

Niko Bonsdorff

## **RUOPPAUSTYÖN KUSTANNUSLASKENNAN KEHITTÄMINEN**

# **RUOPPAUSTYÖN KUSTANNUSLASKENNAN KEHITTÄMINEN**

Niko Bonsdorff  
Opinnäytetyö  
Lukukausi (Syksy) 2019  
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, yhdyskuntatekniikka

---

Niko Bonsdorff  
Ruoppaustyön kustannuslaskennan kehittäminen  
Ohjaaja: Jarmo Erho  
Syksy 2019  
Opinnäytetyö 38 sivua + 6 liitettä

---

Rahtialusten suurentuessa myös satamiin johtavia väyliä on tarpeellista syventää ruoppaamalla. Ruoppaustyön käytännön toteutukseen tarvitaan erilaisia työmenetelmiä ja aluksia, joiden valintaan vaikuttavat mm. väylän syvyys, kuljetusmatkat ja maalajien ominaisuudet. Samat asiat vaikuttavat suoraan myös ruoppaustyön kustannuksiin.

Tässä työssä oli tavoitteena tutustua ruoppaushankkeen kustannuksiin vaikuttaviin tekijöihin sekä selvittää, ovatko kustannusten laskentamenetelmät riittäviä myös pitkälle tulevaisuuteen. Työn tarkoituksena oli kehittää ruoppaustyön kustannuslaskentaa myös niin, että työn tarkennuksilla selkeytetään tulevia urakkatarjouspyyntöjä. Näin saadaan etukäteen tarkempaa tietoisuutta kustannusarvioon liittyvistä tekijöistä.

Opinnäytetyössä käytettiin apuna Kokkolan satamaväylällä käynnissä olevaa ruoppaushanketta. Satamaväylän syventämishankkeessa on tarkoituksena laivaväylän syventäminen metrillä, jolloin rahtilaivojen kuormakapasiteettia saadaan kasvatettua. Opinnäytetyö oli laadittu Rambollin eli rakennuttajan tilauksesta ja työ tehtiin Väylälle.

Työn sivutuotteena valmistui massalaskentataulukko, jossa laskenta tapahtuu kohdekohtaisesti (liitteet 1-6) yksikköhinnoittelulla. Tällaista yleissuunnitteluvaiheen laskentataulukkoa voi käyttää pohjana sekä tarjousvaiheen laskennassa että lisä- ja muutostöiden laskennassa.

Tutkimuksessa perehdyttiin ruoppausalaan liittyvään kirjallisuuteen, käynnissä olevan hankkeen työmenetelmiin ja liikenneviraston (1.1.2019 alkaen Väylä) julkaisuihin sekä haastateltiin ruoppausalan ammattilaisia. Opinnäytetyöprosessin aikana käydyt haastattelut ovat luottamuksellista tietoa ja niitä ei ole kirjattu raporttiin. Erillisenä liitteenä oleva massalaskentataulukko jää pelkästään opinnäytetyön toimeksiantajalle.

---

Asiasanat: Ruoppaushanke, satamaväylä, kustannuslaskentajärjestelmä

## ABSTRACT

Oulun ammattikorkeakoulu  
Oulu University of Applied Sciences, civil engineering

---

Niko Bonsdorff  
Developing cost accounting for dredging  
Supervisor: Jarmo Erho  
Spring 2019  
Bachelor's thesis 38 pages + 6 appendices

---

As cargo ships get bigger, it is also necessary to deepen the ducts leading to ports. The practical implementation of dredging requires different working methods and vessels. The depth of the fairway, the transport distances and the characteristics of the piers. The same things also have a direct impact on dredging costs.

The aim of this work was to get acquainted with the factors influencing the cost of the dredging project and to consider whether the cost calculation methods are working as well for the future. The purpose of the thesis was also to develop the cost calculation of dredging work so that the clarifications of the work clarify future requests for contract tenders. This will provide a better understanding in advance of the costs involved.

The dredging project on the Kokkola harbor fair was used as a basis for this thesis. The project to deepen the shipping lane by one meter will increase the cargo capacity of cargo vessels. The thesis was commissioned by Ramboll, the developer, and was done for the fairway.

As a by-product of the thesis, a mass spreadsheet was completed, where the calculation is done on a target-by-item basis (appendices 1-6.) With unit pricing. Such a general planning phase spreadsheet can be used as a basis for both the tender phase calculation and the calculation of additional and modifications.

The research methods were based on literature, interview studies, on the working methods of the ongoing project and on the publications of the Finnish Transport Agency. The interviews conducted during the thesis process are confidential information and have not been recorded in the report. The mass attachment lock, which is attached separately, remains solely with the client of the thesis.

---

Keywords: Dredging project, harbor fairway, cost calculation

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
1 JOHDANTO	7
2 RUOPPAUSMENETELMÄT	8
2.1 Kuokkaruoppaajat	8
2.2 Imuruoppaajat	9
2.3 Apukalusto ja -välineet	10
3 RUOPPAUSTYÖSSÄ HUOMIOITAVIA ASIOITA	13
3.1 Ympäristövaikutukset	14
3.2 Massansiirron suunnittelu	15
3.3 Kaivuluokitus	15
4 KUSTANNUKSIIN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ	18
4.1 Maalaji	18
4.2 Lohkareisuus	19
4.3 Kallion laatu	19
4.4 Kohteen sijainti	20
4.5 Kohteen koko	20
4.6 Poistettavan kerroksen paksuus	21
4.7 Kaivussyvyys	21
4.8 Läjitystapa ja -menetelmät	21
4.9 Laivaliikenne kohteen vaikutusalueella	22
4.10 Epävarmuustekijät	23
5 RUOPPAUSKUSTANNUKSET	25
5.1 Massalaskenta	25
5.2 Pilaantuneiden maiden ruoppaus	26
5.3 Läjitysallas	27
5.4 Urakoitsijan yleiskustannukset	28
5.5 Markkinatilanteen vaikutukset	28
5.6 Kauharuoppaajat	28
5.7 Ruoppaaminen imumenetelmin	29
5.8 Vedenalainen louhinta	30

5.9	Lohkareet	30
5.10	Turvalaitteet	31
5.11	Rakennuttajan yleiskustannukset	33
5.12	Kertoimet	33
6	POHDINTA	35
	LÄHTEET	37
	LIITTEET	38

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia ruoppaustöiden kustannuksien muodostumisiin vaikuttavia tekijöitä. Raporttiin valittu tarkasteltava rakennushanke on nimeltään Kokkolan väylän ja sataman syventäminen. Alue sijaitsee nimensä mukaisesti Kokkolan satamassa. Hankkeen pääurakointi toteutetaan kahden vesirakennusalan yrityksen työyhteisöliittymän kautta ja lisäksi käytetään aliurakoitsijoita.

Edellä mainittu vesirakennushanke on jaettu kahteen erilliseen urakkaan, joista on tehty erilliset urakkasopimukset Liikenneviraston (kohde1) ja Kokkolan sataman (kohde 2) kanssa. Kummatkin urakat ovat pääosin kokonaishintaperusteisia kokonaisurakoita. Kohteen 1 urakkasopimuksessa on lisäksi yksikköhintaperusteisesti ”kaikkien yli 10 m<sup>3</sup> kokoisten lohcareiden poisto”.

Kokonaisuudessaan hankkeen toteutukseen sisältyy Kokkolan väylän ja satama-altaan ruoppaus/louhinta, läjitysaltaiden rakentaminen, läjitysaltaiden täyttö, satama-altaan eroosiosuojan rakentaminen, viimeistely- ja muita töitä, kuten vesiväylän turvalaitteiden asennuksia. (Liitteet 1-6)

Tässä opinnäytetyössä perehdytään ruoppauksessa käytettäviin resursseihin sekä kustannuksiin vaikuttaviin tekijöihin. Lisäksi käydään läpi ruoppaustöiden hinnoittelun periaatteita.

## 2 RUOPPAUSMENETELMÄT

Ruoppaajat jaetaan toimintatavan perusteella kauharuoppaajiin ja imuruoppaajiin. Edelliset irrottavat mekaanisesti kauhalla tai kauhoilla, joilla maa edelleen siirretään suoraan läjitykseen, kuljettimille tai kuljetusaluksen maaruumaan. Imuruoppaajissa on voimakkaat pumput, joiden avulla ruopattava maa ensin irrotetaan. Samalla se sekoittuu veteen veltimäiseksi seokseksi. Seos nostetaan ja siirretään lopuksi putkistoa pitkin joko suoraan läjitykseen tai kuljetusaluksen maaruumaan. (2, s. 151.)

Tässä opinnäytetyössä perehdytään kauharuoppaajista pelkästään kuokkaruoppaajaan ja imuruoppaajista hopperiruoppaajaan. Esimerkkiurakassa on työyhteisöliittymän kautta kummatkin ruoppausmenetelmät käytössä.

### 2.1 Kuokkaruoppaajat

Kuokkaruoppaaja on hydraulisen kuokkakauhakaivukoneen vesistösovellutus. Työskentelytavastaan johtuen ruoppaaja vaatii vähintään ponttoonien tarvitseman vesisyvyyden, eikä se voi työskennellä aivan matalassa vedessä. Kuokkaruoppaajan työpöytä on tasainen. Sen ponttooni on aina kaivujaloin varustettu. Hydraulisesta kuokkaruoppaajasta on tullut yleisruoppaaja, jota voidaan taloudellisesti käyttää sekä pehmeissä että kovissa maalajeissa, vieläpä louhetta ja lohkareita ruopattaessa. Kaivussyvyys on välillä 2...20 m. Suomessa on parikymmentä kuokkaruoppaajaa, joiden kauhakoko vaihtelee välillä 1...14 m<sup>3</sup>. Samoja koneita voidaan joskus käyttää myös kahmarikauhalla varustettuna. (2, s. 152.)

