



ÅBO AKADEMI INSTITUTIONEN FOR BIOLOGI
Porthansgatan 3, 20500 Åbo 50, Finland, tel. 921-335133

15-102/82.11.5

RUOPPAUSTÖIDEN VAIKUTUKSET RANNIKKOALUEIDEN TILAAN
JA KALATALOUTEEN

Väliraportti Tie- ja Vesirakennushallitukselle

Turku 04.11.1982

Olof Karlsson

Olof Karlsson, FM

Erkki Leppäkoski

Erkki Leppäkoski
apul.prof.

SISÄLLYSLUETTELO

	sivu
1. JOHDANTO	1
1.1. Tausta	1
1.2. Ruoppausten tarve Suomessa	1
1.3. Ruoppausten vaikutukset ympäristöön	2
1.4. Nykyinen lainsäädäntö ruoppaus- toiminnasta	4
1.4.1. Vesilaki	4
1.4.2. Itämeren sopimus	6
1.4.3. Ruoppausasioiden nykyinen käsittely	7
1.5. Ruoppausmenetelmät	9
1.6. Ruoppausmassojen läjittäminen	10
2. RUOPPAUSTYÖT SUOMESSA AJALLA 1968-82	12
2.1. Laajus	12
2.2. Ympäristövalvonta ruoppausten yhteydessä Suomessa	14
2.2.1. Todettuja vaikutuksia veden laatuun	16
2.2.2. Ravinteiden ja raskasmetallien vapautuminen	22
2.2.3. Biologiset muuttujat	25
2.2.4. Vaikutukset kalatalouteen	28
3. KANSAINVÄLISET TUTKIMUKSET	31
3.1. Samenemisvaikutus ja sen seuraukset	31
3.2. Mahdolliset ympäristömyrkyt ruoppausten yhteydessä	33
3.2.1. Raskasmetallit	34
3.2.2. Ravinteet	36
3.2.3. Orgaaniset yhdisteet	37
3.2.4. Ympäristömyrkyjen rikastuminen biologiseen materialiin	38
3.3. Biologiset vaikutukset	40

3.3.1.	Vaikutukset planktoniin	40
3.3.2.	" pohjaeläimistöön	41
3.3.3.	" kalaan	42
4.	EHDOTUKSIA TARKKAILUOHJELMASTA	44
5.	MAHDOLLISUUDET YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN VÄHENTÄMISEEN	47
	LIITE 1(1-12)	
	LIITE 2(1-4)	

1. JOHDANTO

1.1. Tausta

Tie- ja vesirakennushallitus on solminut tutkimussopimuksen Åbo Akademin kanssa tarkoituksenaan selvittää ruoppaustöiden vaikutukset rannikkoalueiden tilaan ja kalatalouteen. Tutkimuksen tavoitteena on koota olemassa oleva tieto ruoppaus- ja läjitystöiden vaikutuksista vesiekosysteemin rakenteeseen ja toimintaan, sekä vesialueen tilaan ja kalatalouteen.

Tutkimus rajoittuu Suomen rannikkoalueisiin, mutta sisältää myös yhteenvedon käytettävissä olevasta kansainvälisestä tietoa-aineesta. Vaikutusten laajuus, levinneisyys sekä kesto arvioidaan, huomioiden mahdollisuuksien mukaan ruoppausmenetelmä, pohjan laatu ja vesialueen erityispiirteet. Tutkimustulosten pohjalta tehdään ehdotus seurantaselvityksestä. Edelleen tehdään katsaus ympäristöhaittojen vähentämisen- ja rajoittamismahdollisuuksiin sekä täydentävän tutkimuksen tarpeesta.

Tutkimuksen suorittaa fil.mag. Olof Karlsson Åbo Akademin biologian laitoksella prof. Erkki Leppäkosken johdolla. Työn arvioidaan valmistuvan 31. tammikuuta 1983.

1.2. Ruoppausten tarve Suomessa

Laajoja ruoppaustöitä suoritetaan vuosittain rannikolla, saaristossa ja satamissa. Ajanjaksolla 1968-82 ruopattiin Suomessa kaikkiaan n. 20 milj. m³ (työt makeissa vesissä ei mukaanlaskettu). Ruoppausten tarkoituksena on tavallisesti vesialueen syventäminen ammattimaista merenkulkua sekä kalastus- ja vapaa-ajan veneitä varten. Jossain määrin rakennetaan uusia väyliä ja satamia, mutta yleensä kyseessä on jo olemassa olevien satamien ja väylien perusparannuksia. Ruoppauksia on myös suoritettu ympäristönparanustarkoituksessa, mm. ruopataan liettyneitä jokisuistoja ja rannikkoalueita veden vaihtuvuuden parantamiseksi ja tulvien estämiseksi. Tulevaisuudessa voivat myös umpeen kasvaneiden merenlahtien entisöimisruoppaukset ja ruoppaukset vesialueiden vapauttamiseksi voimakkaasti likaantuneista

sedimenteistä tulla ajankohtaisiksi.

Turvalliset ja merenkulkukelpoiset väylät ovat taloudellisesti erittäin merkittäviä Suomelle. Merikuljetusten osuus koko ulkomaankaupan kuljetuksista on ollut koko 1970-luvun aikana yli 80%, ja lisäystä on todettu sekä tavaramäärässä että merenkulun osuudessa kuljetuksista. Suuri määrä satamia (47 kpl) ja Suomen yleisesti ottaen matala rannikko sekä laaja saaristo asettavat suuria vaatimuksia väylille ja satamien tuloväylille sekä näiden kunnossapidolle. Tanskan salmien väyliä syventäminen 15 m:iin sallii yhä suurempien ja syvemmillä kulkevien laivojen tulon maahan, ja vuonna 1980 ainoastaan Sköldvikin väylällä oli vastaava syvyys. Syvennettyjen väyliä ja satamien tarvetta on painotettu useammalta taholta. Voimakkaasti lisääntynyt vapaa-ajan veneiden määrä aiheuttaa myös lisääntyneen pienvenesatamien ja -väyliä tarpeen. Lounais-Suomessa arvioidaan 1980 olleen n. 22.000 vapaa-ajan venettä (Varsinais-Suomen seutukaavaliitto 1974), kun taas koko rannikolla arvioidaan olevan n. 100.000 vapaa-ajan venettä (RITVANEN 1970).

Ruoppausten tarve tulevaisuudessa voidaan hyvin perusteiden olettaa pysyvän samalla tasolla kuin viimeisten kymmenen vuoden aikana, tai kasvavan jossain määrin. Merenkulkuhallituksen kymmenvuotissuunnitelman mukaan ajalle 1983-1992 tullaan kaikkiaan ruoppaamaan 29 eri väylää tällä ajanjaksolla - kaikkiaan n. 4 milj. m³. Väyläruoppaukset ajalla 1968-82 olivat samaa suuruusluokkaa (kts. luku 2.1.). Näiden meriväyläruoppausten lisäksi käsittää merenkulkuhallituksen suunnitelma 27 eri rakennuskohdetta Suomenlahden ja Saaristomeren yhteysliikenneväyliä parantamiseksi, sekä kaikkiaan 47 eri kohdetta pieneneväylien parantamiseksi. Suunnitelmiin sisältyy edelleen määrittämätön määrä töitä rannikon nippuhinausväyliä kehittämiseksi.

1.3. Ruoppausten vaikutukset ympäristöön

Väyliä ja satamien ruoppauksilla voi olla suuri merkitys vesiensuojelun kannalta. Ruoppaus merkitsee, että kerros pohjasedimenttiä kasvustoineen ja eläimistöineen poistetaan ja läjitetään toiseen paikkaan. Tämä aiheuttaa jyrkkiä muutoksia biologisille yhdyskunnille ruoppaus- ja läjitysalueilla.

Myös monet fysikaalis- kemialliset tekijät muuttuvat ja täten myös veden laatu. Kaikilla näillä muutoksilla voi olla sekä välittömiä että pitkäaikaisia vaikutuksia vesialueen hyödyntämiseen muihin tarkoituksiin.

Pohjasedimenttien mekaanisen sekoittumisen yhteydessä syntyy enemmän tai vähemmän voimakas veden samentuminen. Tiettyä aikana vapautuu myös ravinteita, happea kuluttavia orgaanisia yhdisteitä, erilaisia myrkkyyjä ja raskasmetalleja, jotka luonnollisten prosessien kautta ovat rikastuneet sedimenttiin. Erityisesti satamien ruoppauksen yhteydessä on ympäristömyrkköjen leviämisen vaara suuri. Yleisesti huonontuneen veden laadun ja ruoppauksien epäsuorien vaikutusten pelätään aiheuttavan haittoja lähinnä kalastukselle ja virkistykselle sekä rajoittavan veden käyttöä raakavetenä.

Mahdollisimman luonnontilaisen rannikkovyöhykkeen ja saariston säilyttäminen on välttämätöntä erityisesti ammatti- ja vapaa-ajan kalastukselle. Rannikkoseutu, erityisesti matalampi osa, jossa suuri osa ruoppauksista tehdään, kuuluu maapallon tuotteliaimpiin alueisiin. Korkea perustuotanto muodostaa perustan rikkaalle eläinesiintymille, lähinnä kaloille, ylemmillä trofi-asteilla. Matalat rannikko- ja saaristoalueet muodostavat hyvin tärkeitä kutu- ja poikastuotantoalueita monelle taloudellisesti arvokkaalle kalalajille, mm. turskalle, kampelalle, silakalle, siialle, haulle ja ahvenelle. Ruotsalaiset tutkimukset ovat osoittaneet, että rannikkovyöhyke tuottaa 40-50 kg ruokakalaa/ha vuosi (ROSENBERG & al 1979), kun taas USA:ssa on arvioitu, että 63% kaupallisesta kalasaaliista on riippuvainen rannikkoalueista (MCHUGH 1966). Jokainen ruopattu tai täytetty alue tulee vähentämään rannikkoalueen kalatuotantoa.

