainesta. Rakennuskiviksi louhitaan Suomessa eniten graniitteja. Sivukiven hyötykäyttö ei toistaiseksi ole ollut kovinkaan laajaa. (Mäkelä & Höynälä 2000)

Mahdolliset liukenevat aineet

Rakennuskiviteollisuuden kiviaines on lähes aina hyvin homogeenista, ja sivukivien kemiallinen koostumus vastaa tavanomaisen rakennuskivien ominaisuuksia.

Vaikutus verkoston materiaaleihin ja vesijohdon seinämän läpäisy:

Rakennuskiviteollisuuden kiviaineksella ei tiedetä olevan tavanomaisesta maa- ja kiviaineksesta poikkeavia korroosiovaikutuksia.

Vahtolasimurske (Foamit)

Muodostuminen ja tekniset ominaisuudet:

Vahtolasimurske on kevytkiviainesta, jota on käytetty infra- ja talonrakentamisessa Euroopassa yli 30 vuoden ajan ja Norjassa 90-luvulta alkaen. Uusioaines Oy aloitti vahtolasimurskeen valmistamisen 2011. Suomessa materiaali on rekisteröity tuotenimelle Foamit®. Materiaali luokitellaan tuotteeksi, ei jätteeksi. Tuotetta käytetään sekä infra- että talonrakentamisessa. Foamitin tuotanto sijaitsee Forssassa. Foamit valmistetaan puhdistetusta keräyslasista, joka jauhetaan alle 0,1 mm jauheeksi. Lasijauhe kuumennetaan noin 900 °C lämpötilaan, jolloin se paisuu lähes viisinkertaiseksi sisältäen n. 8 tilavuusprosenttia lasia ja noin 92 tilavuusprosenttia ilmaa. Foamit on käytettävissä

uudelleen. Maanrakentamisessa uusiokäyttö on mahdollista, kuten maa-ainesten uusiokäyttö. (Foamit 2020)

Mahdolliset liukenevat aineet:

Vaahtolasimurskeen käytöstä pohjavesialueilla on tehty riskiarviot materiaalin tuotteistamisvaiheessa. Riskiarvioreportin mukaan vaahtolasimurskeen käyttö tie-, katu- ja kenttärakenteiden roustaeristeenä ja/tai kevennysmateriaalina ei aiheuta pohjaveden pilaantumiskäyttöä. (Ramboll 2013 ja 2011) Foamitista ei liukene ympäristölle haitallisia aineita, joten sen käyttö myös pohjavesialueilla on turvallista (Foamit 2010).

Vaikutus verkoston materiaaleihin ja vesijohdon seinämän läpäisy:

Vaahtolasimurskeen korroosiovaikutus on arvioitu Tampereen Teknillisen Yliopiston raportissa Vaahtolasirakenne korroosioympäristönä (TTY 2014). Yhteenvetona ko. raportista voidaan esittää: *“Vaahtolasimurskekerroksessa maaperäkorroosion riski on vähäinen ja korroosionopeus pieni. Sinkin ja teräksen korroosion kannalta vaahtolasin pH-alue on korroosiota hidastava. Vaahtolasimurskeen kemiallisen koostumuksen ja liukoisuusominaisuuksien perusteella siinä ei ole korroosionopeutta kiihdyttäviä tekijöitä tai niiden pitoisuudet ja liukoisuudet ovat alhaisia, kuten kloridin ja sulfaatin liukoisuudet tai liukoisten suolojen määrää kuvaava uuttoliuoksen sähkönjohtavuus. Liukoisuuskokeiden perusteella emäksisyys säilyy veden huuhtelevasta vaikutuksesta riippumatta. Mikäli rakennekerrosta kuormittaa hapan liuos, vaahtolasimurske pystyy vastustamaan pH:n muutosta kohtalaisesti, mutta huomattavasti nopeammin kuin betoni. Olosuhteet eivät ole suotuisia myöskään mikrobiologista korroosiota aiheuttavien anaerobisten, sulfaatteja pelkistävien bakteerien toiminnalle.”*

HSY:n ohjeessa Vaahtolasimurske - Käyttöohje suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon (2014) on lisäksi todettu: *“Vaahtolasimurskeen kemialliset ominaisuudet eivät vaikuta putkimateriaalin valintaan. Vaahtolasimurskeen rakeiden karkea pinta voi hiertää putken pintaa, joten alkutäyttöön voi käyttää sopivan rakeisuuden omaavaa vaahtolasimursketta vain seuraavilla putkityypeillä: PVC-putki, PE-putki (esim. ProFuse), Pinnoitettu valurautaputki, Pinnoitettu teräs (PU, polyuretaani pinnoite) ja Betoniputki. Hiekasta, sorasta tai kalliomurskeesta tehtävä alkutäyttö on tarpeen mm. valurautaputkille. Alumiinisia tarvikkeita ei tule käyttää suorassa kontaktissa vaahtolasimurskeeseen ilman suojapinnoitusta.”*

Rengasleike (rengasrouhe)

Muodostuminen ja tekniset ominaisuudet:

Rengasleikkeestä käytetään termiä rengasrouhe mm. jäteluettelossa, MARA-asetuksessa ja Liikenneviraston ohjeessa *Kevennysrakenteiden suunnittelu* (2010). Penkereissä käytettävistä kierrätysrengasmateriaalista käytetään termejä kokonainen rengas (RL 0) ja rengasleike (RL 1, 2 tai 3). Rengasleike (RL) leikataan kokonaisista käytetyistä renkaista palasiksi leikkaamalla yhden (RL 1), kaksi (RL 2) tai kolme kertaa (RL 3). Leikkeiden palakoot ovat RL1 n. 300 mm x n. 300 mm, RL2 n. 100-200 mm x n. 100-200 mm ja RL3 n. 50-100 x n. 50-100 mm. Rengasleikkeessä on mukana renkaiden teräsvöitä ja kuitukankaita. (InfraRYL) Autonrenkaissa käytetään yleensä NR-luonnonkumia (natural rubber), lisäksi renkaat sisältävät muun muassa polyisopreeniä, hartsia sekä erinäisiä täyteaineita, kuten tuhkaa ja vulkanointiaineita (Kettunen 2018). Rengasleikkeiden käyttökohteita ovat mm. meluvallit, alemman luokan tiet sekä kevennysten alaosat tulva-alueilla. Tiepenkereisiin käytetään yleensä luokan RL3 mukaista materiaalia. Kokonaiset kumirenkaat soveltuvat lähinnä meluvallisiin tai muihin pengerrakenteisiin, joihin ei kohdistu liikennekuormaa. Hyvin tiivistetty rengasleikekerros puristuu kokoon päälle ajettavien kerrosten painosta 10-20 kPa:n kuormalla noin 10-20 %. Kokonaisia renkaita käytettäessä tiivistyminen on 30-50 % 0,7-1,0 m maatäytön alla. (InfraRYL)

Mahdolliset liukenevat aineet:

Rengasleikkeen vaikutuksia ympäristöön on tutkittu laajasti eri puolilla maailmaa. Rengasleikkeen ympäristövaikutuksista pohjavesiin on tehty useita selvityksiä. Suomessa on tehty kenttäkokeita, joissa leikettä on asennettu pohjavesitason ylä- ja alapuolelle, minkä jälkeen on tarkkailtu eri metallien pitoisuuksien muutoksia pohjavedessä. Tutkimusten tulokset ovat samansuuntaisia: mangaanin, raudan, sinkin ja kuparin pitoisuudet kohosivat seurantajakson aikana. Pitoisuuksien nousua aiheuttaa, kun metallit liukenevat renkaiden teräslangoista. Pitoisuuksien kohoaminen ei ole ollut merkittävää esim. taustapitoisuuksiin verrattuna ja pitoisuudet eivät ole ylittäneet ihmisen terveydelle haitallista tasoa missään vaiheessa. Koska teräslangoissa on vain rajallinen määrä metalleja, pitkällä aikavälillä niiden merkitys on erittäin vähäinen tai merkityksetön ympäristön kannalta, eikä

kohteissa, joissa rengasleikettä käytetään, ole suositeltu otettavaksi käyttöön erillistä seurantaohjelmaa tämän vuoksi. (Apila et al. 2015)

Vaikutus verkoston materiaaleihin ja vesijohdon seinämän läpäisy:

Rengasleikkeellä ei ole tiedossa olevia vaikutuksia muihin materiaaleihin. Kumi on orgaanista, pysyvää materiaalia, joka ei liukene veteen. Rengasleikettä ei ole syytä käyttää verkostomateriaalien kanssa kosketuksissa, vaan materiaalin teknisesti soveltuva käyttötarkoitus on esimerkiksi kevenysmateriaalina lopputäytössä. Tässä käyttötarkoituksessa materiaalista ei liukene sellaisia aineita, jotka aiheuttaisivat metallien korroosiota tai muovien tai betonin turmeltumista.

Betonimurske

Muodostuminen ja tekniset ominaisuudet:

Betonimurskeella (BeM) tarkoitetaan materiaalia, joka syntyy betonijätettä murskaamalla enintään 90 mm palakokoon. Betonimurskeet luokitellaan materiaaliominaisuuksiensa ja valmistukseen käytetyn raaka-aineensa mukaan luokkiin I-IV. Betonimurskeen laadunvalvonta tehdään standardin SFS 5884, Betonimurskeen maanrakennuskäytön laadunhallintajärjestelmä, mukaisesti. Betonimurskeen luokat ja yleiset ohjeet materiaalin hyödyntämiseen on esitetty InfraRYL:ssä.

Betonijäte on rakenteista, kuten rakennuksista tai silloista poistettua tai betoniteollisuudesta syntynyttä. Purkubetoni on lajittelevan purun seurauksena syntynyttä betonijätettä, jossa epäpuhtaudet, kuten puu, muovi ja eristeet on huolellisesti eroteltu. Maarakentamisessa käytettä betonimurske voi olla peräisin laitospurusta betonijätteen käsittelytoiminnasta, tilaajan (kaupunki, Väylävirasto, tms.) oman rakennuksen/rakenteen purkutyömaalta tai jostakin muusta purkukohteesta.