Ruoppaustyö tehdään etukäteen laaditun järjestyksen mukaisesti kaivukaistoittain. Tällöin ruoppaaja etenee takaperin siten, että ponttooni seisoo jalkojen varassa ruoppauskohteen päällä. Kaivuskelelen pituus on yleensä 5...7 m. Kaivukaistan leveys voi olla ruoppaajakohtaisesti 15...30 m. (2, s. 152.)

Kuvassa 1 nähdään kuokkaruoppaaja, jossa on 350 tonnin kaivinkone pultattuna lautan etutäkkiin. Lautassa on kolme laskettavaa mastoa, joilla lautan saa ankkuroitua pohjaan.



*KUVA 1. Kuokkaruoppaaja*

## **2.2 Imuruoppaajat**

Imuruoppaajat on alun perin suunniteltu pehmeän maan ruoppaukseen. Pohjaimuri ja suihkuimuri soveltuvatkin vain löyhärakenteisen hiekan ja liejun ruoppamiseen. Viime-mainitun irrotuskyky on hiukan parempi. Leikkuri-imureilla on maalajien suhteen laajin soveltuvuusalue. Niillä voidaan ruopata kaikkia hienorakeisia maalajeja, joita leikkuri pysyy irrottamaan. Kivisyys haittaa työskentelyä ja saattaa tehdä ruoppauksen mahdottomaksi. Imuruoppaajan ruoppausteho riippuu pääasiassa pumpun ominaisuuksista ja mahdollisen leikkurin irrotuskyvystä. (2, s. 156-157.)

Ns. hopperiruoppaajat siirtävät suuria massamääriä, jotka koostuvat lähinnä hienorakeisista silteistä ja hiekoista. Hopperit imevät maan pumppujen avulla omaan maaruomaansa. Sen jälkeen ne siirtyvät kuormansa kanssa läjitysalueelle, jossa ruuma tyhjenetään joko pohjaluukkujen kautta tai pumppaamalla. Ruopattaessa liikkuvien hoppersien toimintaperiaate on sellainen, että alus kulkee hiljaista nopeutta ja imee samalla pohjasta maamassaa ns. vetopään ja imukärsän välityksellä lastiruumaan. Kärsä tai kärsät

sijaitsevat hopperin sivuilla ja niitä kannatetaan vaijerivinssien avulla. Meren pohjaan ei synny varsinaista kuoppaa. Ylimääräinen vesi johdetaan joko suoraan laidan yli tai aluksen pohjassa olevien putkien kautta mereen. Kivet tukkivat helposti vetopään, mikä hidastaa suuresti hopperin toimintaa. Suomeen trailer-hopperit eivät tästä syystä yleensä sovellu. (2, s. 156-157.)

Kuvassa 2 esiintyy imuruoppaaja (hopper), työlautta ja kelluva purkuputki, jota pitkin imuruoppaajan ruumassa olevaa ruoppausmassaa pumpataan läjitysaltaaseen.



*KUVA 2. Imuruoppaaja*

### **2.3 Apukalusto ja -välineet**

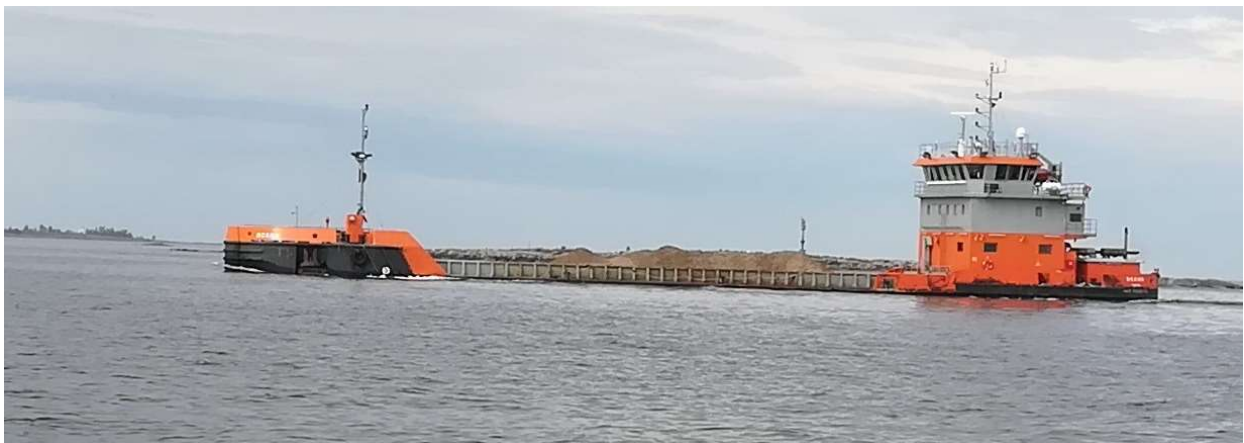
Kaikki ruoppaajat tarvitsevat työssään erilaista apukalustoa. Tällä on oleellinen merkitys koko ruoppaustyössä. Eniten apukalustoa tarvitaan ruoppausmaiden siirrossa. Kauharuoppaajat nostavat ruopatun maan yleensä vieressä olevaan hinattavaan tai itsekulkevaan proomuun, joka kuljettaa ja tyhjentää maan läjitys paikalle. Kuljetuksessa tarvitaan tavallisesti useampia maankuljetusproomuja. Yleisimpiä ovat hinattavat pohjaluukku-proomut. Halkeavat proomut sopivat erittäin hyvin myös kivisen ja kovan maan siirtoon. Varsinkin kuokkaruoppauksen yhteydessä käytetään yleensä myös n. takakansiproo-

muja (flat top), jotka puretaan pyöräkuormaimilla tai kaivukoneilla suoraan veteen tai purkulaitureiden kautta maihin. Omasta moottorivalikoimasta on etua mm. vedenalaisissa rakennustöissä, kun läjitettävän maan paikka on tarkoin määritelty. (2, s. 159-160.)

Hinattavien proomujen käsittelyä varten tarvitaan luonnollisesti hinaajia. Merellä ne ovat yleensä suurempia kuin sisävesillä. Pohjaan ankkuroitujen vaijerien varassa työskentelevän ruoppaajan apuna tarvitaan myös pienehkö hinaaja ankkurilautan käsittelyä varten. Sama hinaaja huolehtii ponttoniputkiston hinauksesta pumppuruoppaajien laivueessa ja usein miehistön kuljetuksesta maihin. (2, s. 159-160.)

Kauharuoppaajat tarvitsevat apukalustukseen tavallisesti maankuljetusproomuja, hinaajia ja ankkurien käsittelylautan nostureineen. Imuruoppauksessa maa siirretään proomuun tai läjitys paikalle paineputkea pitkin. Imuruoppaajan laivueeseen kuuluvat ruoppaajan lisäksi vesi- ja maaputkistot, hinaaja, ankkurilautta, haralautta ja vene. (2, s. 159-160.)

Itsestään kulkevat proomut ovat hieman nopeampia kulkemaan kuin hinattavat proomut. Aluksessa olevien potkureiden ansiosta itse läjitys voidaan tehdä tarkempana. (Kuva 3.)



*KUVA 3. Itsestään kulkeva proomu*

Hinattavat proomut voivat olla käyttökelpoisempia altaaseen läjittämisen suhteen kuin itsekulkevat. Tämä johtuu pienemmästä syvyyksestä. (Kuva 4.)



*KUVA 4. Hinaaja sekä hinattava proomu*

Hinaajalla/ työlautalla voidaan suorittaa myös lanausta, jolla saadaan viimeisteltyä ruoppausjälkiä tasaisemmaksi pinnaksi. Lanaukset pitää ajoittaa tyynelle merisäälle.

Nostureilla varustetut työlautat toimivat monessa eri tehtävässä mukana. Näitä voivat olla mm. lanaus, imuruoppaajan kelluvan purkuputken kiinnitys, sukeltajien avustaminen ja turvalaitteiden asennustyöt. (Kuva 5.)



*KUVA 5. Työlautta*

### 3 RUOPPAUSTYÖSSÄ HUOMIOITAVIA ASIOITA

Ruoppaustyön tarkoituksena on useimmiten tietyn vesisyvyyden saavuttaminen. Tämä syvyys tarkistetaan yleensä haraamalla, jolloin hara ei saa koskea missään kohdassa pohjaa. Jotta ruoppausjälki täyttäisi joka kohdassa asetetut vaatimukset ja jotta ei jouduttaisi kalliisiin jälkiruoppaustöihin, joudutaan kaivamaan ”ylisyvää”. Tätä ylisyvää kutsutaan työvaraksi. Työvaran suuruus on yleensä noin 400 mm. (2, s. 160.)

