

Opinnäytetyö AMK

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri

2024

Tomi Savolainen

Kiertotalouden hyödyntäminen allianssihankeella

-Mt 180 Kirjalansalmen ja Hessundinsalmen
siltojen uusiminen



Opinnäytetyö AMK | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri, AMK

Ohjaajat: lehtori Marika Nurmikko ja lohkopäällikkö Andrey Rojas

2024 | 34 sivua

Tomi Savolainen

Kiertotalouden hyödyntäminen allianssihankeella

- Mt 180 Kirjalansalmen ja Hessundinsalmen siltojen uusiminen allianssi

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää ja tarkastella allianssihankeeseen kiertotalousratkaisuja ja -menetelmiä. Toimeksiantajana on Kreate Oy, joka urakoi yhdessä Väyläviraston kanssa allianssimallissa projektia Mt 180 Kirjalansalmen ja Hessundinsalmen siltojen uusiminen. Projektissa käytetään myös paljon uusiomateriaaleja, joiden hyötyjä tarkastellaan tässä opinnäytetyössä.

Ympäristöriskien hallitseminen ja niiden valvominen edellyttää yhteistyötä myös viranomaisten kanssa. Ympäristölupien ja viranomaislupien täyttymys on edellytys uusiomateriaalien käyttöön. Uusiomateriaalien tuoma hyöty hankkeelle on suuressa kuvassa kokonaisuuteen.

Tutkielman lopussa on analysoitu asiantuntijan antamaa haastattelua hankkeen kiertotalousratkaisuihin. Ympäristön huomioon ottaminen ja sen hyödyntäminen on tärkeä osa nykyaikaista rakentamista.

kiertotalous, uusiomateriaalit, betonimurske, vaahtolasimurske

Bachelor's | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Civil Engineering

2024 | Total number of pages 34

Tomi Savolainen

Utilization of the circular economy in the alliance project

- The renewal of Mt 180 Kirjalansalmi and Hessundinsalmi bridges

The objective of this thesis was to examine and explore the circular economy solutions and methods of an alliance project. Kreate Oy is the principal contractor, collaborating with the Finnish Transport Infrastructure Agency on the alliance model project for the renewal of Mt 180 Kirjalansalmi and Hessundinsalmi bridges. The project also extensively utilizes recycled materials, the benefits of which are examined in this thesis.

Collaborating with authorities is necessary for managing and overseeing environmental risks. The fulfillment of environmental permits and regulatory approvals is a prerequisite for the use of recycled materials. The overall benefit brought by recycled materials to the project is integral to the big picture.

At the end of the thesis, an interview with an expert on circular economy solutions for the project was analyzed. Incorporating and leveraging environmental considerations is a crucial aspect of modern construction.

circular economy, crushed concrete, reusable materials.

Sisältö

Käytetyt lyhenteet tai sanasto	6
1 Johdanto	7
2 Mt 180 Kirjalansalmi-Hessundinsalmi	8
2.1 Siltojen nykyinen kunto ja uusimistarve	8
2.2 Allianssi	9
2.3 Kustannukset	11
2.4 Aikataulu	12
3 Kiertotalous allianssilla	14
3.1 Materiaalit	14
3.1.1 Betonimurske	15
3.1.2 Betonimurske allianssilla	16
3.1.3 Vaahtolasi allianssilla	16
3.2 Uusiomateriaalien käyttöikä	17
3.3 Laatuvaatimukset	18
3.4 Maamassojen sijoituskohteet	20
4 Uusiomateriaalien hyödyntäminen allianssilla	23
4.1 Esimerkkikohde Y211/Valoniementie	23
4.2 Esimerkkikohteen kustannustarkastelu	24
5 Haastattelu	26
5.1 Asiantuntijan haastattelu	26
5.2 Haastattelun analysointi	30
6 Yhteenveto	31
Lähteet	32

Liitteet

Kuvat

Kuva 1. Allianssin perusorganisaatiokaavio.	11
Kuva 2. Tavoitekustannusarvio.	12
Kuva 3. Allianssin yleiskaikataulu.	13
Kuva 4. Betonimurskeen ominaisuustaulukko.	19
Kuva 5. Foamit tekniset ominaisuudet.	20
Kuva 6. Kirjalansalmen maamassojen sijoitusalue.	22
Kuva 7. Havainnekuva pyöräilyreitistä.	23
Kuva 8. Geotekninen tyyppipoikkileikkaus	25

Käytetyt lyhenteet tai sanasto

AJR	allianssin johtoryhmä
APR	allianssin projektiryhmä
Mt180	aantie 180
HCT	raskaat ajoneuvoyhdistelmät, high-capacity transport
EEJ	ei Enää Jätettä
BeM	betonimurske
VaM	vaahtolasimurske
KaM	kalliomurske
ELY	elinkeino, Liikenne- ja Ympäristökeskus

1 Johdanto

Saaristotien eli maantien 180 Kirjalansalmen ja Hessundinsalmen siltojen uusiminen allianssi on vuonna 2022 käynnistynyt sillan rakentamisen työmaa, joka on yksi Suomen haastavimmista sillanrakennustyömaista. Haastavan työmaasta tekee vilkas liikenne ja sen sovittaminen työmaan olosuhteisiin, sekä molempien siltojen valtava kokoluokka. Myös Kirjalansalmen vanhan sillan kriittinen kunto vauhdittaa allianssin edistymistä ja antaa aikataulullisesti työmaalle erityisen merkityksen. Maantie 180 on ainoa kulkuyhteys Paraisille ja Turunmaan saaristoon, mikä luo myös tärkeyden allianssin mutkattomaan toimivuuteen.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään kiertotalouden hyödyntämistä allianssihankeella. Aihe on rajattu käsittelemään ainoastaan mt 180 Kirjalansalmen ja Hessundinsalmen siltojen uusiminen allianssia koskevia kiertotalousratkaisuja, menetelmiä ja toteutuskäytäntöjä. Työssä tarkastellaan hankkeessa käytettäviä uusiomateriaaleja ja niiden hyötyjä, sekä koko työmaan erilaisia ympäristötekoja ja menetelmiä, miten ympäristö voidaan ottaa huomioon rakennustyömailla.

Allianssihankeessa on tutkittu ympäristöystävällisiä menetelmiä ja todettu, että rakentamisessa päästöjen vähentäminen ja uusiomateriaalien käyttö on tehokkain ratkaisu ympäristöystävällisyyteen. Kierrätys ja siitä syntyvät hyödyt tukevat myös allianssin hakemaa BREEAM infrastructure-sertifikaattia, joka on isossa osassa allianssin mainetta, kun puhutaan ympäristöstä.

2 Mt 180 Kirjalansalmi-Hessundinsalmi

Tässä luvussa perehdytään Paraisten silta-allianssiin ja pohjustetaan hankkeen ominaisuuksia.

Kirjalansalmi on noin 500 metriä pitkä salmi, jonka ylittämiseen on aikanaan ennen siltoja kulkenut lossi. Paraisten Kalkkivuori Oy hankki salmen ylittämiseen yksikaistaisen 1940 ja -50 luvun vaihteessa ponttonisillan, jota levennettiin myöhemmin kaksikaistaiseksi. Nykyinen Kirjalansalmen silta on teräsrakenteinen ja betonikansinen kolmiaukkoinen riippusilta. Silta on rakennettu vuonna 1963 ja se on Suomen pisin riippusilta. Kirjalansalmen sillan kokonaispituus on 287 metriä ja pääjänne on 220 metriä pitkä. Alituskorkeutta sillalla on 11 metriä ja sillan hyödyllinen leveys on 13 metriä kevyen liikenteen väylän kanssa. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2016.)

Hessundinsalmi on ennen vanhan sillan rakentamista ylitetty myös lossilla ja vuonna 1937 salmi sai uuden Hessundinsalmen sillan, joka oli teräsbetonikantinen sauvakaarisilta. Silta oli kuitenkin rakentamisen jälkeen todettu liian kapeaksi kaksikaistaiselle Saaristotielle ja kevyen liikenteen väylälle. Vuonna 1967 on hessundinsalmen silta saanut levennyksenä toisen kaaren siltaansa. Hessundinsalmen sillan kokonaispituus on 166,6 metriä ja pisin jänneväli on 81,6 metriä. Sillan hyötyleveys kevyen liikenteen väylän kanssa on 12,85 metriä ja alituskorkeus 15 metriä. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2016.)