Betonimurskeen alkuperästä riippumatta on materiaalin täytettävä kohteen ympäristökelpoisuusvaatimukset (EEJ-asetus, MARA-asetus tai ympäristölupa), käyttökohteen tekniset vaatimukset sekä betonimurskeen laadunhallinnan ja luokituksen standardin SFS 5884 mukaiset vaatimukset. Lisäksi materiaalin on oltava CE-merkittyä, mistä voidaan poiketa hankekohtaisella päätöksellä, mikäli betonijäte tai -murske ei vaihda omistajaa ja se käytetään tilaajan omassa kohteessa. Tilaajat (kaupungit, Väylävirasto, yms.) voivat omilla linjauksillaan vaikuttaa siihen tapahtuuko betonijätteen jalostaminen kohteessa vai onko se ajettava muualle jalostettavaksi. Esimerkiksi Helsingin kaupungin linjauksena on, että betonimurskeet pyritään jalostamaan mahdollisuuksien mukaan kohteessa.

Betonimurske on ominaisuuksiltaan lujittuva materiaali, sillä se sisältää vielä reagoimatonta sementtiä. Lujittuminen vaatii kuitenkin huolellisen tiivistämistyön, optimivesipitoisuuden ja BeM I tai II käytämisen (myös BeM III voi lujittua). Uudelleen kaivettaessa muodostuneen betonimurskelaatan kairavastus on suurempi kuin luonnon kiviaineksen, mutta silti tehtävissä normaalilla kalustolla. (Helsingin, Espoon, Tampereen, Turun ja Vantaan kaupungit 2023) MARA-asetuksen mukaisesti betonimurske voidaan varastoida vapaasti läjitetyissä kasoissa, mutta sekoittuminen muihin materiaaleihin tulee estää. Varastointi voidaan aloittaa suojaamattomana 4 viikkoa ja jos betonimurske suojataan, 12 kk ennen hyödyntämistä. (YM 2019)

Mahdolliset liukenevat aineet:

Betonimurske sisältyy MARA-asetukseen, joten MARA-asetuksen mukaan hyödynnettäessä sen haitta-aineiden liukoisuuksien tulee alittaa MARA-asetuksessa esitetyt raja-arvot. Rakennus- ja purkukohteissa syntyvän ja käsiteltävän betoni- ja tiilimurskeen ympäristökelpoisuus tutkitaan purkukohdekohtaisesti. Purkamattomista rakenteista on tunnistettava hyödynnettäväksi kelpaamattomat betoni- ja tiilirakenteet, jotta ne voidaan purkaa erilleen. Kirjallisuudessa esitetyt betonimurskeen haitta-aineiden liukoisuudet ja pitoisuudet alittavat selvästi MARA-asetuksessa esitetyt raja-arvot.

2022 voimaan astuneen kansallisen asetuksen myötä on esitetty arviointiperusteet sille, miten jätteen luokiteltu betoni lakkaa olemasta jätettä eli voidaan määritellä uudelleen tuotteeksi. Asetuksessa esitetyt haitta-aineiden suurimmat sallitut liukoisuudet ovat selvästi pienemmät kuin MARA-asetuksen mukaiselle betonimurskeelle. EEJ-betonimursketta voidaan hyödyntää myös MARA-asetuksessa esitettyjen rajoitteiden ulkopuolella, esim. luokitellulla pohjavesialueella sekä asumiseen tai lasten leikkipaikaksi tarkoitettulla alueella.

Vaikutus verkoston materiaaleihin ja vesijohdon seinämän läpäisy:

Betonimurskeen läpi suotautuneen veden pH-taso on korkeintaan 12,5 (pH voi jäädä merkittävästikin tätä alhaisemmaksi). Betonimurskeen läpi suotautunut vesi voi siten saada aikaan rautametallien passivoitumisen, eli korroosion pysähtymisen. Näin ollen betonimurskeen käyttö rautametallien

yhteydessä ei lisää rautametallien korroosiotaipumusta, vaan päinvastoin vähentää sitä. pH 12,5 ei ole riittävän korkea sinkin korroosion merkittävälle käynnistymiselle. Sinkkipinnan tulee kuitenkin olla ns. passivoitunut, mihin riittää esimerkiksi sinkityn kappaleen säilyttäminen ulkona noin 4 viikon ajan. Betonimurskeen aiheuttama emäksisyyden taso on ainakin suurimmillaan niin korkea, että se syövyttää käytännössä kaikkia alumiinilaatujia. Alumiinisia tarvikkeita ei tule käyttää betonimurskeen yhteydessä ilman emäksisyyttä kestävää suojapinnoitusta. Betonimurskeen käyttäminen alkutäytön yläpuolella ei rajoita muovi- tai betoniputkien käyttämistä. Käytettäessä esim. sinkkialumiinipinnoitteisia valurautaputkia, on kiinnitettävä huomiota siihen, että vapaan pohja- tai orsivesipinta ei ulotu putkien päällä lopputäytössä olevaan betonimurskekerrokseen. (HSY 2023)

Tiilimurske

Muodostuminen ja tekniset ominaisuudet:

Tiilimurskeella tarkoitetaan jätettä, joka on valmistettu puretuista tiilirakenteista, tiiliteollisuudessa syntyvistä tiilijätteistä, tai muista käytöstä poistetuista tiilistä murskaamalla. (VNa 2017). Tiilimurske sisältää pääasiassa tiiltä ja laastia. Laasti sisältää pääasiassa sementtiä ja hiekkaa. Tiili on huokoinen materiaali ja saattaa rakennekerroksessa käytettynä hienontua, mikäli kuormitustaso on liian korkea. Tiilimurskeen vedenimukyky on suuri, mikä osaltaan selittää sen routimisherkkyyttä. Käytettäessä tiilimursketta rakennekerroksissa on tärkeää huolehtia riittävästä kuivatuksesta. (Varin 2006) Tiilimurske murskataan normaalisti rakeisuuteen #0/50 mm. Suomessa tiilimursketta on käytetty kevyen liikenteen väylien ja pihojen jakavissa kerroksissa sekä täytöissä. (Mäkelä & Höynälä 2000)

Mahdolliset liukenevat aineet:

Tiilimurskeen kemiallista koostumusta ja liukoisuusominaisuuksia voidaan verrata yleisellä tasolla betonimurskeeseen. Tiilimurskeen hyödyntäminen on mahdollista MARA-asetuksella, joten asetuksen mukaan hyödynnettäessä sen haitta-aineiden liukoisuuksien tulee alittaa MARA-asetuksessa esitetyt raja-arvot.

Vaikutus verkoston materiaaleihin ja vesijohdon seinämän läpäisy:

Tiilimurskeen korroosiovaikutus voidaan verrata betonimurskeeseen. Tiilimurske on betonimursketta suuremmalta osin poltetuista saven tuotteista murskaamalla valmistettua uusiomateriaalia. Käytännössä poltettu savi (tiili) ei lisää korroosiota edistäviä tuotteita tai reaktioita. Tiilimurskeen pH voi ylittää lähelle betonimurskeen emäksisyyttä, mutta tyypillisesti on hieman pienempi.

Puretun päällysrakenteen UUMA-materiaali

Muodostuminen ja tekniset ominaisuudet:

MARA-asetuksessa (VNa 2017) rakenteesta poistetulla jätteellä tarkoitetaan vuodesta 2006 voimassa olleen MARA-asetuksen soveltamisalaan kuuluvia jätteitä, jotka poistetaan maarakenteesta. Rakenteesta poistettu jäte voidaan hyödyntää asetuksen mukaisella rekisteröinti-ilmoituksella uudelleen vastaavalla tavalla kuin jätenimikkeeltään vastaava, ensimmäistä kertaa hyödynnettävä jäte. Uudelleen hyödynnettävän jätteen tulee täyttää maarakentamiskohdekohtaiset MARA-vaatimukset. Vaatimusten täyttyminen voidaan pääsääntöisesti osoittaa käyttämällä rekisteröinti-ilmoituksessa aiemman rekisteröinti-ilmoituksen mukana viranomaiselle toimitettuja tietoja. (YM 2019)

Jos hyödyntäminen on tapahtunut ennen vuotta 2006 tai MARA-asetuksen mukaisia rekisteröintitietoja tai ympäristöluvan tietoja ei ole saataville, voidaan jäte hyödyntää MARA-asetuksen mukaisesti, mikäli ko. jäte kuuluu asetuksen soveltamisalaan. Tällöin jätteeseen sovelletaan niitä laadunvarmistusvaatimuksia, jotka on annettu asetuksessa kullekin jätenimikkeelle. Materiaalin ympäristö- ja tekninen kelpoisuus on tutkittava uudelleen, jos on syytä epäillä, ettei rakenteesta poistettava jäte vastaa ominaisuuksiltaan rakenteeseen aiemmin sijoitettua jätettä. (YM 2019)

Esimerkkinä puretun päällysrakenteen UUMA-materiaalin uudelleen hyödyntämisestä voidaan mainita Raide-Jokerin rakentaminen 2020, jolloin Espoossa Turunväylän ylittävän Impilahdensillan tulpenkereissä käytettiin 5000–6000 tonnia betonimursketta, joka kaivettiin Otaniemestä Maarintien ja Maarintien katurakenteesta. Otaniemessä betonimurske oli hyödynnetty MARA-asetuksen mukaisesti v. 2006. (<https://raidejokeri.info/raide-jokeria-rakennetaan-kiertotalouden-periaatteiden-mukaisesti/>)

Mahdolliset liukenevat aineet:

Rakenteesta puretun UUMA-materiaalin kemiallinen koostumus on lähtökohtaisesti vastaava kuin UUMA-materiaalilla on ollut ennen hyödyntämistä. Materiaalin liukoisuus tyypillisesti laskee ajan suhteen (ikäännytys, sateen huuhteleva vaikutus).