Työvara on otettava huomioon ruoppaustyön kustannuksia laskettaessa. Ruoppaustöistä nimittäin maksetaan yleensä teoreettisten poikkileikkausten mukaan laskettujen työmäärien perusteella. Paksuissa leikkauksissa (>1 m) työmääräyksikkö on  $m^3\text{tr}$  ja matalissa leikkauksissa (<1 m)  $m^2\text{tr}$ . Matalissa rintaauksissa ja laakeissa ruoppauskohteissa todellista työmäärää kuvaa parhaiten pinta-ala, joka määritetään ruoppauksen työvara mukaan lukien, nk. työpinta-ala. (2, s. 160.)

Merkinnällä  $m^2\text{tr}$  tarkoitetaan teoreettista 2d pinta-alaa. Tämä pinta-ala saadaan suunnitteluohjelmistosta massalaskennan tuloksena ja se kertoo sen teoreettisen kaksiulotteisen pinta-alan, jolle ruoppaustyö kohdistuu. (1, s. 6.)

Merkinnällä  $m^3\text{tr}$  tarkoitetaan kiintoteoreettista kuutiota. Tilavuus maastomallin pinnan ja tavoitteellisen väylämallin pintojen välillä ilman löyhtymis- ym. kertoimia. Teoriassa tarkka ruopattava tilavuus, kaikkien massalaskentojen perustilavuus. (1, s. 6.)

Esimerkkikohteessa haraustyöt piti jaksottaa säätilan mukaisesti, koska harausta voidaan suorittaa pelkästään tynellä merisäällä. Harauslautassa (Kuva 6.) haratanko lasketaan haraussyvyteen, samalla ajaen ruoppausaluetta läpi. Merenpohjan ottaessa tankoon kiinni on syvyyttä liian vähän. Luiskat harattiin luotaamalla, mikä vaikutti onnistuvan niin hyvin että ehkä tulevaisuudessa siirrytäänkin kokonaan luotaamalla tapahtuvaan haraukseen.



*KUVA 6. Harauslautta*

### **3.1 Ympäristövaikutukset**

Ruoppaustyö aiheuttaa aina veden väliaikaista samenumista, joka tietysti on haitallista ympäristölle sekkin. Vielä ongelmallisempi tilanne on, jos pohjan sedimentit sisältävät raskasmetalleja, PCB-jätteitä tai muita ongelmajätteitä, niin kuin usein on asian laita. Myös ruoppaajien melu häiritsee ympäristöä. (2, s. 161-162.)

Suurien ruoppaustöiden yhteydessä veden samentumiselle määritellään enimmäisrajarvot, joihin urakoitsijoiden on sitouduttava. Veteen saa joutua esim. enintään 5 % ruopatun kiintoaineksen määrästä. Tämä on edellyttänyt ruoppaustekniikoiden kehittämistä. Täysi ja suuri kuokkakauha aiheuttaa vähemmän samenumista kuin vajaa ja pieni. Kauha voidaan myös varustaa sulkijalaitteella. Kahmariruoppaajien kauha on kehitetty tiiviimmäksi ja vaakasuuntainen puristus on entistä tärkeämpi. (2, s. 161-162.)

Hopperiruoppaajien lastiruumaan tuleva vesi ohjataan takaisin imukärsän alapäähän, jolloin syntyy suljettu veden kierto. Yleisesti imuruoppaajat aiheuttavat enemmän veden samentumista kuin kauharuoppaajat ehkä siitakin syystä, että edellisillä ruopataan hienompaa materiaalia. (2, s. 161-162.)

Kokkolan satamassa on erikseen pilaantuneille maille läjitysaltaat (liitteet 1-6), joista ei pääse haitallisia aineita takaisin mereen. Esimerkkikohteessa samentuman leviämistä mereen ehkäistiin läjitysaltaiden purkuputkien eteen asennettavilla siltiverhoilla. Nämä ovat tekstiiliä, jotka päästävät veden läpi, pidättäen kumminkin hienoainesten pääsyä ta-

kaisin mereen. Silttiverhojen yläpäätkelluivat veden pinnalla ja alapäätkankkuroitiin painoilla kiinni pohjaan. Proomuaukoissa käytettiin kuplaverhoja, joiden tarkoituksena on piddättää samentuman leviämistä altaan ulkopuolelle.

### **3.2 Massansiirron suunnittelu**

Massansiirron suunnittelu kuuluu vielä tuotesuunnitteluvaiheeseen. Sen tarkoituksena on selvittää erilaisten leikkausmassojen käyttökelpoisuus tehtäviin rakenteisiin sekä määrittää massojen siirtotapa. (2, s. 163.)

Yleisenä pyrkimyksenä on massojen siirtäminen niin, että hankkeen kokonaiskustannukset ovat mahdollisimman pienet. Joskus massojen järjestely on suureksi osaksi ennalta määrätty. Usein kuitenkin on monta vaihtoehtoista ratkaisua, joista olisi osattava valita edullisin. Kaikissa tapauksissa massoja käsitellään massaerinä. Massansiirron suunnittelun lopputuloksena saatava massansiirtosuunnitelma muodostaa perustan hankkeen kustannusarviolle ja työnsuunnittelulle. Muun muassa käytettävät konetyypit ja koneet ratkaistaan melko pitkälle jo tässä yhteydessä. (2, s. 163.)

Massansiirtosuunnitelma laaditaan edellä mainittuun pyrkimykseen viitaten siten, että

- kaikki käyttökelpoiset massat tulevat oikein käytetyksi
- kelvottomia massoja leikataan mahdollisimman vähän
- tarpeetonta massojen käsittelyä vältetään
- massojen välivarastointia vältetään
- vuodenaikojen vaikutus otetaan huomioon
- alueen muutkin maarakennuskohteet otetaan huomioon (2, s. 163.)

### **3.3 Kaivuluokitus**

Maalajien kaivuluokitusta voidaan pitää maalajiluokituksen eräänä alaluokituksena, joka ottaa huomioon maalajiominaisuudet kaivutapahtuman kannalta. Maalajien kaivuluokitusta tarvitaan työnsuunnitteluvaiheessa. Työmenetelmät ja -koneet, niiden kapasiteetti sekä niin ollen myös kustannukset riippuvat ratkaisevasti maan kaivettavuudesta. Tärkeimpänä kaivutapahtumaan vaikuttavana ominaisuutena pidetään kaivuvastusta eli irrottavuutta. (2, s. 14-17.)

Maalajien kaivuluokitusjärjestelmässä on tarkoituksena, että kaivuvastus olisi yhden kaivuluokan eri maalajeilla likipitään yhtä suuri. Taulukossa 2 on esitetty kaivuluokittain suhteellinen kaivuvastus, joka on määrätty siten, että keskimääräinen kaivuvastus luokassa K1 on merkitty 100:ksi. Luvut perustuvat koekaivutuloksiin lukuun ottamatta eloperäisiä maalajeja, joiden kaivuvastus on arvioitu ko. maalajien geoteknisten ominaisuuksien perusteella. Huomattava on, että suhteellisen kaivuvastuksen arvot menevät rajakohdissa jossain määrin päällekkäin eivätkä muutu jatkuvasti maalajiryhmästä toiseen siirryttäessä. (2, s. 14-17.)

Taulukossa 1 on esitetty luonnontilaisten maalajien kaivuluokat ja määräävät luokitusperusteet.

TAULUKKO 1. Maalajien kaivuluokitus (2, s. 15)

Maalajiryhmä	Kaivuluokka	Maalajit	Puisuus	Kivisyys	Lohkareisuus	Kuivairto- tiheys
			Pu %	Ki %	Lo %	$\rho$ t/m <sup>3</sup>
E	E1	Liejut, muta				
	E2	Turpeet	<30			
	E3	Turpeet	>30			
H	H1	Savet				
	H2	Siltit				
	H3	Kuivakuoret				
K	K1	Hiekat				
	K2	Sorat		<30		
	K3	Somero Kivikko		30...50 >50		
K	M1	Löyhät, kivettömät tai kiviset moreenit		<30	<10	<1,9
	M2	Keskitiiviit, kivettömät tai kiviset moreenit		<30	<10	1,9...2,1
	M3	Tiiviit moreenit		>30	<10	>2,1
		Runsaskiviset moreenit				
		Lohkareiset ja runsas- lohkareiset moreenit			10...50	
		Louhikot			>50	

Taulukossa 2 on esitetty suhteellinen kaivuvastus eri kaivuluokissa.

TAULUKKO 2. Maalajien kaivuluokitus (2, s. 16)

Maalajiryhmä	Kaivuluokka	Maalajit	Suhteellinen kaivuvastus
E	E1	Liejut, muta	5...15
	E2	Turpeet	10...30
	E3	Turpeet	30...40
H	H1	Savet	15...30
	H2	Siltit	20...50
	H3	Kuivakuoret	>50
K	K1	Hiekat	50...150
	K2	Sorat	50...150
	K3	Somero, kivikko	200...300
K	M1	Moreenit	150...300
	M2	Moreenit	250...500
	M3	Moreenit	>450

## 4 KUSTANNUKSIIN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

Ruoppauksen yksikköhintoja määrittää erityisesti hankittavan urakan koko. Lähtökohtaisesti voidaan todeta, että mitä enemmän kaivettavia yksiköitä, sitä pienempi yksikköhinta. Lisäksi yksikköhintaan vaikuttavat selvästi kohteen tavoitesyvyys ja maan kaivettavuus. (1, s. 7.)