2.1 Siltojen nykyinen kunto ja uusimistarve

Maantie 180 Saaristotie on ainoa tieyhteys Paraisille ja Turunmaan saaristoon. Tieyhteyden säilyttämiseksi on siltojen kunto ja niiden saumaton toimivuus siis elinehtona asukkaille ja suurille teollisuus toimijoille Paraisilla. Päivittäinen liikennemäärä Saaristotiellä on n. 9600–14400 ajoneuvoa, josta raskaita

ajoneuvoja yli 600. Kesän lomailuajkaan liikennemäärä nousee n. 15 % ja juhannusviikolla ajoneuvoja on niin paljon, että Nauvoon meneviin losseihin on, jopa monien tuntien jonot. (Väylävirasto 2022.)

Kirjalansalmen silta on Saaristotien suurin silta ja myös huonoimmassa kunnossa. Siltaa on korjailtu miljoonien eurojen edestä viimeisten vuosien aikana ja silti nykyinen tilanne sillalla on kriittinen. Uusien raskaiden ajoneuvojen painorajoitukset ovat nousseet 76 tonniin ja HCT-yhdistelmien (High Capacity Transport) käyttö on lisääntynyt, mikä on aiheuttanut Kirjalansalmen sillan kriittisen tilanteen vuosien saatossa. Vuonna 1963 valmistunutta siltaa ei siis olla mitoitettu niin raskaille ajoneuvoille. Varsinais-Suomen ELY-keskus ja Väylävirasto ovat tutkineet jo pitkään sillan huonoa kuntoa ja todennut sillan olevan käyttöikänsä päässä. Vanhan sillan kunnostaminen maksaisi enemmän kuin uuden sillan rakentaminen, joten on päädytty uuden sillan rakentamiseen. Nykyisin sillalla on 30 km/h nopeusrajoitukset ja raskailla ajoneuvoilla on 60 metrin vähimmäisetäisyysrajoitukset toisiinsa raskaisiin ajoneuvoihin. ELY-keskus on antanut määräyksen rakentaa raskaille ajoneuvoille odotuskaistat Kirjalansalmen sillan molemmiin puolin, jotta sillan raskasta liikennettä voidaan kontrolloida.

2.2 Allianssi

Allianssimalli on työn toteutusmuoto, jossa kaikki projektin osapuolet luovat yhteisen projektiorganisaation. Sana allianssi tulee englannin kielen sanasta *alliance*, jolla tarkoitetaan liittoumaa.

Allianssimuoto valikoitui jo tarjousvaiheessa urakan suuren koon ja vaativuuden vuoksi. Kreaten ja Väyläviraston välinen allianssi on siis perustettu tarjouskilpailun jälkeen kehitysvaiheessa. Allianssin pääpiirre tässä urakassa on juuri siltojen vaativa rakentaminen. Väylävirasto ja Kreate pystyvät yhdistämään kaiken osaamisen, kokemuksen ja asiantuntijuuden helposti allianssimuodon

ansiosta. Tällä hankkeella Väylävirasto toimii siltikin työn tilaajana ja Kreate pääurakoitsijan roolissa, mutta allianssimuodon ansiosta molemmat tahot tekevät tiivistä yhteistyötä. Sunnitteluun ja toteutukseen on tällöin helpompi puuttua, sekä suunnitelmia voidaan muokata nopeallakin aikataululla. Allianssi antaa siis molemmille tahoille vapauden joustavaan työhön. Pää tarkoituksena on rakentaa kokonaisuutta avoimesti yhteistyössä.

Mt 180 Kirjalansalmi-Hessund-allianssissa on perustettu seuraavia päätöksenteko- ja päättäjryhmiä allianssin peruskaavan mukaan (kuva 1):

- **Big room**

Allianssin yhteinen työtila, joka sijaitsee Paraisten keskustassa. Aktiivisesti siellä työskentelevät projektin johtohenkilöt ja viikoittainen työnjohdon palaveri pidetään siellä.

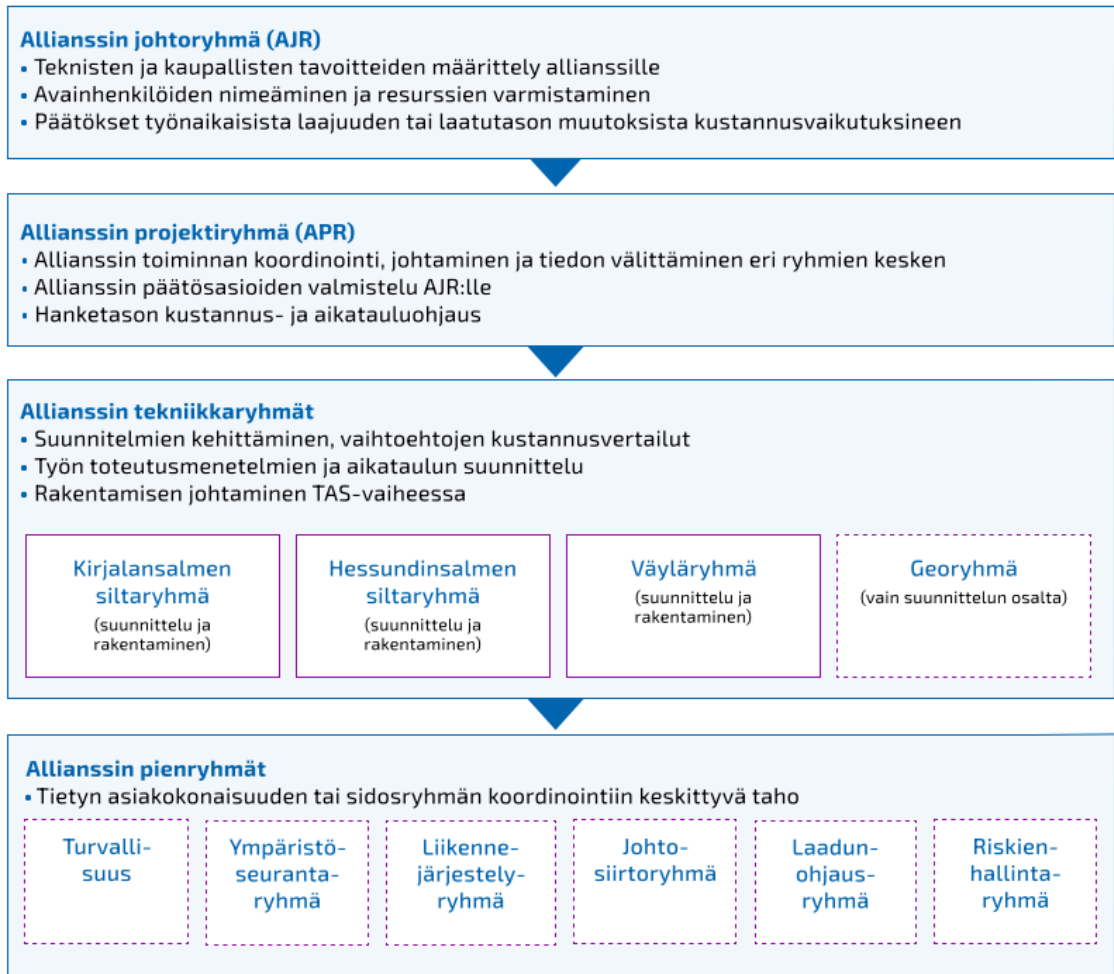
- **AJR**

Lyhenne sanasta allianssin johtoryhmä. Siihen kuuluu Kreaten ja Väyläviraston korkeimpia päättäjiä. Ryhmä koostuu vain muutamista henkilöistä, jotka kuuluvat varsinaisesti ryhmään, ja muutama henkilö, joilla on puheoikeus varattuna. AJR:n tehtävä on tehdä päätös kaikista suurimmista hankinnoista. AJR koontuu n. kerran kuukaudessa.

- **APR**

Lyhenne sanasta allianssin projektiryhmä. Siihen kuuluvat projektijohto ja projektin avainasemassa olevia henkilöitä, kuten asiantuntijoita. APR:n tehtävänä on muodostaa suuria hankintoja varten pöytäkirja AJR:ä varten, sekä toimia lähimpänä kontaktina työmaalle. APR kokoontuu kerran viikossa.