Ruoppauksien aiheuttamat muutokset sekä mahdolliset vaikutukset vesiekosysteemiin:

1. Ruoppauksen/läjityksen mekaaninen vaikutus
 - alkuperäinen kasvisto ja eläimistö tuhoutuu
 - lisääntynyt eroosion vaara, koska sitova kasvillisuus puuttuu
 - kalaravinnon tuotanto pienenee
 - kaikkiin biologisiin yhdyskuntiin kohdistuu stressiä

2. Muuttunut pojatopografia

- eläimistön ja kasviston palautuminen voi vaikeutua
- sopivia kutu- ja poikastuotantoalueita saattaa tuhoutua
- muuttuneita virtausolosuhteita
- eroosio- ja sedimentoitumisolosuhteiden muuttuminen
- heikentynyt veden vaihtuminen saattaa johtaa hapettomiin olosuhteisiin, josta aiheutuu mm. ravinteiden vapautuminen

3. Sedimentin suspensoituminen

- biologisiin yhdyskuntiin aiheutuu stressiä
- huonontunut hapenottokyky mm. kaloilla
- vaikuttaa eläimistön käyttäytymiseen ja lisääntymiseen, mm. kalan kutuvaelluksiin ja parvikäyttäytymiseen
- vaikuttaa kalamädin kehitykseen
- voi aiheuttaa makuvirheitä kaloissa

4. Veden laadun muuttuminen

- vaikuttaa happiolosuhteisiin ja ravinteihin
- lisääntynyt levätuotanto, rehevöitymisvaikutuksia
leväkukinnot voivat aiheuttaa makuvirheitä kaloissa
- vaikuttaa veden käyttökelpoisuuteen virkistykseen ja raakavetenä

5. Sedimenttiin sitoutuneiden ympäristömyrkkyjen vapautuminen

- raskametalleja, kloorattuja hiilivetyjä ym voi vapautua, levitä ja rikastua biologiseen materiaaliin

1.4. Nykyinen lainsäädäntö ruoppaustoiminnasta

1.4.1. Vesilaki

Mitään erityismääräyksiä tai lakeja, jotka koskevat ainoastaan ruoppausta ja ruoppausmassojen läjitystä ei Suomessa ole. Toimintaa säätelee Vesilaki, lähinnä VL 1:12-15, 1:30, 2, 4:5-6 ja 4:8. Laki jättää kuitenkin paljon tulkinnanvaraa, ja maallikko eksyy helposti pykäläviidakkoon.

Ruoppaustyöt suoritetaan yleensä VL 1:30 nojalla, jonka mukaan jokaisella, joka kärsii haittaa matalikosta tai muusta siihen verrattavasta, vesis-

tössä olevasta esteestä, on oikeus ilman erikseen hankittavaa lupaa poistaa se, mikäli toimenpide ei aiheuta VL 1:12-15:ssa tarkoitettua muutosta tai seurausta eikä työn suorittamisesta johdu vesialueen omistajalle huomattavaa haittaa. Tällaisia vesialueen muutoksia ovat tilapäinen tai pysyvä sulkeminen tai muu käytön estäminen, sekä vesistön aseman, syvyyden, vedenkorkeuden muutos, joka saa aikaan vahinkoa toisen vesialueelle, kalastukselle, maalle, rakennukselle tai muulle omaisuudelle, huonontaa vesistön puhdistuskykyä, vaikeuttaa yleisen kulku- tai uittoväylän käyttämistä, taikka muulla edellä mainittuun verrattavalla tavalla loukkaa yleistä etua. Jos niin ollen on syytä olettaa, että tällaisia muutoksia suunnitellusta ruoppaushankkeesta, tulee vesioikeuden lupa hakea hankelle. Nykyinen tilanne on, että arviointitausta joka valaisisi ruoppaustoiminnan aiheuttaman biologisten ja ekologisten vaikutusten laajuutta puuttuu.

Vesilain 2:ssa luvussa on edelleen vahvistettu, missä tapauksessa lupia ruoppaustöihin tai muuhun vesistön rakentamiseen tulee myöntää, sekä millä tavalla työ tulee suorittaa. Tässä luvussa todetaan mm., että rakentaminen on, mikäli sen tarkoitus ilman kustannusten kohtuutonta lisääntymistä hankkeen kokonaiskustannuksiin ja aiheutettavaan vahinkoon verrattuna voidaan saavuttaa, suoritettava siten, ettei yrityksestä aiheudu vältettävissä olevaa vahinkoa, haittaa tai muuta edunmenetystä rannan tai vesialueen omistajalle, ja näin ollen kalastuksen harjoittaminen vaikeudu, yleistä tai yksityistä etua ei loukata, vesistön puhdistuskykyä huononnetta enempää kuin tarkoitettun tuloksen saavuttamiseksi on välttämätöntä, samoin kuin myös siten, että vesistön erilaiset käyttämisedut vastedeskin voidaan tyydyttää mahdollisimman vähäisessä määrin supistettuna. Tämä momentti koskee myös niitä tapauksia joihin vesioikeuden lupaa ei tarvita! Toisessa luvussa vahvistetaan edelleen, että lupaa hankkeeseen älköön myönnettäkö jos hanke vaarantaa yleistä terveydentilaa, aiheuttaa huomattavia muutoksia ympäristön luonnonsuhteissa taikka suuresti huonontaa paikkakunnan asutus- tai elinkeino-oloja. Lupaa voidaan kuitenkin myöntää mikäli yritys hyötyisän tai suojaavan tarkoituksensa vuoksi on tarpeen vesialueen tai sen rannalla olevan kiinteistön hyväksikäyttöä tai muuta hyödyllistä taloudellista toimintaa varten. Vaikkakin suunnitellun ruoppaustyön voidaan odottaa aiheuttavan huomattavaa vahinkoa, voidaan lupa myöntää mikäli hankkeesta saatava hyöty on siitä aiheutuvan hait-

taan tai vahinkoon huomattava.

Täten on vesioikeus yleensä myöntänyt lupaa ruoppaustöihin seuraavin perustein:

- että hanke ei aiheuta huomattavia tai laajalle ulottuvia vahingollisia muutoksia ympäristön luonnonsuhteissa
- että ruoppaus on välttämätöntä vesialueen tai sen rannalla olevan kiinteistön järkiperaistä hyväksikäyttöä varten
- suunnitellusta hankkeesta saatava hyöty on huomattava siitä johtuvaan vahinkoon, haittaan ja muuhun edunmenetykseen verrattuna

1.4.2. Itämeren sopimus

Ruoppaustoimintaa säätelee myös jossain määrin ne kansainväliset sopimukset jotka Suomi on hyväksynyt ja allekirjoittanut. Näistä on Itämerensopimus (Helsinki 1974) laajin ja täten tärkein tässä yhteydessä. Tämä sopimus koskee vain vesialuetta sisäisen aluevesirajan ulkopuolella. Käytännöllisesti katsoen kaikki ruoppaustyöt Suomessa on suoritettu tämän rajan sisäpuolella. Lähitulevaisuudessa voi kuitenkin tulla ajankohtaiseksi lähinnä ruoppausmassojen läjittäminen tämän rajan ulkopuolelle, kauemaksi merelle, koska sisemmät matalammat kulkuvedet ja rannikkoalueet tuntuvat olevan alttimpia tämän toiminnan haittavaikutuksille. Nämä alueet ovat hyvin tärkeitä lisääntymisalueita suurelle osalle taloudellisesti tärkeistä kalakannoista Itämeressä, ja näin ollen tärkeitä suojelukohteita. Itämerensopimuksen mukaan on kaikenlainen läjittäminen mereen kielletty, poikkeuksena ruoppausmassat. Ruoppausmassojen läjitykseen kansainvälisiin vesiin, t.s. aluevesirajan ulkopuolelle, vaaditaan neuvotteluja itämeritoimikunnan kanssa ja erityinen lupa. Tämä ei ole ollut ajankohtaista Suomessa. Läjittäminen aluevesirajan sisäpuolelle (=alumerelle), mutta sisäisen aluevesirajan ulkopuolelle (sopimus ei koske vesiä tämän rajan sisäpuolella), vaaditaan Itämerensopimuksen mukaan kansallisten vesienvalvontaviranomaisten lupa. Ruoppausmassojen läjittäminen tälle alueelle on ollut ajankohtaista Suomessa vain kahdessa tapauksessa, ja silloinkin oli kysymys hyvin pienistä määristä. Sopimuksessa on suunta- viivoja luvan myöntämistä varten tällaiselle läjittämiselle, näistä voidaan mainita, etteivät ruoppausmassat saa sisältää huomattavia määriä

mm. DDT:tä, PCB:tä tai niiden yhdisteitä, elohopeaa, kadmiumia ym. metalleja, kloorattuja hiilivetyjä, tai erilaisia torjunta-aineita. Luettelo näistä kielletyistä aineista on hyvin laaja, ja näin ollen vaaditaan tarkkoja kemiallisia analyyskejä sedimenteistä. Näiden rajoitusten tarkoituksenmukaisuus voidaan asettaa kyseenalaiseksi, koska useinkaan ei ole syytä olettaa näiden aineiden esiintyvän ruoppausmassoissa. Lupia myönnettäessä ruoppausmassojen läjitykseen tulee huomioida myös vesialueen käyttö muihin tarkoituksiin, mm. kalastukseen ja virkistykseen, kuin myös tietoja veden laadusta (hydrografia, vesikemia, biologiset muuttujat).

1.4.3. Ruoppausasioiden nykyinen käsittely

Tähän tutkimukseen sisältyneestä 84 ruoppaushankkeesta, jotka Tie- ja vesirakennushallitus on teettänyt ajalla 1968-82 on vesioikeuden lupaa anottu ja myönnetty ainoastaan 11 tapauksessa. Muut TVH:n työt ei ole katsottu sellaisiksi, että ne voisivat aiheuttaa ympäristöhaittoja, ja on näin ollen suoritettu ilman vesioikeuden lupaa VL 1:30 nojalla. Ainoastaan 10 tapauksessa kaikista TVH:n ruoppauksista on valituksia tai korvausvaatimuksia esitetty. Viidessä tapauksessa on korvauksia maksettu, joista yhdessä tuhoutuneesta rysästä, yhdessä museoviranomaiselle sekä kolmessa tapauksessa pienentyneiden kalansaaliiden tai muuten estyneen kalastuksen johdosta. Nämä korvaukset on laskettu ennen ruoppausta ja ruoppauksen aikana saatujen saalistietojen nojalla.