### 4.1 Maalaji

Maalajien suhteen merkittävimmiksi tekijöiksi muodostuvat maalajin tiiveys ja kaivettavuus. Ruoppaustyössä koneet ovat yleensä niin suuria, että eri löyhän maan kaivuvastuksilla ei ole enää ratkaisevaa vaikutusta kaivettavuuteen. Suurinta kaivuvastusta esiintyy moreeneilla, lyhenteellä M.

Moreenit ovat Suomen yleisin maalaji. Sille on tyypillistä, että se sisältää kaikkia raekokoja. Moreenit ovat syntyneet yleisimmin niistä kallion osista ja entisistä maalajeista, jotka jäivät jään alle sen höylätessä ja ruhjoessa Suomen maan kamaraa. Varsinkin jäätikön alle jäänyt ns. pohjamoreeni on erittäin lujaa. Raekoostumuksensa ansiosta se on voinut pakkautua niin, että tyhjätilaa ei juuri ole. Murskaantuneet särmikkäät rakeet lisäävät sen lujuutta. (3, s. 23-24.)

Pohjamoreeni on hyvin tiivistä, osittain murskautunuttakin ainesta. Se sisältää kaikkia raekokoja savihiukkasista isoihin lohkaraisiin. Savihiukkaset sitovat ainetta yhteen miltei kuin sementti betonissa. (4, s. 16.)

Koska moreeni on Suomen yleisin maalaji, on Suomessa tapahtuvat ruoppaustyöt tehtävä pääasiassa suurilla ja tehokkailla kuokkaruoppaajilla, moreenien suuren kaivuvastuksen vuoksi. Tämän opinnäytetyön massalaskentataulukossa jaetaan kaivuluokat kahteen osaan  $<M2$  (löyhät maalajit) sekä  $\geq M2$  (keskitiiviit/ tiiviit maalajit).

Sama maa-aines voi esiintyä luonnossa niin tiiviiksi pakkautuneena kuin se koskaan voi mennä, niin löyhänä kuin se vain pysyy koossa tai jossakin tilassa näiden rajojen välillä. Tiiveimmässä tilassa sen lujuusominaisuudet ovat parhaimmillaan, kokoonpuristuvuus

pienimmillään jne. Löyhimmässä tilassa samat ominaisuudet ovat huonoimmillaan. Pohjatutkimuksien eräs keskeinen tavoite on aina pyrkiä selvittämään vallitseva tila. (3, s. 51.)

## 4.2 Lohkareisuus

Monikeilaluotauksella kerätään merenpohjasta syvyyspisteaineistoa, jonka perusteella määritellään lohcareiden määrät ja sijainnit. Menetelmällä ei kuitenkaan havaita kokonaan merenpohjan sisällä olevia lohcareita ja tarkempi lukumäärä selviää yleensä rakentamisen aikana, minkä vuoksi lohcareiden poisto on hyvä määrittää yksikköhintaurakaksi.

Esimerkkikohteessa on  $>10 \text{ m}^3$  lohcareet poistettava väylältä syvyydeltä haraustaso – 0,5 metriä. Hintaan vaikuttavia tekijöitä ovat lohcareiden koko ja määrä.  $<10 \text{ m}^3$  lohcareet voidaan pääosin siirtää proomukuljetuksella läjityspaikalle, eli ne eivät hidasta merkittävästi ruoppaustyötä.  $>10 \text{ m}^3$  lohcareet ja varsinkin pyöreän muotoiset joudutaan poistamaan louhimalla, mikä tuo lisäkustannuksia.

## 4.3 Kallion laatu

Vedenalaisessa louhinnassa on räjäytettävä kallio usein paitsi veden myös irtomaakerosten peittämä. Tällainen louhintatyö poikkeaa sekä suunnittelu- että toteuttamisvaiheessa tavanomaisesta pengelrouhinnasta. Poraus- ja panostustyö tehdään varsinkin suurilla työmailla pinnalta käsin sukeltajien käytön rajoituessa pienehköihin, pinta-alaltaan noin  $100 \text{ m}^2$  ja leikkaussyvyydeltään alle kolmen metrin kallioden ja kivien louhintaan sekä erikoistöihin, kuten merimerkkien pohjakaivantojen louhintoihin. (5, s. 131.)

Vedenalaisessa louhinnassa on lopullinen onnistunut louhintatulokset saavutettava ehdottomasti jo ensimmäisellä räjäytyksellä, sillä rikkojen ja kynsien poraus- ja räjäytystyö on erittäin kallista. Tästä syystä teoreettisen pohjatason alapuolelle ulottuva ohiporaus on usein paljon suurempi kuin pengelrouhinnassa maan päällä. Räjähdyksineina ovat dynamiitti ja tiettyntyyppiset emulsiot (Merikemiittit). Ominaispanostus on ainakin niin suuri, ettei yhden reiän tai reikäriivin räjähtämättä jääminen vaaranna onnistunutta louhintatulosta. Sytytyksessä käytetään joko erikoisvalmisteisia, veden vaikutusta hyvin kestäviä SEA-sähkönallega tai yleisimmin NONEL-sytytystä. (5, s. 131.)

Esimerkkikohteessa kertaalleen louhitut kohteet olivat rikkonaisia ja sen myötä haasteellisia louhia. Ensin kaivettiin irtolouheet tavoitesyvyyteen asti ja merkittiin samalla koordinaatit koviksi jääneistä kohdista, jotka poistettiin myöhemmin louhimalla. Ehjässä kalliossa työ oli selkeämpää. Ensin puhdistettiin kallion pinta maa-aineksesta, minkä jälkeen ylimääräinen kallio louhittiin pois.

#### **4.4 Kohteen sijainti**

Esimerkkikohteessa on proomuraporttien mukaan suuria vaihteluita proomujen kuljetusajassa. Pitkäkestoisin aika kaukaisimmalta kohteelta on hinattavalla proomulla keskimäärin n. 4-tuntia ja itsekulkevalla proomulla n. 3-tuntia. Lyhin aika lähimmältä kohteelta on molemmilla muutamia minuutteja. Tähän perustuen voidaan todeta, että väylän kaukaisimmat kohteet ovat huomattavasti kalliimpia ruopata kuin lähimpänä olevat.

Tämän lisäksi hyvät merisäät voivat olla kaukaisimmilla kohteilla harvassa, mikä vaikeuttaa erityisesti lanausta ja haraamista. Sääolosuhteet vaikuttavat eniten väylän ulommaisiin kohteisiin, joilla ei ole suojaa aallokon muodostumista vastaan. Tämän vuoksi pitää ulommaiset kohteet priorisoida aina hyvän sään aikana tehtäviksi.

#### **4.5 Kohteen koko**

Arvioitaessa jonkin maarakennustyön kestoja ja kustannuksia on aina muistettava, että kaikissa projekteissa, myös muilla aloilla kuin maarakennusalalla, on yleensä aloittavia työvaiheita, edistäviä työvaiheita, ylläpitäviä työvaiheita ja lopettavia työvaiheita. (4, 48.)

Myös opinnäytetyössä tarkasteltavassa kohteessa on koosta riippumatta kaikki edellä luetellut työvaiheet. On siis selvää, että työn kustannukset vähenevät samassa suhteessa, kun työkohteen kokokin kasvaa.

#### **4.6 Poistettavan kerroksen paksuus**

Kauharuoppauksessa suuresta rintamuksesta saa yleensä helpommin ruopattua massaa verrattuna pieneen ottoon. Pienessä otossa konetta joudutaan siirtämään useammin, minkä vuoksi ruoppaustuotanto heikkenee verrattuna suurempaan ottoon. Aiemmissa ruoppaushankkeissa on todettu ja myös haastatteluissa kävi ilmi, että pientä ottoa ruopattaessa proomujen kuormausajat voivat kasvaa moninkertaisiksi. Imuruoppauksessa poistettavan kerroksen paksuudella ei ole niin suurta merkitystä.

#### **4.7 Kaivussyvyys**

Kaivussyvyydellä on suuri merkitys kustannuksiin, koska kaivussyvyyden kasvaessa on myös ruoppauskaluston koon muututtava suuremmaksi. Syvyys vaikuttaa ruoppaajan puomin asentoon, millä on vaikutusta koneen tehokkaaseen käyttöön. Tämän vuoksi on suositeltavaa varautua riittävän suureen kalustoon.

#### **4.8 Läjitystapa ja -menetelmät**

Satamarakentamisen yhteydessä massoja lajitetaan muun muassa satama-alueilla sijaitseville vesiläjitysalueille tai niitä käytetään satamarakenteissa tai rantojen pengerryksessä. Myös haitallisia aineita sisältäviä sedimenttejä on stabiloitu esimerkiksi satamarakenteisiin. Satama-alueen laajentaminen on saatettu tehdä täyttämällä vesialue ruoppausmassoilla. Väylien ja satamien kunnossapitoruoppausten yhteydessä imuruopattuja massoja on läjitetty ranta-alueille rakennettaviin läjitysaltaisiin. Ruoppauslietteestä selkeytynyt vesi on päästetty takaisin vesistöön. (6, s. 20.)

Kustannusedullisin läjitystapa on laivaväylällä suoraan proomusta veteen läjitettynä. Nykyään kuitenkin ruoppausmassat pyritään ottamaan hyötykäyttöön läjittämällä altaisiin, mikä voi lisätä huomattavasti kustannuksia verrattuna vapaaseen vesiläjitykseen. Kustannukset ovat korkeimmillaan, jos joudutaan käyttämään läjityspaikoissa vastaanottokoneita ruoppausmassojen uudelleen siirtämiseen.