Allianssin organisoitumismalli ja pienryhmien kokoonpanot



Kuva 1. Allianssin perusorganisaatiokaavio (Mt180 Kirj-Hess-Hankesuunnitelma 2022.)

2.3 Kustannukset

Hankkeen tavoitekustannus on n. 120 miljoonaa euroa, josta n. 73,5 miljoonaa euroa on varattu Kirjalansalmen sillan hankeosuuteen ja n. 23,5 miljoonaa euroa Hessundinsalmen sillan hankeosuuteen (kuva 2). Molemmilla hankeosuuksilla kustannukset jakautuvat väylätöiden ja siltätöiden osuuksiin.

Hankkeen rakentamisen aikana on erilaisten ulkoisten vaikutusten myötä (Ukrainan sota ja koronapandemia) takia tapahtunut kustannusten nousua, joten voidaan olettaa hankkeen tavoitekustannuksen nousu.

Tavoitekustannus

	€		€
Työkohtaiset rakentamiskustannukset (sisältäen käyttö- ja yhteiskustannukset)	97 600 394,66	Mahdollisuudet	-1 802 661,50
Väylät HO1 Kirjalansalmi, sisältäen paalulaatat	13 286 322,40	Kustannusnousuvaraus	2 934 180,00
Väylät HO2 Hessundinsalmi	9 664 902,83	Jälkivastuajan varaukset	450 000,00
		Korvattavat kustannukset Yhteensä	110 099 599,16
Sillat HO1 Kirjalansalmi	60 835 582,60	Palkkiot	9 851 016,77
Kirjalansalmen silta	60 288 668,16	Kreate, kiinteä 20.9.2021 tarjouksen mukainen	8 500 000,00
Ekbackan alikulkukäytävä	546 914,44	Kreate, palkkion muutos korvattavien kustannusten muutosta vastaavasti	1 351 016,77
		TAVOITEKUSTANNUS	119 950 615,93
Sillat HO2 Hessundinsalmi	13 813 586,83		
Kalakoulun RS	841 885,75		
Hessundinsalmen silta	12 300 207,52		
Valoniemen alikulkukäytävä	671 493,56		
Suunnittelu ja kehitysvaiheen kustannukset	8 764 036,00		
Suunnittelukustannukset: TAS-vaihe	5 797 505,00		
KAS-vaiheen kustannukset (sis. suunnittelu)	2 966 531,00		
Yhteensä	106 364 430,66		
Riskit ja mahdollisuudet ym.	3 735 168,50		
Riskivaraus	2 153 650,00		

Kuva 2. Tavoitekustannusarvio (Mt180 Kirj-Hess-Hankesuunnitelma 2022.)

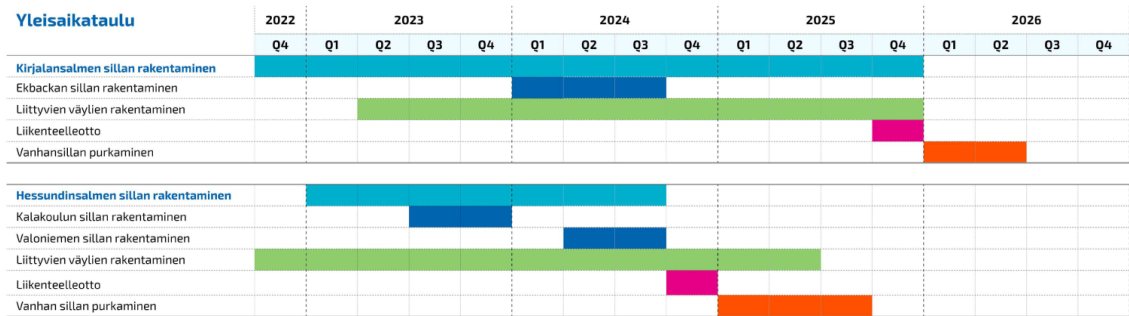
2.4 Aikataulu

Allianssi on jaettu kahteen eri hankeosuuteen, Hessundinsalmeen ja Kirjalansalmeen, joissa molemmilla on omat aikataulunsa. Molemmat hankeosuudet etenevät omaa vauhtiaan. Koko hanke voidaan jakaa karkeasti niin, että Hessundinsalmen osuus on 1/3 ja Kirjalansalmen osuus on 2/3. Tämä johtuu hankeosuuksien siltojen eri mittaluokista. Kirjalansalmen sillan osuuden tulisi olla valmis loppuvuonna 2025 ja Hessundinsalmen sillan hankeosuus

kaikkine väylineen valmiina vuoden 2024 lopussa. Molemmissa hankeosuuksissa on uuden sillan valmistumisen jälkeen huomioitava vielä vanhan sillan purkaminen ja purkutöiden valmistelutyöt, jotka ovat vaativia ja aikaa vieviä.

Molemmilla hankeosuuksilla on rakenteilla isojen siltojen lisäksi pienempiä alikulkusilloja. Nämä pienemmät sillat ovat: Ekbackan, Kalakoulun ja - Valoniemen alikulkusillat. Kyseiset alikulkusillat pystytään rakentamaan koko hankkeen yleisaikataulun sisällä.

Koko hanke on tarkoitus luovuttaa Väylävirastolle vuoden 2026 kesällä kaikkine laatu- ja mittaus asiakirjoinen.



Kuva 3. Yleisaikataulu (Mt180 Kirj-Hess-Hankesuunnitelma 2022.)

3 Kiertotalous allianssilla

Kiertotalous tarkoittaa talousjärjestelmää, jossa mahdollistetaan erilaisten materiaalien pitkä elinkaari ja ympäristöystävällisyys. Tällä kulutusmallilla voidaan olemassa olevaa materiaalia tai tuotetta kierrättää tai uudelleen muokata mahdollisimman paljon ja energiatehokkaasti. Kyseisellä mallilla haetaan materiaalien ja tuotteiden mahdollisimman pitkä elinkaari.

Kiertotalousjärjestelmä pyrkii säilyttämään materiaalin arvonsa, vaikka se jo kerran olisi tullut arvoketjunsä päähän eli jätteeksi. Järjestelmän tavoite on siis muokata jo kertaalleen jätteeksi tuodun materiaalin uudelleen kierrätys, kun se voidaan käyttää uudelleen raaka-aineena. Jätteitä vähentämällä on suuri ympäristöystävällinen vaikutus. (Euroopan parlamentti 2023.)

Materiaalit, jotka on kierrätetty, kutsutaan nimellä uusiomateriaali tai uusioaines. Uusioaineeksiä käyttämällä ihmiset pyrkivät pienentämään omaa hiilijalanjälkeään ja kierrättämään tehokkaasti.

3.1 Materiaalit

Allianssilla käytetyimmät uusiomateriaalit ovat betonimurske ja vaahtolasi. Betonimurskeen käyttö on ympäristöluvan mukaista ja sitä hyödynnetään tien rakennekerroksissa. Vaahtolasia käytetään allianssilla kevennyspenkereisiin. Molemmat ovat kierrätettyjä uusioaineita ja myös tukevat allianssin hakemaa BREEAM-ympäristösertifikaattia.

3.1.1 Betonimurske

Betonimurske on puretuista rakennuksista ja ylijäämäbetonista murskattua betoni- ja tiilijätettä. Jätettä murskaamalla saadaan aikaan kierrätetty uusioaines eli uusiomateriaali. Betonimurske murskataan yleisimmin raekokoon 0–45 ja 0–90 mm, milloin se on optimaalisessa raekoossa, jotta sitä voidaan hyödyntää tien rakennekerroksissa.

Betonimurskeen käyttö ei vaadi hyväksytyä CE-merkintää, jos esim. kohteessa puretut betonit murskataan betonimurskeeksi ja hyödynnetään samassa kohteessa. Vaikka betonimurske olisikin CE-merkittyä lähtökohtaisesti se luokitellaan jätelainsäädännön mukaan jätteeksi. Sen hyödyntäminen vaatii käyttökohteelta ympäristöluvan tai MARA-asetuksen (Valtioneuvoston asetus 843/2017) soveltamisalan mukaisen rekisteröintimenettelyn. MARA-asetus antaa käyttökohteille vaatimukset, miten betonimursketta voidaan hyödyntää. MARA-asetuksen mukaista betonimursketta voidaan siis hyödyntää vain MARA-asetuksen sallimiin käyttökohteisiin. MARA-betonimurske on siis aina jätettä, vaikka se asetusten mukaisesti hyödynnettäisiin. Ilman hyväksytyä CE-merkintää ei betonimursketta voida myydä kaupallisesti. (Väylävirasto 2021.)

