

Iida Lehtinen

KUUSKAJASKARIN KASARMIN PURKU JA  
RAKENNUSJÄTTEIDEN UUSIOKÄYTTÖ

Rakennustekniikan koulutusohjelma

2017

# KUUSKAJASKARIN KASARMIN PURKU JA RAKENNUSJÄTTEIDEN UUSIOKÄYTTÖ

Lehtinen, Iida  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Huhtikuu 2017  
Sivumäärä: 39  
Liitteitä: 9

Asiasanat: betonijäte, betonimurske, tiilijäte, tiilimurske, uusiokäyttö

---

Opinnäytetyön aiheena oli selvittää Kuuskajaskarin saarella sijaitsevan kasarmirakennuksen purusta syntyvän betoni- ja tiilijätteen uusiokäyttömahdollisuuksia sekä kasarmirakennuksen purun aiheuttamat kustannukset. Opinnäytetyössä selvitettiin myös betoni- ja tiilijätteen hyötykäyttökelpoisuus maarakentamisessa.

Opinnäytetyössä tutkittiin myös betoni- ja tiilijätteen uusiokäyttöön liittyviä lainsäädäntöjä, joista selviää rakennusjätteiden lainmukainen uusiokäyttö. Yksi merkittävistä lainsäädännöistä on Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakennuksessa, jonka tarkoituksena on helpottaa ja nopeuttaa jätebetonin hyötykäyttöä. Kasarmirakennus on rakennettu 1960-luvulla, jolloin usein käytetty rakennusmateriaali oli asbesti. Asbestirakentamista ja asbestia koskevaa lainsäädäntöä on myös käsitelty opinnäytetyössä.

Opinnäytetyössä selvitettiin betoni- ja tiilimurskeen hyötykäyttökohteita Kuuskajaskarin saaren sisällä, koska murskeiden uusiokäyttö saaren sisällä on halvempi ja ekologisempi vaihtoehto kuin murskeen kuljettaminen mantereelle. Opinnäytetyössä on käsitelty puolustusvoimien entisen ampumaradan sekä saaren vierasvenelaiturin läheisyyteen rakennettavan aallonmurtajan sopivuutta betoni- ja tiilimurskeen uusiokäyttökohteiksi. Selvityksessä on vertailtu viranomaisten sekä laissa määriteltyjen lakien ja asetusten asettamia tietoja. Ampumarata on Selkämeren kansallispuiston aluetta, joka vaikeuttaa uusiokäyttöä tällä alueella. Mahdollisten töiden alkaessa ampumaradan muutoksista tulee saada ympäristölupa. Vesistöjen välittömässä läheisyydessä tehdyistä muutoksista vaaditaan ympäristölupa. Tämän seurauksena myös aallonmurtajan mahdollinen rakentaminen vaatisi ympäristöluvan.

Rakennuksen rakenteiden massoittelun perusteella eri yrityksiltä on pyydetty alustavia kustannusarvioita eri työkohteiden kustannuksista. Rakennuksen purku sekä betoni- ja tiilijätteen murskaus sekä muun purkujätteen kuljetukset tuottavat suurimman kustannuserän purkuprojektissa. Asbestityöt sekä kasarmirakennuksessa sijaitsevan muuntajan siirto tuottavat myös suuret kustannuskulut.

# THE DEMOLITION OF KUUSKAJASKARI'S BARRACKS AND THE REUSE OF THE CONSTRUCTION WASTE

Lehtinen, Iida

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in construction engineering

April 2017

Number of pages: 39

Appendices: 9

Keywords: concrete waste, crushed concrete, brick waste, crushed brick, reuse

---

The purpose of the thesis was to research how to reuse the concrete and brick waste forming when the barracks of Kuuskajaskari island are demolished and what are the expenses of the demolition. It was also researched in the thesis what is the utilization of concrete and brick waste in earthworks.

Legislation of the reuse of concrete and brick waste was researched as there one can find what is the legal reuse of construction waste. One of the major legislation is the act of Council of State about utilization of the waste in earthworks and its purpose is to ease and speed up the utilization of concrete waste. The barracks of Kuuskajaskari were built in the 1960's when the most common construction material was asbestos. Asbestos construction and the legislation of asbestos is also researched in the thesis.

In thesis the utilization of crushed concrete and brick in the Kuuskajaskari island are researched as the use of the crushed material is cheaper and more ecological option than to transfer the materials to the mainland. The thesis discusses if the breakwater that will be built next to the old shooting range of the army and guest dock of the island can be built by using the concrete and brick waste. Authoritatives have been consulted regarding the thesis and the information in laws and degrees have been compared. The shooting range is part of Selkämeri's national park which makes the reuse of waste complicated in this area. Before the possible construction work can begin, an environmental permission has to be given before the works can begin. The environmental permission is needed when changes are made near water so it will be needed also when the breakwater is built.

By the massing of the structures of the building companies have been asked to provide initial estimates of the cost of different work areas. Demolishing the building, crushing the concrete and brick waste and the transportation of the demolition waste produce the biggest cost in the demolition project. The asbestos work and the moving of the transformer in the barracks will also be a big expenditure.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	BETONIMURSKE.....	7
2.1	Yleistä betonimurskeesta .....	7
2.2	Betonimurskeen laatuoluokitus.....	8
2.3	Betonimurskeen käyttökohteet.....	9
2.4	Lainsäädäntö .....	10
2.4.1	Jätelaki 646/2011 .....	10
2.4.2	Ympäristönsuojelulaki 527/2014.....	11
2.4.3	Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisessä maarakentamisessa 591/2006 .....	12
3	ASBESTI.....	14
3.1	Yleistä asbestista.....	14
3.2	Lainsäädäntö .....	15
3.3	Asbestipurkutyö .....	16
4	KUUSKAJASKARIN KASARMI.....	16
4.1	Kohteen perustiedot .....	16
4.2	Projektin määrittely.....	19
5	RAKENNUKSESTA SYNTYVIEN JÄTTEIDEN MASSAT JA MÄÄRÄT .....	19
6	HAITTA-AINETUTKIMUKSIEN TULOKSIA .....	21
6.1	Betonin hyötykäyttökelpoisuusanalyysi .....	21
6.2	Tiilen hyötykäyttökelpoisuusanalyysi .....	23
6.3	Asbesti- ja haitta-ainekartoitus .....	24
7	KASARMIN PURKIJÄTTEIDEN UUSIOKÄYTTÖ JA HÄVITYS .....	27
7.1	Betoni- ja tiilimurskeen uusiokäyttö saaren sisällä.....	27
7.1.1	Entisen ampumaradan täyttö .....	29
7.1.2	Aallonmurtaja .....	31
7.2	Asbestin hävitys .....	32
7.3	Muun jätteen uusiokäyttö ja hävitys .....	33
8	KASARMIN PURKAMISEN KUSTANNUSARVIOT .....	33
8.1	Asbestipurkutyö .....	33
8.2	Rakennuksen purku.....	33
8.3	Muuntamon siirto.....	34
8.4	Kuljetukset .....	34
8.5	Kustannusarviot yhteensä .....	35
9	YHTEENVETO .....	36

LÄHTEET..... 38

LIITTEET

Liite 1 Kuuskajaskarin kasarmin rakenteiden tilavuudet ja massat

Liite 2 Kuuskajaskarin kasarmissa olevat ikkunat, ovet ja kiintokalusteet

Liite 3 Teräsbetonin hyötykäyttökelpoisuusanalyysi

Liite 4 Tiilen hyötykäyttökelpoisuusanalyysi

Liite 5 Vesikattomateriaalin (kumibitumikermi) asbestianalyysi

Liite 6 Teräsbetonin pinnoitteen asbestianalyysi

Liite 7 Kuuskajaskarin asemakaava luonnos

Liite 8 Kasarmin kellarissa sijaitsevan muuntamon siirron kustannukset

Liite 9 Tehokuivaus, Kuntotutkimus, Kuuskajaskari (sisältää tilaajan luottamuksellista materiaalia)

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää 1960-luvulla valmistuneen rakennuksen purkamisen kustannusarvio sekä purkamisesta syntyneen betonijätteen uusiokäyttömahdollisuuksia. Kyseessä on puolustusvoimien rakennuttama betonirunkoinen ja tiiliverhoiltu kasarmirakennus. Rakennus koostuu kaksikerroksisesta majoitusosasta sekä pääosin yksikerroksisesta huolto-osasta ja kellarikerroksesta. Kohde sijaitsee Raumalla Kuuskajaskarin saarella. Saari tuo lisähaasteita ja -kustannuksia purkujätteen kuljettamisessa. Opinnäytetyön tehtävänä oli tutkia mahdollisia käyttökohteita betonimurskeelle sekä saaren sisällä, jolloin kuljetuskustannukset pienenevät, että saaren ulkopuolella.

Rakennus on suunniteltu purettavaksi, koska sen käyttöaste on ollut noin 20 vuotta hyvin alhainen ja se on aiheuttanut turhia lämmityskustannuksia Rauman kaupungille. Rakennuksesta on tehty laaja kuntotutkimus sekä asbesti- ja haitta-ainetutkimus vuonna 2015. Opinnäytetyön aikana rakennuksen betonista tehtiin hyötykäyttöanalyysi, jossa selvitettiin betonin hyötykäyttökelpoisuus. Betonijätteestä valmistettavan betonimurskeen tulee vastata Suomen laissa määrättyjä MARA-asetuksia sekä jäte- ja ympäristölakia.

Rakennuksen rakennusajalle tyypillistä rakennusmateriaalia, eli asbestia on käytetty useissa eri rakenteissa ja sen vuoksi rakennukseen tulee tehdä erillinen asbestinpurkutyö. Opinnäytetyössä käsitellään asbestin purkuun liittyvää lainsäädäntöä sekä yleisesti asbestityötä.

Opinnäytetyön tavoitteena on saada selville rakennuksen mahdollisimman edullinen purkutapa ja purkujätteen uusiokäyttötapa. Purun aiheuttamat kustannukset selvitetään pyytämällä alustavia kustannusarvioita eri yrityksiltä.

## 2 BETONIMURSKKE

### 2.1 Yleistä betonimurskeesta

Koska betonimurskeella on hyvät lujuusominaisuudet, sitä uusiokäytetään Suomessa tehokkaasti esimerkiksi teiden ja kenttien pohjarakentamisessa. 70–80 % kaikesta Suomessa syntyvästä betonijätteestä kierrätetään uusissa käyttökohteissa. Tämä tarkoittaa 700 000-1 000 000 tonnia betonijätettä vuodessa. Kaikesta rakennuksista syntyvästä purkujätteestä pyritään kierrättää 70 prosenttia vuoteen 2020 mennessä. (Rakennusteollisuus WWW-sivut 2017)

Purkutyömailta ja betonitehtailta syntyvästä betonijätteestä valmistetaan betonimursketta. Purkutyömaalta tuleva betoni ei ole yhtä puhdasta ja luotettavaa kuin betonitehtailta tuleva betonijäte, koska purkutyömailta tuleva betoni saattaa sisältää tiilimursketta ja muita epäpuhtauksia. Betoni voidaan murskata ja pulveroida rakennustyömaalla ja käyttää täyttömaana samalla tontilla tai muualla. Betoni voidaan myös murskata ja pienentää erillisellä vastaanotto- ja murskausalueella. Betonin käsittely ja kaatopaikalle vieminen on kallista. (Wahlström, Mroueh & Laine-Ylijoki 2005)

Kaikenlaiset betoni- ja sementtituotteet soveltuvat betonimurskeen valmistukseen. Betoni paloitellaan ja sitten murskataan siirrettävillä murskausasemilla. Betonipulveroijaa käytetään pienemmissä purkukohteissa. Betonimurskeen yleisin raekoko on 0...150 millimetriä. (Wahlström, Mroueh & Laine-Ylijoki 2005)

”Betonin murskauksessa teräkset erotellaan betonista usein magneetin avulla. Raudat myydään romurautana ja kierrätetään. Romurautoista voidaan valmistaa uutta rautaa. Betonin murskaamiseen voidaan käyttää leuka-, keila- tai iskumurskaimia.” (Lammi & Mäki 2014, 16)

Betoni- ja muuta purkujätettä voi syntyä suurissa purkukohteissa kymmeniä tuhansia tonneja. Betonijäte saattaa sisältää luonnolle haitallisia aineita, ja sen vuoksi betonin hyötykäyttökelpoisuus on tarkastettava. Kun betonia uusiokäytetään suuria määriä,

tarvitaan sen käsittelyyn ja sijoittamiseen ympäristölupa tai vähintään ilmoitus Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselle eli ELY-keskukselle. (Rakennusteollisuus WWW-sivut 2017)

Ennen betonirakenteen purkamista, tulee rakenteista poistaa kaikki haitalliset aineet. Asbestia on käytetty rakentamisessa runsaasti ennen 1990-lukua. Nykyään se on kielletty terveydelle vaarallisuutensa vuoksi ja sen takia asbesti tulee poistaa rakenteista ennen kuin muita rakenteita puretaan. Asbestityöt ovat luvanvaraisia ja niitä saa tehdä vain koulutuksen saaneet henkilöt. ( RT 18–11248 2016,4)

Jos betonimurske on kierrätyskelpaamatonta, se poistetaan käytöstä betonijätteenä, eli toimitetaan kaatopaikalle. Materiaali on hyväksyttävä etukäteen kaatopaikalle sijoitettavaksi ennen kuin se sinne toimitetaan. Maankaatopaikan täyttöön betonimursketta ei voida sijoittaa. (UUMA2 www-sivut 2017)

## 2.2 Betonimurskeen laatuluokitus

Suomessa betonimurskeet jaotellaan maarakennuskäyttöä varten teknillisten ominaisuuksien perusteella laatuluokkiin, sillä erilaisista purkukohteista jalostettavan betonimurskeen koostumus eroaa toisistaan. Betonimurske voi sisältää eri määriä tiiltä ja joitain epäpuhtauksia. Laatuluokkia on neljä ja ne ovat BeM I, BeM II, BeM III ja BeM IV. Betonimurskelajitteiden raaka-ainelähteet, sallittujen epäpuhtauksien maksimiosuudet sekä perusominaisuudet on esitetty taulukoissa 1 ja 2. (Tiehallinto www-sivut 2017)

BeM I ja BeM II laatuluokissa olevaa betonimursketta voidaan käyttää tie- ja katurakenteissa kantavaan ja jakavaan kerrokseen. BeM III -luokan mursketta voidaan käyttää päällystetyn tie- tai katurakenteen jakavaan kerrokseen. BeM IV -luokan mursketta voidaan käyttää esimerkiksi pengermateriaalina. (Tiehallinto www-sivut 2017)



Taulukko 1. Betonilajitteiden laatuluokitus (Tiehallinto 2007, 35)

Ominaisuus	BeM I	BeM II	BeM III	BeM IV
Raaka-ainelähde	Betoniteollisuus (epäpuhtauksista vapaa jäte)	Purkutyömaa tai vastaava	Purkutyömaa tai vastaava	Purkutyömaa tai vastaava
Puristuslujuus (MPa)	≥ 1,2	≥ 0,8	-	-
Tiilen max.osuus, p- %	0	10	10	30
Muiden mater.* max.osuus, p- %	0,5	1	1	1
Kevyt orgaaninen materiaali**, p- %	Ei haitallista määrää	Ei haitallista määrää	Ei haitallista määrää	Ei haitallista määrää

\*puu, muovi yms.