Kaikki ruoppaustyöt jotka sisältyvät tähän raporttiin, eivätkä ole TVH:n suorittamia, on suoritettu vesioikeuden luvalla. Pienet ruoppaustyöt, jotka on suoritettu ilman vesioikeuden lupaa tai ilman valvojan viranomaisen tietoa, jäävät siten tämän tutkimuksen ulkopuolelle. Voidaan kuitenkin todeta, ettei silloinkaan, kun on ollut kyse suurista ruoppaushankkeista ole tullut mitään valituksia tai vahingonkorvausvaatimuksia. Tämä johtunee osittain siitä, että nämä ruoppaukset on suurelta osalta suoritettu satamissa tai näiden läheisyydessä, jossa alueen käyttö kalastukseen tai virkistykseen muusta syystä on vähäinen.

Kaikista raporttiin sisältyneistä ruoppaustöistä, riippumatta siitä oliko vesioikeuden lupa katsottu aiheelliseksi tai ei, on sovittu vesi-

enomistajien, kalastajien ja muiden intressiryhmien kanssa läjityspaikoista, korvauksista, ym. Ainakin kaikissa suurissa töissä on pyydetty lausunto valvovalta vesiviranomaiselta, ts. vesipiirien vesitoimistoilta, kaupunkien vesilautakunnilta, yms, jotka ruoppaussuunnitelman, mahdollisten ennakkoselvitysten sekä aikaisempien kokemusten nojalla arvioivat, onko syytä epäillä hankkeen aiheuttavan haittoja ympäristölle, jolloin vesioikeuden lupa on tarpeellinen. Valitusten vähäinen määrä osoittaa vallitsevan järjestelmän toimivan tyydyttävästi. Mahdolliset pitkä- tai lyhytaikaiset ympäristölle aiheutuneet haitat tulee kuitenkin huomioida ja tutkia, myös vaikkei ihminen näistä suoranaisesti kärsikään. Myös ajattelun mahdollisuuksia arvioida ja korvata mahdolliset ennalta aavistamat haittavaikutukset, tulee jonkinlainen valvonta suorittaa kaikissa suurissa suurissa ruoppauksissa, myös niissä tapauksissa, joissa haitat eivät näytä todennäköisiltä ja vesioikeuden lupaa ei katsota välttämättömäksi.

Lupien myöntämisessä ruoppauksia ja ruoppausmassojen läjittämistä varten on suuressa määrin kysymys arvioida toisaalta hyöty ja toisaalta mahdolliset ympäristöhaitat, ja tavallisesti kysymys ratkeaa suunnitellun työn eduksi. On yleensä helppoa arvioida ja todistaa suoranainen taloudellinen hyöty syvennetystä tai muuten parannetusta väylästä tai satamasta, mutta on vaikeaa arvioida numeroissa luontoa ja siinä tapahtuvat muutokset. Siksi suunnittelussa ja päätöksenteossa syntyy usein ristiriitoja toisaalta luonnonsuojelun, kalastuksen ja ulkoilun sekä toisaalta merenkulun ja teollisuuden etujen välille. Tänäpäin vallitsee tietty epätietoisuus ja eriväviä mielipiteitä esiintyy siitä miten ruoppausasiat parhaiten pitäisi käsitellä. On hyvin vaikeaa ennakoita ympäristöhaittojen vaara ilman relevantteja taustatietoja ja perusteellisia tietoja kemiallisista ja biologisista muutoksista ja prosesseista, joita tällaisten toimenpiteiden yhteydessä tapahtuu. Meriympäristötoimikunnan komiteamietinnössä (H:KI 1975:103) on ehdotettu muutosta vesilakiin ruoppauskysymyksissä, jonka seurauksena kaikki ruoppaustoiminta saatettaisiin luvanvaraiseksi. Ottaen huomioon tulokset saatavilla olevista tutkimuksista ruoppausten ympäristövaikutuksista, voidaan tätä tuskin katsoa perustelluksi ja jokin joustavanpi ja tehokkaanpi menettelytapa voitaneen laatia.

1.5. Ruoppausmenetelmät

Ruoppausmenetelmän valinta on pääasiallisesti taloudellinen kysymys, mutta valintamahdollisuuksia rajoittaa pohjan koostumus, syvyys, kuljetusmatkat, mahdolliset läjittämispaikat, ym. käytännölliset seikat. Ympäristönäkökohdat voivat myös puhua jonkun tietyn ruoppausmenetelmän puolesta. Eri ruoppausmenetelmistä johtuvia ympäristövaikutusten välisiä eroja ei kuitenkaan ole tyydyttävästi selvitetty.

Periaatteessa voidaan erottaa kahta eri ruoppausmenetelmää, kauha- ja imu-ruoppausmenetelmä. Nämä voidaan edelleen jakaa eri tyypeihin.

Kauharuoppaajista erotetaan yleensä kahmariruoppaaja (grab-, clamshell-, hopper-dredger) ja ketjukauharuoppaaja (bucket-dredger). Kauharuoppaajat on tavallisesti sijoitettu itsekulkevalle tai hinattavalle proomulle, lautalle tai ponttoonille. Ruoppaajat on ankkuroitu 3-4 ankkurilla (tai maakiinnityksin) tai seisoo 3-useammalla tukijalalla. Ankkuroinnin avulla ruoppaaja siirretään eteenpäin. Ruoppausmassat lastataan tavallisesti proomuihin, joilla ne myös kuljetetaan läjitys paikalle. Pojaolosuhteista riippuen varustetaan ruoppaaja eri suuruisin kauhoin -jotkut toimivat hydraulisesti, mikä lisää työtehoa.

Pisto- ja kauharuoppaaja sopii sekä pehmeän pohjan (liete, savi, siltti, hiekka) että karkean ja kovemman pohjan (moreeni, sora, kivilohkareet, louhikko) ruoppaamiseen. Tarkkuus on hyvä ja sekoittuminen on suhteellisen pieni. Suurin työskentelysyvyys tämän tyyppisillä ruoppaajilla on Suomessa n. 5-17 m, kun taas suuremmat ruoppaajat ulkomailla pääsevät 20 m syvyyteen. Suorituskyky on 3 m³ kauhalla n. 90 m³/h, ja 5 m³ hydraulisella kauhalla n. 300 m³/h.

Kahmariruoppaajat soveltuvat lietteen, saven sekä eri louhikkolajien ruoppaamiseen. Tämä menetelmä on usein ainoa mahdollinen suurilla syvyyksillä, mutta tehokkuus pienenee nopeasti mentäessä yli 25 m:n syvyyksiin. Suurin työskentelysyvyys ulkolaisilla ruoppaajilla on 50-60 m. Ruopattaessa liejua 3 m³ kauhalla 5-6 m:n syvyydessä on suorituskyky n. 100-150 m³/h. Tarkkuus on tällä menetelmällä hyvä ja sekoittuminen kohtuullinen.

Imuruoppaajat on tavallisesti varustettu leikkauspäällä, joka leikkaa irti pohjamateriaalin, joka yhdessä suurten vesimäärien kanssa imetään ylös voimakkaiden keskipakopumppujen avulla. Ruoppausmassat kuljetetaan läjityspaikalle tavallisesti putkien välityksellä. Ainoastaan pehmeitä sedimenttejä (liete, savi, lieju, siltti, hiekka) voidaan ruopata tällä menetelmällä. Suurin ruoppausvyvyys Suomessa on 15-17 m, pisin kuljetusmatka putkilla ilman välipumppuasemia on 2-3 km. Ruoppausteho on suuri, mutta ruopatun materiaalin suuresta vesipitoisuudesta, 80-90%, johtuen syntyy tilavuudeltaan hyvin suuria ruoppausmassoja. Sameneminen on suuri, varsinkin ruoppauspaikan pohjavedessä ja läjitysalueella. Imuruoppausmassat läjitetään usein pengerettyihin sedimentoitumisaltaisiin maalle, mikä voi olla vaikea ja kustannuksia nostava järjestely.

1.6. Ruoppausmassojen läjittäminen

Huolellisesti valitun läjittämismenetelmän ja -paikan avulla voidaan vesiympäristölle aiheutuvat haittavaikutukset vähentää ja rajoittaa. Ruoppausmassat voidaan läjittää:

- vapaasti veteen
- täytemateriaalina maihin
- penkerein eristettyyn alueeseen veteen
- penkerein eristettyyn alueeseen maihin

Yksinkertaisin ja tavallisesti halvin vaihtoehto on vapaasti veteen, mitä Suomessa tavallisesti käytetään. Ruoppausmassat kuljetetaan yleensä proomuilla ja tästä syystä on kuljetusmatkan pituudella usein taloudellisesti ratkaiseva merkitys. Mahdollisten ympäristövaikutusten laajuus riippuu massojen koostumuksesta ja läjityspaikan luonteesta. Tällöin tulee huomioida seuraavia tekijöitä:

- ruoppausmassojen tilavuus
- alueen veden laatu ja alueen käyttö virkistykseen, kalastukseen ja raakavesilähteenä
- syvyys- ja virtausolosuhteet materiaalin leviämistä ajatellen
- läjityksen ajankohta kalojen kutuaikaa ajatellen

- mahdollisuus vaikutusten pienentämiseen ja rajoittamiseen

Ruopatun materiaalin käyttökelpoisuus täytemateriaalina maissa on usein rajoitettu koostumuksensa, mm. korkean vesipitoisuutensa, johdosta. Karkeampia materiaaleja, kuten hiekka, sora ja louhikko, voidaan kuitenkin hyvin käyttää hyödyksi esim. rakennettaessa satamia ja laitureita. Tämä edellyttää, että kuljetusmatkat ovat suhteellisen lyhyet.