Vaikutus verkoston materiaaleihin ja vesijohdon seinämän läpäisy:

Rakenteesta puretun UUMA-materiaalin kemiallinen koostumus on lähtökohtaisesti vastaava kuin materiaalilla on ollut ennen hyödyntämistä. Joillakin materiaaleilla valmistus- tai muodostumisprosessit ovat saattaneet muuttua vuosien tai vuosikymmenien aikana, joten materiaalien koostumuksessa saattaa olla joitakin eroja kuin vastaavissa nykyisin muodostuvissa materiaaleissa. Joillakin materiaaleilla tapahtuu "vanhenemista", jolloin materiaalien haitta-aineiden liukoisuus on voinut alentua. Materiaalit ovat olleet rakenteessa hulevesin tms. vaikutuksen alaisena, joten materiaaleista on ajan saatossa liuennut aineksia, joten käytännössä liukoisten aineiden määrä on alentunut käytön aikana.

Puretun päällysrakenteen kiviaines, hiekka, yms. luonnonmateriaali

Muodostuminen ja tekniset ominaisuudet:

Maa-ainesten uudelleenkäyttö täyttää kiertotalouden tärkeimmän tavoitteen, eli materiaalien palauttamisen kiertoon. Kaivutöistä syntyvät maa- ja kiviainekset sekä ruoppausmassat ovat lainsäädännön mukaan lähtökohtaisesti jätteitä ja niiden käsittelyyn sovelletaan jätelainsäädäntöä, mutta VNa (214/2007) liitteessä asetettujen kynnyksarvojen alittuessa pidetään maamassoja pilaantumattomina. Pilaantumattomien maamassojen hyötykäyttö ei edellytä ympäristösuojelulain mukaisia lupamenettelyjä, sillä ympäristösuojeluasetuksen 169/2000 4 §:n mukaan maarakennustöissä syntyvän pilaantumattoman maa- ja kiviainesjätteen käsittelemisessä ja hyödyntämisessä ei vaadita ympäristölupaa, mikäli tämä tapahtuu maarakennuskohteessa. Kierrättämällä tie- tai katurakenteista purettavia valmiita maa-aineksia, jotka ovat yleisimmin karkearakeisia soria tai murskeita, vältetään muutoin mm. maa-ainesten poiskuljetuksesta, vastaanotosta sekä uuden kiviaineksen hankinnasta syntyviä kustannuksia. Luonnollisesti on huomioitava kierrättämisestä aiheutuvat kustannukset, materiaalien kelpoisuus sekä uudelleen käytettävien materiaalien puhtaus. (Nurmi 2019)

Kaivumaita ei hyödynnetä tällä hetkellä täysimääräisesti. Esimerkiksi Helen Oy:n kaukolämpö- ja jäähdytysverkkojen kaivutöistä syntyy vuositasolla keskimäärin 153 000 tonnia maamassoja, josta maarakennusurakoitsijat uusiokäyttävät karkeasti arvioituna noin 30 %. Helen Oy:n maarakennusurakoitsijat käsittelevät ja välppäävät eli seulovat maamassat lajittelevan kaivun lisäksi, jotta maa-ainesten puhtaus, raekoko ja tekniset ominaisuudet varmistetaan. Käsitellyt maamassat hyödynnetään myöhemmin saman kaivannon täyttötöissä jakavassa kerroksessa. Kaivutöistä syntyvien maamassojen uusiokäyttöä voitaisiin nostaa sallimalla suurempien raekokojen käyttäminen jakavassa kerroksessa. Toisaalta pienempään raekokoon seulominen mahdollistaisi maamassojen käytön tukikerroksissa ja suojatäytöissä. (Sottinen 2020)

Mahdolliset liukenevat aineet:

Päällysrakenteesta purettu kiviaines on kemialliselta koostumukseltaan vastaava kuin luonnonmateriaali, joten käytännössä sen vaikutus muihin materiaaleihin ei poikkea luonnonmateriaaleista. Mikäli rakenteen sulana pidossa on käytetty tiesuolaa, voi puretussa materiaalissa olla kohonnut kloridipitoisuus verrattuna neutraaliin kiviainekseen.

Vaikutus verkoston materiaaleihin ja vesijohdon seinämän läpäisy:

Päällysrakenteesta purettu kiviaines on kemialliselta koostumukseltaan vastaava kuin luonnonmateriaali, joten käytännössä sen vaikutus muihin materiaaleihin ei poikkea luonnonmateriaaleista. Suolatuille kaduille ja teillä päällysrakenteen yläosassa saattaa ionipitoisuus olla koholla keväällä talven suolauskauten jälkeen. Sateet laimentavat ionipitoisuuden nopeasti.

Hiekoitushiekka

Muodostuminen ja tekniset ominaisuudet:

Talvikaudella liukkautta torjutaan raekooltaan sopivalla hiekoitussepelillä. Hiekoitusmateriaalina käytetty kiviaines kuitenkin kuluu, likaantuu ja hienontuu käyttönsä aikana niin, ettei sitä voi enää sellaisenaan käyttää liukkaudentorjuntaan seuraavana talvikautena.

Mahdolliset liukenevat aineet:

Hiekoitushiekka saattaa sisältää kohonneita metallipitoisuuksia (kynnysarvon sekä alemmat että ylemmän ohjearvon ylittävänä pitoisuuksina), erilaisia öljyjä ja hiilivetyjä, humusta (mm. pientareiden kasvillisuudesta ja kasvualustoista) sekä tiesuolauksesta peräisin olevia suoloja, kuten klorideja. Eri-tyisesti liikennöitäviltä alueilta, kuten katu- ja pysäköintialueilta kerätty hiekoitussepele saattaa sisältää ajoneuvoista peräisin olevia öljyjä ja voiteluaineita, jotka päätyvät hiekoitussepeleihin keväällä tehtävän katujen puhdistustyön yhteydessä. Metallit, öljyt ja kloridit ovat tyypillisesti sitoutuneita materiaalin hienoainekseen ja uusiokäytettävä hiekoitussepele käsitellään mm. poistamalla sepeleiden hienoaines pesemällä, jolloin sen mukana poistuu valtaosa haitallista aineista.

Vaikutus verkoston materiaaleihin ja vesijohdon seinämän läpäisy:

Hiekoitushiekan sisältämät epäpuhtaudet ja etenkin tiesuolauksesta johtuva kohonnut kloridipitoisuus voivat olla teräs- ja valuraudalle syövyttävä. Kloridien vaikutuksesta materiaalin pinnalle muodostuu piste- ja kuoppakorroosiota, joka voi olla haitallinen ainetta pidättävien putkien yhteydessä, mikäli syöpymä etenee riittävän syväälle. Käsitellylle hiekoitushiekalle tulee tehdä tapauskohtainen arviointi materiaalin aggressiivisuudesta. Ilman tutkimusta suositellaan käytettävän materiaaleja, jotka kestävät hiekoitushiekat tyypillisiä haitta-aineita ja liukoisia suoloja tai eristämällä materiaali ympäristöstä esimerkiksi PE-pinnoitteella.

LIITE 3/1

MARA-ASETUS 843/2017

Taulukko 1. Hyödynnettävän jätteen suurin sallittu haitallisten aineiden liukoisuus (mg/kg L/S-suhteessa 10 l/kg) ja pitoisuus (mg/kg kuiva-ainetta) sekä kerrospaksuus maarakentamiskohteessa. Jättemateriaalikohtaiset määritysvaatimukset on annettu MARA-asetuksen liitteessä 3 (jätteen laadunhallinta).

Haitallisen aine	Maarakentamiskohde						
	Väylä ¹⁾ jätteen kerrospaksuus ≤ 1,5 m		Kenttä ¹⁾ jätteen kerrospaksuus ≤ 1,5 m		Valli jätteen kerrospaksuus ≤ 5,0 m	Teollisuus- ja varastorakennuksen pohjarakenne jätteen kerrospaksuus ≤ 1,5 m	Tuhkamursketie ²⁾ jätteen kerrospaksuus ≤ 0,2 m
	Peitetty	Päällystetty	Peitetty	Päällystetty	Peitetty		
Liukoisuus (mg/kg LS = 10 l/kg)							
Antimoni (Sb)	0,7	0,7	0,3	0,7	0,7	0,7	0,7
Arseeni (As)	1	2	0,5	1,5	0,5	2	2
Barium (Ba)	40	100	20	60	20	100	80
Kadmium (Cd)	0,04	0,06	0,04	0,06	0,04	0,06	0,06
Kromi (Cr)	2	10	0,5	5	1	10	5
Kupari (Cu)	10	10	2	10	10	10	10
Lyijy (Pb)	0,5	2	0,5	2	0,5	2	1
Molybdeeni (Mo)	1,5	6	0,5	6	1	6	2
Nikkeli (Ni)	2	2	0,4	1,2	1,2	2	2
Seleeni (Se)	1	1	0,4	1	1	1	1

Sinkki (Zn)	15	15	4	12	15	15	15
Vanaadiini (V)	2	3	2	3	2	3	3
Elohopea (Hg)	0,03	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03
Kloridi (Cl ⁻) ³⁾	3 200	11 000	800	2 400	1 800	11 000	4 700
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻) ³⁾	5 900	18 000	1 200	10 000	3 400	18 000	6 500
Fluoridi (F ⁻) ³⁾	50	150	10	50	30	150	100
Liennut orgaaninen hiili (DOC)	500	500	500	500	500	500	500
Pitoisuus (mg/kg kuiva-ainetta)							
Bentseeni	0,2	0,2	0,02	0,2	0,06	0,02	0,2
TEX ⁴⁾	25	25	25	25	25	10	25
Naftaleeni	5	5	5	5	5	5	5
PAH-yhdisteet ⁵⁾	30	30	30	30	30	30	30
Fenoliset yhdisteet ⁶⁾	10	10	5	10	10	10	10
PCB-yhdisteet ⁷⁾	1	1	1	1	1	1	1
Öljyhiilivedyt C10–C40	500	500	500	500	500	300	500