\*\*esim. solumuovit, mineraalivilla

Taulukko 2. Betonimurskelajitteiden perusominaisuudet (Tielaitos 2000, 10)

Murskelaji	Rakeisuus**	Lujittuminen	E-moduuli	Liukoisuuskokeet murskausvaiheessa	Routivuus
<b>BeM I</b>	0–45mm	Lujittuu	700 MPa	Ei vaadita	Routimaton
<b>BeM II</b>	0–45mm	Lujittuu	500 MPa	Vaaditaan	Routimaton
<b>BeM III</b>	0–45mm	Epävarmaa	280 MPa	Vaaditaan	Routimaton
<b>BeM IV</b>	Vaihtelee	Ei lujitu	≤ 200 MPa*	Vaaditaan	Vaihtelee

\*harkittava tapauskohtaisesti ottaen huomioon mahdollinen routivuus

\*\* tielaitoksen rakeisuusohjealue 0/45 (TYLT 1999)

### 2.3 Betonimurskeen käyttökohteet

Luonnon kiviainesta korvataan käyttämällä betonimursketta. Betonimurskeen käyttöä ohjaa Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa eli ns. MARA-asetus, josta kerrotaan tarkemmin kohdassa 2.5.3. Maarakennus kohteita, joissa voidaan käyttää asetuksen mukaista betonimursketta, ovat:

- yleiset tiet, kadut, pyörätiet ja jalkakäytävät sekä niihin välittömästi liittyvät tienpitoa tai liikennettä varten tarpeelliset alueet, pois lukien meluesteet
- pysäköintialueet
- urheilukentät sekä virkistys- ja urheilualueiden reitit
- ratapihat
- teollisuus-, jätteenkäsittely- ja lentoliikenteen alueiden varastointikentät ja tiet.

Betonimursketta voidaan käyttää päällystetyssä rakenteessa, eli rakenne on suojattu vähintään 10 cm paksulla kerroksella luonnon kiviainesta, tai päällystämättömässä rakenteessa ilmoitusmenettelyllä, kun seuraavat MARA-asetuksessa esitetyt vaatimukset täyttyvät:

- betonimurskeen haitallisten aineiden pitoisuudet ja liukoisuudet täyttävät MARA-asetuksessa esitetyt vaatimukset
- kohde ei ole I tai II -luokan pohjavesialueella
- asfaltin tyhjätila  $\leq 5\%$  tai peitekerros kiviaineksilla  $\geq 10$  cm
- hyödyntämispaikan haltija on hyväksynyt betonimurskeen käytön
- betonimurskekerroksen paksuus on enintään 1,50 m
- betonimurskeen käytöstä tehdään ilmoitus ympäristöviranomaiselle

## 2.4 Lainsäädäntö

Betonimurskeen uusiokäyttöä koskevissa lainsäädännöissä pyritään mahdollisimman suureen jätteen hyödyntämiseen ja uusiokäyttöön sekä pyritään vähentämään jätteen syntyä. Betonimursketta koskevia lainsäädäntöjä on muun muassa Jätelaissa (646/2011), Ympäristönsuojelulaissa (527/2014) sekä Valtioneuvoston asetuksessa eräiden jätteiden hyödyntämisessä maanrakentamisessa (MARA-asetus) (591/2006).

### 2.4.1 Jätelaki 646/2011

Jätelain tavoitteena on ehkäistä terveydelle ja ympäristölle jätteiden ja jätehuollon aiheutuvaa vaaraa ja haittaa sekä jätteiden määrän ja haitallisuuden vähentäminen, luonnonvarojen kestävä käytön edistäminen, varmistaa jätehuollon toimivuus ja roskaantumisen ehkäiseminen. Jätelain 5. pykälän mukaan jätteellä tarkoitetaan ainetta tai esinettä, joka on poistettu haltian toimesta käytöstä, aiotaan poistaa tai on velvollinen poistamaan. Betonimurske muuttuu jätteeksi viimeistään rakennuksen purkuhetkellä. ( Jätelaki 646/2011, 1§, 5§)

Jätelain 8. pykälän mukaan jätteen määrän synty ja haitallisuus on pyrittävä pitämään mahdollisimman alhaisena. Mahdollinen jäte on pyrittävä käyttämään uudelleen tai se on kierrätettävä. Jos jätteen hyödyntäminen kierrättämällä ei ole mahdollista, jäte on pyrittävä hyödyntämään muulla tavoin. Jäte on loppukäsiteltävä jos sen hyödyntäminen ei onnistu. (Jätelaki 646/2011, 8§)

#### 2.4.2 Ympäristönsuojelulaki 527/2014

Ympäristönsuojelulain tavoitteena on:

- ympäristön pilaantumisen ehkäisy sekä pilaantumisesta aiheutuvien vahinkojen poistaminen ja vähentäminen
- terveellisen, viihtyisän, luonnontaloudellisesti kestävä ja monimuotoisen ympäristön turvaaminen
- jätteiden synnyn ja haitallisten vaikutusten ehkäiseminen
- ympäristöä pilaavan toiminnan vaikutuksen arvioinnin ja huomioon ottamisen tehostamista kokonaisuutena
- parantaa kansalaisten ympäristöä koskevien päätöksenteon vaikutusmahdollisuuksia
- luonnonvarojen kestävä käytön edistäminen
- ilmastonmuutoksen torjuminen ja kestävä kehityksen tukeminen (YSL 527/2014, 1§)

Tätä lakia sovelletaan toimintaan, josta aiheutuu tai saattaa aiheutua ympäristön pilaantumista sekä jätettä syntyvään toimintaan, sekä jätteen käsittelyyn. (YSL 527/2014, 2§)

Betonimurskeen hyötykäyttöön liittyen ympäristönsuojelulaista on olennaista huomioida maaperän pilaamiskielto, josta säädetään lain 16. pykälässä. 16. pykälän mukaan maahan ei saa jättää tai päästää jätettä tai muuta ainetta niin, että maaperän laatu huononee tai joka voi aiheuttaa vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle. Ympäristönsuojelulain pykälässä 8 eli pohjaveden pilaamiskiellossa kielletään laskemasta ainetta paikkaan, jossa se voi aiheuttaa pohjaveden muutoksia, joista on vaaraa terveydelle tai

ympäristölle tai pohjaveden laatu voi olennaisesti huonontua. (YSL 527/2014, 16§, 17§)

Ympäristösuojelulain 27. pykälän mukainen ympäristölupa tarvitaan kun jätettä hyötykäytetään laitosmaisesti tai ammattimaisesti. Vaikka betonimurske olisi tuoteistettu ja CE-merkitty, se luokitellaan edelleen jätteeksi. Valtioneuvoston asetuksessa 591/2006 on säädetty betonimurskeen maarakennuskäytöstä ja siihen liittyvästä ilmoitusmenettelystä. (YSL 527/2014, 27§)

#### 2.4.3 Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisessä maarakentamisessa 591/2006

Valtioneuvoston asetuksen eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa eli niin kutsutun MARA-asetuksen tarkoitus on edistää jätteiden hyödyntämistä määrittelmällä edellytykset, joiden täytyessä asetuksessa tarkoitettujen jätteiden käyttöön maarakentamisessa ei tarvita ympäristösuojelulain (86/2000) mukaista ympäristölupaa. (VNa 591/2006, 1§)

MARA-asetuksen 5. pykälän mukaan betonimurskeen sisältämät haitallisten aineiden pitoisuudet ja liukoisuus ei saa ylittää säädettyjä raja-arvoja siten, että se aiheuttaa terveydelle tai ympäristölle haittaa (Taulukko 3). Murskatun betonin murskeen kappalekoko saa olla enintään 15 senttimetriä. Betonimurskeeseen sekoitettavan tiilimurskeen painoprosentti saa olla enintään 30 %. Maarakenteen jätettä sisältävän rakenteen enimmäispaksuus on 150 senttimetriä. (VNa 591/2006, 5§, 9§)

Taulukko 3. Maarakentamisessa käytettävän betonimurskeen haitallisten aineiden raja-arvot

Haitallinen aine	Raja-arvo, mg/kg kuiva-ainetta			Raja-arvo, mg/kg kuiva-ainetta		
	Perustutkimukset			Laadunvalvontatutkimukset		
	Pitoisuus	Liukoisuus (L/S = 10 l/kg)	Liukoisuus (L/S = 10 l/kg)	Pitoisuus	Liukoisuus (L/S = 10 l/kg)	Liukoisuus (L/S = 10 l/kg)
		Peitetty rakenne	Päällystetty rakenne		Peitetty rakenne	Päällystetty rakenne
PCB	1			1		
PAH	20					
Mineraaliöljyt	500					
DOC		500	500			
Antimoni (Sb)		0,06	0,06			
Arseeni (As)	50	0,5	0,5	50		
Barium (Ba)		20	20			
Kadmium (Cd)	10	0,02	0,02	10	0,02	0,02
Kromi (Cr)	400	0,5	0,5	400	0,5	0,5
Kupari (Cu)	400	2	2	400	2	2
Elohopea (Hg)		0,01	0,01			
Lyijy (Pb)	300	0,5	0,5	300	0,5	0,5
Molybdeeni (Mo)		0,5	0,5			
Nikkeli (Ni)		0,4	0,4			
Vanadiini (V)		2	2			
Sinkki (Zn)	700	4	4	700		
Seleeni (Se)		0,1	0,1			
Fluoridi (F--)		10	50			
Sulfaatti (SO42-)		1 000	6 000		1 000	6 000
Kloridi (Cl-)		800	800			

Ympäristönsuojelun tietojärjestelmään on tehtävä ilmoitus ympäristölain 65. pykälän mukaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselle. Ilmoituksen tulee sisältää valtioneuvoston asetuksen 6. pykälän mukaiset tiedot:

- hyödyntämispaikan haltijan nimi ja yhteystiedot
- hyödyntämispaikan sijainnin tiedot sekä tiedot sen läheisyydessä sijaitsevista pohjavesialueista ja niiden luokista sekä vedenottoaikoista ja vesistöistä
- maarakentamista koskevat maankäyttö- ja rakennuslain tiedot, yleisistä teistä annetun lain tai maantielain mukaisesta suunnitelmasta, ilmoituksesta tai luvasta
- jätteen luovuttajan nimi ja yhteystiedot
- jätteen nimike ja selvitys siitä, että maarakentamisessa käytettävän jätteen haitallisten aineiden raja-arvot alittuvat
- jätteen määrä

- selvitys jätettä sisältävästä rakenteesta, peittämiseen tai päällystämiseen käytettävästä materiaalista, varastoinnista ja muusta toiminnasta hyödyntämispaikalla sekä näihin liittyvistä tarpeellisista suojaustoimista
- maarakenteen hyödyntämisen ajan alkamis- ja päättymisajankohta.