Varastoiminen pengerrettyihin alueisiin veteen tai maihin on lähinnä ajankohtaista imuruoppauksissa. Näissä tapauksissa ruopattu materiaali on niin pehmeää, että tarvitaan suhteellisen paksuja ja vankkoja penkereitä estämään massojen leviäminen. Ylimääräinen vesi täytyy johtaa pois altaista. On tärkeää, että viipymä altaassa on tarpeeksi pitkä, jotta suspensoitu kiintoaine ehtii sedimentoitua (vähintään 1 vrk). Tätä voidaan nopeuttaa lisäämällä kemikaaleja, esim. alumiiniumsulfaattia. Vuodon estämiseksi ovat vaatimukset penkereiden kestävydestä suuret. Sopivien alueiden löytyminen voi olla vaikeaa, koska altaiden on oltava hyvin suuria, (vähintään 3 kertaa ruopattavan määrän tilavuus) eivätkä kuljetusmatkat saa ylittää 2-3 km:ä. Nämä altaat rumentavat maisemaa suuressa määrin ja uudelleenkäyttömahdollisuudet ovat vähäiset kohtuullisessa ajassa.

2. RUOPPAUSTYÖT SUOMESSA AJALLA 1968-82

2.1. Laajuus

Ruoppaustoiminnan laajuus Suomessa 1970- ja 80-luvulla on kartoitettu mahdollisimman tarkasti ottamalla yhteys tärkeimpiin tällaisten töiden suorittajiin sekä keräämällä tietoja niistä. Nämä ovat Tie- ja vesirakennushallitus, joka suorittaa ruoppaukset merenkulkuhallituksen vahvimmilla virallisilla väylillä, sekä rannikkokaupunkien ja suurempien teollisuuslaitosten, kuten telakoiden ja voimalaitosten satamat. Tietoja satamien ruoppauksista on saatu osittain vesipiirien vesitoimistoilta, jotka toimivat valvovina viranomaisina, sekä osittain eri kaupungeilta ja teollisuuslaitoksilta. Kaikki pienemmät ruoppaukset, esim. vapaa-ajan asutuksen, pienvene- ja kalasatamien ruoppaukset jäävät täten tämän selvityksen ulkopuolelle. Nämä lukumäärältään todennäköisesti vallitsevat ruoppaukset aikaansaavat harvoin ruoppausmassoja jotka ylittävät $10\ 000\ m^3$:ä. Näiden töiden mahdollisten vaikutusten voidaan olettaa olevan paikallisia ja pieniä, mutta niillä voi olla merkitys yksittäiselle kalastajalle tai muulle paikallisväestölle. Väyliä ja suurempien satamien ruoppaukset aikaansaavat yleensä ruoppausmassoja jotka tilavuudeltaan ylittävät $100\ 000\ m^3$:ä.

Ajalla 1968-82 ruopattiin Suomen rannikolla kaikkiaan arviolta $22\ milj.\ m^3$:ä. (teoreettinen kiinteä tilavuus), joka jakautuu 187 eri työlle (taulukko 1). Näistä on 84 merenkulkuhallituksen väylätyötä. Tilavuudelta suurimpien ruoppausten suorittajat olivat Helsingin, Turun ja Oulun kaupungit, kaupunkien teollisuudet lukuunotettuina. Viralliset väyläruoppaukset muodostivat ainoastaan 18-19% ruopatusta kokonaistilavuudesta. Huomattava ero TVH:n lukumääräisessä ja tilavuudellisessa osuudessa ruoppaustoiminnasta (taulukko 1) johtuu tietysti määrin siitä, että selvitys käsittää kaikki TVH:n työt, myös pienet ruoppaukset, kun taas muut tutkimukseen sisältyvät ruoppaukset ovat suhteellisen laajoja, ja ovat yleensä vaatineet vesioikeuden lupaa. Kartoitusta täydennetään syksyn 1982 aikana.

I. TVH:			
- Uudenmaan piiri	657.150	24	
- Turun piiri	1.394.800	32	
- Vaasan piiri	1.331.800	13	
- Oulun piiri	620.000	14	
- Keski-Pohjanmaan piiri	100.000	1	
II. Muut hankkeet: ¹⁾			
- Kymen lääni	380.000	1	
- Uudenmaan lääni	3.667.000	12	(+13)
- Turun ja Porin lääni	1.331.650	18	(+ 5)
- Pohjanmaan lääni	275.000	1	
- Oulun lääni	2.742.560	11	(+ 3)
- Lapin lääni			
III. Rannikkokaupunkien ilman Vo:n lupaa tekemät ruoppaukset:			
- Helsinki, hiekanotto	1.742.655	12	
muut ruoppaukset	n. 5.000.000	12	
- muu Uusimaa	417.000	6	
- Turku	n. 1.560.000	12	
- muu Turun ja Porin lääni			
- Pohjanmaa	458.000	4	
- Oulun lääni			
	YHTEENSÄ:	22.177.615	166 (+21)

Taulukko 1. Ruoppaustoiminta Suomessa vuosina 1968-83.
Ruopattu määrä, m³ kiinteä teoreettinen, sekä kpl.
erillisiksi katsottavat työt (suluissa olevat luvut
tarkoittavat pieniä hankkeita, joista ruopattu massa-
määrä ei ole saatu selville)

1) tiedot saatu vesipiireiltä. Kaikki työt siis tehty
Vo:n luvalla. Luvut eivät sisällä TVH:n tekemät
ruoppaushankkeet

2.2. Ympäristönvalvonta ruoppausten yhteydessä Suomessa

Tiedot mahdollisista ennakkoselvityksistä ja seurantatutkimuksista on saatu Tie- ja vesirakennushallituksen eri piireiltä ja vesipiirien vesitoimistoilta. Tätä on täydennetty ottamalla yhteys rannikkokaupunkeihin, tiettyihin teollisuuslaitoksiin sekä seuraaviin alalla oleviin konsultti-
liikkeisiin:

- Keskuslaboratorio Oy
- Maa ja Vesi Oy
- Kala ja Vesitutkimus Oy
- Pohjanmaan Tutkimuspalvelu Oy
- Pohjois-Suomen Vesientutkimustoimisto Oy
- Vesi-Hydro Oy
- Lounais-Suomen Vesiensuojeluyhdistys r.y
- Kymijoen Vesiensuojeluyhdistys r.y

Edelleen onlausuntoja ja näkökohtia pyydetty seuraavilta kalastusjärjestöiltä:

- Åbolands Fiskarförbund
- Nylands Fiskarförbund
- Österbottens Fiskarförbund
- Pohjanmaan Kalastusseurojen liitto
- Perämeren Kalastajien keskusliitto
- Uudenmaan Kalatalouspiiri
- Varsinais-Suomen Kalastajaliitto

Tietoja tullaan täydentämään syksyn 1982 aikana.

Ainoastaan 34:ssä kaikkiaan 187:stä tutkimukseen otetusta ruoppaushankkeesta on annettu lausunto tai tehty jonkinlainen selvitys tai tutkimus mahdollisista vaikutuksista vesiympäristöön (taulukko 2), neljä hanketta koskee jokisuistoja, kolme on vielä suunnitteluvaiheessa (tehdään suunnitelman mukaan vuonna 1983) tai ei loppuun saatettuja töitä (saatetaan loppuun todennäköisesti 1983 aikana). Tämä merkitsee sitä, että mahdollisia vaikutuksia on pääasiassa arvioitu 27 rannikolla tehdyn tutkimuksen perusteella. Seurantatutkimusten laajuus ja sisältö vaihtelee suuresti näytteenottotaajuuden, näytteenottopaikkojen lukumäärän ja

1. Inkoon hiilijatama ja tuloväylän (13 m) ruoppaus, TVH ja Imatran Voima Oy 1981-82.
2. Salo Uskelajoen veneväylän kunnossapito (2.5 m) TVH 1979.
3. Kemiön Norrlångvik, sataman ja tuloväylän ruoppaus (4.2 m) TVH ja Lohja Oy 1983- .
4. Turku, Pansion telakka ja tuloväylän ruoppaus (14.2 m) Valmet Oy 1978.
5. Turku, Pernon telakka ja tuloväylän ruoppaus, Wärtsilä Oy 1975-76.
6. Uusikaupunki, veneväylät (10 n, 7 m - Hepokari) TVH 1979 ja 1981.
7. Rauman väylä (9 m), TVH 1977-81.
8. Rauma, sataman laajennus Rauman kaupunki ja Holming Oy 1976-78.
9. Olkiluoto, sataman ja tuloväylän ruoppaus (5 m), Teollisuuden voima Oy - Industrins Kraft Ab 1975.
10. Pori, Mäntyluoto, koeruoppaus, Wärtsilä Oy 1982.
11. Pori, Tahkoluodon väylä (15.3 m), TVH 1983-
12. Pori, Kokemäenjoen kunnossapitoruoppaus, Vesihallitus 1979-80.
13. Kristiinankaupunki, hiilijataman ruoppaus, Pohjolan Voima Oy 1982.
14. Vaasa, sataman ja tuloväylän (9.0 m) ruoppaus, Vaasan kaupunki ja TVH 1979-80.
15. Pietarsaari, sataman tuloväylän (10.2 m) ruoppaus, TVH 1981.
16. Kokkolan sataman tuloväylän (11 m) ruoppaus, TVH 1976.
17. Kokkola, sataman ruoppaus, Kemira Oy 1979-80.
18. Rahjan satama ja tuloväylän (8.5 m) ruoppaus, Kalajoen kunta ja TVH 1981-82.
19. Raahen sataman tuloväylän (7.8 m) ruoppaus, Raahen kaupunki 1979-80.
20. Raahen veneväylä, kaupunki 1973.
21. Oulun etäläsatama, Oulun kaupunki 1970.
22. Oulun etäläsatama ja Nuottasaaren öljysatama, Oulun kaupunki 1972-73.
23. Oulun Hartaanselän nippuhinausväylä (3.5 m), Metsähallitus 1972-73.
24. Oulun Nuottasaaren tehtaan nippuvarastoallas, Oulu Oy 1979.
25. Oulun Hietasaaren pienvenesatama, Oulun kaupunki 1973.
26. Oulun Rajahaudan venesatama, Oulun kaupunki 1978-79.
27. Oulun Vihreäsaaren joukkotavarasatama, Oulun kaupunki 1979-80.
28. Perämeren nippuhinausväylä, TVH 1975.
29. Oulu-Kemin rannikkoväylä (10 m), TVH 1972.
30. Kemi, Ajoksen väylä (10 m) TVH 1973-74.
31. Kiiminkijokisuun kunnossapitoruoppaus, Vesihallitus 1978.
32. Olhavajokisuun " " 1981.
33. Hiastinhaaran " " 1981.