Syyskuussa 2022 on astunut voimaan EEJ-asetus (ei enää jätettä), jonka takia betonimursketta ei luokitella enää jätteeksi. EEJ-betonimursketta voidaan hyödyntää kiviaineksen tavoin, joten se soveltuu jopa valmisbetonin ja betonituotteiden raaka-aineeksi. Valtioneuvoston asetus EEJ-betonimurskeesta on merkittävä, koska se sulkee tarpeen viranomaisilmoituksiin ja käyttörajoituksiin. MARA-asetus eroaa EEJ-asetuksesta huomattavasti, nimittäin MARA-murske vaatii viranomaisilmoitukset ja sisältää käyttörajoituksia, kun taas EEJ-murskeella ei näitä ole. MARA-mursketta voidaan kuitenkin murskata ja käyttää suoraan purkukohteessa, kun EEJ-mursketta tuotetaan vain luvan saaneissa murskalaitoksissa. (Betoni-verkkolehti 2023.)

Betonijätettä syntyy Suomessa vuosittain noin 2,5 miljoonaa tonnia ja sen vuoksi näiden jätteiden uusiokäyttö ja kierrättäminen on lisääntynyt. Betonin kierrätysaste on noussut jopa 80 %. Betonimurskeessa hyviä puolia on

nimenomaan sen halpa hinta ja helppo saanti murskalaitoksista tai itse murskaamalla purkubetonista. Erilaiset infratoimijat ovat lisänneet betonimurskeen käyttöä juuri kyseisistä syistä.

3.1.2 Betonimurske allianssilla

Paraisten silta-allianssilla betonimursketta pyritään käyttämään mahdollisimman paljon tien eri rakennekerroksissa. Pääsääntöisesti sitä kuitenkin käytetään jakavassa kerroksessa ja siltojen tulopenkereissä.

Uusien siltojen valmistumisen jälkeen vanhat käytössä olleet sillat puretaan ja niistä syntyvää betonijätettä pyritään käyttämään mahdollisimman paljon hankkeella hyödyksi. Allianssi on hakenut ympäristölupaa betonin murskaamista varten maanläjitysalueille, sekä käyttökohteisiin, joissa valmis betonimurske voidaan hyödyntää. Vanhoista silloista syntyvä betonijäte pystytään siis murskaamaan betonimurskeeksi hankkeen sisällä, mikä tuo suurta kustannustehokkuutta, kun kuljetuskustannukset ja niistä syntyvät päästöt pysyvät mahdollisimman matalina.

3.1.3 Vaahtolasi allianssilla

Vaahtolasi on keräyslasista uudelleen prosessoitua uusioainetta. Vaahtolasia tuottaa Suomessa Uusioaines Oy, joka on rekisteröinyt vaahtolasin Suomessa tuotenimelle Foamit®. Foamit-vahtolasia tuotetaan yleensä raekokoon 0/60 mm (Foamit 60). Vaahtolasimurskeesta käytetään lyhennettä VaM.

Foamit syntyy teollisessa prosessissa, jossa keräyslasia murskataan pieneksi lasijauheeksi alle 0,1 mm:n raekokoon. Jauhe sekoitetaan vaahdotusagentin kanssa ja sekoitettu jauhe levitetään kuljettimelle, joka kulkeutuu n. 900 °C uuniin. Korkean lämpötilan ansiosta jauhe paisuu uunissa lähes

viisinkertaiseksi. Uunista tullessaan jauhe on muuttunut vaahtolasilevyksi ja jäähtyessään levyt hajoavat pieniksi palasiksi eli vaahtolasimurskeeksi. Valmis vaahtolasi sisältää n. 8 tilavuusprosenttia lasia ja 92 tilavuusprosenttia ilmaa, joten sen rakenne on todella kevyt. (Foamit n.d.)

Vaahtolasimurskeen käyttö ei vaadi ympäristölupaa tai ympäristöviranomaisen lupaa. Foamit on CE-merkitty tuote ja täyttää SFS-EN 13055-2 standardin, joten sen käyttö on ympäristölle turvallista. Foamitin käyttöä on testattu erilaisissa olosuhteissa ja todettu, että se ei aiheuta pohjaveden pilaantumisriskiä.

Vaahtolasin käyttö on lisääntynyt sen helpon saatavuuden ja käytön takia. Pohjanvahvistuksena se on myös edullisempi, kuin maan stabilointi tai paalutus.

Vaahtolasia käytetään allianssilla pohjanvahvistuksena, jolla parannetaan tien kantavuutta heikon pohjamaan kantavuuden takia. Vaahtolasin geotekninen stabiliteetti antaa vakautta, sekä lisää tien kuormituskestävyyttä.

Vaahtolasipengerryksellä teitä kevennetään, jotta liikenteestä muodostuva rasitus ei rasittaisi pohjamaata vaan vaahtolasi jakaisi maanpainetta tasaisemmin. Vaahtolasin tärkeimmät ominaisuudet ovat materiaalin keveys, lämmöneristyskyky ja vedenläpäisevyys.

3.2 Uusiomateriaalien käyttöikä

Tien rakentamisessa uusiomateriaaleille ei ole annettu yksiselitteistä käyttöikää. Uusiomateriaalit käyttävät teoreettista käyttöikää. Urakoitsijan taholta tietty ei voida luvata, että teoreettinen käyttöikä toteutuu sillä kierrätetyt materiaalit ovat peräisin jätteestä. Uusiomateriaalien käyttöikä muodostuu suurimmaksi osaksi testeistä ja kokeista, missä materiaaleja on testattu erilaisissa olosuhteissa ja niiden pohjalta annettu käyttöiälle arvo. Perusoletuksena voidaan olettaa, että uusiomateriaalit kestävät yhtä pitkään, kuin niiden korvaama tuote. Tien rakentamisessa teiden käyttöiät vaihtelevat ja jos uusiomateriaaleja on käytetty

tien rakenteissa, tulee niiden kestää vähintään yhtä kauan, kuin tielle mitoitettu käyttöikä. Teiden vaatimusluokka määrää tielle asetetun käyttöiän.

3.3 Laatuvaatimukset

Allianssiprojektissa käytetään kiertotalouden materiaaleja. Tärkeitä materiaaleja ovat kierrätettävä betonimurske ja vaahtolasi, joiden ominaisuudet vaikuttavat laadullisiin tekijöihin.

Betonimurske (Betoroc)

Betonimurskeen laadulliset vaatimukset ovat hyvin samanlaiset kuin kiviaineksenkin. Murskeen toimittaja on velvollinen toimittamaan materiaalitodistuksen betonimurskeesta. Materiaalitodistuksella osoitetaan tuotteen laatu. Laatudokumenttien on sisällettävä seuraavat asiat:

- suoritustasoilmoitus
- CE-merkintä (jos kaupallisesti ostettu työmaan ulkopuolelta)
- rakeisuustutkimustulokset
- uusiokiviaineksen luokittelutestin tulokset
- ympäristökelpoisuustutkimuksen tulokset

Betonimurskeelle soveltuvia käyttökohteita InfraRYL-rakenneosien mukaisesti:

- 18110 Maapenkereet
- 18116 Esikuormituspenkereet
- 18330 Kaivantojen lopputäytöt
- 21210 Jakavat kerrokset
- 21310 Kantavat kerrokset

Rakenne tai tyyppi-poikkileikkaus osoittaa tielle asetetun tavoitekantavuuden E-moduuli arvona. Betonimurskeen ominaisuudet ovat jaettu neljään eri BeM

luokkaan: 1, 2, 3 ja 4, missä BeM 4 luokan betonimurske on heikoin kantavuus arvoltaan.