Jätettä sisältävä rakenne suojataan peittämällä se vähintään 10 senttimetriä paksulla luonnon kiviaineskerroksella, esimerkiksi soralla, hiekalla tai kalliomurskeella. Peittämällä pyritään estää jätteen kulkeutuminen muualle ympäristöön. Vaihtoehtoisesti jätettä sisältävä rakenne suojataan materiaalilla, jonka läpi ei pääse kulkeutumaan vettä. Päällystämiseen voidaan käyttää esimerkiksi asfalttia. (VNa 591/2006)

### 3 ASBESTI

#### 3.1 Yleistä asbestista

Asbesti on materiaalina mekaanisesti ja kemiallisesti kestävä. Sitä on käytetty muun muassa tulensuojana ja katteena. Asbestia on Suomessa käytetty rakentamisessa 1910-luvulta lähtien aina vuoteen 1994 asti, jolloin asbestin myyminen ja käyttöönotto kiellettiin Suomessa. Terveyshaittojen vuoksi asbestin käyttö on kielletty, koska se voi aiheuttaa muun muassa asbestoosia ja keuhkosityöpää. (Vikström 1993, 1-13)

Asbesti ei ehjänä, kiinteänä tai pölyämättömänä aiheuta vaaraa, mutta asbestia sisältävien materiaalien purkaminen tai korjaaminen voivat aiheuttaa terveysriskejä. Sen vuoksi asbestia sisältävien rakenteiden purku tai korjaustyö on tehtävä erillisenä asbestityönä, jonka saa suorittaa vain pätevyyden omaava asbestipurkutyöntekijä. (RT 18–11246 2017,1)

Asbesti on kuituna neulamainen tai lankamainen joka pölyää helposti ja leviää tilasta toiseen. Pölyn leviämisen estämiseksi asbestipurkutyöalue on rajattava tiiviisti, sekä asbestipurkualueella käytettävät työkalut ja työvaatteet tulee olla käytössä ainoastaan asbestipurkutyöalueella. (RT 18–11246 2017,1) (Suomen betoniyhdistys 2002, 44)

### 3.2 Lainsäädäntö

Asbestityötä koskevien lainsäädäntöjen tarkoituksena on estää terveydelle vaarallisten asbestikuitujen leviäminen ympäristöön. Asbestitöitä koskevia lainsäädäntöjä on muun muassa Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta (798/2015) sekä Laki eräistä asbestipurkutyötä koskevista vaatimuksista (684/2015).

Valtioneuvoston asetuksen asbestityön turvallisuuden 3. pykälässä kerrotaan työnantajan olevan vastuussa, että asbestityöntekijän altistuminen työstä johtuvasta asbestista on mahdollisimman vähäinen. Hengitysilmassa saa olla kahdeksan tunnin aikana enintään 0,1 kuutiosenttimetriä kuitua. Raja-arvo on säädetty Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä 2009/148/EY. (Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta 798/2015, 3§)

Lain 684/2015 2. pykälän mukaan asbestipurkutyön saa suorittaa vain vaadittavan pätevyyden suorittanut henkilö ja joka on rekisteröity asbestipurkutyöhön pätevistä henkilöistä pidettävään rekisteriin. Asbestipurkutyöntekijällä on pätevyysvaatimuksena oltava soveltuva ammattitutkinto tai sen osa. (Laki eräistä asbestipurkutyötä koskevista vaatimuksista 684/2015, 2§)

Asbestipurkutyö alue tulee rajata varoitusmerkein, eikä asbestitöissä käytettyjä välineitä tule käyttää asbestitöiden ulkopuolella. Asbestipölyn leviäminen muualle kuin asbestityöalueelle on estettävä. (Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta 798/2015, 4§, 5§)

Asbestikartoitus on tehtävä kaikkiin ennen vuotta 1994 rakennettuihin kiinteistöihin. Asbestikartoituksen saa tehdä henkilö, jonka osaamiseen kuuluu ”riittävä perehtyneisyys asbestiin, sen esiintymiseen ja rakenteiden purkamiseen sekä suunnitellun kartoituksen laadun ja laajuuden edellyttämää ammatillista osaamista”. Ennen asbestipurkutyötä on tehtävä kirjallinen turvallisuussuunnitelma, josta ilmenee altistuksen arvioimiseksi, vähentämiseksi ja seurannaksi tehtävät toimenpiteet sekä ennakoilmoitus työkohteen asbestityölupaa edellyttävästä asbestipurkutyöstä seitsemän päivää ennen työn aloittamista. (Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta 798/2015, 7§, 8§, 9§)

### 3.3 Asbestipurkutyö

“Asbestipurkutyötä on rakenteiden ja teknisten järjestelmien purkaminen ja poistaminen, säilytettävien rakenteiden suojaus, purkukohteen siivoaminen ja muu vastaava rakenteiden purkamiseen ja poistamiseen liittyvä asbestityö” (RT 18–11248 2016, 5). Työntekijän on suoritettava työ aiheuttamatta haittaa terveydelle tai ympäristölle. Asbestityötä tekevän henkilön on suojauduttava työturvallisuuslain 738/2002 mukaisia vaatimuksia noudattaen. Purkutyötä tekevän ja purkutyön jäljet siivoavan on suojauduttava käsineillä, kertakäyttöisellä sileällä haalarilla sekä puhaltimella ja P3-suodattimella varustetulla kokonaamarilla. (RT 18–11248 2016, 5)

Työskentelyalue, jossa puretaan asbestia, tulee rajata selvästi ja se on osoitettava varoitusmerkein. Työskentelyalue on eristettävä muusta ympäristöstä ilmatiiviisti sekä tila on alipaineistettava hienopölyn erottavalla imurilla. Asbestijätteelle, joka poistetaan, tulee olla oma sulkunsa. (RT 18–11248 2016, 5-6)

Asbestipurkutöiden jätteistä syntyvä asbestipölyn leviäminen on estettävä, jonka vuoksi asbestijäte kootaan tiiviisti suljettaviin pakkauksiin tai säiliöihin. Asbestijätteitä käsittelevillä on oltava asianmukaiset suojapuvut. Kun asbestijätettä siirretään työmaa-alueelta pois, on se lastattava ja kuljetettava erikseen muusta jätteestä. (RT 18–11248 2016, 7-8)

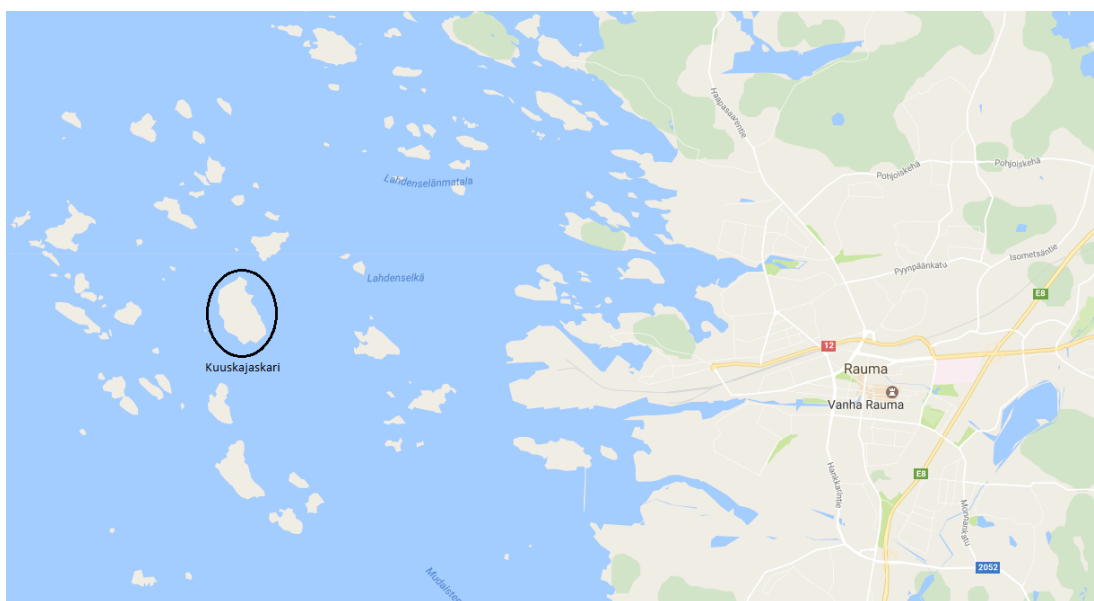
## 4 KUUSKAJASKARIN KASARMI

### 4.1 Kohteen perustiedot

Rauman saaristossa, noin neljän kilometrin päässä mantereesta, sijaitseva Kuuskajaskarin saari (Kuva 1) on ollut vuosina 1939–1997 Suomen puolustusvoimien käytössä.



Saari on vuonna 2001 siirtynyt Rauman kaupungin omistukseen. Lähes 30 hehtaarin suuruinen saari on enimmillään 15 metriä merenpinnan yläpuolella ja sen ympäristö on pääasiassa mänty- ja kuusimetsää. Metsikön katveessa on useita puolustusvoimien rakennuksia ja linnoitusrakenteita. Saaren siirryttyä Rauman kaupungin omistukseen, sen käyttötarkoitus on muuttunut ja toiminta saarella on vähentynyt. Nykyään saari on kesäisin osittain virkistys- ja matkailukäytössä. Saarelle on mahdollisuus päästä vierailemaan omalla veneellä tai vesibussin kuljettamana.



Kuva 1. Kuuskajaskarin saaren sijainti (Google maps).

Yksi saaren puolustusvoimien rakennuttamista rakennuksista on kasarmirakennus (Kuva 2), jonka purkua käsitellään tässä opinnäytetyössä. Kasarmirakennus on valmistunut vuonna 1966. Teräsbetonirunkoisen ja tiiliverhoillun rakennuksen pinta-ala on noin 5 060 brm<sup>2</sup> ja sen tilavuus on noin 17 500 m<sup>3</sup>. Kasarmirakennus jaetaan kahteen eri osaan. Toinen osista on kaksi kerroksinen majoitusosa, jossa sijaitsee tuvat. Majoitusosan kellarissa on noin 380 brm<sup>3</sup> suuruinen tekninen osa. Toinen osa rakennuksesta on huolto-osa, jonka ensimmäisessä kerroksessa on keittiö, ruokala ja sotilaskoti sekä toisessa kerroksessa on auditorio, luokkahuone ja johtajien huoneet. Huolto-osan kellarin tiloissa oli puolustusvoimien omistuksen aikaan muun muassa sotilassairaala ja varastotiloja. Kellarikerroksen yhteyteen on kallioon louhittu merivartioasema eli niin kutsuttu Raval-asema. Kellarissa sijaitsee myös koko saarella sijaitsevien rakennusten sähkönjakelusta vastaava muuntaja.



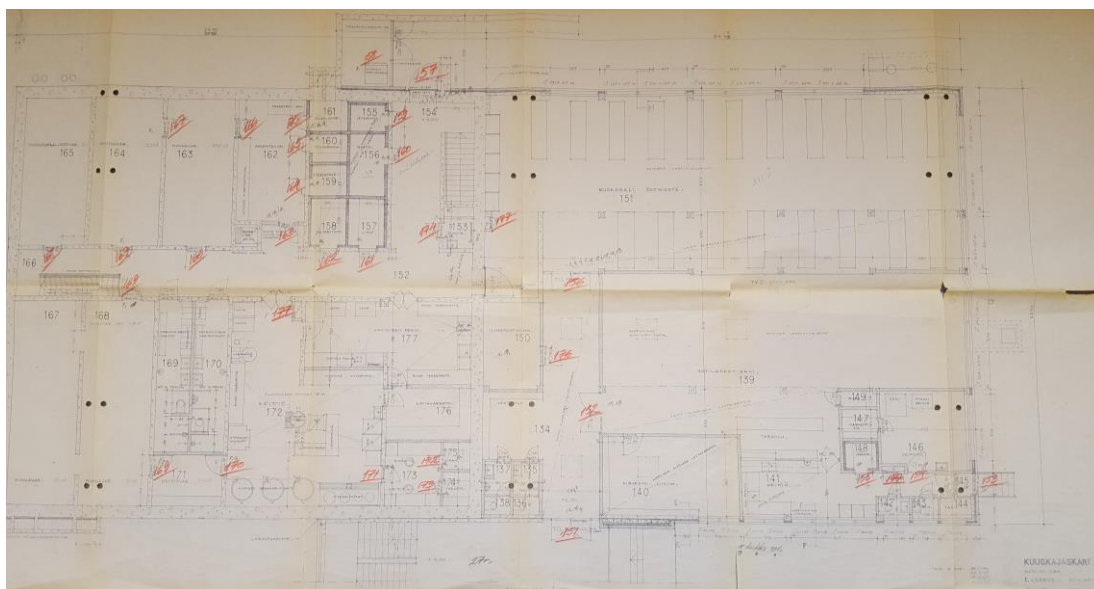
Kuva 2. Kuuskajaskarin kasarmi

Kasarmirakennus on jäänyt erittäin vähäiselle käytölle sen siirryttyä Rauman kaupungin omistukseen, eikä sille ole keksitty sopivia uusia käyttötarkoituksia. Rakennus on ollut lähes tyhjillään koko 2000-luvun, lukuun ottamatta kun keittiötä on käytetty muutamia kertoja kesäisin ja majoitusosaa on vuokrattu matkailijoille majoituspaikkana. Kellarikerroksessa on päässyt pelaamaan lasersotaa. Kasarmissa on pidetty ympäri vuoden ylläpitolämpöä (n. 14 °C), jonka vuoksi kasarmista aiheutuu lämmityskustannuksia. Kasarmi aiheuttaa vuosittain pelkästään ylläpitolämmityskustannuksia arviolta 35 000 €. Sähkön kulutus sekä rakennus- ja LVIS- kunnossapitokustannukset mukaan lukien tyhjillään olevan kasarmin vuotuiset ylläpitokustannukset ovat noin 50 000 €.