Taulukko 2. Ruoppaushankkeet vuosina 1968-82 joiden mahdolliset vaikutukset vesiympäristöön on selvitetty

analysoitujen muuttujien suhteen. Painopiste on yleensä ollut rutiini-luontoisissa kemiallisissa vesianalyyseissä, kun taas puhtaasti biologisiin muuttujiin on kiinnitetty vain vähäistä huomiota. Kalastuksen taloudellisesta merkityksestä huolimatta on suhtellisen harvoja tutkimuksia tehty ruoppausten seurauksista. Ei myöskään ole tutkittu muuttuneen vedenlaadun vaikutusta biologisiin yhdyskuntiin.

Ennakkoselvitysten ja seurantaohjelmien sisällöstä ja laajuudesta on yhteenveto liitteessä 1. Taustatiedot näistä ruoppaustöistä on annettu liitteessä 2.

Standardisoidun seurantatutkimuksen puuttuminen aiheuttaa sen, etteivät tulokset ole aivan vertailukelpoisia, ja siten on vaikeaa arvioida mm. ruoppausmenetelmän, -ajankohdan, pohjalajin ja muiden ympäristötekijöiden merkitystä vaikutusten keston ja laajuuteen. Tutkimustulosten tulkintaa vaikeuttaa sitäpaitsi usein muiden kuormituslähteiden vaikutus. Tämä koskee erityisesti rannikon läheisyydessä olevien alueiden, esim. satamien ja niiden tuloväylien ruoppausta. Kyseessä olevan vesialueen hydrograafiset erityisolosuhteet määräävät suuressa määrin mahdollisten ympäristövaikutusten keston ja laajuuden ruoppauksissa ja ruoppausmassojen läjityksissä.

2.2.1. Todettuja vaikutuksia veden laatuun

Sameneminen, kiintoainepitoisuus ja näkösyvyys

Pohjamateriaalin mekaanisen sekoittumisen yhteydessä tapahtuu vesialueen samenemista. Tämä on ruoppausten ja ruoppausmassojen läjityksen näkyvin seuraus. Sameutta voidaan mitata sameusyksiköissä (FTU), kiintoainepitoisuutena (mg/l) tai näkösyvyytenä (dm,m), ja se on suuresti riippuvainen sää- ja virtausolosuhteista sekä jossain määrin ruoppausmenetelmästä ja sedimentin hiukkaskoosta. Tuloksiin vaikuttavat myös alueella tapahtuvat muut päästöt, makean veden virtaukset alueelle sekä planktonlevien vuodenaikavaihtelut.

Vaihtelevan laajuisia samenemiskartoituksia on tehty käytännöllisesti katsoen kaikkien ruoppaustutkimusten yhteydessä. Kaikki käytettävissä olevat

tutkimustulokset viittaavat siihen, että samenemisilmiö on lyhytaikainen ja paikallinen. Mitään huomattavaa eroa eri ruoppausmenetelmien aiheuttamien vaikutusten välillä ei ole todettu. Huomattavaa samenemista esiintyy tavallisesti 100-1000 m:n säteellä työpaikalta, ja samenemista kestää enintään pari viikkoa. Sameneminen näyttää olevan voimakkaampaa läjityspaikan läheisyydessä, erityisesti imuruoppauksessa. Vaikutukset ruoppauspaikalla vaikuttavat pieniltä - ainoastaan vähäistä näkösyvyyden huononemista on todettu 100-400 m:n etäisyydellä ruoppaajista, esim ruopattaessa Vaasan ja Raahen väyliä ja tuloväyliä. Myös kiintoainepitoisuuden kohoaminen on yleensä kohtuullista (taulukko 3), ainoastaan muutamia korkeita pitoisuuksia on ajoittain todettu, ja nekin tavallisesti pohjavesissä. Suspensoituneen materiaalin sedimentoituminen näyttää olevan suhteellisen nopeaa. On myös osoitettu laboratoriokokeissa, että veden selkeytyminen sekä melkein täydellinen sedimentoituminen tapahtuu 1-3 vuorokaudessa (taulukko 4).

Pohjavedessä voi esiintyä pitemmän ajanjakson aikana suurella alueella kohonneita kiintoainepitoisuuksia, ajoittain on todettu hyvinkin korkeita (200-300 mg/l) pitoisuuksia. Ruoppaus imuruoppaajalla näyttää aiheuttavan pohjavedessä voimakkaampaa samenemista, kun taas vaikutus pintaveteen on pienempi ja selkeytyminen tapahtuu nopeasti. Esim. Vaasan ja Kokkolan väylän imuruoppauksissa mitattiin 260-397 mg/l suuruisia kiintoainepitoisuuksia pohjavedessä, kun kauharuoppauksissa ovat korkeimmat mitatut kiintoainepitoisuudet olleet 30-50 mg/l (mm. Rauman väylä, Oietarsaaren väylä, ja Rajahauta pienvenesatama).

Imuruoppausmassojen läjittäminen tapahtuu tavallisesti pengerrettyihin altaisiin, mikä suuressa määrin rajoittaa niiden vaikutuksia vesialueisiin. Huomattavaa samenemista voidaan kuitenkin todeta rajoitetulla alueella altaiden edustalla, osittain siksi, että tiettyä vuotoa penkereiden läpi tapahtuu, ja osittain koska altaista tulevan ylivuotoveden on osoitettu sisältävän hyvin korkeita kiintoainepitoisuuksia, sekä myös ravinteita ja rautaa (taulukko 6).

Veden aiheuttamasta kuormituksesta huolimatta on sen vaikutus vesialueeseen todettu pieneksi, lähinnä veden hyvän vaihtuvuuden ja laimenemisen vuoksi

	ennen ruoppausta	ruoppauksen aikana
Inkoo		1,0-13
Salo	9.5-65	12 -48
Raisio	0.7-35	1.0-170
Airisto		
Kemiö		
Turku	7.0-64	11.2-27
Rauma		1.2-23
Pori/Kokemäenj.		4.2-42
Pietarsaari	9.3-11.3	5.0-37.3
Kokkola		0.6-260
Rahja		
Raahe	0.8-1.6	9.0-15
Oulu/syväsät.	1.0-8	1.0-20
Oulu/Nuottasat.	7.5-31.5	1.0-51.6
Oulu/Hietasat.	0.8-3.6	5.2-22.4
Oulu/nippuv.		
Oulu/Vihreäsät.	0.8-3.8	1.2-78
Oulu/Rajahauta		6.4-116
Oulu-Kemi	1.0-2.0	2.0-13
Kemi/Ajos		0.8-31.6
Vaasan väylä	2.6-8.7	1.0-18
Vaasan satama	0.6-10.3	1.4-265
Suomenlahti	3.4-6.7	
Saaristomeri	4.1-9.1	
Pohjanmeri	3.5-9.3	
Pohjanlahti	2.8-3.5	

Taulukko 3. Kiintoainepitoisuudet (mg/l) ennen ruoppausta ja ruoppauksen aikana eri työkohteessa, verrattuna keskiarvoon Suomen rannikolla v. 1966-70 (eri syvyyksillä).

	kiintoaine- pitoisuus	sedimentoitu määrä
Kemiö/Norrlångvik	-	n. 98%
Oulu/Kemi	20 mg/l	-
Oulu/Vihreäsaari	1-42 mg/l	-
Oulu/syväsät.	8-52 mg/l	-
Kokemäenjoki	-	n. 95%
Pori/Tahkoluoto	11-52 mg/l	99.0-99.9%

Taulukko 4. Kiintoainepitoisuus (mg/l) ja sedimentoitu määrä (% k: pitoisuudesta kokeen alussa) vuorokauden kuluttua laboratorioskokeissa.

	A		B		
	pinta	pohja	pinta	pohja	
Vaasan satama	20	265 mg/l	116	39 mg/l	Rajah.
Vaasan väylä	21	397 mg/l	29	29 mg/l	Pietars.
Kokkolan väylä	45	260 mg/l	11	52 mg/l	Rauma

Taulukko 5. Korkein mitattu kiintoainepitoisuus (mg/l) pinta- ja pohjavedessä ruoppauksen aikana A) imuruoppausmenetelmällä ja B) kauharuoppausmenetelmällä.

	kiinto- aine (mg/l)	rauta (mg/l)	kok-P (μ g/l)	Hg (μ g/l)
Raahe	24- 178	3.8- 5.2	118-205	0.1
Oulu/vihers.	46-2772	3.3-104	179-3514	
Vaasa	1203	11	1209	
Kokemäenj.	5-4100	0.7-220	64-5100	0.1
Oulu/syväs.	71	3.66	48	0.13

Taulukko 6. Kiintoaine- (mg/l), rauta- (mg/l), fosfori- (kok-P μ g/l) ja elohopeapitoisuudet (μ g/l) läjitysaltaiden ylivuotovedessä.