1) Hyödynnettävän asfalttimurseen ja -rouheen enimmäismäärä maarakentamiskohteessa on 1 000 tonnia

2) Tuhkamursetien kerrospaksuus on asetettu täytekerroksen laskennalliselle paksuudelle

3) Taulukossa 1 kloridille, sulfaatile ja fluoridille asetettuja raja-arvoja ei sovelleta rakenteeseen, joka täyttää kaikki seuraavat edellytykset: sijaitsee enintään 500 m etäisyydellä merestä, rakenteen läpi suotautuvan veden purkautumissuunta on mereen sekä rakenteen ja meren välillä ei ole talousvedenottoon käytettäviä kaivoja

4) Tolueni, etylibentseeni ja ksyleeni (summapitoisuus)

5) Polyaromaattiset hiilivedyt: antraseeni, asenafteeni, asenaftyleeni, bentso(a)antraseeni, bentso(a)pyreeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(g,h,i)peryleeni, bentso(k)fluoranteeni, dibentso(a,h)antraseeni, fenantreeni, fluoranteeni, fluoreeni, indeno(1,2,3-cd)pyreeni, kryseeni, naftaleeni ja pyreeni (summapitoisuus)

6) Fenoli, o-kresoli, m-kresoli, p-kresoli ja bisfenoli-A (summapitoisuus)

7) Polyklooratut bifenyylit kongeneerit 28, 52, 101, 118, 138, 153 ja 180 (summapitoisuus)

Poikkeukset taulukon 1 raja-arvoista, jos toteutettavan rakenteen enimmäispaksuus on 0,5 m (mg/kg L/S-suhteessa 10 l/kg)

- peitetty väylä: barium (Ba) 80; vanadiini (V) 3; kloridi (Cl⁻) 3 600; sulfaatti (SO₄²⁻) 6 000;
- päällystetty väylä: kloridi (Cl⁻) 14 000; sulfaatti (SO₄²⁻) 20 000;
- peitetty kenttä: antimoni (Sb) 0,4.

LIITE 4/1

Käsitellyn jätteenpolton pohjakuonan #0/2, 2/5, 5/12 ja 12/50 mm keskimääräisiä liukoisia pitoisuuksia, materiaalit täyttävät päällystetyille väylälle ja kentälle asetetut MARA (843/2017) -kelpoisuuskriteerit lukuun ottamatta kloridin pitoisuuksia kenttärakenteelle kahdessa pienimmässä ja-keessa. L/S kuvaa nestemäärän suhdetta kiinteään aineen määrään. Liukoisuudet on määritetty kaksvaiheisella ravistelutestillä standardin SFS-EN-12457-3 mukaisesti. (Suomen erityisjäte 2018)

Liukoiset pitoisuudet (mg/kg, L/S10)	Mineraalijakeet				Vna 843/2017	
	0-2mm (n=13)	2-5mm (n=11)	5-12mm (n=11)	12-50 mm (n=11)	Väylä (päällystetty)jätteen kerrospaksuus <1,5 m	Kenttä (päällystetty)jätteen kerrospaksuus <1,5 m
pH (L/S8)	11,4	11,0	11,0	11,1	-	-
Sähkönjohtokyky (L/S8, mS/m)	180	100	77	75	-	-
As	0,03	0,02	0,02	0,02	2	1,5
Ba	0,8	1,6	1,0	0,9	100	60
Cd	0,003	<0,015	<0,015	<0,015	0,06	0,06
Cr	2,0	0,9	0,5	0,3	10	5
Cu	2,3	1,1	0,6	0,5	10	10
Mo	1,6	1,0	1,1	0,6	6	6
Ni	0,04	0,02	0,02	0,03	2	1,2
Pb	0,08	0,06	0,01	0,01	2	2
Sb	0,2	0,3	0,2	0,2	0,7	0,7
Se	0,03	0,03	0,02	<0,05	1	1
V	0,1	0,1	0,1	0,1	3	3
Zn	0,6	0,5	0,3	0,3	15	12
Hg	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,03	0,03
F	4,2	<10	<10	5,9	150	50
Cl ⁻	4600	2800	1800	1700	11000	2400
SO ₄ ²⁻	3700	3000	2200	2300	18000	10000
DOC	240	170	100	80	500	500

LIITE 4/2

Käsitellyn jätteenpolton pohjakuona (kerrospaksuus <1,5 m). Liukoisuustulosten perusteella molempien tutkittujen kuonafraktioiden #0/4 ja 4/12 mm (Fortum, HSY) kloridin, molybdeenin ja sulfaatin liukoisuudet ylittävät MARA-asetuksen (843/2017) mukaisista hyödyntämiskohteista peitetyn kenttärakenteen raja-arvot (punaisella korostetut). Lisäksi kuonafraktion 0/4 kloridin liukoisuus ylittää päällystetyn kenttärakenteen raja-arvon. Molempia kuonafraktioita voidaan hyödyntää peitetyissä ja päällystetyissä väylärakenteissa sekä teollisuuden- ja varastorakennusten pohjarakenteissa. LS-suhde 10 l/kg. (Kurikkala 2018)

<i>Haittä- aine</i>	<i>Kuonafraktio</i>		<i>Väylärakenne</i>		<i>Kenttärakenne</i>		<i>Pohja- rakenne teollisuus-/ varasto- rakennus</i>
	0-4 mm	4-12 mm	Peitetty	Päällystetty	Peitetty	Päällystetty	
Antimoni	0,02	0,02	0,7	0,7	0,3	0,7	0,7
Arseeni	0,27	0,24	1	2	0,5	1,5	2
Barium	0,20	0,22	40	100	20	60	100
Elohopea	0,002	0,002	0,03	0,03	0,01	0,03	0,03
Fluoridi	<1,0	<1,0	50	150	10	50	150
Kadmium	0,001	0,001	0,04	0,06	0,04	0,06	0,06
Kloridi	2 763	1 641	3 200	11 000	800	2 400	11 000
Kromi	0,37	0,19	2	10	0,5	5	10
Kupari	0,73	0,54	10	10	2	10	10
Lyijy	0,01	0,01	0,5	2	0,5	2	2
Molybdeeni	0,6	0,6	1,5	6	0,5	6	6
Nikkeli	0,01	0,01	2	2	0,4	1,2	2
Seleeni	<0,013	0,01	1	1	0,4	1	1
Sinkki	0,25	0,27	15	15	4	12	15
Sulfaatti	2 678	1 690	5 900	18 000	1 200	10 000	18 000
Vanadiini	0,085	0,047	2	3	2	3	3
Liuenut orgaaninen hiili	80	59	500	500	500	500	500

LIITE 4/3

Käsitelty jätteenpolton pohjakuona #0/2, 0/16 ja 0/32 mm (Fortum, Riihimäki), jätteen kerrospaksuus <1,5 m, materiaalit täyttävät päällystetyille väylälle asetetut MARA-kelpoisuuskaiteerit (Söderholm 2020) MARA-asetuksen (843/2017) mukaiset raja-arvot päällystetyille väylärakenteelle on esitetty 3. sarakkeessa.

Haitallinen aine	Yksikkö	Raja-arvo	0-2mm (LS10)	0-2mm(LS2)	0-2mm(LS10)	0-2mm (LS2)	0-16mm(LS10)	0-16mm(LS2)
Liennut orgaaninen hiili (DOC)	mg/kg	500	220	150	200	140	<120	46
Elohopea (Hg)	mg/kg	0,03	<0,0010	<0,00020	<0,0010	<0,020	<0,0010	<0,00020
Arseeni (As)	mg/kg	2	<0,1	<0,020	<0,10	<0,020	<0,10	<0,020
Barium (Ba)	mg/kg	100	1,8	1	1,8	0,8	1,8	0,93
Kadmium (Cd)	mg/kg	0,06	<0,01	<0,0020	<0,010	<0,0020	<0,010	<0,0020
Kromi (Cr)	mg/kg	10	2,3	1,6	2,4	1,6	2,6	1,8
Kupari (Cu)	mg/kg	10	0,43	0,23	0,64	0,25	0,34	0,15
Molybdeeni (Mo)	mg/kg	6	2,9	1,9	2,9	1,8	2,7	1,7
Nikkeli (Ni)	mg/kg	2	<0,050	<0,010	<0,050	<0,010	<0,050	<0,010
Lyijy (Pb)	mg/kg	2	<0,1	<0,020	<0,10	<0,020	<0,10	<0,020
Antimoni (Sb)	mg/kg	0,7	<0,25	<0,020	<0,24	<0,020	<0,50	<0,10
Seleeni (Se)	mg/kg	1	<0,10	<0,020	<0,13	0,063	<0,13	0,062
Vanadiini (V)	mg/kg	3	<0,11	<0,020	0,12	0,026	<0,11	<0,020
Sinkki (Zn)	mg/kg	15	<0,050	<0,010	<0,41	<0,010	<0,050	<0,010
Fluoridi (F-)	mg/kg	150	9,3	0,99	9	1,1	12	2
Kloridi (Cl-)	mg/kg	11000	2500	2400	2600	2500	2000	2000
Sulfaatti (SO42-)	mg/kg	18000	8700	4400	8450	4400	8600	4400