Rakennuksen yleiskunto on huono. Rakennus on lähes kokonaan alkuperäisessä kunnossa ja sen päivittäminen ja korjaaminen toisi suuria kustannuksia. Vuonna 2015 Tehokuivauksen tekemän kuntotutkimuksen mukaan rakennuksessa esiintyy suuria määriä mikrobikasvustoa, joka pakottaisi mittavaan peruskorjaukseen, jonka kustannusarvioksi tulisi noin 10 000 000 €. Koska uusia käyttötarkoituksia kasarmille ei ole keksitty lukuisista yrityksistä huolimatta, omistajan kannalta taloudellisesti perusteltavana ja kohtuullisena ratkaisuna on rakennuksen purkaminen. (Rauman kaupunki talotoimen lausunto. 12.2012)

## 4.2 Projektin määrittely

Tässä opinnäytetyössä selvitetään Kuuskajaskarin kasarmin purkutyöstä syntyvän betoni- ja tiilijätteen uusiokäyttömahdollisuuksia. Rauman kaupunki on tilannut kohteen käsiteltäväksi, koska rakennuksella ei ole ollut käyttöä pitkään aikaan. Työ lähti liikkeelle aiheeseen ja kohteeseen tutustumalla. Työn alkuvaiheessa suuri osa ajasta kului rakenteiden massoitteeluun. Koko rakennuksen massoitteelu tapahtui käyttämällä vanhoja ja alkuperäisiä pohjapiirustuksia (Kuva 3). Tehtävänä oli myös selvittää kasarmin purkutyöstä aiheutuvat kustannukset. Massoitteelusta saatujen tulosten perusteella eri yrityksiltä on pyydetty alustavia kustannusarvioita sähköpostitse eri työkohteista. Uusiokäyttökohteista on keskusteltu muun muassa Kuuskajaskarin saarella työskentelevien sekä rakennuksen omistajan kanssa. Uusiokäytöstä ja asbestitöistä koskevista lainsäädännöistä kerättiin tietoa laajasti eri laista ja asetuksista.



Kuva 3. Alkuperäinen pohjapiirustus.

## 5 RAKENNUKSESTA SYNTYVIEN JÄTTEIDEN MASSAT JA MÄÄRÄT

Pohjapiirustuksista mitattiin jokainen seinä ja rakenneosa erikseen viivainta ja laskinta apuna käyttäen. Koska pohjapiirustukset ovat alkuperäiset, eikä voida olla varmoja

kaikkien piirustuksissa näkyvien merkintöjen luotettavuudesta, voi tuloksissa olla pieniä virhearvioita todellisiin rakenteisiin verrattuna. Massoittelussa meni suuri osa opinnäytetyön tekemisessä, koska rakennus on suuri ja eri rakenteita on paljon.

Kasarmirakennuksen rakenteiden purku on laskettu niin, että kasarmi-osa puretaan korkeuteen +4,80 metriä merenpinnan yläpuolelle, jolloin kellarikerroksen ja 1. kerroksen välinen välipohja puretaan ja kellarikerroksen seinistä puretaan noin 55 senttimetriä. Huolto-osan idän puoleisen osan purku on laskettu myös korkeuteen +4,8 metriä, jolloin kellarikerroksen ja 1. kerroksen välinen välipohja puretaan ja kellarikerroksen seinistä puretaan noin 55 senttimetriä. Rakennusta ympäröivän maaston korkeuden vaihtelun vuoksi huolto-osan läntinen puoli puretaan korkeuteen +5,65 m, eli 1. kerroksen ja kellarikerroksen välinen välipohja puretaan, mutta seinät voi jättää purkamatta.

Kasarmi koostuu suurimmaksi osaksi betonista. Betonirakenteista jätetään maahan purkamattomana kaikki alle +4,8 metriä meren pinnasta olevat seinä- ja alapohjarakenteet sekä perustukset. Huolto-osan läntinen puoli voidaan jättää purkamatta kaikki alle +5,65 metriä meren pinnan alapuolella olevat rakenteet. Ennen varsinaista purkua, tulee rakennuksesta purkaa kaikki asbestia sisältävät rakenteet.

Betonirakenteiden tilavuudeksi saatiin noin 2 541,5 m<sup>3</sup>. Betonin massa laskettiin kertomalla betonin tilavuus 2,5 t:lla. Laskusuoritusten jälkeen kasarmirakennuksen purettavan betonin massa, joka ei sisällä asbestia, on noin 6 353,8 t. Asbestia sisältävän betonin tilavuus on noin 76,3 m<sup>3</sup>, jolloin massan tulokseksi saatiin noin 190,8 t. Betonirakenteiden massojen laskenta suoritetaan siis kaavalla:

$$2541,5 \text{ m}^3 \times 2,5 \text{ t} = 6353,75 \text{ t} \approx 6353,8 \text{ t}$$

Asbestisten betonirakenteiden tulos saadaan laskemalla:

$$76,3 \text{ m}^3 \times 2,5 \text{ t} = 190,75 \text{ t} \approx 190,8 \text{ t}$$

Kasarmin julkisivu on pääsääntöisesti verhoiltu tiilellä. Myös osa väliseinistä on rakennettu tiilestä. Pohjapiirustuksien perusteella tiilirakenteiden tilavuudeksi saatiin noin 304,3 m<sup>3</sup>. Tiilen paino laskettiin tiheydellä 1,2 t/m<sup>3</sup>. Laskusuoritusten jälkeen tiilen kokonaismassaksi saatiin noin 365,1 t.

Liitteessä 1 on esitetty rakenteiden tilavuudet ja massat sekä siinä on kerrottu millä arvoilla eli tiheydellä minkäkin rakenteen massan tulos on laskettu. Massat on laskettu samalla menetelmällä kuin edellä betonin massan lasku on esitetty.

Rakennuksen ikkunoiden ja ovien määrät on laskettu myös pohjapiirustusten avulla. Liitteessä 2 on eritelty ovien lukumäärät sijainnin ja koon mukaan. Ovia on yhteensä 205 kappaletta. Liitteessä 2 on kerrottu myös ikkunoiden koot ja sijainnit. Ikkunoiden kappalemäärä on 125. Kalusteiden määrät on myös laskettu vanhojen pohjapiirustuksien perusteella. Kalusteiden määrät näkyvät myös Liitteessä 2. Koska kaikki määrät on laskettu vanhojen pohjapiirustusten avulla, ei voida olla varmoja niiden oikeasta määrästä.

## 6 HAITTA-AINETUTKIMUKSIEN TULOKSIA

### 6.1 Betonin hyötykäyttökelpoisuusanalyysi

Tehokuivaus Oy otti Kuuskajaskarin kasarmin teräsbetonirakenteista helmikuussa 2017 näytteitä timanttiporaamalla betonirakenteista näytekappaleet (Kuva 4). Näytekappaleet toimitettiin Labroc Oy:lle tutkittavaksi. Tutkittujen näytteiden sijainnit olivat 1. kerroksen teräsbetoninen väliseinä (näyte1), 1. kerroksen teräsbetoninen ulkoseinä (näyte 2) sekä kellarikerroksen teräsbetoninen väliseinä (näyte 3). Näytteet tutkittiin standardien SFS-ISO 11465, SFS-EN 14039, ISO 11885, SFS-SN 12457-3 ja ISO 18287 mukaisesti.



Kuva 4. Teräsbetoninäytteet ja näytteenotto kohta.

Tutkimuksissa selvitettiin betonin sisältämät haitallisten aineiden kokonaispitoisuudet sekä liukoisuudet. Saatuja tuloksia verrattiin Valtioneuvoston asetuksessa eräiden jätteen hyödyntämisessä maarakentamisessa eli MARA-asetuksessa säädettyihin raja-arvoihin (Taulukko 3). Labroc Oy:n tekemistä tutkimusraporteista (Liite 3) nähdään soveltuuko betonimateriaali käytettäväksi betonimurskeena uusiokäyttökohteissa. Näytteen 1 hyötykäyttökelpoisuusanalyysistä voidaan todeta, että elohopean liukoisuusarvo ylittää raja-arvon. Elohopean liukoisuusarvo näytekappaleessa on 0,011 mg/kg ja MARA-asetuksen asettama raja-arvo on 0,01 mg/kg. Ylitys on näin ollen 0,001 mg/kg. Näytteissä 2 ja 3 ei havaittu raja-arvojen ylittäviä pitoisuuksia tai liukoisuuksia. Näytteiden 2 ja 3 elohopean liukoisuus on < 0,002 mg/kg, kuten myös tiilinäytteen elohopean liukoisuus on < 0,002 mg/kg. Kun betoni- ja tiilinäytteiden arvot lasketaan, saadaan elohopean liukoisuudeksi koko massaan nähden:

$$\frac{0,002 \frac{mg}{kg} + 0,002 \frac{mg}{kg} + 0,011 \frac{mg}{kg}}{3} * 6\,354\,000 \text{ kg} + 0,002 \frac{mg}{kg} * 366\,000 \text{ kg}$$


---


$$6\,354\,000 \text{ kg} + 366\,000 \text{ kg}$$

$$= 0,004837 \frac{mg}{kg} \approx 0,005 \frac{mg}{kg}$$

, jolloin koko tiili- ja betonimurskeen elohopean liukoisuus on alle raja-arvon 0,01 mg/kg.

Betonista tulee ottaa lisänäytteitä ennen kuin sitä voidaan käyttää betonimurskeena. Jos betonimurskeen uusiokäyttökohde on MARA-asetukseen sovellettava, purkujätteen käytöstä ei vaadita ympäristölupaa vaan ilmoitus alueelliselle ympäristökeskuskelle toiminnan merkitsemiseksi ympäristönsuojelun tietojärjestelmään riittää. Jos

MARA-asetusta ei voida hyödyntää, tarvitaan betoni- ja tiilimurskeen käytöstä ympäristölupa.

## 6.2 Tiilen hyötykäyttökelpoisuusanalyysi

Kasarmin julkisivun tiilimuurauksesta porattiin timanttikoralla näytekappaleet (Kuva 5), jotka toimitettiin Labroc Oy:lle tutkittavaksi. Näytteet tutkittiin standardien SFS-ISO 11465, SFS-EN 14039, ISO 11885, SFS-SN 12457-3 ja ISO 18287 mukaisesti.



Kuva 5. Tiilimuurauksen näytteet.

Tiilimuurauksen haitallisten aineiden kokonaispitoisuudet ja liukoisuudet selvitettiin laboratoriotutkimuksissa. Tiilimuurauksen tutkimusraportista (Liite 4) selviää tiilen soveltuvuus uusiokäyttöön, kun niitä vertaillaan MARA-asetuksessa säädettyihin raja-arvoihin (Taulukko 3). Tutkimusraportista selviää, että fluoridin ja sulfaatin liukoisuudet ylittävät MARA-asetuksen raja-arvot. Fluoridin liukoisuuden raja-arvo MARA-asetuksen mukaan on 10 mg/kg. Tiilimuurauksesta otetun näytteen fluoridin liukoisuus on 15 mg/kg, eli aineen ylittämä arvo on 5 mg/kg. Sulfaatin liukoisuuden raja-arvo MARA-asetuksessa puolestaan on 1000 mg/kg ja näytekappaleen liukoisuuspi- toisuus on 1500 mg/kg. Raja-arvon ylittämä määrä on näin ollen 500 mg/kg.

Tiehallinnon mukaan (Taulukko 1) betonimurskeeseen sekoitettavan tiilimurskeen painoprosentti saa olla enintään 30 %. Laskentojen perusteella kasarmirakennuksesta syntyy betonimursketta noin 6354 t ja tiilimurskeen arvioitu kokonaispainomäärä on noin 366 t. Tiili- ja betonimurske sekoitettuna painavat yhteensä noin 6720 t. Tiili- murskeen painoprosentti on betonimurskeeseen nähden:

$$\frac{366 \text{ t}}{6354 \text{ t}} \times 100 = 5,76015 \approx 5,8\%$$

, jolloin tiilimurskeen painoprosentti jää alle 30 %.

Betoninäytteissä fluoridia on 1. näytteessä 5 mg/kg ja 2. ja 3. näytteessä fluoridia on 4 mg/kg. Kun tiili- ja betoninäytteiden fluoridin liukoisuus lasketaan, niiden yhteismääräksi tulee:

$$\frac{4 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} + 4 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} + 5 \frac{\text{mg}}{\text{kg}}}{3} * 6\,354\,000 \text{ kg} + 15 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} * 366\,000 \text{ kg} \\ \frac{\quad}{6\,354\,000 \text{ kg} + 366\,000 \text{ kg}} = 4,914286 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \\ \approx 4,9 \frac{\text{mg}}{\text{kg}}$$

, jolloin koko tiili- ja betonimurskeen fluoridin liukoisuus on alle raja-arvon 10 mg/kg.

Kaikissa betoninäytteissä sulfaattia on alle 200 mg/kg. Kun betonin ja tiilen näytteiden sulfaattipitoisuus lasketaan, niiden määrä on:

$$\frac{6354000 \text{ kg} \times 200 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} + 366000 \text{ kg} \times 1500 \frac{\text{mg}}{\text{kg}}}{6\,354\,000 \text{ kg} + 366\,000 \text{ kg}} = 270,8036 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \approx 270 \frac{\text{mg}}{\text{kg}}$$

, jolloin koko tiili- ja betonimurskeen sulfaatin liukoisuus on alle raja-arvon 1000 mg/kg.

Tiilimursketta käytettäessä tulee olla yhteydessä ympäristöviranomaisiin.

### 6.3 Asbesti- ja haitta-ainekartoitus

Kuuskaajaskarin kasarmista on tehty asbesti- ja haitta-ainekartoitus Tehokuivauksen toimesta vuonna 2015 (Liite 9). Rakenteista, joista ei voida suoraan todeta niiden si-



sältävän asbestia tai haitta-aineita tai niiden yhdisteitä, otettiin materiaalinäytteet. Rakennuksen eri osista otettiin 22 kappaletta asbestimateriaalinäytteitä ja alapohjan kosteussulusta sekä vesikatemateriaalista otettiin yhteensä 4 kappaletta PAH-materiaalinäytettä, jotka kaikki tutkittiin Labroc OY:n asbesti- ja betonilaboratoriossa.