Sameuden aiheuttamat muuttuneet valo-olosuhteet tulevat suoraan vaikuttamaan kasviplanktonin tuotantotasoon ja mahdollisesti myös koostumukseen. Sameus ja kohonnut kiintoainepitoisuus vaikuttavat myös veden käyttökelpoisuuteen raakavetenä sekä kalastukseen ja virkistykseen. Samenemisen biologisia vaikutuksia, esim. kalojen ja muiden eliöiden käyttäytymiseen ja lisääntymiseen on tutkittu puutteellisesti.

Sähkönjohtavuus, pH- ja happiolosuhteet.

Pohjasedimentit sisältävät vaihtelevia määriä orgaanista materiaalia, joka ruoppauksen ja läjityksen yhteydessä joutuu kiertoon. Tämän hajaantuessa kuluu happea, mikä alueilla, joissa on seisovaa vettä tai ennestään huonot happiolosuhteet voi johtaa täydelliseen happikatoon sekä vaikuttaa pH- ja ionitasapainoon. Tavallisesti lisääntynyttä hapenkulutusta tasapainottaa planktonlevien tuotanto, ilman hapen liukeneminen veteen ja vedenkierto. Ruopattaessa ja läjitettäessä veden kerrostuneisuusajanjakson aikana kesällä voi lisääntynyt hapen tarve aiheuttaa happivajausta pohjavedessä. Tutkimustulokset viittaavat kuitenkin siihen, ettei ruoppauksella eikä ruoppausmassojen läjityksellä ole mitään vaikutusta happi-, pH- tai ionitasapainoon. Kaikki vesianalyysit ovat antaneet alueelle luonteenomaisia arvoja ja normaalia vuodenaikavaihtelua on todettu.

Rauta

Kaikissa ruoppaustutkimuksissa on todettu selvää rautapitoisuuden kohoamista. Korkeita rautapitoisuuksia on tavallisesti mitattu korkeiden kiintoainepitoisuuksien yhteydessä, ja suuren osan voidaan olettaa olevan sitoutunutta sedimenttihiukkasiin. Rauta on tyypillinen makean veden aineosa, ja on vaikeaa erottaa ruoppaustöiden vaikutukset makean veden virtaus vaikutuksista. Normaali rautapitoisuus on 0.1-0.4 mg/l, kun taas ruoppausten yhteydessä on mitattu 0.5-2.5 mg/l suuruisia pitoisuuksia (taulukko 7) ja läjitysalueiden virtausvesissä pitoisuuksia aina 200 mg/l asti (kts. taulukko 6). Ruoppausten jälkeen näyttää suhteellisen nopea palautuminen normaalille tasolle tapahtuvan. Kohonneiden rautapitoisuuksien vaikutuksia eliöstötasolle ei ole tutkittu Suomessa.

	ennen ruoppausta	ruoppauksen aikana
Kemi/Ajos	0.08-0.12	0.30-1.82
Oulu-Kemi	0.08-0.12	0.05-0.40
Oulu/Vihreäsaari	0.15-0.28	0.13-2.5
Oulun syväsatama	0.22-0.79	0.15-0.98
Vaasan väylä	0.21-0.32	0.08-0.47
Vaasan satama	0.11-0.44	0.04-2.5
Kokemäenjoki		0.55-2.4
Raahe	0.06-0.09	0.09-0.97
Suomenlahti	0.03-0.07	
Saaristomeri	0.05-0.23	
Pohjanmeri	0.03-0.17	
Pohjanlahti	0.04-0.06	

Taulukko 7. Rautapitoisuudet (mg/l) ennen ruoppausta ja ruoppauksen aikana eri työkohteesta, verrattuna kesäkeskiarvoon Suomen rannikolla (1 m syvyydellä ja pohjavedessä) (KORHONEN 1973).

2.2.2. Ravinteiden ja raskasmetallien vapautuminen

Luonnolliset prosessit vesiekosysteemeissä johtavat mm. ravinteiden ja raskasmetallien rikastumiseen pohjasedimenttiin. Ruoppauksen ja ruoppausmassojen läjittämisen yhteydessä on vaara, että nämä aineet vapautuvat uudelleen, leviävät ja rikastuvat ravintoketjuihin.

Tutkittaessa ruoppausvaikutuksia Suomessa on tavallisesti tehty ainoastaan kokonaistyyppi-, kokonaisfosfori- ja elohopeamääriä vesimassasta. Joissakin tapauksissa on tarkempia sedimenttimääriä suoritettu, huomioiden useimpien raskasmetallien esiintymisen. Muutamia laboratorionkokeita on tehty sen selvittämiseksi, missä määrin nämä aineet liukenevat sedimenttiin mekaanisen työstämisen yhteydessä.

Ravinteet

Suomen ajankohtaisten ruoppauskohteiden sedimenttien on tavallisesti todettu sisältävän suhteellisen pieniä määriä ravinteita. Ravinnetaso on ollut lähellä puhtaiden rannikkoalueiden normaalitasoa (taulukko 8.). Laboratorionkokeet viittaavat siihen, että suhteellisen pieni osa sedimentteihin sitoutuneista tai liityneistä ravinteista liukenee veteen mekaanisen sekoittumisen yhteydessä. Fosforia vapautuu tavallisesti vähemmän kuin 0.1% ja enimmäismäärältään 3.9%, kun taas typpeä vapautuu hieman suurempia määriä (taulukko 9).

Ravinnetason tietty kohoaminen on täten todennäköinen ruoppaustöiden yhteydessä. Kohonneita pitoisuuksia vesimassassa on todettu lähinnä fosforin kohdalla (taulukko 10). Suuria fosforipitoisuuksia on usein todettu suurten kiintoainepitoisuuksien yhteydessä, minkä vuoksi osan fosforista voidaan olettaa olevan sitoutunut kiintoaineseen. Vastaavaa, mutta vähemmän selvää typpipitoisuuden kohoamista on paikoittain todettu. Tutkimustulosten tulkintaa vaikeuttaa ravinteiden suuri luonnollinen vaihtelu. Kok-P ja kok-N määrä luonnontilaisilla rannikkoalueilla on tavallisesti 10-40 µg/l fosforilla, ja tyypellä vastaavasti 2-300 µg/l, kun taas rannikon läheisyydessä oleville enemmän tai vähemmän kuormitetuille vesialueille tulee käyttää huomattavasti korkeampia vertailulukuja. Ravinnetason kohoaminen näyttää olevanlyhytaikainen, ja suhteellisen nopea palautuminen normaali-

tasolle on todettu. Ravinteet palautuvat sedimentteihin sitoutumalla biologiseen materiaaliin ja sorbtoitumalla kiintoaineeseen. Mitään huomattavaa tai pitkäaikaista levätuotannon kohoamista ei ole todettu, ja ruoppaustöiden aiheuttama väliaikaisesti kohonnut ravinnekuormitus muodostaa tavallisesti osuuden joka voidaan jättää huomiotta, verrattuna muihin kuormituslähteisiin. Alueilla, missä typpi- ja fosforipitoisuudet normaalioloissa ovat pieniä, ja ovat siten tuotantoa rajoittava tekijä, voidaan todeta väliaikaista tuotannon nousua. Jos olosuhteet muutenkin ovat suotuisat, voi ikäviä levien kukintoja esiintyä.

Läjitettäessä ruoppausmassoja sedimentoitumisaltaisiin on ylivuotoveden todettu sisältävän hyvin korkeita pitoisuuksia eteenkin fosforia - aina 5000 µg/l asti (kts taulukko 6). Tämän kuormituksen vaikutusta vesialueeseen altaiden läheisyydessä ei ole tutkittu tyydyttävästi, mutta laimeneminen ja sorbtio näyttävät estävän pitkäaikaisia rehevöitymisvaikutuksia. Korkeita perustuotantoarvoja on kuitenkin mitattu mm. Vaasan läjitys- altaan edustalla. Myös tämä vaikutus on ilmeisesti paikallinen ja lyhyt- aikainen.

	kok-N	NO ₃ -N	kok-P	liuk-P (PO ₄ -P)
Inkoo	1.7-4.4		0.31-0.97	
Salo	0.7-2.7		0.8 -1.1	0.0003-0.0004
Kemiö	5.4-6.4		0.84-0.86	0.0004-0.0011
Turku			1.09-4.2	
Raisio		91-142	0.8 -1.6	0.16-0.73
Airisto		11-20	0.6-1.45	0.01-0.03
Pori/Tahkol.			1.6	
Oulu/syväsät.	0.08-0.51		0.31-0.97	
Oulu/Vihreäs.			0.16-0.73	
Oulu-Kemi	0.39-0.45		0.08-0.019	

Taulukko 8. Sedimenttien ravinnepitoisuudet (g/kg kuiva-ainetta) eri ruoppauskohteesta.

	kok-N	PO ₄ -P	kok-P
Salo	+3.8-7.0	-0.08- -0.03	-0.1- +0.3
Kemiö			+0.8- +1.4
Raisio			0.1
Airisto	1.1-1.7	1.4 -3.9	0.0- 0.035
Pori	0.043-0.95		0.008-0.18

Taulukko 9. Ravinteiden liukenevuus ruoppausmassoista veteen laboratorioskokeissa (JUMPPANEN 1975, 1979, 1981, VIRTANEN 1973).

	kok-P, µg/l		kok-N, µg/l	
	ennen	seuranta	ennen	seuranta
Inkoo	15-42		213-480	
Salo	37-300	46-192	700-2600	690-2400
Raisio	26-447	11-1800	180-1400	350-5000
Airisto	18-39	21-39	100-480	300-460
Turku	30-190	46-420	-	580-1700
Rauma	-	9-19	-	-
Kokemäenj.	43-99	43-100	550-1500	530-1700
Pietarsaari	10-21	12-100	-	-
Kokkola	-	5-158	-	420-1200
Raahe	10-20	-82	-	200-800
Oulun syvä.	32-88	5-82	500-800	200-900
Oulu/Nuottas.	11-140	21-198	230-630	190-510
Oulu/Hietas.	21-23	24-152	317-360	297-821
Oulun nippuv.	27-104	39-102	600-700	400-600
Oulu/Vihreäs.	11-67	16-104	-	-
Oulu/Rajah.	-	17-155	-	-
Oulu-Kemi	7-21	11-35	230-400	190-420
Kemi/Ajos	-	15-38	-	207-674
Vaasan väylä	16-30	10-54	-	-
Vaasan satama	9-12	10-85	-	-
Suomenlahti	10.6-82.9		250-390	
Saaristomeri	11.2-27.2		210-320	
Pohjanmeri	5.3-27.0		240-290	
Pohjanlahti	4.6- 8.6		200-230	