Luokka	Puristus- lujuus (Mpa)	Routivuus	E-moduuli (MPa) ⁽¹⁾	Hienoaines- pitoisuus ($< 0,063$ mm)
BeM I	$\geq 1,2$	Routimaton	700	$< 7 \%$
BeM II	$\geq 0,8$	Routimaton	500	$< 7 \%$
BeM III		Vaihtelee ⁽²⁾	280	Vaihtelee
BeM IV		Vaihtelee ⁽²⁾	Vaihtelee	Vaihtelee

(1) BeM I ja II saavuttavat E-moduulin arvon n. 1-3 kk ja BeM III n. 0-1 kk:n kuluttua kerroksen tiivistämisestä. Nämä edustavat edustavissa olosuhteissa ohjeiden mukaisesti rakennettuja betonimurskekerroksia. Muutoin kantavuuksien kehittyminen voi kestää pidempään tai niitä ei saavuteta.

(2) Tie- ja katurakenteissa edellytetään routimattomuutta myös BeM III murskeilta

Kuva 4. Betonimurskeen ominaisuustaulukko (Yli-Jama 2022, 8)

Vaahtolasi (Foamit)

Vaahtolasille on asetettu laadunvarmistukseksi erilaisia laatuvaatimuksia. Näihin kuuluvat esim. kantavuus kerroksen päältä, penkereen kerrospaksuus ja penkereen tiivistäminen. Kantavuuden määrittämisessä käytetään E-moduuli arvoa, joka saadaan kantavuuskokeessa. Kantavuuskokeet tehdään yleensä, joko painopudotuskokeella tai levykuormituskokeella. Kantavuuskoe otetaan vaahtolasikerroksen yläpuolisen murskekerroksen päältä.

Vaahtolasimurskekerros tiivistetään huolellisesti ja tiivistetyn kerroksen E-moduuliarvona käytetään 50 MPa (kuva 5). Tien tyyppipoikkileikkaus osoittaa tien tavoitekantavuuden kerroksen päältä.

Moduuli *	FOAMIT® Mitoitusarvot	Määrittäminen
E-moduuli, E_2	50 MPa ¹⁾²⁾	levykuormituskokeista takaisinlaskettu
Resilient-moduuli M_r		
keskimääräinen pääjännitys 40 kPa	≥ 80 MPa	syklinen 3-akselikoe
keskimääräinen pääjännitys 100 kPa	≥ 150 MPa	
Sekanttimoduuli, E_{50}	40 MPa	tiivistetty ≥ 15 %

Kuva 5. Foamit-vahtolasimurskeen tekniset ominaisuudet (Foamit suunnitteluohjeet n.d, 11)

Vahtolasikerroksen pintaan kohdistuva kokonaiskuormitus ei saa ylittää 75 kPa:a tie- ja ratarakenteissa. Ajoneuvon tai junan kuorma huomioidaan 1,5 kertaisena, kun määritetään syklinen kuorma. Kokonaiskuormitus on siis staattinen kuorma + 1,5 x syklinen kuorma. (Foamit n.d.)

Allianssin työselostuksessa on määräys vahtolasin kantavuudesta seuraavanlaisesti:

Vahtolasimurskekerroksen toteutunut moduuli tarkistetaan kantavuusmittauksin jokaisen vahtolasikerroksen päälle tehtävän murskekerroksen päältä. Kantavuusmittauksia tehdään jokaisesta tiivistetystä kerroksesta vähintään 3 kappaletta.

Kantavuusmittauksien E2-moduulin tulee olla vähintään 110 MPa ja tiiviyssuhteen tulee täyttää vaatimus $E2/E1 \leq 2,2$. Alle 1 metrin vahtolasimurskekeventeen päältä mitattaessa geosuunnittelija määrittää vaatimuksen kohdekohtaisesti.

Vahtolasimurskekerroksen tiivistymiskerroin on 1,25.

Muilta osin laadunvalvonnan osalta noudatetaan InfraRYL 18145.5.

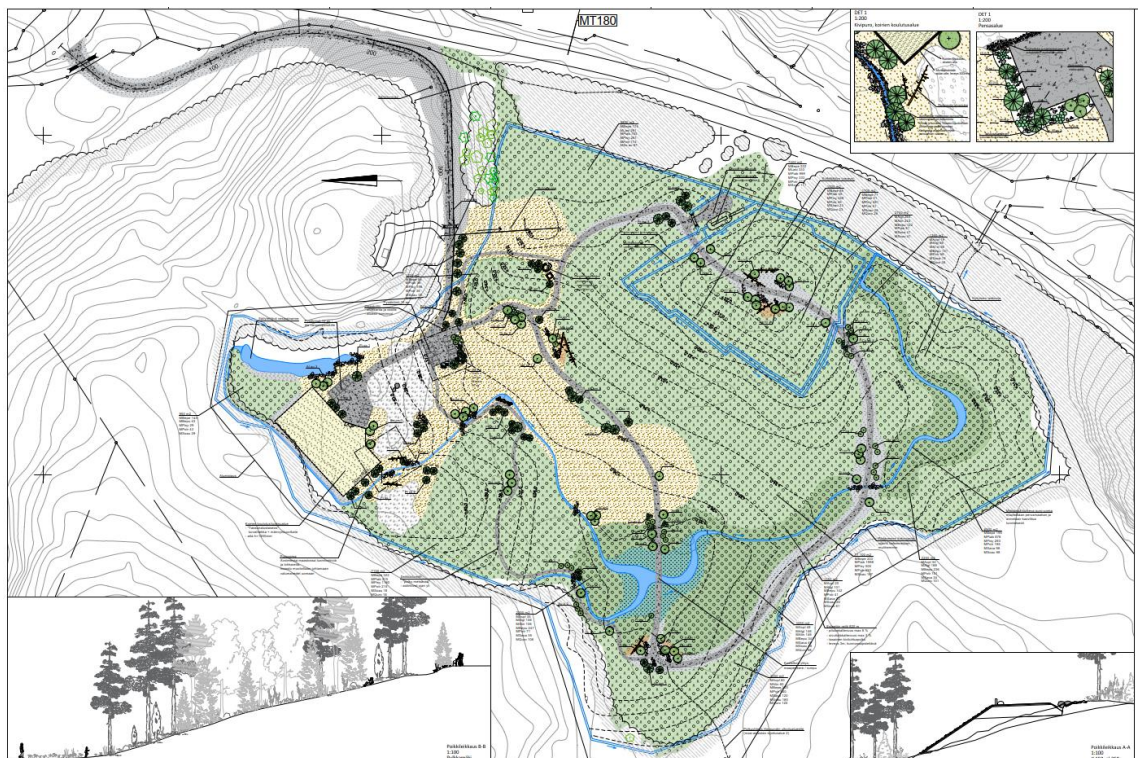
3.4 Maamassojen sijoituskohteet

Allianssi on massamääriltään todella paljon ylijääväinen, joten projekti hyödyntää läjitysalueita rakentamisen jälkeen. Rakentamalla pysyvät maamassojen sijoituskohteet hanke pyrkii ennakoimaan massojen

kuljetustarpeita. Rakentamisen aikana hankkeelta ylijääneet maamassat läjitetään hankeosuuksien omiin läjitysalueisiinsa. Suurien maaleikkauksien ja louhintojen takia läjitysalueille joudutaan läjittämään tuhansia kuutioita maa-aineksia. Nämä maamassat eivät suinkaan mene hukkaan vaan allianssin suunnitelmiin kuuluu, että rakentamisen aikaisen hyödyn jälkeen läjitysalueet otetaan virkistyskäyttöön.

Kirjalansalmen sillan hankeosuuden läjitysalue on hieman suurempi, kuin Hessundin, mikä johtuu maa-aineksien käsittelyn eri määristä. Kirjalansalmen läjitysalueella on myös aikomuksena murskata silloista tullut purkubetoni, jota hyödynnetään hankkeella.