Haitallinen aine	Yksikkö	Raja-arvo	0-16mm(LS10)	0-16mm(LS2)	0-32mm (LS10)	0-32mm(LS2)	0-32mm (LS10)	0-32mm(LS2)
Liennut orgaaninen hiili (DOC)	mg/kg	500	<120	43	<110	27	<100	22
Elohopea (Hg)	mg/kg	0,03	<0,0010	<0,00020	<0,0010	<0,00020	<0,0010	<0,00020
Arseeni (As)	mg/kg	2	<0,10	<0,020	<0,10	<0,020	<0,10	<0,020
Barium (Ba)	mg/kg	100	1,8	0,87	1,6	0,75	1,8	0,75
Kadmium (Cd)	mg/kg	0,06	<0,010	<0,0020	<0,010	<0,0020	<0,010	<0,0020
Kromi (Cr)	mg/kg	10	2,3	1,6	0,3	0,16	0,05	0,01
Kupari (Cu)	mg/kg	10	0,35	0,15	0,3	0,13	0,21	0,086
Molybdeeni (Mo)	mg/kg	6	2,5	1,5	1,4	0,87	1,5	0,87
Nikkeli (Ni)	mg/kg	2	<0,050	<0,010	<0,050	<0,010	<0,050	<0,010
Lyijy (Pb)	mg/kg	2	<0,10	<0,020	<0,10	<0,020	<0,10	<0,020
Antimoni (Sb)	mg/kg	0,7	<0,50	<0,10	<0,50	<0,10	0,42	0,068
Seleeni (Se)	mg/kg	1	<0,13	0,052	<0,11	0,027	<0,10	0,024
Vanadiini (V)	mg/kg	3	0,11	0,02	0,21	0,052	<0,10	<0,020
Sinkki (Zn)	mg/kg	15	<0,050	<0,010	<0,056	<0,010	<0,050	<0,010
Fluoridi (F-)	mg/kg	150	12	2	10	1,7	12	2,1
Kloridi (Cl-)	mg/kg	11000	2000	1900	1200	1200	1300	1200
Sulfaatti (SO42-)	mg/kg	18000	8600	4200	5000	3000	5400	3300

LIITE 5/1

Lentotuhka- ja pohjatuhkanäytteiden liukoisuuksia. Liukoisuudet on määritetty kaksivaiheisella ravistelutestillä SFS-EN 12457-3. LS-suhde 10 l/kg_{kuiva-ainetta}. Taulukosta on poistettu rikinpoiston lopputuotteen liukoisuustulokset sekä vertailu Kaatopaikkakelpoisuuteen. Taulukkoon on lisätty MARA 2017 raja-arvot väylärakenteille. (Ramboll 2014, täydennetty MARA 2017 tiedoilla)

Taulukossa esitettyjen tulosten perusteella tutkittuja Helenin pohjatuhkia on mahdollista käyttää peitetyssä väylärakenteessa MARA-asetuksen mukaisesti.

Taulukossa esitettyjen tulosten perusteella tutkittuja Helenin tuhkia voidaan käyttää päällystetyssä väylärakenteessa MARA-asetuksen mukaisesti.

Liukoisuus L/S = 10 l/kg	Kivihillen lentotuhkan liukoisuustuloksia			Hanasaari 2012		Salmisaari 2012		MARA-asetus 591/2006		MARA 2017	
	keskiarvo	min	max	LT	PT (ka)	LT	PT (ka)	Peitetty rakenne	Päällystetty rakenne	Peitetty	Päällystetty
Antimoni	0,1	0,01	0,5					0,06	0,18	0,7	0,7
Arseeni	0,15	0,02	2					0,5	1,5	1	2
Barium	45	1	106					20	60	40	100
Kadmium	0,01	0,001	0,02					0,04	0,04	0,04	0,06
Kromi	1,5	0,02	10	0,7	<0,020	1,5	< 0,04	0,5	3,0	2	10
Kupari	0,1	0,01	1					2,0	6,0	10	10
Elohopea	0,003	0,002	0,004					0,01	0,01	0,03	0,03
Molybdeeni	4 (8)	0,3 (2)	13 (50)	4,5	0,19	5,9	0,3	0,5	6,0	1,5	6
Nikkeli	0,03	0,01	0,1					0,4	1,2	2	2
Lyijy	0,2	0,02	0,4	<0,020	<0,020	<0,020	< 0,020	0,5	1,5	0,5	2
Seleen	0,3	0,05	0,5	0,29	<0,020	0,32	< 0,026	0,1	0,5	1	1
Vanadiini	1,5	0,2	5	0,23	0,23	0,42	0,32	2,0	3,0	2	3
Sinkki	0,2	0,01	9					4,0	12	15	15
Alumiini	20	2	40							-	-
DOC	7	7	8					500	500	500	500
Sulfaatti	4000	65	30000	1300	275	2100	615	1000	10000	5 900	18 000
Kloridi	75	6	4200	< 18	< 17	< 14	< 11,7	800	2400	3 200	11 000
Fluoridi	20	3	90	17	< 4,95	14	< 5,4	10	50	50	150

LIITE 5/2

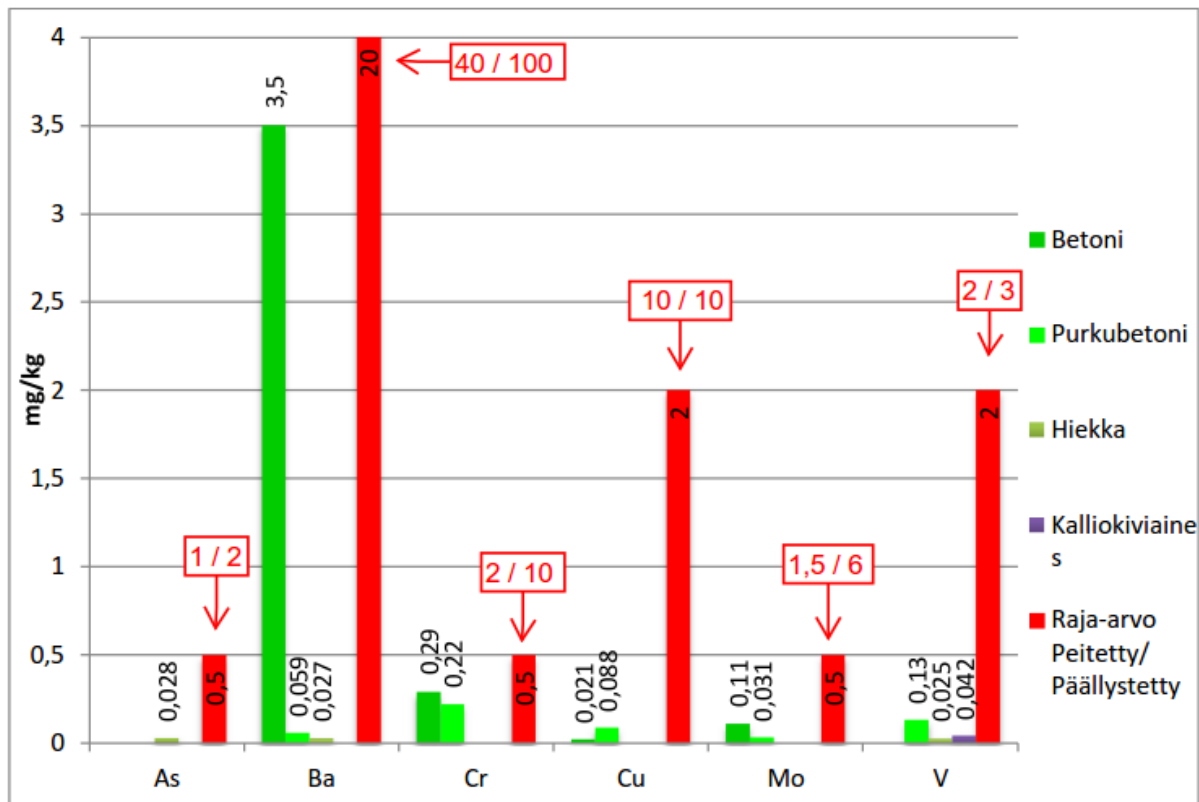
Lentotuhkanäytteiden kokonaispitoisuuksia. Taulukosta on poistettu puun tuhkan ja puu+hiili tulokset. Taulukoon on lisätty MARA 2017 raja-arvot väylärakenteille. (Ramboll 2014, täydennetty MARA 2017 tiedoilla)

mg/kg	Kivihillen lentotuhka (Hanasaari ja Salmisaari 2012)			MARA 2017	
	keskiarvo	min	max	Peitetty	Päällystetty
PCB					
PAH					
Arseeni	<29,5	<15	44	1	1
Barium	1600	1200	2000	30	30
Kadmium	<0,85	0,7	<1	1	2
Koboltti				40	100
Kromi	66	56	76	0,04	0,06
Kupari	54	34	74	-	-
Elohopea	<29,5	<10	49	2	10
Molybdeen	<9	<5	13	10	10
Nikkeli				0,03	0,03
Lyijy				1,5	6
Seleeni				2	2
Vanadiini	120	100	140	0,5	2
Sinkki	93,5	37	150	1	1
				2	3
				15	15