Taulukko 10. Ravinnepitoisuudet vedessä (µg/l) ennen ruoppausta ja ruoppauksen aikana, verrattuna eri merialueiden kesäkeskiarvoon vuosilta 1966-70 eri syvyyksissä (KORHONEN 1973)

Raskasmetallit

Raskasmetallipitoisuudet sedimenteissä Suomen rannikoilla ovat yleensä pienet. Ainoastaan satamien yhteydessä ja muutamien teollisuuslaitosten edustalla on mitattu kohoneita, paikoittain hyvin korkeita raskasmetallipitoisuuksia (taulukko 11). Lounais-Suomen Vesiensuojeluyhdistyksen suorittamien laboratoriokokeiden mukaan vapautuu näitä yhdisteitä kuitenkin pienissä määrin (JUMPPANEN 1975, 1979, 1981) sedimenttien mekaanisessa sekoittumisessa. Vain elohopeaa vapautuu huomattavia määriä, 15-50%, kun taas lyijyä vapautuu vain 0.5-1.0%, kromia 0.04%, sinkkiä 0.5-5.0%. Tutkimukset Kokemäenjoen joensuiston ruoppauksesta osoittavat, että elohopeaa adsorptoituu huomattavasti kiintoaineeseen, ja ainoastaan vähäpätöinen määrä liuenneesta elohopeasta jää vesimassaan. Vuorokauden pituisen sedimentoitumisen jälkeen sisälsi vesinäyte suoritetun kokeen mukaan ainoastaan 0.1-0.2 µg Hg/l. Pitoisuudet luonnontilaisissa vesissä ovat 0.1-0.5 µg/l. Kokkolan väylää ruopattaessa mitattiin 0.16-6.5 µg/l, Oulu-Kemi väylän ruoppauksessa 0.2-1.0 µg/l, Oulun syväsataman ruoppauksessa 1.12 µg/l, monessa muussa tapauksessa pienempiä, mutta kuitenkin selviä elohopeapitoisuuksien kohoamisia. Tämä osoittaa, huolimatta laboratoriokokeiden tuloksista, että huomattava osuus sedimenttien elohopeasisällöstä vapautuu ruoppauksen yhteydessä. Kuinka pitkäaikainen tämä vaikutus on ja kuinka vapautunut elohopea sitoutuu ja leviää ravintoketjuissa, sitä ei ole Suomessa tutkittu tyydyttävästi.

2.2.3. Biologiset muuttujat

Tutkittaessa mahdollisia ruoppausvaikutuksia vesiympäristöön on kasviplanktonin perustuotanto ollut tavallisesti ainoa huomioitu biologinen muuttuja. Kasviplankton ei ole suuremmissa määrin suoraan altis ruoppauksen tai ruoppausmassojen läjityksen vaikutuksille, vaan on epäsuoraan altis vedenlaadun muutosten, kuten huonontuneen näkösyvyyden ja kohonneen ravintotason kautta. Kasviplanktonin perustuotantoa käytetään myös hyvin yleisesti vedenlaadun ja rehevöitymisasteen mittana. Kasviplankton on nopea reagoimaan ja suhteellisen herkkä vedenlaadun ja muiden ympäristöolosuhteiden muutoksiin, mutta palautuminen tilapäisten ja lyhytaikaisten häiriöiden jälkeen on myös suhteellisen nopeaa.

	Hg	Pb	Cr	Zn	Cu	Cd
Inkoo	0.01-0.21	14-130	21-47	80-440	19-52	
Salo	0.04-0.09	25-35	28-51	150-300		1.0 - 1.1
Kemiö	0.02-0.25	25-35	40	100-120		1.4 - 1.6
Raisio	0.08-3.3	15-85	18-36	97-313		0.17-0.18
Airisto	0.11-0.35	24-740	10-13	95-605		0.11-0.92
Turku						
Rauma	0.01-0.04					
Uusikaup.	0.14-0.51	42-61	50-62	150-570	27-95	2.0 - 9.0
Kokemäenj.	0.14-4.1	10-114	22-106	36-560	17-270	1.0 -11
Pori	0.02-4.5	3-120	11-93	37-570	10-280	0.05-11
Pietars.	0.06-0.17	0.9-3	1.6-19	19-43	3.5-9	0.06-0.4
Oulu/Vihr.	0.23-1.5					
Oulu/syväs.	0.8 -2.6					
Puhtaita alueita:						
Pori	<0.1	10-50	10-30	50-160	10-30	0.2-0.5
Kokkola				13-268	2.7-33	0.3-0.5
Uusikaup.		12-27	6.7-14	44-66	12-17	0.1-0.4
Koverhar		33			28	
E-Itämeri		20	90	120	38	0.27
Likaantuneita alueita:						
Kokkola				44-269	26-42	0.4-6.4
Helsinki		70-320	36-79	76-566	30-209	2.5-5.6
Koverhar		22-462		103-1805	8-63	

Taulukko 11. Ruoppausmassojen raskasmetallipitoisuudet (mg/kg), verrattuna alueisiin, joita on luonnehdittu puhtaiksi sekä likaantuneiksi (HÄKKILÄ 1980)

Enemmän tai vähemmän rehevöityneissä rannikkovesissä ovat ruoppaustöiden vaikutukset tuotantotasoon olleet vähäisiä. Luonnollinen vaihtelu on kuitenkin hyvin suuri, niin eri vuodenaikojen kuin myös lyhyempien ajanjaksojen välillä, ja tuotantoa ohjaavat suuri määrä tekijöitä. Mahdollisten vaikutusten arviointi tulisi perustua tiheisiin näytteenottoihin, jotka voivat antaa luotettavia keskiarvoja ajalle ennen ruoppausta, ruoppauksen aikana ja ruoppauksen jälkeen. Tällaisia tietoja ei ole Suomessa tehdyistä tutkimuksista. Laboratoriokokeet Oulun syväsataman ruoppauksen yhteydessä viittaavat siihen, että tuotanto aluksi laskee samenenemisen vuoksi, mutta kasvaa sitä mukaa kun kiintoaine sedimentoituu.

	Perustuotantokyky, mg C/m ³ d	
	ennen	työn aikana
Salo	680-1360	600-1190
Raisio	202-1042	280-840
Airisto	87-136	77-155
Rauma		93-131
Vaasan satama		138-365
Vaasan väylä		70-241
läjitysalue		162-379
Pietarsaari	100-330	71-450
Oulu/Hartaans.	144-206	134-886
Oulu/Nuottas.	232-1244	56-1033

Taulukko 12. Perustuotantokyky (mg C/m³d) ennen ruoppausta ja ruoppauksen aikana eri työkohteesta.

Tulokset kenttätutkimuksista eivät näytä mitään selvää kehityssuuntaa. Suuria tuotantoarvoja on mitattu Halikonlahdessa (Salo) ja Raisionlahdessa sekä Oulun edustalla (Hartaanselkä, Nuottasaari), mutta arvot ovat luonteenomaisia voimakkaasti kuormitetuille, reheville merenlahdille, eikä niiden voida varmuudella sanoa aiheutuneen ruoppaustöistä. Suhteellisen korkeat tuotantoarvot Vaasan läjitysalueen edustalla ovat kuitenkin todennäköisesti seurausta ravintopitoisen veden vuodosta altaasta. Tämän tuotannon kohoamisen kesto on kuitenkin epäselvää.

Kohonnut levätuotanto vähentää lähinnä veden käyttökelpoisuutta raakavetenä sekä käyttöä kalastukseen ja virkistykseen, voi aiheuttaa haju- ja makuvirheitä kaloissa sekä lisää hapenkulutusta pohjavedessä ja syvänteissä.

Voimakkaimmat ja pitkäaikaisimmat ruoppausten ja ruoppausmassojen läjityksen vaikutukset kohdistuvat pohjaeläimistöön (benthos). Alkuperäiset yhdyskunnat tuhoutuvat ja palautuminen on aikaa vievä, useasta tekijästä riippuvainen prosessi. Pohjaeläimet ovat suhteellisen pitkäikäisiä ja soveltuvat siten hyvin vaikutusten ja muutosten tarkkailuun pitkällä tähtäimellä. Pohjaeläimet ovat myös tärkeitä ravinto-organismeja monelle kalalajille ja auttavat huomattavassa määrin ravinteiden kiertokulussa veden ja sedimentin välillä. Ruoppaustutkimukset ovat vain muutamassa harvassa tapauksessa huomioineet pohjaeläimistöön kohdistuneet vaikutukset. Muutama kartoitus on tehty ennakkoselvitysten yhteydessä, mutta tilannetta ruoppausten tai läjitysten aikana tai niiden jälkeen ei tavallisesti ole seurattu. Raisonlahden ruoppauksen yhteydessä tehtiin varsinaisen seurantaohjelman ulkopuolella laaja tutkimus pohjaeläimistöä ja sen palautumisesta, sekä tekijöistä jotka tätä ohjaavat (BONSDORFF 1979). Myös Inkoon väylän seurantaohjelmaan sisältyy pohjaeläimistötutkimuksia, mutta tulokset näistä tutkimuksista eivät ole saatavilla.