#### 4.9 Laivaliikenne kohteen vaikutusalueella

Esimerkkikohteessa oli laivaliikenteen vaikutus kaikessa meriväylällä ja satama-altaalla tapahtuvassa ruoppauksessa mukana. Tämän vuoksi järjestettiin meri-/ satamaliikenteen käyttöön liittyviä palaverreja, joissa käytiin ruoppaustöiden ja laivaliikenteen yhteensovittamista läpi.

Suurin laivaliikenteen vaikutus kohdistui Kokkolassa meriväylän louhintatöihin ja sataman laiturialueen eroosiosuojauksen rakentamiseen. Eroosiosuojaustyöt olivat monen eri tekijän summa ja ilman laivaliikenteen ja työn yhteensovittamista työnteko olisi saattanut muuttua mahdottomaksi.

Esimerkkikohteessa oli louhinnan aikana käytettävä väliaikaisia viitoituksia rajaamaan räjäytysaluetta. Louhinnassa oli tiedettävä hyvissä ajoin suurien Cape-/ Panamax-luokan alusten saapumis- ja lähtöajat, koska väylän oli oltava täydeltä leveydeltä vapaana ruoppausaluksista ja väliaikaisista viitoituksista sekä väylän syvyyden oli oltava vähintään käytössä olevan kulkusyvyyden mukainen. Oli myös huomioitava räjäytetyn louheen turpoamisen vaikutus, joka voi nostaa meren pohjan tasoa liikennöitävää tasoa ylemmäs. Tällöin myös räjäytetty louhe oli poistettava väylältä ennen väliaikaisten viitoitusten poistoa.

Kuvassa 7 esiintyy Panamax-luokan rahtilaiva kiinnitettynä sataman laituriin. Kuvan aluksella on pituutta n. 229 metriä.



*KUVA 7. Rahtilaiva*

#### 4.10 Epävarmuustekijät

Esimerkkikohteessa vaikuttavia epävarmuustekijöitä olivat mm. säätilan ennustamattomat muutokset, laivaliikenteen äkilliset aikataulumuutokset, vanhan päälle rakentaminen ja käytettävän kaluston hajoaminen.

Eräs epävarmuustekijä ovat myös liian vajaat tiedot pohjaolosuhteista. Tarvitaan todella luotettavat pohjatutkimukset, jotta riskit poistuisivat kokonaan. Kalliopinnan korkeudet ja maakerroksetkin on usein esitetty oikein. Se, miten maa käyttäytyy jouduttaessa kaivamaan ja liikkumaan pohjavesipinnassa tai sen alla, voi tuoda mukanaan yllätyksiä. Myös luiskien pysyvyys voi olla joskus sellainen rajatapaus, että siitä muodostuu oleellinen riskitekijä urakkaa laskettaessa. (4, s. 49.)

Esimerkkikohteessa tuli vastaan tilanteita, joissa pohjamaa oli paikoitellen oletettua tiiviimpää. Kuokkaruoppaajille tämä ei ole niinkään ongelma, mutta edellä mainitun mukaisesti imuruoppaajat soveltuvat vain löyhien maiden ruoppaamiseen. Kokemus on osoittanut, että kantavan-/ tiiviin pohjan suhteen voi toisinaan ilmetä sekaannuksia. Mm. tiiviillä ja kuivalla siltillä voi olla suuri kaivuvastus, mikä saattaa antaa vaikutelman esim. pengerrakenteen kantavasta pohjasta. Kuitenkin maalajina siltillä on heikosti rakeiden välistä kitkapintaa, joten pengerkuormien alla on olemassa riski pohjan hydrauliselle murtumiselle.

Myös olemassa olevien rakenteiden laatu toi mukanaan yllätyksiä. Uudet pengerrakenteet rakennettiin suunnitelmien mukaisesti vanhojen rakenteiden päälle. Läjitystilanteessa huomattiin, että vanhoista rakenteista suotautui hienojakoisempaa läjitysmassaa läpi. Tämä voi johtua pengerrakenteen liian suuresta lohkarukoosta, jolloin lohkaroiden välistä pääsee suotautumaan maa-ainesta läpi. Vanhojen rakenteiden päälle rakentamisessa voi tulla vastaan yllätyksiä mihin kannattaa varautua mahdollisimman kattavilla esiselvityksillä.

Laivaväylän ruoppauksessa maaperän ollessa syvällä veden alla on sen silmämääräinen tarkastelu mahdotonta, minkä vuoksi perusteellinen lähtötietojen hankinta on tärkeää. Pohjatutkimuksien lisääntyessä yllätyksien määrä vähenee, mutta kannattaa myöskin

varmistua, että käytetään kulloiseenkin tilanteeseen oikeaa tutkimusmenetelmää. Mahdollisimman kattavilla lähtötiedoilla kustannusarvio tarkentuu, voidaan pienentää lisämuutostöiden tarvetta ja tätä kautta myös ylimääräisten kustannusten muodostumista.

Läjitysaltaiden rakentaminen ja niihin läjittäminen vaikuttavat olevan tätä päivää ja todennäköisesti myös pitkälle tulevaisuuteen ulottuva käytäntö. Altaaseen läjittäminen on haastavaa verrattuna vapaaseen meriläjitykseen. Proomuläjityksellä päästään vain proomun syvyykseen verrattavaan läjitystasoon ja lopputäytöistä on mietittävä muita läjitysmuotoja. Esimerkkiurakassa osoittautuikin imuruoppaajan purkuputki oivaksi välineeksi altaiden lopputäytöissä.

## 5 RUOPPAUSKUSTANNUKSET

### 5.1 Massalaskenta

Väylänsuunnitteluohjelmisto tuottaa lopputuotteenaan massalaskentataulukon, jossa ovat suunnitellun väylän teoreettiset massat (m<sup>3</sup>ctr). Hieman ohjelmistosta riippuen saatavilla voi olla myös jaottelu kuutio- ja neliökaivuun eli laskennassa on eroteltu ne alueet, joilta kaivetaan neliökaivurajaa matalampaa ottoa. Normaalitilanteessa neliökaivurajana pidetään yhtä metriä. (1, s. 7.)

Louhinnan kohdalla massalaskennassa käytetään tavoitesyvyytenä tasoa Hs-0,5 m. Massat siis lasketaan puoli metriä harausyvyyden alapuolella olevaan vaakasuoraan tasoon nähden. Laskentatapa johtuu louhintatekniikasta ja se on sovittu urakoitsijoiden kanssa. Muuten kalliokohteet lasketaan kuten muukin ruopattava, jakovälinä neliö- ja kuutiolouhinnalle pidetään 1,0 metrin ottoa. (1, s. 7.)

Väylän nimellinen harausvyvyys (Hs) eli varmistettu vesisyvyys tarkoittaa vesisyvyyttä, johon saakka väylällä on varmistettu olevan vapaata vettä. Yliruoppauksella tarkoitetaan sitä ruoppausta, joka tapahtuu harausyvyyden alapuolella eli jota ei olisi tarpeen suorittaa työn valmiiksi tekemiseksi. Tilaaja ei edellytä yliruoppausta, eikä se ole mukana massalaskennassa, mutta käytännössä työtävät edellyttävät jonkinlaista yliruoppaamista. (1, s. 6.)

Kun ruoppausalueet ovat selvillä, jaetaan alueet selkeiksi kokonaisuuksiksi, ruoppauskohteiksi. Kukin ruoppauskohde on siis oma työkohteensa, jonka hinta arvioidaan erikseen. Kohde on yleensä maantieteellisesti erillinen, yhtenäinen alue. Kohde on yhtenäinen myös muiden hintaan vaikuttavien ominaisuuksiensa suhteen, niin kaivettavuudeltaan kuin tavoitesyvyydeltäänkin (luiskia lukuun ottamatta). Jos kohteella on kaivettavuudeltaan selkeästi erilaisia massoja, arvioidaan niiden määrät ja kustannukset erikseen. (1, s. 7.)

Kustannuslaskennan osat muodostuvat kertomalla työn yksikköhintoja suoritemäärillä. Kokkolan väylän syventäminen on jaettu 18 eri ruoppauskohteeseen ja Pommisaaren

urakkaan. Tämän lisäksi sataman osuus on jaettu kolmeen urakka-alueeseen: Syväsataman läjitysallas, Hopeakiven urakka-alue sekä Syväsataman satama-allas. (Liitteet 1-6)

Seuraavat yksikköhinnat ovat viitteellisiä Liikenneviraston julkaisusta, perustuen toteutuneisiin ruoppausurakoihin. Ruoppauksen yksikköhinnat on sidottu Tilastokeskuksen maarakennuskustannusindeksiin (2005=100) kokonaisindeksin pistelukuun 143,2 (toukokuu 2019). (7.)

Taulukossa 3 on esitetty vanha ja uusi maarakennuskustannusindeksin pisteluku. Uusi indeksi on vaihdettava aina meneillään olevaan kuukausittain vaihtuvaan pistelukuun. Indeksitaulukoiden tietokantaa ylläpitää tilastokeskus.