PAH-materiaalinäytteistä tehtyjen tutkimusten perusteella yhdisteiden lukumäärä ei ylitä vaarallisen jätteen raja-arvoa, jonka vuoksi kyseistä purkujätettä ei käsitellä vaarallisena jätteenä vaan normaalina jätteenä. Lukuun ottamatta yhtä näytettä jossa ilmeni asbestia. Asbestia sisältävä rakenne puretaan asbestityönä.

Asbesti oli kasarmin rakennusaikana yleisesti käytetty rakennusmateriaali, ja sen vuoksi sitä löytyy kasarmirakennuksen useista rakenteista. Asbestia sisältävää Finn-Flex-lattialaattaa ja liimaa (Kuva 6) on käytetty mm. varuskuntasairaalassa, sotilaskodissa, tuvissa, toimistotiloissa, elokuvasalissa ja luokkatiloissa. Majoitusosan alakatoissa on käytetty asbestia sisältävää Asbestiwool kattolevyä (Kuva 7). Rakennuksen ilmanvaihtokanavien liitoskohdissa on käytetty asbestia sisältävää kittiä ja tiivistenauhaa. WC- ja pesutiloissa on suureksi osaksi käytetty asbestia sisältävää materiaalia. Pesuhuoneissa on käytetty seinissä ja putkikanaalien verhouslevyissä LUJA-levyä, sekä WC- ja pesutilojen lattian ja seinien kiinnityslaasti sisältää asbestia. Myös pesuhuoneiden kosteuseristeenä käytetty materiaali sisältää asbestia. Putkieristeiden silotemassassa sekä kulma- ja jatkokohdissa on käytetty asbestia sisältävää materiaalia. Keittiön seinä- ja lattialaatoitus sekä kellarin kylmiön alakatot sisältävät asbestia. (Te-hokuivauksen kuntotutkimus 1.10.2015)



Kuva 6. FinnFlex-lattialaatta ja liima.



Kuva 7. Asbestiwool alakattolevy.

Tehokuivauksen tekemässä asbesti- ja haitta-ainekartoituksessa ei vuonna 2015 otettu näytteitä kasarmin vesikatosta. Helmikuussa 2017 Tehokuivaus otti kumibitumikermin katteesta näytteet ja tulosten (Liite 5) perusteella vesikattomateriaali ei sisällä asbestia. Betonin hyötykäyttökelpoisuusanalyysiin otettujen näytteiden pinnoitteesta tutkittiin mahdollista asbesti esiintymää. Asbestia ei löytynyt seinien pinnoitteesta (Liite 6).

## 7 KASARMIN PURKUJÄTTEIDEN UUSIOKÄYTTÖ JA HÄVITYS

### 7.1 Betoni- ja tiilimurskeen uusiokäyttö saaren sisällä

Kuuskaajaskarin kasarmin purusta syntyvän betoni- ja tiilijätteen murskaaminen ja uusiokäyttö saaren sisällä olisi kustannusten kannalta huomattavasti edullisempi vaihtoehto kuin betoni- ja tiilijätteen kuljettaminen saaresta merta pitkin mantereelle. Purku- ja murskauskoneet kuljetetaan proomujen avulla mantereelta saareen.

Betoni- ja tiilijätteen murskauksen tapoja on kaksi. Ainekset voi murskata joko yhdessä tai kahdessa vaiheessa. Kun murskaus tapahtuu yksivaiheisesti, se tehdään iskupalkkimurskauksella ja kaksivaihemurskauksessa murskaus tehdään leukamurskainta (Kuva 8) ja kartiomurskainta käyttäen.



Kuva 8. Kaivinkone siirtää betonijätettä leukamurskaimeen

Ennen murskausta betoni- ja tiilijätteestä erotellaan muovi, puu, metalli, yms. Kaivinkoneisiin voidaan asentaa betonia leikkaavia saksia ja betonijauhureita (Kuva 9), joilla pystytään erottelemaan myös haitalliset materiaalit. Murskaimissa on magneettierottimet, joiden avulla teräkset erotellaan betoni- ja tiilijätteestä. Lopullisessa murskematerialissa saa olla epäpuhtauksia 1 %.



Kuva 9. Betonijauhuri

Betonijäte esimurskataan ennen murskausta 0,5-1 metrin suuruisiksi kappaleiksi, jotta ne voidaan syöttää murskaimeen. MARA-asetuksen mukaan betoni ja tiili murskataan 0-150 mm:n raekokoon (Kuva 10), jolloin se soveltuu hyötykäyttöön käytettäväksi.



Kuva 10. Valmis betonimurske siirretään kuorma-autoihin, joilla ne kuljetetaan uusiokäyttökohteisiin.

### 7.1.1 Entisen ampumaradan täyttö

Saaren länsipuolella kallioisella rannalla sijaitsee puolustusvoimien käytössä ollut kiväärirata. Kiväärirata koostuu 150 metrin ja 300 metrin radoista sekä taustavallista ja kahdesta katoksesta. Kivennäismaasta ja autonrenkaista koostuva taustavalli (Kuva 11) on noin 7 metriä korkea ja 42 metriä leveä, jossa maa-ainesta on arviolta 2 760 m<sup>3</sup>ltr. Taustavallin pinta on peitetty kiviaineksella ja vallin päällä on laudoista rakennettu aita. Vallin edessä on betonista rakennettu potero, josta näytettiin ampumaharjoituksissa näyttötauluja. Ampumaratojen väliosa on kalliota, jolle on alkanut kasvaa kasvillisuutta sen jäätyä vähäiselle käytölle.



Kuva 11. Taustavalli.

Ampumaradalle on esitetty ehdotus, jossa taustavallista tehdään kesäteatterin esiintymislava ja ampumaradan väliosasta (Kuva 12) tulisi katsomoalue. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että välialueen pohja täytetään kasarmin purusta syntyvällä betoni- ja tiilimurskeella ja murskeen päälle tuotaisiin luonnon kiviainesta.



Kuva 12. Ampumaradan välialue, johon on suunniteltu katsomoalue.

Taustavalliin suunnitellun esiintymislavan kohdalta tulisi poistaa maata noin 10,0 metrin x 6,0 metrin alueelta ja lavan takaosaan asetetaan pystyyn tukkirivistö, joka estää maa-aineksen valumisen esiintymislavalle.

Jaana Hietalahti ja Minna Hovi ovat tehneet opinnäytetyön, jossa he tutkivat ampumaradan pilaantunutta maaperää. Tutkimuksista kävi ilmi ampumaradan sisältämät raskasmetallipitoisuudet, joita on kertynyt puolustusvoimien käytön aikana maahan jääneistä luodeista. Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista sisältää kynns- ja ohjearvot raskasmetallipitoisuuksista. Hietalan ja Hovin tekemien tutkimusten mukaan haitta-ainepitoisuudet kivääriradalla ylittivät ylemmän ohjearvon kohdalla lyijyllä, jonka pitoisuus on 9 998 mg/kg ja kuparilla, jonka pitoisuus on 673 mg/kg. Kobolttia on yli kynnsarvon sekä raudan pitoisuus ylittyy 2 903 mg/kg sen ollessa 3 151 mg/kg. Suurin osa haitta-aineista on taustavallissa sekä taustavallin läheisyydessä. (Kouva 2014,45)

Minna Kouva on tehnyt opinnäytetyön, joka käsittelee Kuuskajaskarin ampumaratojen ja kaatopaikan pilaantuneiden maiden kunnostamista. Työssä on tutkittu ampumaradan mahdollisia kunnostus menetelmiä. Kunnostusmenetelmäksi valikoitui pilaantuneen pintamaan kuorinta noin 0,5 metrin syvyydestä, kun oletettavaa on, että luodit

eivät ole iskeytnyt 0,5 metriä syvemmälle valliin. Jos taustavalli tullaan puhdistamaan haitta-aineilta, tulisi vallista teettää lisätutkimuksia, jotta pilaantuneen ja poistettavan maa-ainekerroksen paksuus tiedetään tarkasti. (Kouva 2014, 46–48)

Rauman kaupungin tekemän asemakaavan mukaan vallista voi kulkeutua pieniä määriä metallia mereen, mutta sillä ei arvioida olevan suuria ekologisia vaikutuksia tai aiheuttavan alueella uiville terveydellistä haittaa. Suoran kosketuksen kautta altistuminen on mahdollista, mutta terveysriski arvioidaan vähäiseksi, koska se vaatisi runsasta oleskelua alueella. Maa-aineksen peittämisellä voidaan estää mahdollisia terveys- ja ympäristöriskejä. Jos pilaantuneet maat eivät kuitenkaan aiheuta haittaa tai merkittäviä riskejä alueen jatkokäytölle, maa voidaan jättää kunnostamatta. (Kuuskajaskarin asemakaava ja asemakaavamuuotos luonnos 9.3.2017) (Kouva 2014, 50)

Ampumarata kuuluu Selkämeren kansallispuiston suojelualueeseen. Kaavaluonnos (Liite 7) osoittaa, että alueen luonnonmukaisuus ja maiseman säilyttäminen on erittäin tärkeää. Tämän vuoksi taustavalli ja ampumarata on säilytettävä mahdollisimman alkuperäisessä muodossa. Metsähallituksen mukaan betoni- ja tiilijätettä ei voida sijoittaa kansallispuistoon, eikä näin ollen kesäteatterin rakentaminen sinne ole mahdollista. Asian jatkokäsittelyssä on oltava yhteydessä ympäristöministeriöön. (Kuuskajaskarin asemakaava ja asemakaavamuuotos luonnos 9.3.2017) (Nordström sähköposti 13.3.2017)

### 7.1.2 Aallonmurtaja

Kuuskajaskarin saaren itäpuolella sijaitsee vierasvenesatama, jonne voi kesäisin jättää veneen laituriin. Saaren itä- ja pohjoisranta-alueet ovat ajoittain hyvin tuulisia ja tuulet osuvat myös laituralueeseen. Ehdotuksena onkin ollut, että kasarmin purusta syntyvää betoni- ja tiilimursketta käytettäisiin vierasvenelaiturin pohjoisella puolella (Kuva 13) suojaamaan laitureilta mahdollisilta myrskyiltä.



Kuva 13. Aallonmurtajan suunniteltu sijainti on merkitty punaisella (Kuva Rauman kaupunki).

ELY-keskuksen kanssa käytyjen sähköpostikeskustelujen perusteella, aallonmurtajan rakentamista suunniteltaessa tulee olla yhteydessä Rauman kaupungin ympäristöviranomaisiin lupa-asioissa. Koska betoni- ja tiilijätteen määrä on alle 50 000 t vuodessa, jätteen käsittelyyn tarvitaan kunnan ympäristönsuojeluviranomaisen laatima ympäristösuojelulain mukainen ympäristölupa. Koska haitta-aine tutkimuksissa osa haitta-ainesten liukoisuuksista ylittyi ja tarkoituksena on käyttää jätettä vesistön välittömässä läheisyydessä, tarvitaan myös näiden vuoksi ympäristölupa. Rakennusjätteen korkea pH-arvo on otettava huomioon arvioitaessa sen käyttökelpoisuutta aallonmurtajan rakennusmateriaalina.

## 7.2 Asbestin hävitys

Asbestijäte on uusiokäyttöön kelpaamatonta eikä sitä voi sen vuoksi kierrättää. Asbestijäte kerätään tiiviisiin ja kestäviin pakkauksiin, joissa jäte kuljetaan kaatopaikalle. (Valtioneuvoston asetus jätteestä 179/2012, 19 §)

Kaatopaikalla asbestijäte toimitetaan vain asbestijätteelle suunnatulle paikalle, jossa se ei ole kosketuksissa muuhun jätteeseen. Asbestijäte tulee peittää kaatopaikalla niin, että asbestikuidut eivät pääse leviämään. (Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013, 31§)



### 7.3 Muun jätteen uusiokäyttö ja hävitys

Kasarmirakennuksesta syntyy suuria määriä myös muutakin jätettä kuin betoni- ja tiilijätettä. Muun muassa puu-, kaatopaikka- ja energiajätettä syntyy runsaasti. Jätteet lajitellaan purkuvaiheessa erillisiin jätekontteihin ja kontit kuljetetaan proomun kanssa saaresta mantereelle. Mantereella kierrätyskelpoiset jätteet viedään kierrätettäviksi ja kierrätykseen kelpaamattomat jätteet kuljetetaan kaatopaikalle.