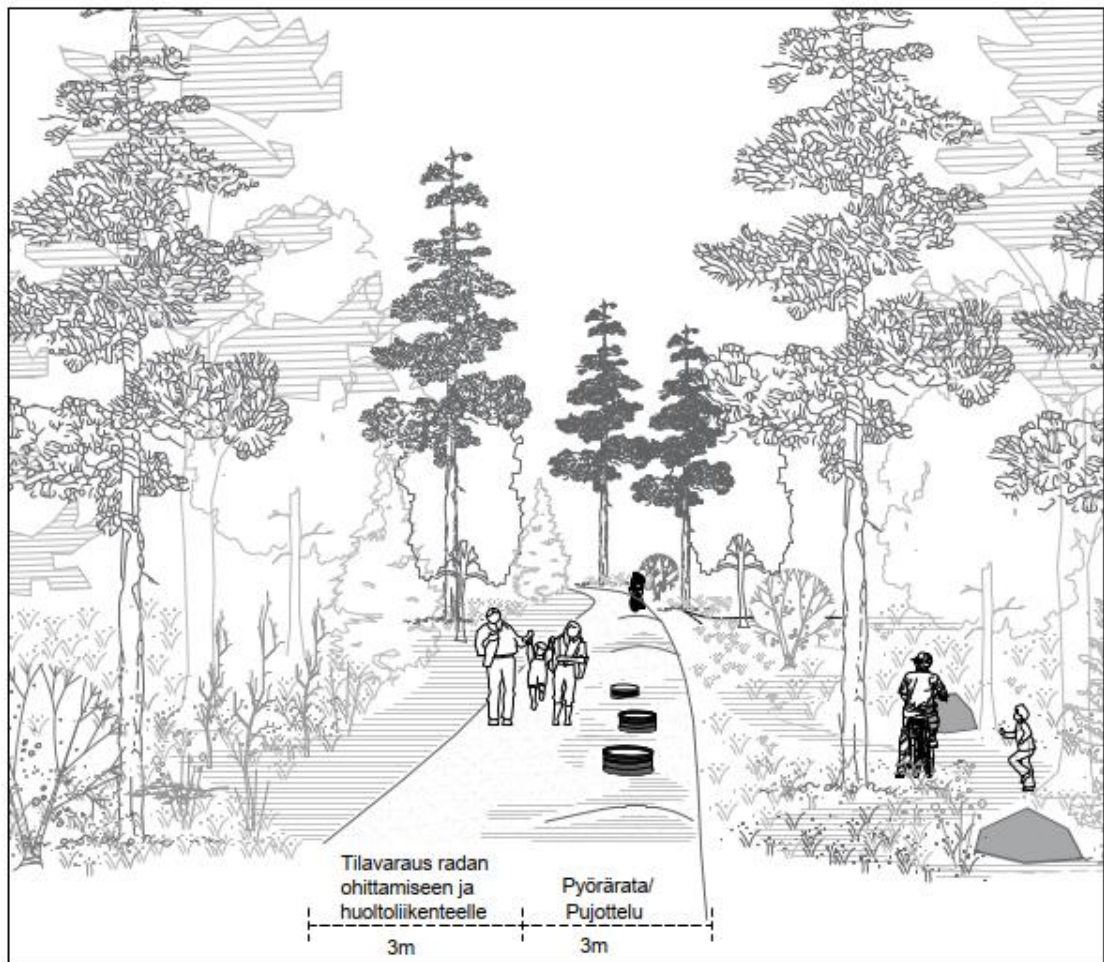
Kirjalansalmen pysyvä maamassojen sijoitusalueelle on suunniteltu virkistystoimintaa rakentamisen jälkeen. Ihmisten virkistymismahdollisuuksiksi on suunniteltu muun muassa pulkkamäkeä ja koirien koulutusaluetta.



Kuva 6. Suunnitelmakarttakuva Kirjalansalmen ylijäämämaiden sijoitusalueelta.

Hessundinsalmen hankeosuuden läjitysalueelle on suunniteltu rakentamisen jälkeen muun muassa pyöräilyrataa (kuva 7), sekä levähdys- ja leikkipaikka. Hessundissa läjitysalueella käsitellään paljon louhetta, ja se toimiikin louheen välivarastointialueena. Läjitysalue sijaitsee siltatyömaan välittömässä läheisyydessä, joten kuljetuskustannukset ovat mahdollisimman pienet.

Havainnekuva 1 1:100 Pyöräilyrata



Kuva 7. Havainnekuva Hessundinsalmen läjitysalueen pyöräilyreitistä.

4 Uusiomateriaalien hyödyntäminen allianssilla

Allianssilla uusioaineksia käytetään pääosin tien rakennekerroksissa ja tien kevennyksissä. Hyödynnettävät kohteet ovat yksityisteitä ja hankkeen päätie Saaristotie 180.

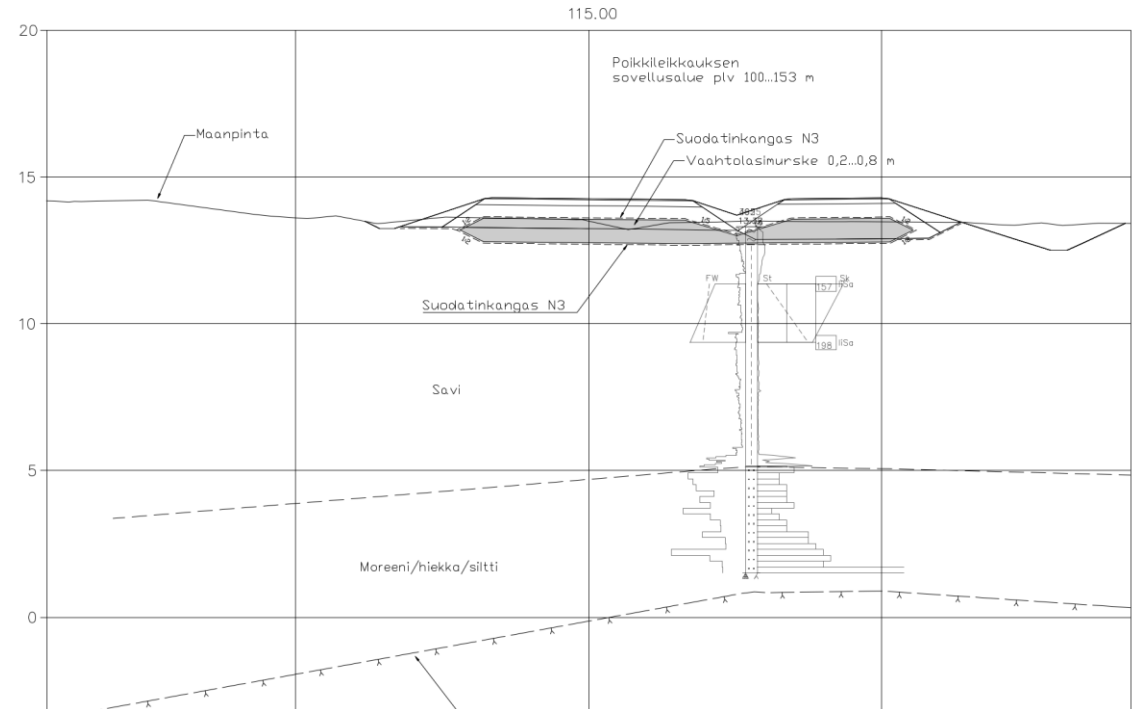
4.1 Esimerkkikohte Y211/Valoniementie

Otetaan kohdetarkasteluun hankkeen yksityistie Y211 eli Valoniementie. Tarkastelussa tarkastellaan vain tieosuutta, ei jalkakäytävää. Tarkastelussa on vain uusiomateriaalien osuus.

Y211 on yksityistie Hessundinsalmen hankeosiona. Yksityistien 211 pituus on 219 m. Kyseinen yksityistie sisältää kevennetyn penkereen ja betonimurskeen tien jakavassa rakennekerroksessa. Massamääriltään tie ei ole massiivinen, joten sitä on helppo tarkastella. Seuraavassa on yksityistien 211 uusiomateriaalien toteutuneita massamääriä:

- kevennetty pengeri VaM 0/60 2310 m³tr
- jakava kerros BeM 0/90 1702 m³tr

Tie on koko pituudeltaan penkereellä, joten leikattuja massoja on todella vähän verrattuna tien täyttömassoihin. (kuva 8.)



Kuva 8. Geotekninen tyypipoikkileikkaus Y211.

4.2 Esimerkkikohteen kustannustarkastelu

Tarkastellaan Y211/Valonimentien uusiomateriaalien kustannuksia verrattuna toteutettavaksi luonnon kiviaineksilla. Vertailussa on luonnonkiviaineksilla otettu mukaan teoreettinen esikuormituspenker, jolla työn olisi voitu toteuttaa.