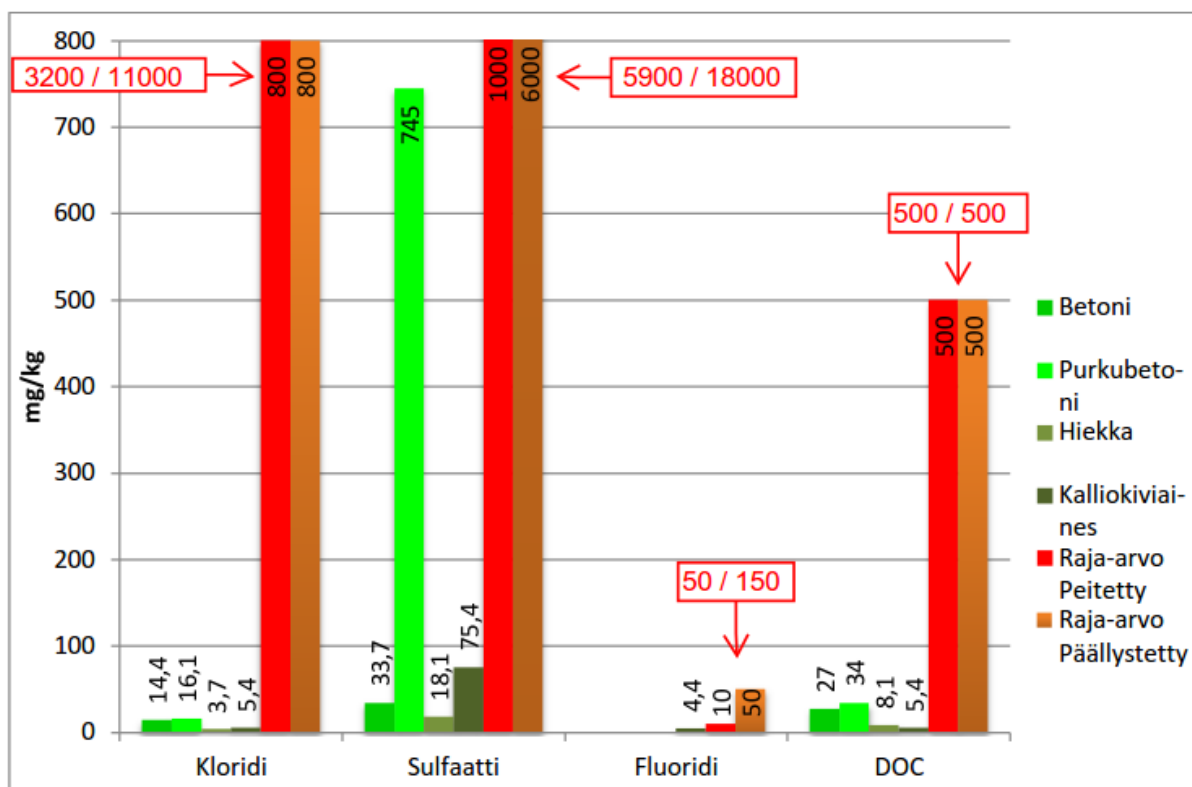
LIITE 6/1

Betonimurske-, hiekka- ja kalliokiviainesnäytteiden liukoisuudet. BeM #0/50 on puhtaasta betonista betonitehtaalta = "Betoni" tai lajitellusta purkubetonista = "Purkubetoni". Liukoisuudet on määritetty kaksivaiheisella ravistelutestillä SFS-EN 12457-3. LS-suhde 10 l/kg_{kuiva-ainetta}. Punaisella/Oranssilla tolpalla on esitetty ympäristökelpoisuuden raja-arvot MARA 2009-asetuksessa. Punaisessa laatikossa on esitetty MARA 2017 asetuksen raja-arvot "peitetty/päällystetty". (Rossi 2013, täydennetty MARA 2017 tiedoilla)

a)

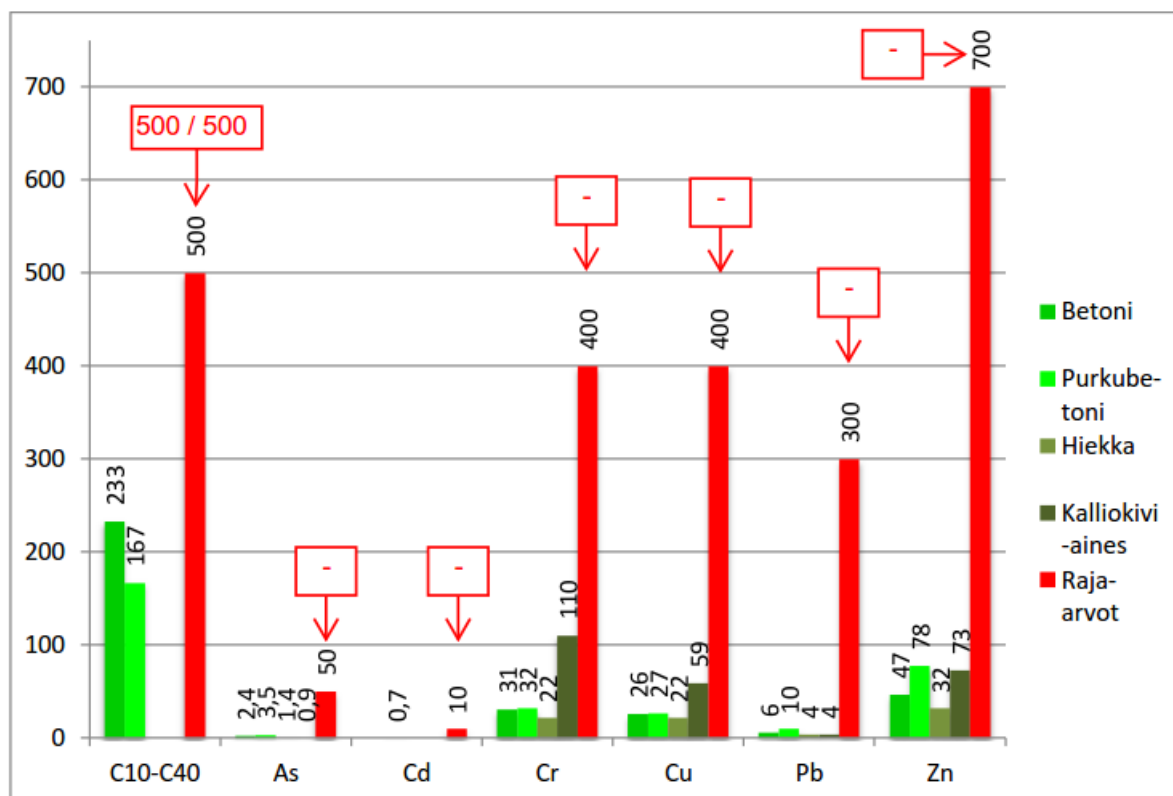


b)



LIITE 6/2

Betonimurske-, hiekka- ja kalliokiviainekäytöiden pitoisuudet. BeM #0/50 on puhtaasta betonista betonitehtaalta = "Betoni" tai lajitellusta purkubetonista = "Purkubetoni". Punaisella/Oranssilla tolalla on esitetty ympäristökelpoisuuden raja-arvot MARA 2009-asetuksessa. Punaisessa laatikossa on esitetty MARA 2017 asetuksen raja-arvot. MARA-asetuksessa 2017 ei ole esitetty kaikkia raja-arvoja, jotka on aiemmin esitetty MARA-asetuksessa 2009. (Rossi 2013, täydennetty MARA 2017 tiedoilla)



Aineiden pitoisuuden (mg/kg) laboratoriotutkimuksissa.

LIITE 7

UUMA-materiaalien jalostaminen:

Materiaalien jalostamisella tarkoitetaan niiden teknisten tai ympäristöominaisuuksien parantamista ja sitä myöten niiden hyötykäyttöarvon lisäämistä erilaisten käsittelymenetelmien avulla. Eri uusiomateriaaleille soveltuvia jalostusmenetelmiä on useita ja tyypillisesti jalostus saattaa sisältää useiden eri jalostustekniikoiden yhdistelmiä. Taulukossa on esitetty tyypillisiä uusiomateriaaleille käytettäviä jalostusmenetelmiä sekä jalostetun materiaalin käyttökohteita. (Forsman et al. 2020)

Jalostusmenetelmä	Mihin vaikutetaan	Jalostettava uusiomateriaali, esim.	Jalostetun uusiomateriaalin käyttökohde
Lajittelu	puhtaus (roskien, metallin, yms. poisto)	betonimurske, tiilimurske, jätteenpolton kuona	päällysrakenne, pengerr, täyttö
Murskaus tai paloittelu	rakeisuus	asfalttimurske, betonimurske, tiilimurske, kuona, rengasrouhe	päällysrakenne, pengerr, täyttö, kevennysmateriaali
Seulonta	rakeisuus	betonimurske, tiilimurske, jalostettu jätteenpolton kuona, valimohiekka, kaivumaa	päällysrakenne
Rakeistus	rakeisuus	lentotuhka, pohjatuuhka	päällysrakenne, täyttö
Kuivaus (auma, geotuubi)	käsiteltävyys	fosfokipsi, kaivumaa, imuruoppausmassa	sideaineseos, täyteaine, täyttö, kasvualustan raaka-aine
Ikäännyttäminen	ympäristökelpoisuus	lentotuhka, jätteenpolton kuona, valimohiekka	päällysrakenne, pengerr, täyttö, sideaineseos, täyteaine
Neutralointi	ympäristökelpoisuus	kaivumaa (sulfidisavi), hapan sivukivi	täyttö
Stabilointi (massa-, prosessi-* tai kerrosstabilointi)	tekninen laatu (jäykkyys, lujuus), ympäristökelpoisuus	pehmeä kaivumaa, rakennekerrosmateriaali	pengerr, täyttö, rakennekerros * prosessistabilointi voi tarkoittaa esim. auma-, seulakauhat tai asemasekoitusta
Sekoittaminen (homogenisointi)	rakeisuusjakauma, raaka-aineen laatu, reaktiivisuus	betonimurske, käsitelty jätteenpolton kuona, lentotuhka, kuitusavi, ruoppausmassa, pintamaa, hiekoitussepeeli, soodasakka	päällysrakenne, pengerr, sideaine, täyteaine, kasvualusta
Luokittelu	ympäristökelpoisuus, rakeisuus	lentotuhka	sideaine
Kemiallinen tai mekaaninen aktivointi	sitoutuminen, lujittuminen	lentotuhka	sideaine
Poltto	kemialliset ominaisuudet	metsäteollisuuden jätteet	sideaine
Kompostointi	käsiteltävyys, ympäristökelpoisuus, jäykkyys, ravinteikkaus	puu- ja ruohovartiset kasvijätteet, jäteliätteet, pintamaat, turpeet	kasvualusta
Haketus	kappalekoko	kompostin ja kasvualustan raaka-aine	kate, kosteuden pidätys, hiihtolatuksen pohjat
Pyrolyysi	biohiilen valmistus	puuvartinen kasvimateriaali	kasvualusta, kosteudenhallinta, hulevesisuodatus, maanparannusaine

LIITE 8

Uusiomateriaalien soveltuvuus verkostorakentamiseen - arviointipyyntö

Arviointipyyntöön avulla maanalaisen verkoston rakentaja tai ylläpitäjä voi selvittää uusiomateriaalien soveltuvuutta käytettäväksi esim. maanalaisen verkoston kaivantojen lopputäyttöön. Pyyntö voidaan osoittaa uusiomateriaalin toimittajalle ja/tai urakoitsijalle, joka esittää uusiomateriaali käytettäväksi maanalaisen verkoston maarakenteissa. Pyyntöön esittäjä täsmentää, miten alla oleviin kohtiin tulee vastata, mutta tyyppillisesti vastaus sisältää koostetekstin ja viittaukset liiteaineistoon (ohjeet, selvitykset, yms.).