*TAULUKKO 3. Maarakennuskustannusindeksi*

vanha indeksi	139,2
uusi indeksi	143,2

## 5.2 Pilaantuneiden maiden ruoppaus

Pilaantuneiden maiden ruoppaus toteutetaan yleensä erillisenä työvaiheena ns. kuorintaruoppauksena. Kuorintaruoppauksessa voidaan joutua käyttämään erityiskalustoa esim. suljettavaa kauhaa. Itse ruoppaus tehdään normaalisti neliökaivuna. Massojen läjittämisessä on yleensä erityisvaatimuksia (massojen peittäminen, stabilointi yms.). Kustannusten arvioinnissa käytettäviä yksiköitä ovat kuorintaruoppaus m<sup>2</sup>, pilaantuneiden maiden peitto puhtailla massoilla m<sup>3</sup> sekä pilaantuneiden maiden stabilointi m<sup>3</sup>. (1, s. 7-8.)

Sataman altaisiiin läjitetään erikseen

- ylemmän ohjearvon (Vna 214/2007) ylittävät massat, jotka tulevat myöhemmin kuivuessaan stabiloitavaksi
- pitoisuustason 2 ylittävät (Ympäristöhallinnan ohjeita 1/2005), mutta ylemmän ohjearvon alittavat, joiden päälle läjitetään puhtaampaa massaa.

Taulukossa 4 on esitetty pilaantuneiden maiden ruoppaukseen liittyviä yksikköhintoja.

TAULUKKO 4. Pilaantuneiden maiden ruoppaus (1, s. 10)

Yksikkö	Hinta €/yks.
Kuorintaruoppaus 1 - 1000 m <sup>2</sup>	67
Kuorintaruoppaus 1001 - 10 000 m <sup>2</sup>	21
Kuorintaruoppaus 10 001 - 100 000 m <sup>2</sup>	15
Lisähinta pilaantuneiden maiden peittämisestä ruoppausmassoilla m <sup>3</sup>	1
Pilaantuneiden maiden stabilointi m <sup>3</sup>	36

### 5.3 Läjitysallas

Läjitettävälle massoille joudutaan usein rakentamaan vesialueelle läjitysallas. Penkereen alta poistetaan ensin ruoppaamalla pehmeät maakerrokset kantavaan kitkamaan pintaan asti. Penger rakennetaan louheesta, vedenpinnan alapuolinen osa päätypengerryksenä ja yläpuolinen osa kerrospengerryksenä täryjyrällä tiivistäen. Penkereen sisäluiskaan asennetaan suodatinkangas. Kustannusten arvioinnissa käytettäviä yksiköitä ovat pehmeiden maiden poisto rakennettavan penkereen kohdalta m<sup>3</sup>, pengerrys m<sup>3</sup> sekä suodatinkangas m<sup>2</sup>. (1, s. 8.)

Mikäli urakka-alueelta ruopattava pohjamaa sisältää runsaasti kitkamaata ja louhetta, voidaan ruoppausmassoja käyttää hyödyksi pengerrakentamisessa. Tässä tapauksessa penkereen rakentaminen tulee edullisemmaksi verrattuna rakennusmateriaalin toimittamiseen urakka-alueen ulkopuolelta, koska kustannuksia tulee vain vastaanottokoneen penkereen muotoilusta. Taulukossa 5 olevan pengerryksen yksikköhinnat koskevatkin ainoastaan urakka-alueen ulkopuolelta tuotua rakennusmateriaalia.

TAULUKKO 5. Läjitysallas (1, s. 10)

Yksikkö	Hinta €/yks.
Pehmeiden maiden poisto m <sup>3</sup>	15
Pengerrys m <sup>3</sup> (Urakan ulkopuoliset massat)	17
Suodatinkangas m <sup>2</sup>	6
louheverhous <1000kg	51
louheverhous >3000kg	62

#### 5.4 Urakoitsijan yleiskustannukset

Ruoppauskustannukset sisältävät myös urakoitsijan yleiskustannukset (mobilisointi, työmaan perustaminen jne.). Yleiskustannusten osuus on yleisesti ottaen sitä suurempi, mitä pienemmästä hankkeesta on kysymys ja mitä useammanlaisia kalustoa työssä tarvitaan. Pienissä hankkeissa yleiskustannuksilla on merkittävä vaikutus yksikkökustannuksiin. (1, s. 8.)

#### 5.5 Markkinatilanteen vaikutukset

Tarjoushintoihin vaikuttaa osaltaan myös toteutusajankohdan alan markkina- ja suhdanetilanne. Markkinatilanteen vaikutus hintoihin on arvioitava aina tapauskohtaisesti. Vaikutus voi olla kymmeniä prosentteja. (1, s. 8.)

Taulukossa 6 otetaan markkinatilanne huomioon käyttämällä markkinahintakerrointa, joka vaikuttaa suoraan kokonaishintaan.

TAULUKKO 6. (1, s. 8)

markkinahintakerroin	0,3	%
----------------------	-----	---

#### 5.6 Kauharuoppaajat

Haastatteluihin ja Kokkolan ruoppaushankkeessa tehtyyn havainnointiin perustuen voi todeta, että hitaimmat kaivettavat alueet ovat tiivis maa ja rikkonaiset kallioalueet/ louhikot. Ruoppaukseen kuluva aika voi olla moninkertainen verrattuna löyhien maiden ruoppaukseen. Tämän vuoksi myös hinnoittelussa pitää huomioida maalajien kohdekohtainen kaivuvastus.

Taulukossa 7 on esitetty <M2-luokan maalajien yksikköhinnat, joissa muuttujina ovat alueen koko ja tavoitesyvyys.

TAULUKKO 7. Löyhät maalajit (1, s. 8)

Alueen koko	Hinta €/yks.		
	1-1000 yks.	36	51
1000-10 000 yks.	13	19	19
10 000-100 000 yks.	7	9	12
>100 000 yks.	5	5	6
Tavoitesyvyys	0-6 m	6-12 m	12 m<

Taulukossa 8 on esitetty >M2-luokan maalajien yksikköhinnat, joissa muuttujina ovat alueen koko ja tavoitesyvyys.

TAULUKKO 8. Keskitiiviit/ tiiviit maalajit (1, s. 9)

Alueen koko	Hinta €/yks.		
	1-1000 yks.	62	72
1000-10 000 yks.	14	22	24
10 000-100 000 yks.	9	19	21
> 100 000 yks.	7	12	12
Tavoitesyvyys	0-6 m	6-12 m	12 m<

## 5.7 Ruoppaaminen imumenetelmin

Imumenetelmin tehtävä ruoppaaminen on yksikköhinnaltaan lähtökohtaisesti kauharuoppausta edullisempaa. Imumenetelmien käyttö edellyttää hyvää pohjatutkimustasoa, sillä imumenetelmien kohdalla tiiviiden maalajien ja kivien vaikutus alkaa huomattavasti aiemmin kuin kauhamenetelmin. (1, s. 9.)

Yleensä imumenetelmiä käytetään suurten löyhien kohteiden ruoppaamiseen. Laskennallisena hinta-arviona voidaan pitää matalilla kohteilla noin 10 €/m<sup>3</sup> ja syvillä kohteilla noin 6 €/m<sup>3</sup>. Hintariippuvuus syvyydestä johtuu käytettävän kaluston koon ja kapasiteetin kasvusta syvemmällä ruopattaessa. (1, s. 9.)

Taulukossa 9 imuruoppauksen yksikköhinnat tavoitesyvyyden mukaisesti.

*TAULUKKO 9. Imuruoppaus, löyhät maalajit (1, s. 9)*

Tavoitesyvyys	Hinta €/yks.
10 m>	10
10 m≤	6

## 5.8 Vedenalainen louhinta

Louhinnan hinnan kannalta määräävää on louhittavan kohteen koon ja louhittavan rintausten korkeuden lisäksi kallion louhittavuus. Louhittavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. kalliopinnan rikkonaisuus ja rapautuneisuus, kallion rakoilu ja kallion kivilaji. Erityisesti aiemmin louhittu murskaleinen kallio vaatii hyvin suuria panoksia ja tiheitä porauksia, jotta louhinta onnistuu, joten sen hinta on korkeampi. Vastaavasti neitseellisessä kalliossa, jossa päästään louhimaan korkeaa rintausta myös kuutiohintakin painuu huomattavasti alemmas. (1, s. 9.)

Taulukossa 10 on esitetty louhinnan viitteellisiä yksikköhintoja. Louhinnan hinnoissa on paljon vaihtelua urakoitsijasta ja kohteesta riippuen.

*TAULUKKO 10. Vedenalainen louhinta (1, s. 9)*

Alueen koko	Hinta €/yks.		
1-1000 yks.	180	180	309
1000-10 000 yks.	72	72	98
10 000-100 000 yks.	51	51	62
> 100 000 yks.	31	31	36
Tavoitesyvyys	0-6 m	6-12 m	12 m<

## 5.9 Lohkareet

Lohkareiden hintaan vaikuttaa lohkareiden koko. Taulukossa 11 esitetty hinta on lohka-reen poistolle. Lohkarekokoja on muutettu isommaksi, mitä aikaisemmin mainitussa Liikenneviraston ohjeessa on esitetty. Tähän on vaikuttanut ruoppausalusten koon kasvaminen suuremmaksi.