## 8 KASARMIN PURKAMISEN KUSTANNUSARVIOT

### 8.1 Asbestipurkutyö

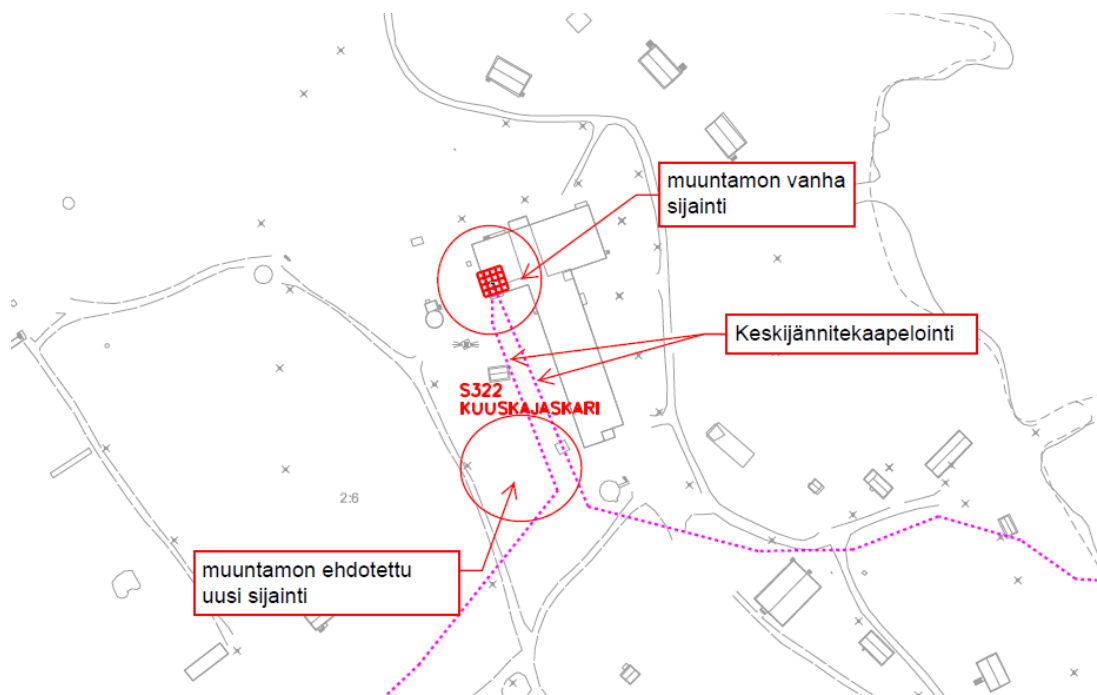
Asbestipurkutöistä pyydettiin alustavaa kustannusarviota Tehokuivaus Oy:ltä. Tarkempaa kustannus-arviota Tehokuivauksen toimesta ei saatu, mutta suuntaa antava kustannusarvio asbestipurulle oli 60 000 € - 90 000 €. Arviointi on tehty kokemuksen ja vertailujen pohjalta.

### 8.2 Rakennuksen purku

Rakennuksen purkutyöstä pyydettiin kahdesta purkutöitä tekevästä yrityksestä alustavaa kustannusarviota. Sähköpostikeskusteluilla käytyihin alustaviin kustannusarvioihin vastaukset saatiin ainoastaan Timantti – Nieminen Oy:ltä. Alustavia kustannusarviota purkutyöstä tehtiin kaksi. Toinen purkutyön kustannusarvioista on laskettu siten, että betoni- ja tiilijäte murskataan ja loppusijoitetaan saaren sisällä. Kustannusarvioksi tuli näin ollen 1 010 000,00 €. Toisessa purkutyön kustannusarviossa betoni- ja tiilijäte on poisajettu saaresta mantereelle hyväksytyyn loppusijoituspaikkaan, jolloin kustannusarvioksi saatiin 1 315 000,00 €.

### 8.3 Muuntamon siirto

Kasarmin kellarissa sijaitseva muuntaja on vastuussa koko saaren rakennusten sähkönjakelusta. Kun kasarmi puretaan, tulee muuntaja sijoittaa uudelleen, jotta sähkönjakelu jatkuu. Muuntamon uusi sijainti tulisi olla lähellä keskijännitekaapelin reittiä (Kuva 14). Tällöin säästetään kaapelointi- ja kaivuukustannuksissa.



Kuva 14. Muuntamon nykyinen sijainti ja muuntamon ehdotettu uusi sijainti sekä keskijännitekaapeloinnin reitti.

Rauman Energia Oy:ltä pyydetyn alustavan kustannusarvion (Liite 8) mukaan muuntamon siirtäminen tulisi kustantamaan arviolta 59 010 €. Pienjänniteverkon muutokset kuuluvat liittymän omistajalle, joten niitä ei ole huomioitu laskennassa.

### 8.4 Kuljetukset

Koska kasarmi sijaitsee saarella, sieltä pois siirrettävien rakennusjätteiden kuljetus on normaalia hankalampaa ja kalliimpaa. Rakennusjätteet täytyy kuljettaa merta pitkin mantereelle proomun avulla. Raumalaiselta Kaplaaki Oy:ltä pyydettiin alustavaa hinta-arviota rakennusjätteen kuljetuksesta saaresta mantereelle. Hinta-arvio oli alustava arvio yhdelle kierrokselle, joka on Kuuskajaskarin saaresta Rauman satamaan.

Laskennassa on arvioitu yhden kuljetuskierroksen kestävän noin 13 tuntia, jossa lastaus kestää 4 tuntia, edestakaiseen ajamiseen menisi arviolta 5 tuntia sekä purkamiseen menisi noin 4 tuntia. Kustannukset lasketaan työtuntien mukaan. Yksi 13 tuntia kestävä kuljetuskierros maksaisi arviolta 4 500 €.

Kuuskaajaskarin kasarmista syntyvän rakennusjätteen arvioitu paino on yhteensä 7 066,21 t. Kun yhteispainosta lasketaan pois betoni- ja tiilijäte, joka on tarkoitus jättää saarelle, rakennusjätteen massaksi saadaan:

$$7\,066,21\ t - (6\,353,80\ t + 365,18\ t) = 347,23\ t$$

Aluksen koko on 12,8 m x 24 m ja yhteen kuormaan tavaraa voi lastata arviolta noin 50 t. Kun rakennusjätettä on 347,23 t niin kuljetuskierroksia tulee yhteensä:

$$\frac{347,23\ t}{50\ t} = 6,9446 \approx 7\ \text{kuljetuskierrosta}$$

Kun yhden kuljetuskierroksen hinnaksi on arvioitu 4 500 € ja se kerrotaan seitsemällä kuljetuskierroksella, kuljetuksien yhteenlasketuksi hinnaksi tulee arviolta noin 31 500 €. Kuljetuskustannuksiin ei ole laskettu ikkunoiden, ovien ja kiintokalusteiden kuljetuksen tuomia kustannuksia.

## 8.5 Kustannusarviot yhteensä

Kuuskaajaskarin kasarmin purun kustannuksiin vaikuttaa moni eri tekijä. Suurin osa on luonnollisesti kasarmin purku sekä betoni- ja tiilijätteen murskaus. Purku- ja murskaustyön arvioituun hintaan vaikuttaa se, jääkö betoni- ja tiilimurske käytettäväksi saareen vai täytyykö murske kuljettaa saaresta mantereelle. Jos uusiokäyttö saarella on mahdollista, purun ja murskauksen hinta-arvio on 1 010 000 €, kun taas mantereelle kuljetetun betonijätteen hinnaksi tulee arviolta 1 315 000 €.

Kasarmirakennuksesta tulee poistaa kaikki asbestia sisältävät materiaalit, ja asbestipurkutyön arvioiduksi hinnaksi tuli 60 000 € - 90 000€. Kasarmin kellarissa sijaitsevan muuntajan siirtäminen tulisi arviolta kustantamaan noin 59 010 €. Muun rakennusjätteen, kuin betoni- ja tiilijätteen, poiskuljetus saaresta tulisi kustantamaan arviolta 31 500 €.

Kaikki kustannukset laskettuna yhteen, loppusummaksi saadaan:

$$1\,010\,000\text{ €} + 59\,010\text{ €} + 31\,500\text{ €} + (60\,000\text{ €} - 90\,000\text{ €}) \\ = 1\,160\,510\text{ €} - 1\,190\,510\text{ €}$$

, kun betoni- ja tiilimurske on uusiokäytetty saarella.

Jos betoni- ja tiilijätettä ei voida hyödyntää saarella, vaan se kuljetetaan sieltä pois, loppusummaksi saadaan:

$$1\,315\,000\text{ €} + 59\,010\text{ €} + 31\,500\text{ €} + (60\,000\text{ €} - 90\,000\text{ €}) \\ = 1\,465\,510\text{ €} - 1\,495\,510\text{ €}$$

Kustannuksiin ei ole laskettu ikkunoiden, ovien eikä kalusteiden kuljetuskustannuksia. Myöskään jäte- ja kierrätysmaksuja ei ole selvitetty.

## 9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Kuuskajaskarin kasarmin purusta syntyvän betoni- ja tiilijätteen uusiokäyttömahdollisuuksia sekä selvittää kasarmin purusta aiheutuvat kustannusarviot. Työ lähti liikkeelle kohteeseen tutustumisella sekä jo olemassa olevien tietojen selvittämisellä. Kun työn tarkoitus sekä aihe oli saatu selville, alkoi rakenteiden määrien laskeminen. Massoittelussa meni suuri osa opinnäytetyön tekemisen ajasta, koska rakenteiden määrät laskettiin alkuperäisistä pohjapiirustuksista laskinta ja viivainta apuna käyttäen.

Yksi oleellinen osa opinnäytetyön tuloksia oli betonista ja tiilestä otetut näytteet, joiden perusteella voitiin arvioida betonin ja tiilen hyötykäyttökelpoisuus uusiokäytössä. Tehokuivauksen ottamat näytekappaleet lähetettiin Labroc Oy:lle tutkittavaksi. Haitta-ainetutkimuksista selvisi tiilen sisältävän sulfaattia ja fluoridia enemmän kuin MARA-asetuksessa on määrätty, ja sen vuoksi tiiltä uusiokäytettäessä tulee olla yhteydessä ympäristöviranomaisiin, jotta tiilen käytölle saataisiin ympäristölupa. Betoninäytteen elohopealiukoisuus ylitti MARA-asetuksessa esitetyn raja-arvon. Betonista tulee ottaa uusia näytteitä elohopeasiintymän vuoksi. Myös betonin käytöstä vaaditaan ympäristölupa.

Tarkoituksena oli selvittää betoni- ja tiilimurskeen käyttökohteita saaren sisällä, koska sen käyttö saarella on kustannustehokkaampaa ja ekologisempaa kuin betoni- ja tiilimurskeen kuljettaminen saaresta mantereelle. Yhtenä vaihtoehtona on esitetty betoni- ja tiilimurskeen sijoitus entiselle ampumaradalle, jonne rakennettaisiin kesäteatteri. Ampumarata on Selkämeren kansallispuiston aluetta, eikä sinne sen vuoksi voida rakentaa ympäristöä muokkaavia rakennuksia ilman erillisiä lupia. Toinen vaihtoehto betoni- ja tiilimurskeen sijoittamiselle on esitetty saaren itäpuolella sijaitsevan vierasvenelaiturin viereen rakennettava aallonmurtaja. Koska haitta-ainetutkimuksissa arvot ylittivät raja-arvot, tulee aallonmurtajien mahdollisessa suunnittelu ja rakennusvaiheessa hankkia ympäristölupa.

Kun massoittelu saatiin valmiiksi, lähetettiin yrityksille tiedot sähköpostitse rakennuksesta, joiden pohjalta yritykset voivat antaa alustavia kustannusarvioita eri rakennusvaiheille. Kaikista yrityksistä, joille sähköpostikyselyt lähetettiin, ei saatu vastauksia ja se omalta osaltaan viivästytti työn etenemistä. Kun kaikki opinnäytetyössä käsitellyt kustannusosat laskettiin yhteen, saatiin tulokseksi kaksi eri hinta-arvio haarukkaa. Betoni- ja tiilijäte pyritään käyttämään saaren sisällä, jolloin sitä ei tarvitse kuljettaa saaresta pois, mikä osaltaan tuo lisäkustannuksia. Kun uusiokäyttömahdollisuus saaren sisällä onnistuu, arvioiduksi loppuhinnaksi saatiin 1 160 510 € – 1 190 510 €. Jos uusiokäyttö saarella ei onnistu ja betoni- ja tiilijäte on kuljetettava saaresta mantereelle, purkutyön kokonaiskustannukseksi tulisi arviolta 1 465 510 € – 1 495 510 €.

## LÄHTEET

HSY www-sivut. Viitattu 20.2.2017. <http://www.hsy.fi>

Jätelaki. 2011. L 17.6.2011/646.

Kouva, M. 2014. Pilaantuneiden maiden kunnostus. AMK-opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu 27.3.2017. [http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/80836/Kouva\\_Minna.pdf?sequence=1](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/80836/Kouva_Minna.pdf?sequence=1)

Kuuskaajaskarin asemakaava ja asemakaavamuutos luonnos 9.3.2017

Laki eräistä asbestipurkutyötä koskevista vaatimuksista. 2016. L 22.5.2015/684.

Lammi, R & Mäki, R. 2014. Betonisten ratapölkkyjen uusiokäyttö. AMK-opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Viitattu 20.2.2017. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2014111315571>

Nordström, M. Metsähallitus. Vastaanottaja: iida.lehtinen@student.samk.fi. Lähetetty 13.3.2017 klo 12:32. Viitattu 27.3.2017.

Rakennusteollisuus WWW-sivut. Viitattu 20.2.2017. <http://www.rakennusteollisuus.fi>

Rauman kaupunki talotoimen lausunto. 12.2012

RT 18-11246. Asbesti rakentamisessa. 2016. Helsinki: Rakennustieto. Viitattu 9.2.2017. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot>

RT 18-11248. Asbestikartoitukseen perustuva purkutyön suunnittelu ja toimenpiteet kiinteistöissä. 2016. Helsinki: Rakennustieto. Viitattu 9.2.2017. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot>

Suomen betoniyhdistys. 2002. By 42 betonijulkisivun kuntotutkimus. Helsinki: Suomen betonitieto Oy.

Tiehallinto www-sivut. Viitattu 21.2.2017. <http://alk.tiehallinto.fi>

Tehokuivauksen kuntotutkimus 1.10.2015

UUMA2 www-sivut. 2017. Viitattu 20.2.2017. [www.uuma2.fi](http://www.uuma2.fi)

Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta. 2015. A 25.6.2015/798.

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. 2006. A 28.6.2006/591.

Valtioneuvoston asetus jätteestä. 2012. A 19.4.2012/179.

Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista. 2013. A 2.5.2013/331.