A. Tarvittavat yleiset tiedot uusiomateriaalista ja materiaalin toimittajasta

1. Tiedot uusiomateriaalin toimittajasta

2. Uusiomateriaalin ja sen tuotannon yleiskuvaus:

- raaka-aineet
- valmistus
- saatavuus
- ympäristökelpoisuus (ympäristölupa / MARA / EEJ / sivutuote / ei lupatarvetta, ...)
- laadunvarmistus
- tekniset ominaisuudet (käyttötarkoituksen mukaisesti)
- laatuluokittelu (esim. BEM Ia, Ib Ila, IIb ...)
- CE-merkintä (on / ei / ...)
- ...

3. Uusiomateriaalin käyttökohteet:

- lopputäyttö, suodatinkerros, jakava, kantava, pengertäyttö, ...

4. Uusiomateriaalin käyttöohjeet, jotka sisältävät mm.:

- suunnittelu, rakentaminen, laadunvarmistus, varastointi
- mitoitusparametrit, muut ominaisuudet
- tunnistamisohje työmaalle
- käyttöturvallisuus, kunnossapito, käytöstä poisto

5. Perustelut ja aineisto:

- pitkäaikaistoimivuuden osoittaminen, käyttöhistoria, käyttökokemukset
- mitoitusparametrien osoittaminen
- riskien arviointi
- aineistona voidaan hyödyntää materiaalitoimittajan oman ohjeistus, selvitysten ja muun aineiston ohella esim. InfraRYLiä sekä Väyläviraston ja muiden tahojen soveltuvia julkaisuja

B. Verkostorakentamisessa tarvittavat tiedot

Verkoston kaivantojen lopputäytössä ja yläpuolisessa päällysrakenteessa käytettävien uusiomateriaalien ja verkoston osien yhteensopivuutta arvioidaan olosuhteiden, turvallisuuden ja huollettavuuden perusteella. Mikäli uusiomateriaali ei vaikuta negatiivisesti verkoston rakennusosien ja materiaalien käyttöikään tai turvallisuuteen, eikä estä auki kaivua, niin sitä voidaan käyttää vesihuollon kaivannon

lopputäytössä tai yläpuolisessa päällysrakenteessa silloin, kun myös materiaalin tekniset ominaisuudet ovat riittävät. UUMA-materiaalit, jotka soveltuvat katujen rakentamiseen, soveltuvat teknisiltä ominaisuuksiltaan lähtökohtaisesti myös verkoston kaivantojen lopputäyttöön.

Vesihuoltoverkostojen rakentamisen yhteydessä tulee huomioida putkimateriaalin lisäksi muut rakennusosat kuten kulmatuet, liitosyhteet, alumiiniset tarvikkeet, yms. Uusiomateriaalien käyttömahdollisuutta arvioitaessa otetaan huomioon se, että putkien ympärillä on aina alkutäyttö luonnon kiviaineksesta (putkenlaki + 300 mm), joten putket eivät ole suorassa kontaktissa uusiomateriaaleihin. Näin ollen tarkastelun lähtökohtana ei ole välttämättä välitön kontakti uusiomateriaalin ja verkoston osan välillä.

Verkoston osien ja uusiomateriaalien yhteensopivuutta tarkasteltaessa tavoitteena voidaan pitää verkoston osien valmistajan ilmoittamaa suunniteltua käyttöikää tai vesilaitoksen kokemusperäistä tietoa verkoston elinkaaresta (huomioiden paikalliset olosuhteet). Vesijohtojen ja niiden varusteiden osalta on myös tärkeää, että valitut materiaalit suojaavat ja säilyttävät käyttöveden laadun verkoston ulkopuolisilta tekijöiltä.

Yhteensopivuudessa huomioidaan lisäksi verkoston mahdollinen aukikaivu esimerkiksi korjausten tai liitosten tekemisen yhteydessä. Käytettävät lopputäytön ja yläpuolisen päällysrakenteen materiaalit tulee olla teknisesti ja työturvallisuuskäytännöstä kaivettavissa tavallisilla rakennusmenetelmillä.

Vaatimusten täyttymisen osoittamiseksi, tulee uusiomateriaalin toimittajan osoittaa alla esitetyt kohdat tai ne kohdat, jotka ovat tarkasteltavassa käyttötarkoituksessa tarpeellisia (vertailukohtana on luonnon kiviaineksen aiheuttamat vaikutukset):

- A. Aiheuttaako uusiomateriaalista liukenevat aineet metalliputkien, liitososien tai niiden pinnitteiden korroosiota
- B. Aiheuttaako uusiomateriaalista liukenevat aineet betoni- tai muoviputkien turmeltumista
- C. Aiheuttaako materiaali korroosiota tai turmeltumista suorassa kontaktissa metallista-, betonista- tai muovista tai muista materiaaleista valmistettuihin rakennusosiin (esim. lopputäytön läpäisevät rakennusosat)
- D. Liukeneeko uusiomateriaalista aineita, jotka voivat läpäistä vesijohdon tai viemärin seinämän ja vaikuttaa negatiivisesti käyttöveden tai vesistöön johdettavan veden laatuun
- E. Onko uusiomateriaalilla vaikutusta työturvallisuuteen verkoston rakentamisen, huollon tai purkamisen yhteydessä

Kohtiin A-E tulee saada ulkopuolisen asiantuntijan (tutkimuslaitos, yliopisto, tms.) lausunto, joka sisältää myös päätelmät (huom! joillakin uusiomateriaaleilla korroosio- tai turmeltumisselvitys saattaa olla aiheellista tehdä eri rakeisuuksiin seulotuille lajitteille).

Verkoston osien valmistusmateriaaleja, joita arviopyyntö voi koskea, on esitetty taulukossa 1. Soveltuvuusarviota pyytävä verkoston omistajan tulee karsia taulukossa esitettyä listausta, mikäli jotakin materiaalia ei ko. toimijan verkostossa käytetä.

Taulukko 1. Verkoston valmistusmateriaaleja.

Vesijohdot (putket)	PE PE diffuusiosuojattu PVC Valurauta (tavanomaiset pinnoitteet) Teräs muu: _____
Viemärit (putket ja kaivot)	Betoni PE PVC PP Valurauta (tavanomaiset pinnoitteet) GRP muu: _____
Tiivisteet	EPDM NBR muu: _____
Varusteet (liitostarvikkeet, laipat, venttiilit, palopostit, liittimet)	Alumiini Teräs HST Kupari Sinkitty teräs muu: _____

Tämä arviointipyyntöpohja on laadittu UUMA4-ohjelman työryhmässä 4 ”Tekniset verkostot ja uusiomateriaalit”.

Mahdolliset kommentit ja kehitysehdotukset tähän arviointipyyntöön pyydetään osoittamaan: juha.forsman@ramboll.fi