Taulukossa siis sama tie toteutettuna eri materiaaleilla.

Taulukko1. Materiaalien hintavertailutaulukko Valonimentien suunnittelussa.

selite (työ+materiaali)	määrä	yks	€/yks	€ yht
Vahtolasimurskepenger	2310	m3rtr	63,05 €	145 645,50 €
Jakava	1702	m3rtr	4,95 €	8 424,90 €
				154 070,40 €

selite (työ+materiaali)	määrä	yks	€/yks	€ yht
Esikuormituspenker	4620	m3rtr	8,30 €	38 346,00 €
Esikuormituspenkereen purku	2310	m3rtr	5,00 €	11 550,00 €
Jakava	1702	m3rtr	10,85 €	18 466,70 €
		m3rtr		68 362,70 €

Taulukosta (T1) voidaan todeta, että luonnonkiviaineesta rakennettu tie olisi halvempi toteuttaa, kuin uusiomateriaalilla. Korkean hinnan uusiomateriaalille tuo vaahtolasin yksikköhinta. Vertailu ei kuitenkaan avaa rakentamiseen vaadittua rakennusaikaa tai resursseja, mitkä ovat erilaisia eri vaihtoehdoilla. Vaahtolasilla rakennettaessa toteutus on nopeaa, eikä sen tekeminen vaadi, kuin kaivinkoneen ja katujyrän. Vaahtolasilla rakentaessa ei esikuormituksia tarvita vaan säästetään korkean materiaalin hinta ajassa. Louherakenteisen esikuormituspenkereen teko taas vaatii puskutraktorin, kiviautoja, katujyrän ja kaivinkoneen asentamaan painumatangot, josta painumia seurataan. Esikuormituksen toinen heikkous on sen pitkä painuma-aika, joka on 6–18 kuukautta. Lisäksi painumia seurataan koko sen painuma-ajan viikoittain, mikä sitoo mittaushenkilön viikoittaiseen mittaamiseen.

Vaahtolasin käyttöä kohteessa perustellaan siis ajan säästössä, kun tie saadaan nopeasti liikennöitävään kuntoon. Tien saaminen liikenteelle mahdollisimman nopeasti oli vaatimuksena, koska se on osa suurempaa kiertotietä. Kyseinen kiertotie on pääväylän maantien 180 kiertotie, joka on ainoa kulkuyhteys saaristoon.

Muitakin geoteknisiä pohjanvahvistusmenetelmiä olisi voitu käyttää, mutta stabilointikin olisi vaatinut liian pitkän lujittumisajan verrattuna vaahtolasiin.

5 Haastattelu

Työssä on haastateltu allianssin ympäristöasiantuntijaa sähköpostitse 18.4.2024. Kysymyksiä esitettiin 12. Tässä luvussa esitetään haastattelun vastaukset ja analysoidaan vastauksia.

5.1 Asiantuntijan haastattelu

1.) Mitä työtehtäviisi kuuluu allianssilla?

Työtehtäviini kuuluu allianssilla Breeam Infrastructure -arvionnin (ent. CEEQUAL) tekeminen yhdessä työmaahenkilöstön kanssa. Lisäksi autan projektihenkilöstöä ympäristöön ja kierrättämiseen liittyvissä asioissa. Esimerkiksi yksi konkreettinen teema on uusiokiviaineksen hyödyntäminen hankkeella korvaamaan luonnon kiviainesta.

2.) Millä tavoin olet saanut vaikuttaa allianssin rakentamiseen ja suunnitteluun? (rakentamisvaihe ja kehitysvaihe)

Olen ollut toteutusvaiheen alusta saakka mukana osa-aikaisena hankkeella. Eniten olen päässyt vaikuttamaan uusiomateriaalien hyödyntämiseen (EEJ-betonimurske, ei-enää jätettä) sekä nykyisten siltojen purkubetonin kierrättämiseen (ympäristöluvan hakeminen EEJ-betonimurskeen tuottamiselle). Lisäksi hankkeella on tarkoitus edistää muottipuun uudelleenkäyttöä yhdessä Väyläviraston ja Metsäkeskuksen kanssa.

3.) Millä keinoin allianssilla valvotaan ympäristön suojelua? Mitkä ovat suurimmat ympäristöriskit rakentamisen aikana?

Prosessi työmaalla pitkälti sama kuin työturvallisuuden valvonta. Tehdään ympäristöhavaintoja ja kirjataan ulkopuolelta tulleet havainnot

ylös, jotka käsitellään. Koska operoidaan veden yllä, niin toimintaa ohjaavat myös aluehallintoviraston antamat vesiluvat, missä määräyksiä ja velvoitteita veden äärellä toimimiseen. Lisäksi alueen vesistöistä otetaan säännöllisesti näytteitä, millä seurataan veden laatua.

Suurimpia riskejä on veden läheisyydessä toimimisen johdosta esimerkiksi polttoainevuodot vesistöön tai maaperään. Lisäksi yleinen vesialueiden roskaantuminen työmaan jätteistä/materiaaleista on huomattava riski, koska työsilta sijaitsee veden päällä.

- 4.) Allianssi on hakenut betonimurskausta varten ympäristölupaa. Miksi lupaa haetaan ja mitä sillä saavutetaan?

Lupaa on haettu, jotta sillan purusta muodostuneet betonit saadaan takaisin hyötykäyttöön hankkeella. Murskaamalla betonit välittömässä työmaan läheisyydessä pienennetään myös hankkeen kuljetuksista aiheutuneita päästöjä. Lisäksi totta kai korvataan neitseellistä kiviainesta, kun tarkoituksena on ainakin osa betonimurskeesta hyödyntää hankkeella.

- 5.) Betonimursketta käytetään allianssilla teiden rakennekerroksissa. Onko betonimurskeen käyttö yleistynyt nykypäivänä infrahankkeissa ja miksi sitä saadaan nykyään käyttä, kun ennen se luokiteltiin aina jätteeksi?

Voisi sanoa, että se on yleisempää. Betonimurskettahan on käytetty jo vuosikymmeniä, mutta nyt viime vuosina lainsäädäntö on päivittynyt niin, että betonimurskeen täytettyä tietyt vaatimukset, sitä voidaan hyödyntää luonnonkiviaineksen rinnalla ilman erillistä ilmoitus- tai lupamenettelyä. Kyseessä siis Valtioneuvoston asetus betonimurskeen jätteeksi luokittelun päättymisen arviointiperusteista, joka tuli vuonna 2022 voimaan. Näin ollen betonimurskeella ei ole enää jäte vaan se saa tuotestatuksen. Tällä tavoin yritetään myös edistää betonimurskeen hyötykäyttöä, mutta vielä tällä hetkellä uusi asetus ei ole lisännyt

huomattavasti käyttöä. Syynä tähän pääasiassa vielä se, että moni ajattelee sen yhä olevan jätettä ja valitsee materiaaliksi luonnon kiviaineksen.

- 6.) Molempien hankeosien vanhat sillat puretaan uusien siltojen valmistumisen jälkeen. Pystytäänkö silloista syntyvää purkubetonia käyttämään hyödyksi hankkeella?

Lähtökohtaisesti kyllä. Välttämättä aikataulun puolesta kaikkea betonia ei saada hankkeen väylärakenteisiin, mutta tarkoituksena on, että suuri osa saataisiin. Tietenkin, jos murskeen laadussa tulee poikkeamia, tämä voi vaikuttaa hyötykäyttöön.

- 7.) Hanke ostaa ulkopuolelta paljon vaahtolasia, joka on uusioaineis. Miksi vaahtolasia käytetään allianssilla, kun helpompaa olisi käyttää rakennekerroksessa hankkeelta syntyvää louhetta?

Vaahtolasi on kevyttä materiaalia, minkä vuoksi se sopii paremmin kevennysmateriaaliksi. Vaahtolasilla korvataan siis luonnon kiviainesta alueilla, missä painumat ovat todennäköisiä ilman kevennysrakenteita. Tällaisia ovat esimerkiksi peltoalueille rakennettavat tien pätkät

- 8.) Onko uusioaineiden käyttö hankkeella kustannustehokkain ratkaisu? Syntyykö kustannustehokkuus aina jätteiden kierrättämisellä?