Vikström, K. 1993. Asbesti asuinkerrostalossa. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Wahlström, M., Laine-Ylijoki, J. & Mroueh, U. 2005. Betoni- ja purkujätteiden käyttö maarakentamisessa- ympäristökriteerit. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Ympäristönsuojelulaki. 2014. L 27.6.2014/527.

## Kuuskajaskarin kasarmin rakenteiden tilavuudet ja massat

Materiaali	Tilavuus	Tiheys	Massat (t)
<b>Tiiliverhous</b>	<b>304,32 m<sup>3</sup></b>	1,2 m <sup>3</sup> /t	<b>365,18 t</b>
<b>Betoni</b>	<b>2541,52 m<sup>3</sup></b>		<b>6353,80 t</b>
ylä- & alapohjat	1850,6 m <sup>3</sup>	2,5 m <sup>3</sup> /t	4626,50 t
seinät	684,45 m <sup>3</sup>	2,5 m <sup>3</sup> /t	1711,13 t
portaat	6,47 m <sup>3</sup>	2,5 m <sup>3</sup> /t	16,18 t
<b>Betoni asbesti</b>	<b>76,28 m<sup>3</sup></b>		<b>190,70 t</b>
lattia	48,97 m <sup>3</sup>	2,5 m <sup>3</sup> /t	122,43 t
seinät	27,31 m <sup>3</sup>	2,5 m <sup>3</sup> /t	68,28 t
<b>Villa</b>	<b>558,28 m<sup>3</sup></b>		<b>93,92 t</b>
eriste	507,4 m <sup>3</sup>	0,15 m <sup>3</sup> /t	76,11 t
lastuvilla	50,88 m <sup>3</sup>	0,35 m <sup>3</sup> /t	17,81 t
<b>Puutavara</b>	<b>1319,07 m<sup>3</sup></b>		<b>53,79 t</b>
kuitulevy	12,53 m <sup>3</sup>	0,5 m <sup>3</sup> /t	6,27 t
lautaverhous	92,38 m <sup>3</sup>	0,5 m <sup>3</sup> /t	46,19 t
lauta	1214,16 m	0,0011 m/t	1,34 t
<b>Kattohuopa</b>	<b>2204,15 m<sup>2</sup></b>	0,004 kg/m	<b>8,82 t</b>
		yht.	<b>7066,21 t</b>

Rakennuksen tilavuus on n. 17 500 m<sup>3</sup>

Rakennuksen pinta-ala on n. 5057 m<sup>2</sup>

Tilavuudet on laskettu alkuperäisistä pohjapiirustuksista



## LIITE 2

Kuuskaajaskarin kasarmissa olevat ikkunat, ovet ja kiintokalusteet

Ikkunat	1.krs	2.krs	yht.
220*160		6	6 kpl
277*142		7	7 kpl
172*97	3	3	6 kpl
265*97	12	12	24 kpl
341*97	4	4	8 kpl
168*132	1		1 kpl
222*132	18	20	38 kpl
265*132	1		1 kpl
283*160	1		1 kpl
165*169	1		1 kpl
169*169	3		3 kpl
245*169	1		1 kpl
251*169	4		4 kpl
267*169	1		1 kpl
324*169	3		3 kpl
101*55	8		8 kpl
120*55	3		3 kpl
105*67	1		1 kpl
138*67	1		1 kpl
312*97		1	1 kpl
283*213		1	1 kpl
290*97		5	5 kpl
			<b>yht. 125 kpl</b>

Ovet	kellari	1.krs	2.krs	yht.
O60	7	15	6	28 kpl
O70	3	8		11 kpl
O90	28	44	36	108 kpl
O100	8	4	4	16 kpl
TPO00	3			3 kpl
SO-K	4			4 kpl
SO-K100+50	2			2 kpl
SL-2,5	1			1 kpl
SO-2,5	2	1		3 kpl
iso-ovi		14	8	22 kpl
kaappi	2	3		5 kpl
"saluuna"		2		2 kpl
				<b>yht. 205 kpl</b>

Kaluste	kellari	1.krs	2.krs	yht.
WC-istuimet	7	18	14	39 kpl
lavuaarit	16	16	4	36 kpl
pisuaarit	1	1	1	3 kpl
suihku	3	7	4	14 kpl
pesuallas		4	4	8 kpl
kylpyamme	1			1 kpl
suuri pesuallas		2	2	4 kpl
pitkä pisuaari		2	2	4 kpl
juoma-allas		4	2	6 kpl
kattoikkunat				5 kpl

Ikkuna, ovet ja kiintokalusteet on laskettu alkuperäisistä pohjapiirustuksista.

## Teräsbetonin hyötykäyttökelpoisuusanalyysi



LABROC

46213/HYÖTYKÄYTTÖKELPOISUUS

TUTKIMUSRAPORTTI

2.3.2017

1(4)

HYÖTYKÄYTTÖKELPOISUUSANALYYSI		
Tilaja: Tehokuivaus Oy Joonas Kekki	Tilaus-/toimituspäivä: 17.2.2017	Kohde/projektinumero: Kuuskajaskari, kasarmirakennus
Menetelmät: Tilajan toimittaman näyte tutkittiin standardien SFS-ISO 11463, SFS-EN 14039, ISO 11885, SFS-EN 12457-3 ja ISO 18287 mukaisesti. Analysoija on teetetty alihankintana. Tulokset koskevat vain tutkittua näytettä. Labroc Oy vastaa toimeksiantoista KSE 2013 mukaisesti.		

TULOKSET:	1. Välikelnä teräsbetoni 1.krs [mg/kg]	1. Välikelnä teräsbetoni 1.krs (L/S=10) [mg/kg]	Raja-arvo pitoisuus/liukoisuus [mg/kg]
Yhdiste:	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
pH (L/S=8)	12,4	-	-
PAH-yhdisteet	< 1,0	-	20/-
PCB-yhdisteet	< 1,0	-	1,0/-
Öjyhäivedyt C10-C21	< 20	-	-/-
Öjyhäivedyt C22-C40	20	-	-/-
Öjyhäivedyt C10-C40	< 40	-	500/-
Liennut orgaaninen hiili, DOC	-	140	-/500
Antimoni	-	< 0,05	-/0,06
Arseeni	< 5	< 0,1	50/0,3
Barium	-	< 4,0	-/20
Kadmium	< 0,4	< 0,01	10/0,02
Kromi	28	< 0,1	400/0,5
Kupari	14	< 0,4	400/2,0
Elohopea	-	0,011	-/0,01
Lyijy	< 10	< 0,1	300/0,5
Molybdeeni	-	< 0,1	-/0,5
Nikkeli	-	< 0,1	-/0,4
Vanadiini	-	< 0,4	-/2,0
Sinkki	34	< 0,8	700/4,0
Seleen	-	< 0,03	-/0,1
Fluoridi	-	5	-/10
Sulfaatti	-	< 200	-/1000
Kloridi	-	< 160	-/800

\* Raja-arvon ylittävät tulokset on lihavoitu.

Näytteet 1 elohopean liukoisuus ylittää raja-arvon (VNA591 ja 403).

TULOKSET:	2. Ulkoseinä teräsbetoni 1.krs	2. Ulkoseinä teräsbetoni 1.krs (L/S10)	Raja-arvo pitoisuus/liukoisuus
Yhdiste:	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
pH (L/S=8)	12,3	-	-
PAH-yhdisteet	< 1,0	-	20/-
PCB-yhdisteet	< 1,0	-	1,0/-
Öljyhiliveoyt C10-C21	< 20	-	-/-
Öljyhiliveoyt C22-C40	< 20	-	-/-
Öljyhiliveoyt C10-C40	< 40	-	300/-
Liuennot orgaaninen hiili, DOC	-	< 100	-/300
Antimoni	-	< 0,05	-/0,06
Arseeni	< 5	< 0,1	30/0,5
Barium	-	< 4,0	-/20
Kadmium	< 0,4	< 0,01	10/0,02
Kromi	21	< 0,1	400/0,5
Kupari	< 10	< 0,4	400/2,0
Elohopea	-	< 0,002	-/0,01
Lyijy	< 10	< 0,1	300/0,5
Molybdeeni	-	< 0,1	-/0,5
Nikkeli	-	< 0,1	-/0,4
Vanadiini	-	< 0,4	-/2,0
Sinkki	20	< 0,8	700/4,0
Seleen	-	< 0,03	-/0,1
Fluoridi	-	4	-/10
Sulfaatti	-	< 200	-/1000
Kloridi	-	< 160	-/800

\* Raja-arvon ylittävät tulokset on lihavoitu.

Näytettä 2 vastaavat materiaalit soveltuvat hyötykäyttöön eivätkä pitoisuudet/liukoisuudet ylitä niille annettuja raja-arvoja (VNA591 ja 403).

TULOKSET:	3. Vähimmäisfertsebetoni kellarikerros	3. Vähimmäisfertsebetoni kellarikerros (L/S10)	Raja-arvo pitoisuus/liukoisuus
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
Yhdiste:	12,4	-	-
pH (L/S=8)	< 1,0	-	20/-
PAH-yhdisteet	< 1,0	-	1,0/-
PCB-yhdisteet	< 1,0	-	1,0/-
Öljyhilivedyt C10-C21	< 20	-	-/-
Öljyhilivedyt C22-C40	< 20	-	-/-
Öljyhilivedyt C10-C40	< 40	-	300/-
Liennut orgaaninen hiili, DOC	-	120	-/500
Antimoni	-	< 0,03	-/0,06
Arseeni	< 3	< 0,1	30/0,3
Barium	-	< 4,0	-/20
Kadmium	< 0,4	< 0,01	10/0,02
Kromi	26	< 0,1	400/0,3
Kupari	11	< 0,4	400/2,0
Elohopea	-	< 0,002	-/0,01
Lyijy	< 10	< 0,1	300/0,3
Molybdeeni	-	< 0,1	-/0,3
Nikkeli	-	< 0,1	-/0,4
Vanadiini	-	< 0,4	-/2,0
Sinkki	26	< 0,8	700/4,0
Seleen	-	< 0,03	-/0,1
Fluoridi	-	4	-/10
Sulfatti	-	< 200	-/1000
Kloridi	-	< 160	-/800

\* Raja-arvon ylittävät tulokset on lihavoitu.

Näytettä 3 vastaavat materiaalit soveltuvat hyötykäyttöön eivätkä pitoisuudet/liukoisuudet ylitä niille annettuja raja-arvoja (VNA591 ja 403).

## Tiilen hyötykäyttökelpoisuusanalyysi



46213/HYÖTYKÄYTTÖKELPOISUUS

TUTKIMUSRAPORTTI

2.3.2017

4(4)

TULOKSET:	4. Julkisivun muuraus, tilimuraus	4. Julkisivun muuraus, tilimuraus (L/310)	Raja-arvo pitoisuus/luokitus
Yhdiste:	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
pH (L/S=8)	10,8	-	-
PAH-yhdisteet	< 1,0	-	20/-
PCB-yhdisteet	< 1,0	-	1,0/-
Öjyhäivedyt C10-C21	< 20	-	-/-
Öjyhäivedyt C22-C40	< 20	-	-/-
Öjyhäivedyt C10-C40	< 40	-	500/-
Liennut orgaaninen hiili, DOC	-	< 100	-/300
Antimoni	-	< 0,05	-/0,06
Arseeni	< 5	< 0,1	50/0,5
Barium	-	< 4,0	-/20
Kadmium	< 0,4	< 0,01	10/0,02
Kromi	21	< 0,1	400/0,5
Kupari	< 10	< 0,4	400/2,0
Elohopea	-	< 0,002	-/0,01
Lyijy	< 10	< 0,1	300/0,5
Molybdeeni	-	< 0,1	-/0,5
Nikkeli	-	< 0,1	-/0,4
Vanadiini	-	1,1	-/2,0
Sinkki	16	< 0,8	700/4,0
Seleen	-	< 0,03	-/0,1
Fluoridi	-	15	-/10
Sulfaatti	-	1500	-/1000
Kloridi	-	< 160	-/800

\* Raja-arvon ylittävät tulokset on lihavoitu.

Näytteet 4 fluoridin ja sulfaatin liukoisuudet ylittävät raja-arvon (VNA591 ja 403).

Petri Perätalo  
tutkija, laboratorioanalyttikko  
Puh. 050 340 7810

## Vesikattomateriaalin (kumibitumikermi) asbestianalyysi



46196/ASB

20.2.2017

1/1

ASBESTIANALYYSI			
Tilaaaja:	Tehokuivaus Oy		
Kohde:	Kuuskaajaskari	Tilauspäivä:	17.2.2017
Projektinnumero:		Toimituspäivä:	20.2.2017
<b>Menetelmät:</b>			
Tilajan toimittamat näytteet on tutkittu optisella analyysillä käyttäen polarisaatiomikroskooppia Nikon E200POL tai Motic BA310POL ja/tai alkuaineanalyysillä käyttäen läpäisyelektronimikroskooppia Leo 912 tai Jeol JSM6300 pyyhkäisyelektronimikroskooppia sekä alkuaineanalyysiaattoria. Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä. Labroc Oy vastaa toimeksiannoista KSE 2013 mukaisesti.			
<b>TULOKSET:</b> Näytteenottaja: J Kekki			
Näyte	Materiaali / tila tai rakennusosa	Menetelmä VM/EM*	Asbestipitoisuus
1	Vesikattomateriaali, kerrokset (kumibitumikermi)	VM	Ei sisällä asbestia.