LIITE 9

Organisaatio	Organisaationne käytössä olevat verkostotietojärjestelmät sekä muut paikkatietojärjestelmät, niiden sisältö ja rajapinnat	Onko organisaatiollanne käytössä uusiomaarakenteiden ja muiden erikoisrakenteiden (esim. kevennys-materiaalit, lujitteet, yms.) paikkatieto-järjestelmää? Jos on, niin minkälaisia?	Miten uusiomaarakenteiden tai muiden erikoisrakenteiden tiedot ovat tällä hetkellä saatavilla? (paikkatietojärjestelmät, rajapinnat, selvitykset, tiedot aikaisemmistahankkeista, ...)	Miten olemassa olevien uusiomaarakenteiden (tai muiden erikoisrakenteiden) tiedot saadaan nykyisin käyttöön lähtötiedoksi suunnitteluun / rakentamiseen?	Saatavilla olevan uusiomaarakenteiden tiedon formaatti ja geometria (PDF, DWG, shape, 2D, 3D, aluerajaus, xy, xyz, ...)	Uusiomateriaalien tietosisältö paikkatietojärjestelmässä tai muussa lähteessä (materiaalitieto, EEJ / MARA /Y-lupa, rakentamisajankohta, muuta?)	Onko alueellanne olevista uusiomaarakenteista (ja muista erikoisrakenteista) saatavilla / nähtävillä tietoa paikkatietojärjestelmästä, esim. rajapintojen kautta?	Onko organisaatiollanne käytössä muita maanalaisten rakenteiden paikkatietojärjestelmiä tai tiedonhallintajärjestelmiä? Jos on, niin minkälaisia?	Mitä toteumatietoa rakennetuista uusiomaarakenteista / uusiomateriaaleista kerätään jmissä muodossa?	Nykyohjeistus toteumatietojen keräämiseksi ja toimittamiseksi paikkatietojärjestelmään (mm. miten varmistetaan, että tieto saadaan urakoitsijalta rakennuttajalle?)	Hyödynnetäänkö suunnitelma-aineistoa paikkatietojärjestelmässä ennen toteumatiedonpaivitystä?	Onko organisaatiol-lanne tehty selvityksiä paikkatiedosta tai tiedonhallinnasta?	Miten uusiomaarakenteiden tiedonhallinta olisi hyvä järjestää?	Olisiko valtakunnallinen uusiomaarakenteiden paikkatietojärjestelmä ratkaisu tiedonsaavutettavuuden haasteeseen?	Vapaa sana
Alva-yhtiöt Oy	TrimbleNIS, LocusCloud ja ArcGIS verkostokartat	Alvalla ei ole käytössä uusiomateriaalien paikkatietojärjestelmää.	Jyväskylän kaupungilla on tiedot katurakenteiden uusiomateriaaleista.	Jyväskylän kaupungilta	Mahdollisesti Jyväskylän kaupungilta.	Mahdollisesti Jyväskylän kaupungilta.	Mahdollisesti saatavilla Jyväskylän kaupungilta.	TrmbleNIS on verkostotieto, LocusCloud kaupungin kartta- ja verkostotieto	Vesihuoltokaivannoissa ei ole käytetty uusiomateriaaleja.	Ohjeistusta ei ole.	Ei hyödynnetä.	Ei ole tehty selvityksiä.	Jyväskylän kaupungin järjestelmään	Olisi hyvä, jos tieto on ajantasaista.	-
Helsingin seudun ympäristöpalvelut - kuntayhtymä HSY	Verkkotietojärjestelmät Trimble NIS ja Esri FieldMaps, lisäksi käytössä SePe, SeutuData ja SeutuRuutu	Todennäköisesti on, mutta ei omalla osastollani aktiivisessa käytössä	Todennäköisesti HSY:llä on suunnittelijoilla käytössä tai pyytävät tiedot kaupungeilta, mutta omalla osastollani ei käytetä	HSY:n Investoinnit -osaston suunnittelijoilta ja Vesihuollon toimialapalveluiden esisuunnittelijoilta saatte toivottavasti tähän vastauksen, he suunnitteluttavat hankkeet.	Ei tiedossa	Ei tiedossa	Ei tiedossa, että saataisiin verkkotietojärjestelmässä näkyviin. Toivomus on esitetty, että saataisiin näkyviin TrimbleNIS:iin, jotta kunnossapidollisissa kaivutoissa olisi tieto käytettävissä.	Ei tiedossa.	Ei tiedossa osastollamme	Ei tiedossa osastollamme, uskon että siihen on HSY:llä toimiva prosessi	En osaa sanoa	En osaa sanoa	Tieto olisi hyvä olla saatavilla käytössä olevista verkkotietojärjestelmistä	Toimissaan olisi	Kiitos kyselystä
Helen Oy / Kaukolämpö & kaukojäähdytys	KeyDH verkkotietojärjestelmä: Rajapinnat mm. Allu (kaupungin julkisten alueiden lupien hallinnointi palvelu), Kami:iin (kaupunkimittaus / sijainti- ja karttojen toimitus)	Toistaiseksi ei. Tullaan dokumentoimaan verkkotietojärjestelmään.	Tehty pilottityömaan (Arentitie / Helsinki): Tiedot Helsingin kaupungilla (geo)	Ei tietoa, kuinka paljon kaupungilla on käytetty uusiomateriaaleja. Meille ei ole tullut tietoon alueita, missä olisi uusiomateriaaleja käytetty / paljonko käytetty / materiaalin sijaintia.	Ei saatavilla / ei tiedossa.	Ei saatavilla / ei tiedossa.	Ei saatavilla / ei tiedossa. Omat johtoihin liittyvät rakenteet on dokumentoitu ja nykyisellään viedään paikkatietojärjestelmään.	Ei. Käytössä KeyDH paikkatietojärjestelmä, missä löytyy kaikki data. Lisäksi tietyt eri dokumentointijärjestelmiä / tyonohjausjärjestelmiä, joissa teknisiä suunnitelmia.	Uusiomateriaalien käyttöä ollaan vasta aloittamassa / suunnitellaan ja selvitetään uusiomateriaalin käytön "vaateita" (Helsingin kaupunki)	Ei vielä käytössä. Tullaan huomioimaan tulevissa urakkakilpailutuksissa.	Uusiomateriaalien osalta ei, koska tietoa ei saatavilla.	Sisäisiä kyllä.	Kaupungilla yhteiset pelisäännöt uusiomateriaalien suhteen (dokumentointivaateet, eri materiaalien käytösäännöt), jotka ns. kaikille avointa dataa.	Ei. Mahdoton ajatus, vertaa terveydenhuoltojärjestelmää... Saavutettava hyöty ei ns. maksa taloudellista panosta takaisin.	Luvituksen ja ohjeistuksen puutteet kaupunkien organisaatioissa takkuilee. Asian on tärkeä ja hieno, mutta se saatetaan haudata byrokratian rattaasiin useilla eri tasolla.
Lahti Aqua Oy	TrimbleNIS, QGIS	TrimbleNIS	TrimbleNIS, LocusCloud	TrimbleNIS, LocusCloud	XYZ	materiaalitieto, rakentamisajankohta	Ei ulkopuolelle	Ei ole.	materiaalitieto, sijainti, rakentamisaika	Urakka-asiakirjat	Ei	Ei	Keksitetty paikkatieto	Mahdollisesti. Toivottavasti ei tule uutta / vastaavaa Traficom verkkotietopakkoa.	-
Lahti Aqua Oy	Trimble NIS, QGIS	Ei spesifisti tuohon käyttöön	Tietoja on viety Trimble NISIin ja myös Kaupungin LocusCloud-tietojärjestelmään	Trimble NIS, LocusCloud	aluerajaus / xyz (3D)	sijainti, materiaalitieto, rakentamisajankohta + mahdolliset vaikutukset vesihuoltorakenteisiin	Ei kaupunkikonsernin ulkopuolelle tietäkseni	Ei	Materiaali, sijainti, rakentamisajankohta sekä mahdolliset vaikutukset vesihuoltorakenteisiin mm. korjaustilanteessa	Mittaus- ja dokumentointiohjeistus / urakka-asiakirjat	Tällä hetkellä ei juurikaan.	Ei Lahti Aqua Oy:llä	Keskitettyä paikka-tietoa ja ehkäpä jotenkin luokiteltuna, koska kaikki eivät kaikkea tietoa tarvitse ja iso tietomäärä saattaa vaikeuttaa oleellisen tiedon hakemista.	Voisi olla, mutta mietittävä huolellisesti. Valtakunnallisissa tietopankeissa on haasteensa tiedon ajantasaisuuden ja saavutettavuuden kannalta.	Eri toimijoille riittää hyvin eri tasoinen tieto uusiomaarakenteiden käytöstä eli ei kaikkea tietoa kaikille.
Kuopion Vesi Oy	Trimble Nis - verkkotietojärjestelmä, sisältää verkostotiedot - rajapinta asiakastietojärjestelmään, Mapinfo- ja Qgis-paikkatietosovellukset Kuopion kaupungin sisäinen karttapalvelu	Ei ole.	Ei tietoa.	Vanhoista suunnitelmista.	Käsin kirjoitettua tietoa saattaa olla.	Ei ole.	Ei ole.	Ei ole.	Ei kerätä.	Ei ole.	Ei hyödynnetä.	Ei ole.	En osaa sanoa.	Kyllä.	-
Kuopion kaupunki	Trimble, Paikkatietopalvelu Taavi	Paikkatietopalvelu Taavi (Louhipalvelun kautta)	Paikkatietopalvelu Taavi (Louhipalvelun kautta), tietoina materiaali, materiaalityyppi ja kerros	Paikkatietopalvelu ja suunnitelmat	Aluerajaus xy	Materiaali, kerrospaksuus ja kerros	Kyllä	Trimble	Kartoitusohjetta kehitetään	Kartoitusohjetta kehitetään	Kyllä	Ei	Kartoitustieto tarkemmaksi	-	-
Turun kaupunki	Verkosto: Trimble Nis (Turun Vesihuolto, Turku Energia / kaukolämpö) Paikkatieto: Trimble Locus Cloud (Turun kaupunki ja Turku Energia / sähköverkot) sisältö: kaupunki-tietomalli rajapinnat:WMS/WFS (maanalaista johtoa ei jaeta rajapinnoilla)	Trimble Locus Cloud: erikoisrakennekerrokset (esim. betonimurske, vaahtolasimurske)	Trimble Locus Cloud käyttäjillä, Infra O-rajapinta Ympäristösuojelu / maanhallinta: uusiomaarakenteista / yksityiset yritykset kaup.tonteilla Infrakit - työmaa-aikainen (tietomallit) kaupungin infrahankkeet	Trimble Locus Cloudista lähtötiedot	XML (pintatieto) + PDF, DWG, shape, 2D, 3D, aluerajaus, xy, xyz	Pinta,xyz ja materiaali, päivämäärä	x) tarkennus myöhemmin, jos / kun saan tietoa	mts.kohta 5 järjestelmät	erikoisrakennekerrokset, muoto xml	Rakennuttaja tarkistaa toteumatiedot (tieto kulkee urakoitsijalta paikkatietoon).	Suunnitelma-aineistosta ns.punakynäversiot (tukena) -> toteuma tallennetaan	Mara-päätösilmoituksia varten	tiedontuotto-prosessi on kehitetty ja päivitetään tarpeen mukaan	Yksityiset maanomistajat-uusiomateriaalien käyttö (ELYssä Marat, mutta ei esim. EEJ). Elyllä ei ns.julkista tietokantaa, josta voisi tietoja katsoa.	-