Ei aina, mutta infrarakentamisessa uusiomateriaalit ovat lähtökohtaisesti kustannuksiltaan halvempia, sillä käyttökohteita on rajatusti. Kun uusiomateriaalia valmistetaan jätteistä, materiaalin tuottaja saa taloudellista hyötyä myös jätteen toimittajalta (ns. porttimaksu betonilla). Näin ollen materiaalin käyttö on ympäristöhyödyn lisäksi tuotava hankkeelle taloudellista hyötyä, jolloin sen käyttö on helpommin perusteltavissa.

- 9.) Allianssilla on molemmilla hankeosilla omat maanläjitysalueet. Miksi ylijäämämaita läjitetään hankkeella?

Hanke on reilusti ylijäämäinen massoiltaan. Näin ollen massoille tarvitaan ulkopuolisia käyttökohteita, jotta rakentaminen ei esty. Vastaanottoalueilla pystytään myös hyödyntämään heikompileaattuisia maa-aineksia, joita ei voi rakentamisessa hyödyntää (esim. savet).

- 10.) Allianssi hakee BREEAM INFRASTRUCTURE sertifikaattia. Miten hanke hyötyy siitä? Mitä vaatimuksia sen saamisella on?

Breeam Infrastructure on maailman johtava kestävän kehityksen luokitusjärjestelmä infrastruktuurin, maisemasuunnittelun ja julkishallinnon projekteille, jonka suorittaa riippumaton taho. Mikäli hanke saavuttaa sertifikaatin, on se osoitus siitä, että hankkeella on tehty kestävän kehityksen vaatimia tekoja liittyen muun muassa johtamiseen, kierrättämiseen, sidosryhmätyöskentelyyn sekä viestintään.

Jotta sertifikaatin saa, tulee se suorittaa riippumattoman tahon valvoma arviointi, missä konkreettisia toimia kestävän kehityksen hyväksi todennetaan erilaisin dokumentein, kuten suunnitelmakartoilla, kokousmuistioilla ja valokuvilla.

- 11.) Vaikuttavatko ympäristötoimet-ja vaatimukset hankkeen ajalliseen editymiseen? Onko toimet otettu huomioon yleisaikataulussa?

Ympäristötoimia tehdään jatkuvasti hankkeen mennessä eteenpäin, joten niitä ei ole tarvinnut erikseen ottaa huomioon yleisaikataulussa.

- 12.) Mainitse mielestäsi hankkeen eniten positiivisesti vaikuttanut ympäristöteko?

Mielestäni Breeam Infrastructure sertifikaatin hakeminen, sillä se ohjaa toimintaa kokonaisvaltaisesti kestäväen kehityksen vaatimaan suuntaan. Kyseisen sertifikaatin hakeminen myös ohjaa myös ympäristöasioiden seurantaan ja dokumentointiin laajemmassa mittakaavassa kuin aikaisemmin Kreatella.

5.2 Haastattelun analysointi

Haastattelun aiheena oli kiertotalousratkaisut allianssilla ja asiantuntija avasi hyvin keskeisimmät teot ja menetelmät, miten hankkeella on varauduttu ympäristöasioihin. Kyseinen asiantuntija on itse ollut mukana tuottamassa ja kehittämässä jokaista kiertotalousratkaisua allianssilla, joten hän oli mielestäni oikea henkilö haastateltavaksi. Hän myös tietää hyvin jätelainsäädännön, minkä mukaan esim. betonimursketta voi hyödyntää hankkeessa.

Monessa haastattelun kohdassa betonimurske nousi esiin ja huomaa, että sen käyttö on todellakin lisääntynyt ja päivittynyt lainsäädäntö tukee sen käyttöä entisestään. Haastattelussa nousee esille myös, että jäte sanan status saa monesti toimijat ja tilaajat kauhistumaan, miksi jätettä käytetään rakentamiseen. Jätettähän ei tosiasiallisesti käytetä vaan sanan tilalla kuuluisi olla uusiomateriaali. Tästä hän kiittelee valtioneuvoston asetusta muuttaa betonimurskeen jätestatus tuotestatukseksi.

Uusiomateriaalien tuoma taloudellinen hyöty hankkeelle on osittain pakollista, koska silloin niiden käyttö on helpommin perusteltavissa. Kyseinen käytäntö kertoo hyvin taloudellisen pakkokeinon perustella, miksi hanke voi hyödyntää ja hyötyä kiertotaloudesta.

Asiantuntija nostaa esille myös BREEAM-infrastructure luokitusjärjestelmän, johon allianssi on hakenut sertifikaattia. Hän kertoo luokitusjärjestelmän toimivan kolmannen osapuolen tekemästä piste-arvioinnista. Arvioinnissa todennetaan kestäväen kehityksen toimia erilaisin dokumentein.

6 Yhteenveto

Tämä insinöörityö tehtiin yhteistyössä Mt 180 Kirjalansalmen- ja Hessundinsalmen siltojen uusiminen allianssin kanssa. Hankkeen tavoitteena on maantieyhteyden säilyminen entistä parempana Paraisille ja Turun saaristoon. Hankkeen suunniteltu valmistumisaika on vuosi 2026. Hankkeessa on toteutettu kiertotalouteen liittyviä ratkaisuja Saaristotien Kirjalansalmen ja Hessundinsalmen välisen osuuden parantamiseksi, kuten vaahtolasimurskeen ja kierrätysbetonin käyttö. Allianssihankeessa kiertotalouteen oli selvästi panostettu ja asioista otettu selvää ennen rakentamista. Kiertotalous siis kuuluu työmaan jokapäiväiseen toimintaan.

Kiertotalous on nykyisin monilla infratoimijoilla, sekä rakennushankkeilla yhä enemmän ja useammin mukana. Sen tärkeys ja siitä saatava hyöty on vielä huomattavan paljon hukassa. Kiertotaloudesta saatava taloudellinen hyöty on tällä hetkellä kuuma puheenaihe, kun mietitään millä voidaan rakentamisessa säästää.

Omasta mielestäni tämä työ avasi paljon erilaisia ratkaisuja ja metodeja kiertotalouteen liittyen. Allianssi on tämän hetken edelläkävijä ainakin kiertotalouteen liittyvissä asioissa.

Lähteet

1. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2016. Mt 180 Kirjalansalmen silta. Yleissuunnitelma. Raportteja 95/2016. Viitattu 27.4.2024

https://vayla.fi/documents/25230764/35412171/Kirjalansalmi_Raportti_web.pdf/b0b7eed0-ade7-4fd6-b20d-e9dae851dfc0/Kirjalansalmi_Raportti_web.pdf?t=1526921886044

2. Väylävirasto 2022. Mt180 Kirjalansalmen- ja Hessundinsalmen siltojen uusiminen. Hankesuunnitelma. Viitattu 27.4.2024

https://vayla.fi/documents/25230764/96305065/Mt180_Kirj-Hess-Hankesuunnitelma_2022-09-30_.pdf/92f287fd-ec47-f172-f750-4b12e9ce3a23/Mt180_Kirj-Hess-Hankesuunnitelma_2022-09-30_.pdf?t=1664890294459

3. Euroopan parlamentti 2023. Aiheet, Kiertotalous. Viitattu 11.3.2024

<https://www.europarl.europa.eu/topics/fi/article/20151201STO05603/mita-kiertotalous-on-ja-miksi-silla-on-merkitysta>

4. Väylävirasto 2021. Julkaisut, Betonimurske, Betonimurskeiden tekninen soveltuvuus ja käyttö tierakenteissa. Viitattu 27.4.2024

https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/Betonimurske%20teknisen%20soveltuvuuden%20arviointi_web.pdf

5. Finlex, Lainsäädäntö, Valtioneuvoston asetus 843/2017. Viitattu 4.6.2024

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170843>

6. Betoni-verkkolehti, Betonimurske-jätettä vai ei, julkaistu 2023. Viitattu 27.4.2024

<https://betoni.com/lehti/2023/03/03/betonimurske-jatetta-vai-ei-ja-mita-valia-silla-on/>

7. Foamit n.d. Suunnitteluohje infrarakentamiseen. Viitattu 28.4.2024

https://foamit.fi/wp-content/uploads/2019/06/Suunnitteluohje_30s_lr.pdf

8. Haastattelu, N.N. 2024. Haastatteli Tomi Savolainen 18.4.2024