TAULUKKO 11. Lohkareet (1, s. 10)

Koko	Hinta €/kpl
10 m <sup>3</sup> -25 m <sup>3</sup>	3 601
25 m <sup>3</sup> -40 m <sup>3</sup>	8 230
>40 m <sup>3</sup>	9 773

### 5.10 Turvalaitteet

Turvalaittekustannukset sisältävät turvalaitteiden lisäksi niiden perusvarusteet, poijussa ja linjatauluissa valolaitteen, kelluvissa turvalaitteissa painot, ketjut ja sakkelit sekä asennustyön. (1, s. 11.)

### Pojut

Taulukossa 12 on esitetty poijun hinta varusteineen ja asennettuna, sisältäen valolaitteen.

TAULUKKO 12. Poiju (1, s. 11)

Laji	Hinta €/kpl
Jääpoiju	26 747
Poijuviitta	32 700

Taulukossa 13 on esitetty poijun hinta siirrolle/ syvyyden muutokselle.

TAULUKKO 13. Poijun siirto

Laji	Hinta €/kpl
Poijuviitta 225 mm	2 465
Poijuviitta 500 mm	4 930
Poijuviitta 800 mm	7 395

## Viitat

Taulukossa 14 on esitetty viittojen yksikköhinnat varusteineen ja asennuksen kanssa.

*TAULUKKO 14. Viitat (1, s. 11)*

Laji	Hinta €/kpl
Viitta (225 mm valaisematon)	3 601
Suurviitta (500 mm valaistu)	18 003

Taulukossa 15 on esitetty viitan siirron/ syvyydenmuutoksen yksikköhinnat.

*TAULUKKO 15. Viitan siirto*

Laji	Hinta €/kpl
Viitta 225 mm	183
Viitta 500 mm	365
Viitta 800 mm	548

## Linjamerkit

Taulukossa 16 on esitetty linjamerkin yksikköhinnat varusteineen ja maalle rakennettuna.

*TAULUKKO 16. Linjamerkit (1, s. 11)*

Korkeus	Hinta €/kpl
< 6 m	25 718
6-15 m	41 149
15-25 m	66 868
> 25 m	77 155

Veteen rakennettavan linjamerkin hintana voidaan käyttää seuraavassa kappaleessa esitettyä kiinteän reunamerkin hintaa. (1, s. 11)

## Kiinteät reunamerkit

Teräsrakenteisen kiinteän reunamerkin hinta muodostuu konepajalla valmistettavasta merkistä ja sen asennuskustannuksista. Karkeasti ottaen yksikköhintana uudelle kiinteälle reunamerkille voidaan käyttää 600 000 € asennettuna varusteineen. Olemassa olevan reunamerkin ylärakenteen uusimisen yksikköhintana on 100 000 €. (1, s. 11.)

Taulukossa 17 on esitetty reunamerkin yksikköhinnat varusteineen ja asennettuna.

TAULUKKO 17. Kiinteät reunamerkit (1, s. 11)

Laji	Hinta €/kpl
Uusi merkki+ asennus	617 241
Ylärakenteen uusiminen	102 874

### 5.11 Rakennuttajan yleiskustannukset

Rakennuttajan yleiskustannukset koostuvat rakennuttajalle urakan valmistelusta, teettämisestä (rakennuttajakonsultin käytöstä), valvonnasta ja käyttöönotosta sekä mahdollisista seurannoista johtuvista kustannuksista. Yleiskustannuksia voidaan arvioida yhdellä rivillä kustannusosiossa tai se voidaan jaotella ryhmiin, jos tietotaso on tarkempi. (1, s. 12.)

Yleiskustannuksia on perinteisesti arvioitu jonkinlaisella prosenttisuudella urakan kokonaishinnasta esim. 7 %. Prosenttisuus on suurissa urakoissa yleensä pienempi kuin pienissä urakoissa, koska tietyt perusasiat on tehtävä urakan koosta riippumatta. (1, s. 12.)

### 5.12 Kertoimet

Läjäytysaltaisiin määritetään ennalta tietty täyttövelvoitetaso, jota pitää urakoitsijan noudattaa. Mikäli täyttövelvoitetaso on ylempänä kuin proomujen syväystaso, joudutaan ruoppausmassa siirtämään proomusta altaan penkereen yli tai imuruoppaajäläjäytyksellä käyttäen purkuputkistoa. Tässä tapauksessa altaaseen läjittäminen yleensä lisää huomattavasti ruoppauskustannuksia. Tämä huomioidaan massalaskentataulukon läjityskertoimilla, jossa on huomioituna myös läjitettävän massan kuljetusmatka.

Läjityskerroin-taulukon kertoimet perustuvat työn suorittamiseen kuluvaan aikaan. Hinattavan proomun keskimääräinen maksimi kuljetusaika kaukaisimmalta kohteelta on n. 2-3 tuntia. Massan siirto proomusta on esimerkkikohteessa vienyt keskimäärin 2-3 tuntia. Työskentelyajat perustuvat sekä proomuraportteihin että urakoitsijoiden haastatteluihin.

Taulukossa 18 on esitetty kertoimia, jotka ovat suoraan suhteessa työskentelyaikoihin.

**TAULUKKO 18. Läjityskertoimet**

Läjityskertoimet			
Läjitysmenetelmä	kerroin		
Vapaa proomuläjitys/ purkuputkella läjitys	0,9	1	1,1
Massan siirto proomusta	1,1	1,2	1,3
Kuljetusmatka merellä	0-5 000m	5 000-10 000m	>10 000m

## 6 POHDINTA

Ruoppaustyössä kustannukset muodostuvat käytettävästä kalustosta, joiden valintaan vaikuttavia asioita on paljon. Raportissa perehdyttiin niihin asioihin, joilla on vaikutusta ruoppaustöiden resurssien suunnitteluun ja sitä kautta ruoppauksen kustannuksiin.

Tärkeimpinä yksittäisinä tekijöinä nousi pinnalle Suomen maaperän lujuus ja kallioalueiden runsaus, jotka on otettava tarkasti huomioon suunniteltaessa ruoppauskaluston resursseja. Myös hyvin suuria vaikutuksia kustannuksiin vaikuttaisi tuovan läjitysaltaiden rakentaminen ja niihin läjittäminen.

Ruoppaustyön hinnoittelun määrittelyssä nojaututaan pääasiassa pohjatutkimusten tuloksiin, kohdealueiden teoreettisiin massamääriin ja etäisyyksiin. Tällöin lopulliset kustannukset muodostuvat luonnollisella tavalla massalaskennan kautta.

Opinnäytetyön sivutuotteena syntyi toimeksiantajalle massalaskentataulukko, joka perustuu kohdekohtaisiin massamääriin ja yksikköhintoihin. Yksikköhinnat perustuivat pitkälle Liikenneviraston julkaisemaan ohjeeseen ruoppaustöiden hinnoittelusta. Hintojen määrittäminen kulkee käytännössä käsikädessä toteutuneisiin urakoihin perustuen.

Ohjeen hintoja on päivitetty maarakennuskustannusindeksillä tähän päivään. Ohjeen hintoja vertailtaessa viimeaikaisten urakoiden tarjoushintoihin ne vaikuttavat osuvan yllättävän lähelle. Poikkeuksena ovat louhinnan yksikköhinnat. Louhintahinnoittelussa on eniten heittoa, mikä johtuu urakkatarjousten laajasta hintahaitarista.

Laskentaa voisi myös tehdä panoshinnoittelulla, jossa rakennusosien kustannukset jaetaan työpanoksiin. Mielestäni tämä voisi soveltua lähinnä urakoitsijalle käytettäväksi laskentamenetelmäksi. Urakoitsijan on hyvä tietää konekohtaiset kapasiteetit ajallisen tavoitteen arvioimiseksi. Maarakennustyössä kapasiteetit perustuvat yleensä kone-/maalajikohtaiseen luokitukseen.

Ruoppausraportteihin perustuen ruoppausaikojen vaihteluväli voi siltikin heitellä suuresti, vaikka kone ja maalaji olisivat samoja, n. 625 m<sup>3</sup>/h – 111 m<sup>3</sup>/h. Tämä voi johtua esim. ruopattavan massan kerrospaksuudesta.

Työteho yleensä vähenee kerrospaksuuden pienentyessä, koska ruoppauslauttaa voidaan joutua siirtämään useammin verrattuna paksumpaan ottoon. Pienessä kerrospaksuudessa konekohtaiset tehokkuuslukemat voivat suurellakin työkoneella kaventua pieniksi. Ajalliseen tehokkuuteen vaikuttaa myös läjityspaikkojen tilanne, eli joudutaanko etsimään jotain tiettyä läjitykseen sopivaa maalajia ja tietyssä järjestyksessä.

Perustuen mm. edellä mainittuihin asioihin on mietittävä, onko työpanoslaskenta tilaajan tarjousvaiheen laskentatyökaluksi sopiva. Kaiken kaikkiaan kustannusten muodostuminen on tässä raportissakin esitettyä monen tekijän summa ja kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä on mietittävä aina tapauskohtaisesti.

Koska Ruoppaustyö on voimakkaasti pääomavaltaista, on huolellinen esiselvitys ja suunnittelu rahansa arvoista. Yllätykset voivat tulla puolin ja toisin kalliiksi.