\*VM = polarisaatiomikroskooppi, EM = elektronimikroskooppi

Jussi Myllykangas  
Tutkija, FM  
050 4395 077

## Teräsbetonin pinnoitteen asbestianalyysi



46213/ASB

2.3.2017

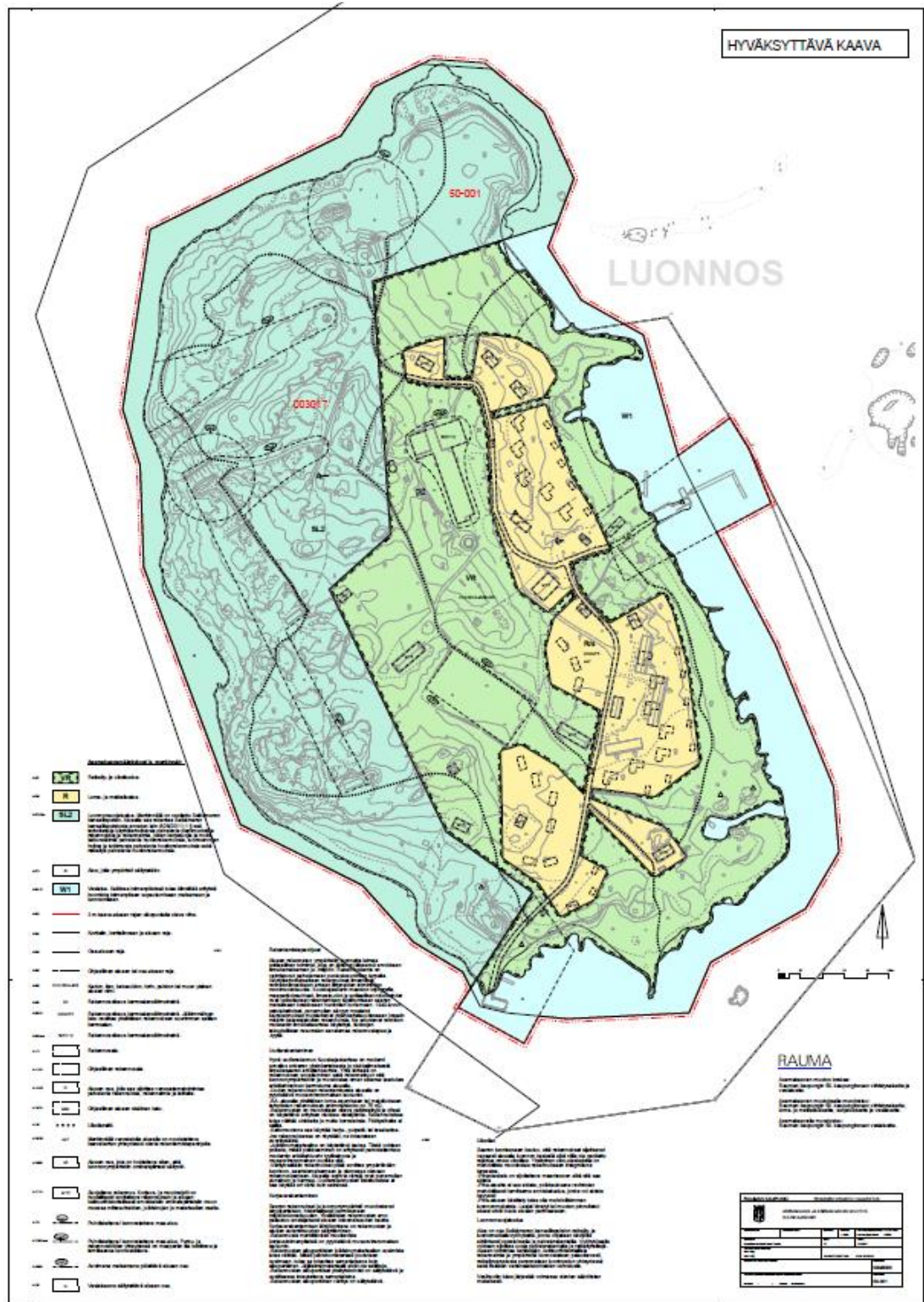
1/1

ASBESTIANALYYSI			
Tilaja:	Tehokuivaus Oy		
Kohde:	Kuuskaajaskari, kasarmirakennus	Tilauspäivä:	17.2.2017
Projektinnumero:		Toimituspäivä:	20.2.2017
<b>Menetelmät:</b>			
Tilajan toimittamat näytteet on tutkittu optisella analyysillä käyttäen polarisaatiomikroskooppia Nikon E200POL tai Motic BA310POL ja/tai alkuaineanalyysillä käyttäen läpäiselektronimikroskooppia Leo 912 tai Jeol JSM6300 pyyhkäiselektronimikroskooppia sekä alkuaineanalyysiaattoria. Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä. Labroc Oy vastaa toimeksiannoista KSE 2013 mukaisesti.			
<b>TULOKSET:</b> Näytteenottaja: J. Kekki			
Näyte	Materiaali / tila tai rakennusosa	Menetelmä VM/EM*	Asbestipitoisuus
1	Väliseinä teräsbetoni 1.krs, pinnoite	EM	Ei sisällä asbestia.
2	Ulkoseinä teräsbetoni 1.krs, pinnoite	EM	Ei sisällä asbestia.
3	Väliseinä teräsbetoni kellarikerros, pinnoite	EM	Ei sisällä asbestia.

\*VM = polarisaatiomikroskooppi, EM = elektronimikroskooppi

Jussi Myllykangas  
 Tutkija, FM  
 050 4395 077

Kuuskaajaskarin asemakaava luonnos





## Kasarmin kellarissa sijaitsevan muuntamon siirron kustannukset

Sähkönjakelun Yksiköt - Copyright HeadPower Oy				
Nimi	Mit.yks.	Sisältää	Ei sisällä	Määrä
<b>Urakoinnin osuus</b>				
Työn perustamisyksikkö	kpl	Työn aloittamisesta ja lopettamisesta johtuvat kustannukset. Työ muodostuu yhdestä rakentamisyksiköllä tehtävästä kohteesta tai samalla alueella sijaitsevista kohteista, jotka voidaan tehdä yhtäjaksoisesti.		1
Puistomuuntamo enint. 1000 kVA, SF6-erist. 2+1, kj/ 12 pj	kpl	Puistomuuntamon lähikuljetuksen ja asentamisen valmiiseen perustukseen. Muuntajan lähikuljetuksen, asennuksen ja kytkennän. Kj-sulakkeet. Muuntamon sisäisten maadoitusten asennuksen, kytkennän ja merkinnän. Potentiaalinhjauksen ja maadoituselektrodien kytkennän. Maadoitusmittauksen Muuntamon tunnuksen ja lähtöjen (kennojen) merkinnät tilaajan ohjeiden mukaisesti. Muuntamon hengenvaarakilpien ja lukkojen asentaminen. Mahdolliset rakennustarkastukset.	Perustuksen tekoa. Muuntajaa, jonovarokeytkimiä ja pj- sulakkeita. Kj- tai pj-kaapeleita, kaapelipäätteitä tai kytkentöjä. Potentiaalinhjauksen ja maadoituselektrodien kaivua. Erikoispinnoitteita.	1
Puistom. perustaminen, normaalit olosuhteet up sokk	kpl	Perustuksen maanrakennustyöt massavaihtoiheen. Vaaditun tasoisen perustuksen, routasuojaukset ja salaojat. Kaapeliputkitusten asennuksen perustukseen. Potentiaalinhjauksen kaivun ja asennuksen. Erillisen puistomuuntamon sokkelin asennuksen tarvittaessa. Pintamaan tasauksen ja viimeistelyn (nurmetus ja sorastus). Mahdolliset viranomaiskatselmuksot.	Muuntamon ja muuntajan asennusta. Maadoitusten kytkentää muuntamoon ja maadoituselektrodien asennusta. Louhintaa tai paalutusta.	1
Kiinteistömuuntamon purkaminen	kpl	Muuntamon irtikytkentä verkosta. Muuntajan poistaminen. Kojeistojen purkamiset. Muuntamon sisäisten johdotusten purun. Muuntamoon tulevien tai sieltä lähtevien Kj – ja pj –kaapelipäätteiden purun. Purettavien materiaalien poiskuljetuksen ja mahdollisen jatkokäsittelyn tilaajan ohjeen mukaisesti.	Muuntamorakennuksen purkua.	1
Muuntaja 200 kVA	kpl	Yksikön nimen mukaisen muuntajan tarvikeena.	Asentamista	1
Kj-kaapelin enint. 50 mm2 asennus ojaan tai aurauksen yhteydessä	m	Kaapelin asennuksen kaapeliojaan tai asennuksen aurauksen yhteydessä. Ilmoitukset sijaintimittauksen tekijälle työselostuksen mukaisesti ennen kaapeliojan täyttöö.	Kaapeliojan kaivua ja peittoa. Kaapelin aurausta. Putkituksia, suojauksia ja varoitusnauhaa. Maadoitusköyden vetoa. Päätteiden ja jatkojen asennusta, kytkentöjä ja sijaintimittauksia.	oletuksena näkyiset keskijännitekaapelit voidaan kaivaa esille niin pitkältä matkalta, että kaapelit saadaan käännettyä uudelle muuntamolle
Kj-kaapelijatkon enintään 70 mm2 asentaminen	kpl	Kj-maakaapelijatkon asentamisen sekä mahdollisen maadoituksen jatkamisen. Mahdollisen kaapelisuojaan asentamisen.	Kaivutöitä.	0
Kj-kaapelin sekajatkon lisätarvikepakkauksen asentaminen	kpl	Kj-kaapelin sekajatkon lisätarvikepakkauksen asentamisen valmistajan ohjeen mukaisesti. Mahdollisen kaapelisuojaan asentamisen.	Kaivutöitä.	0
Kj-kaapelin kulmapistokepäätteen enintään 70 mm2 asentaminen	kpl	Kj – maakaapelin sisä- ja pistokepäätteen tekeminen. Kaapelin kiinnitys ja kytkentä ilmaaristaiseen tai SF6-kojeistoon. Merkinnät tilaajan ohjeen mukaisesti. Vaiheistus. Kaapelin maadoitusköyden kytkentä. Kosketussuojaamaton rakenne		2
Kj-kaapelin purkaminen muuntamosta	kpl	Kaapelin ja päätteen purkaminen kiinteistö tai puistomuuntamosta. Tarvittaessa läpiviennin tiivistämisen.Kaapelin katkaisun ja tupettamisen	Kaivuutöitä	2
Kaapeliojan kaivu haja-asutusalueella tai rakentamattomalla taajama-alueella, pohja 40 cm.	m	Vapaaseen irtomaahan kaivettavan kaapeliojan kaivun, peiton, tiivistyksen ja tasauksen kaivua edeltävään tasoon. Varoitusnauhan asennuksen. Mahdollisten kaivuusteiden sijainnin selvittämisen ennen kaivua.	Kaapelin asennusta, putkituksia tai suojakouruja. Suojahiekkoitusta. Asfaltin, laatoituksen tai reunakivien purkua tai rakentamista. Nurmetusta tai muuta pinnoitusta.	30
Kaapeliojan (muuntamopohjan 10x10m) louhinta kallioon haja-asutusalueella tai rakentamattomalla taajama-alueella	m³	Kaapeliojan louhinnan kallioon, peiton, tiivistyksen ja tasauksen kaivua edeltävään tasoon. Kaivuusteiden sijainnin selvittämisen ennen kaivun aloittamista. Varoitusnauhan asennuksen. Mahdollisen suodatinkankaan asennuksen.	Kaapelin asennusta, putkituksia tai suojakouruja. Suojahiekkoitusta. Asfaltin, laatoituksen tai reunakivien purkua tai rakentamista. Nurmetusta tai muuta pinnoitusta. Sijaintimittauksia.	100
Sirotepinta	m²	Sirotepinnan teon tienpitäjän tai maanomistajan ohjeen mukaan. Pintatyöt on suoritettava siten, että se vastaa vähintään kaivua edeltävää tasoa.	Kaapeliojan kaivua ja täyttöö.	oletuksena nurmetus muuntamon ympärille
Nurmikko	m²	Nurmetuksen teon tienpitäjän tai maanomistajan ohjeen mukaan. Sisältää tarvittavan lisämullan. Pintatyöt on suoritettava siten, että se vastaa vähintään kaivua edeltävää tasoa.	Kaapeliojan kaivua ja täyttöö.	oletuksena nurmetus muuntamon ympärille
Kaapelin suojaushiekan levitys	m³	Tarvittaessa suodatinkankaan asennus kaapeliojan pohjalle. Kaapeliojan pohjan päälle asennetaan min 100mm hienojakoista ja kivetöntä suojahiekkaa. Lisäksi kaapelin päälle asennetaan min 100mm hienojakoista ja kivetöntä suojahiekkaa.	Kaapelin asennusta tai ojan kaivua ja täyttöö. Putkitusta Kaapelin suojakourun ja –nauhan asennusta. Asfaltointia, nurmetusta tai muuta	4
Kaapelisuojakourun lk A 140 mm asentaminen	m	Kaapelisuojakourun tai suojahevyn asentamisen.	Kaapelin asentamista. Kaapeliojan kaivua ja täyttöö.	20
Muuntamon ja muiden tarvikkeiden vesistökuljetus	kpl			1
<b>Urakoinnin osuus yhteensä</b>				<b>30 760 €</b>
<b>Rauman Energia Sähköverkot Oy</b>				
Suunnittelu, valvonta, verkkokytkennät	kpl			1 5 000 5 000
Puistomuuntamon hankinta	kpl			1 22 500 22 500
Toimenpidelupa muuntamon sijoittamiselle	kpl			1 750 750
<b>Verkkoyhtiön osuus yhteensä</b>				<b>28 250 €</b>
<b>Työ yhteensä</b>				<b>59 010 €</b>