## LÄHTEET

1. Vesiväylät – Rakennuskustannusten arviointiohje 2012. Liikennevirasto. Saatavissa: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo\\_2012-16\\_vesivaylat\\_rakennuskustannusten\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2012-16_vesivaylat_rakennuskustannusten_web.pdf). Hakupäivä 7.7.2019.
2. Hartikainen, Olli-Pekka 2000. Maarakennustekniikka. Helsinki: Hakapaino Oy.
3. Jääskeläinen, Raimo 2014. Geotekniikan perusteet. Porvoo: Bookwell Oy.
4. Jääskeläinen, Raimo 2010. Maarakennuksen ja louhinnan perusteet. Porvoo: WS Bookwell Oy.
5. Vuolio, Raimo 2008. Räjätysopas 2008. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
6. Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje 2004. Ympäristöministeriö. 19.5.2004. Saatavissa: [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Ruoppaus\\_ ja\\_lajitysohje\\_uudistuu\(33550\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Ruoppaus_ ja_lajitysohje_uudistuu(33550)). Hakupäivä 1.9.2019.
7. Maarakennuskustannusindeksi – Taulukot 2019. Tilastokeskus. Saatavissa: <https://www.tilastokeskus.fi/til/maku/tau.html>. Hakupäivä 25.6.2019.

## **LIITTEET**

Liite 1 Työmäärät ruoppauskohteilla: Ruoppaus

Liite 2 Työmäärät ruoppauskohteilla: Louhinta

Liite 3 Työmäärät ruoppauskohteilla: Pilaantuneet maat

Liite 4 Työmäärät ruoppauskohteilla: Allas

Liite 5 Työmäärät ruoppauskohteilla: Lohkareet

Liite 6 Työmäärät ruoppauskohteilla: Turvalaitteet

## Ruoppaus

Ruopattavat puhtaat maat ruoppauskohteittain.

Dredging site name	Dredging, layer thickness < 1 m		Risk areas, dredging, layer thickness < 1 m	
	m <sup>2</sup> (theoretical)	layer thickness > 1 m m <sup>2</sup> (theoretical)	m <sup>3</sup> (theoretical)	m <sup>2</sup> (theoretical)
RK1a*	45700			6400
RK1b*	61500			8900
RK1c*	56800			2650
RK1d	53500			-
RK1e*	226600			100
RK2a*	146200			-
RK2b*	64400			350
RK2c*	27450			4350
RK2d*	128550			19900
RK2e*	23550			1300
RK2f*	4500			20
RK3a	40			20
RK3b	11350			300
RK3c	47400			150
RK3d	98700			700
RK3e	121900			600
RK3f	132200			2000
RK4	446700	56200	113900	133200
<b>Total ca.</b>	<b>1697000</b>	<b>56200</b>	<b>113900</b>	<b>181000</b>

## Louhinta

Teoreettisen neliölouhinnan määrät ruoppauskohteittain ja KV-alueittain.

Dredging site name	Rock blasting, layer thickness < 1 m m <sup>2</sup> (theoretical)	KV Area no.	KV Area ca. m <sup>2</sup>	Rock blasting, layer thickness < 1 m	
				m <sup>2</sup> (theoretical)	m <sup>3</sup> (theoretical)
RK1a*	2900	1	19250	600	65
		2	39100	2300	210
RK1b*	3200	3	77400	3200	300
RK1c*	2500	4	14350	2500	540
RK1d	1400	5	20950	1400	200
RK1e*	0	-			
RK2a*	3300	6	31150	3300	330
RK2b*	1700	7	32100	1690	190
		8	1400	10	0
RK2c*	1200	9	24500	1200	120
RK2d*	550	10	13250	550	65
RK2e*	650	11	4250	30	5
		12	28950	620	85
RK2f*	500	13	7950	500	50
RK3a	10	14	2650	10	0
RK3b	950	15	28200	950	80
RK3c	800	16	8250	800	120
RK3d	2500	17	13000	1060	140
		18	12750	1440	230
RK3e	2500	19	13900	2350	370
		20	1950	150	30
RK3f	0	-			
RK4	0	-			
Total ca.	24700		395300		3130

**Pilaantuneet maat**

Dredging site name	Contaminated sediment dredging	Contaminated sediment dredging, layer 0...0,3 m	
	m <sup>2</sup> (theoretical)	m <sup>2</sup> (theoretical)	m <sup>3</sup> (theoretical)
RK4	204200	18200	4550

**Allas**

Penkereiden louheverhous.

Structure name	Heavy slope protection; surface boulders: ≥ 3000 kg m <sup>3</sup> (theoretical)	Heavy slope protection; surface boulders: ≥ 1000 kg m <sup>3</sup> (theoretical)
Quay bund A	18 000	0
Rail bund D	0	11 000
Rail bund K	0	10 000
End bund L	8 000	0
Total ca.	26 000	21 000

Penkereiden tasauskerrokset murskeesta.

Structure name	Crusher-run #0...65 mm m <sup>3</sup> (theoretical)	Crusher-run #0...150 mm m <sup>3</sup> (theoretical)	Filter cloth N4 m <sup>2</sup> (theoretical)
Quay bund A	600	4 000	8 000
Rail bund D	2 100	3 400	7 000
Rail bund K	1 700	4 200	9 000
End bund L	400	0	5 500
Total ca.	4 800	11 600	29 500

**Lohkareet**

Lohkarekartoituksessa kartoitettujen ja tulkittujen lohcareiden määrät kokoluokittain.

Dredging site name	Boulder size 10-25 m <sup>3</sup>	Boulder size 25-40 m <sup>3</sup>	Boulder size >40 m <sup>3</sup>
RK1x	13	0	8
RK2x	29	12	13
RK3x	27	2	2
RK4	0	2	2
<b>Total ca.</b>	<b>69</b>	<b>16</b>	<b>25</b>

## Turvalaitteet

Urakka- alue	Nro	Nimi	Toimenpide	Tyyppi	Laji	Ankk.	Kommentti
RK1c	44773	K 1	Uud.asennus	Poiju- viitta	Oikea	20 t	Asennussyvyys muuttuu
RK1e	44774	K 2	Uud.asennus	Poiju- viitta	Oikea	20 t	Asennussyvyys muuttuu
RK2a	44775	K 3	Uud.asennus	Poiju- viitta	Oikea	20 t	Asennussyvyys muuttuu
RK2a	44777	K 5	Uud.asennus	Poiju- viitta	Vasen	20 t	Asennussyvyys muuttuu
RK2b	44776	K 4	Uud.asennus	Poiju- viitta	Oikea	20 t	Asennussyvyys muuttuu
RK2d	44778	K 6	Uud.asennus	Poiju- viitta	Oikea	20 t	Asennussyvyys muuttuu
RK2e	44779	K 7	Uud.asennus	Poiju- viitta	Oikea	20 t	Asennussyvyys muuttuu
RK3d	44782	K 10	Uud.asennus	Poiju- viitta	Vasen	20 t	Asennussyvyys muuttuu
RK3d	44783	K 11	Uud.asennus	Poiju- viitta	Oikea	20 t	Asennussyvyys muuttuu
RK3f/RK4	44784	K 12	Uud.asennus	Poiju- viitta	Vasen	20 t	Asennussyvyys muuttuu
RK3f/RK4	44785	K 13	Uud.asennus	Poiju- viitta	Oikea	20 t	Asennussyvyys muuttuu
RK4	44788	K 14	Poisto	Poiju- viitta	Oikea	20 t	Korvataan itäpoijuviitalla, paino jätetään pohjaan
RK4	44789	K 15	Poisto	Poiju- viitta	Oikea	20 t	Korvataan itäpoijuviitalla, paino jätetään pohjaan
RK4	44790	K 16	Poisto	Poiju- viitta	Oikea	20 t	Korvataan itäpoijuviitalla, paino jätetään pohjaan

Urakka- alue	Nro	Nimi	Toimenpide	Tyyppi	Laji	Ankk.	Kommentti
RK4			Asennus	Poiju- viitta	Itä	20 t	Uusi turvalaite. Käyte- tään poistetun viitan pai- noa (pohjassa)
RK4			Asennus	Poiju- viitta	Itä	20 t	Uusi turvalaite. Käyte- tään poistetun viitan pai- noa (pohjassa)
RK4			Asennus	Poiju- viitta	Itä	20 t	Uusi turvalaite. Käyte- tään poistetun viitan pai- noa (pohjassa)
RK4			Asennus	Poiju- viitta	Itä	20 t	Uusi turvalaite
RK4			Asennus	Poiju- viitta	Oikea	20 t	Uusi turvalaite*
RK4	44791	K 17	Uud.asennus	Poiju- viitta	Vasen	20 t	Asennussyvyys muuttuu
RK4	44792	K 18	Uud.asennus	Poiju- viitta	Oikea	20 t	Asennussyvyys muuttuu
RK4	44793	K 19	Siirto	Poiju- viitta	Vasen	20 t	Kuoppa uuteen sijaintiin
RK4/ Satama	44794	K 20	Uud.asennus	Poiju- viitta	Vasen	20 t	Asennussyvyys muuttuu
RK4/ Satama	44795	K 21	Uud.asennus	Poiju- viitta	Oikea	20 t	Asennussyvyys muuttuu
Satama	49997	Auto- kumpu1	Uud.asennus	Viitta	Oikea	1,2 t	Asennussyvyys muuttuu
Satama	49998	Auto- kumpu2	Uud.asennus	Viitta	Oikea	1,2 t	Asennussyvyys muuttuu
Satama	49999	Auto- kumpu3	Siirto	Viitta	Pohjoi- nen	1,2 t	Kuoppa uuteen sijaintiin