2.2.4. Vaikutukset kalatalouteen

Kalastuksen taloudellisesta merkityksestä huolimatta on suhteellisen harvoja perusteellisia tutkimuksia tehty ruoppaustöiden välittömien ja pitkäaikaisten kalastoon kohdistuneiden vaikutusten määrittämiseksi. Kala on osa ekosysteemiä johon melu, veden sameneminen ja lisääntynyt kiintoainepitoisuus, suspensoituneen pohjamateriaalin sedimentoituminen, muuttunut pohjatopografia, lisääntynyt levätuotanto tai rehevöityminen, raskasmetallien ja muiden ympäristömyrkköjen rikastuminen voidaan olettaa vaikuttavan voimakkaasti.

Johtuen kalan liikkuvuudesta ja suuresta määrästä tekijöitä jotka vaikuttavat kalakantojen ja kalasaaliiden suuruuteen, vaaditaan suhteellisen laajoja ja pitkäaikaisia tutkimuksia ruoppausten ja ruoppausmassojen läjittämisen aiheuttamien haittavaikutusten selvittämiseksi. Kalastustutkimuksissa joita on tehty ruoppaustöiden yhteydessä (5kpl + 1 suunniteltu

+ 5 ennakkoselvitystä) on painopiste ollut saaliskehityksen kartoittamisessa. Muutamassa tapauksessa on makutestejä ja raskasmetallianalyysejä, lähinnä elohopea-analyysejä tehty. Yleensä on todettu, että on vaikeaa varmuudella määrittää yhteyttä ruoppaustöiden ja kalansaaliiden mahdollisten muutosten välillä.

Kalansaaliiden huomattavaa pienenemistä on huomattu lähinnä rysäkalastuksessa. Tätä on todettu Rauman väylätöiden yhteydessä, sekä myös jossain määrin Vaasan väyläruoppauksissa. Rysäkalastus on tavallisesti sidottu määrättyihin kalastuspaikkoihin, ja koska silakoiden on todettu välttävän sameaa vettä, vaikuttavat ruoppaustyöt kalastukseen työkohteiden läheisyydessä. Ruoppaustyöt ja liikenne tämän yhteydessä ovat joissakin tapauksissa estäneet joidenkin kalastuspaikkojen hyödyksikäyttöä. Selviä vaikutuksia silakan, siian, kuhan, hauen ym. verkkokalastukseen ei ole voitu osoittaa.

Kalastusvälineiden lisääntynyt likaantuminen on todettu useimmissa ruoppaustutkimuksissa. Likaantuminen johtuu pääasiassa veden lisääntyneestä kiintoainepitoisuudesta, mutta voidaan myös ajatella sen aiheutuvan kohonneesta levätuotannosta ravinteiden vapautumisen yhteydessä. Kalastusvälineiden likaantuminen pyydysten pyyntitehokkuutta ja lisää kalastajien työtaakkaa.

Tutkimuksia ruoppaustöiden mahdollisista pitkäaikaisista vaikutuksista, esim. samenessen ja lisääntyneen kiintoainepitoisuuden vaikutuksista kutuvaelluksiin ja käyttäymiseen sekä mädin kehitykseen ei ole suoritettu. On luultavaa, että tällaisia haittavaikutuksia syntyy, mutta epävarmaa, jos ne ovat sen laajuisia, että haittoja muodostuu uudelleen asuttamiselle ja kalastolle. Vaaravyöhykkeessä on lähinnä silakan kevätkutuu, kuhan kutuu alkukesällä sekä siian syyskutuu.

Analyysejä kalan raskasmetallipitoisuuksista on tehty neljässä tutkimuksessa. Koska tietty raskasmetallien vapautuminen sedimenteistä esiintyy ruoppausten yhteydessä, on tärkeää selvittää missä määrin nämä myrkyt vapautuvat ja rikastuvat eliöstöihin ym, ajatellen terveydellistä vaaraa käytettäessä kalaa ravinnoksi. Korkeita pitoisuuksia, lähinnä elohopeaa, on huomattu Porin edustalla, 0.06-0.65 ppm, kun taas Oulun edustalla on

mitattu 0.06-0.10.ppm:n pitoisuuksia. Yli 0.5 ppm:n pitoisuuksia sisältävät kalat luokitellaan ihmisravinnoksi kelpaamattomiksi. Suuria pitoisuuksia on huomattu tavallisimmin petokaloissa, lähinnä haussa. Miten suurissa määrin todetut raskasmetallipitoisuudet kalassa johtuvat ruoppauk-
ustöistä, ja kuinka suuri osuus tulee muista kuormituslähteistä on kuitenkin epäselvää.

Myös muutama tutkimus makuvirheiden esiintymisestä kalassa ruoppaus-
töiden yhteydessä on tehty. Ainoastaan minimaalisia ja tilastollisesti ei
merkitseviä eroja on osoitettu ruoppausalueiden ja luonnontilaisten alueiden
kalojen välillä. Laboratoriokokeet näiden tutkimusten yhteydessä osoittivat
kuitenkin, että kalat selvästi karttavat sameaa vettä. FAO:n normien mukaan
on kala vesistöissä jossa on 25-80 mg/l suuruisen kiintoainepitoisuus hyvä
- keskihyvä, kun taas 80-400 mg/l kiintoainepitoisuudet aiheuttavat, että
kala on huono. Makuvirheitä kaloissa voi myös syntyä epäsuoranaisesti joh-
tuen lisääntyneestä levätuotannosta, mm. voimakkaiden sinivihreiden levien
kukintojen on todettu aiheuttavan makuvirheitä kaloissa.

3. KANSAINVÄLISET TUTKIMUKSET

Seuraava yhteenveto ruoppausten ja ruoppausmassojen läjitysten mahdollisista ja todetuista vaikutuksista perustuu kansainväliseen tieteelliseen kirjallisuuteen, raportteihin ja lausuntoihin, lähinnä Ruotsista ja USA:sta, ja siihen sisältyy sedimentologiset vaikutukset, sameuskysymykset lukuunotettuina, ravinedynamiikka ja raskasmetalliproblematiikka sekä muutosten aiheuttamat lyhyt- ja pitkäaikaiset biologiset seuraukset. Erityisesti USA:n DMRP-projektiin (Dredged Material Research Program) kuuluvat tutkimukset valaisevat monia niin käytännöllisiä kuin tieteellisiäkin ongelmia ja näkökohtia ruoppausten yhteydessä.

3.1. Samenemisvaikutus ja sen seuraukset

Sedimenttien sekoittuessa ruoppauksessa ja läjityksessä syntyy aina vesiakueen samenemista, mikä niin Suomessa kuin muissakin maissa on todettu olevan huomattavin vaikutus. Kohtuullinen sameneminen on kuitenkin myös luonnollinen ja säännöllisesti esiintyvä ilmiö, mikä voi vaikeuttaa tulkin-
taa.

Samenemisen mahdolliset ekologiset vaikutukset ovat:

- huonontuneet vesiolosuhteet ja pienentynyt kasviplankton tuotanto
- ruoppausmassoihin (sedimenttihiukkasiin) sitoutuneiden/liittyneiden ympäristömyrkkujen ja ravinteiden leviäminen
- vaurioita kasvistolle ja eläimistöille tukehtumisen, myrkytyksen ja/tai stressin kautta

Tutkimustulokset samenemisvaikutuksista ovat melko yksiselitteisesti osoittaneet, että:

- sameneminen on pian ohimenevä ilmiö, ja normaali kiintoainepitoisuus vedessä voidaan todeta muutaman päivän tai viikon kuluttua töiden loputtua
- sameneminen on yleensä hyvin paikallinen ja rajoittuu yleensä muutaman sataan metriin työpaikalta

Niin pitkäaikaisempia kuin myös laajempia samenemisiä voi syntyä makeissa vesissä ja juoksevassa vedessä, jossa sedimentin kulkeutuminen on suurempi ja sedimentoitumisnopeus on huomattavasti pienempi. Mahdolliset vaikutukset tällaisiin vesiympäristöihin ei ole otettu huomioon tässä selvityksessä.

Samenemisvaikutus on riippuvainen useasta tekijästä, lähinnä sedimentin koostumuksesta (hiukkaskoko, mineralogia, orgaaninen sisältö), hydrografisista olosuhteista (pH, suolapitoisuus, koostumus) sekä fysikaalisista tekijöistä, jotka vaikuttavat koaguloitumiseen ja sedimentoitumiseen (lämpötila, turbulenssi ym.). Kovin perusteellista arviota eri tekijöiden merkityksestä ei kuitenkaan ole mahdollista suorittaa saatavissa olevan aineiston pohjalta, ja sillä voidaankin olettaa olevan pieni käytännön merkitys.

Suspensoituneen kiintoaineen vaikutusta erilaisiin eliöyhdyskuntiin ei juuri ole tutkittu. Sietokykyrajat kiintoaineelle vaihtelevat paljon eri lajien ja myös eri kehitysasteiden välillä. Sietokyky näyttää vähenevän kun happipitoisuus pienenee ja lämpötila nousee, mikä tarkoittaa, että kesäaika on epäsuotuisin aika ruoppauksille. Tutkimukset viittaavat kuitenkin siihen, ettei useimpiin eliöstöihin vaikuta kielteisesti sellaiset kiintoainepitoisuudet, joiden voidaan ajatella esiintyvän ruoppausten ja ruoppausmassojen läjityksen yhteydessä. Ainoastaan huomattavasti suuremmat kiintoainepitoisuudet kuin mitkä käytännössä on todettu, aiheuttavat haittavaikutuksia mm. pohjaeläimistöille, planktoneläimille ja kaloille. Vaikutukset ovat vakavampia jos sedimentit ovat jonkun ympäristömyrkyin saastuttamat.

USA:ssa tehdyn tutkimuksen mukaan aiheuttavat kauharuoppajat enintään 500 mg/l suuruisia kiintoainepitoisuuksia, mutta jäävät yleensä alle 100 mg/l. Imuruoppajat aiheuttavat kiintoainepitoisuuden nousua enintään muutamaan sataan mg/l:aan ruoppauspaikalla, todennäköisesti ovat arvot kuitenkin vähän korkeampia läjitysten yhteydessä. Samankaltaisia arvoja, ja tavallisesti huomattavasti pienempiä, on todettu Suomessa suoritettujen ruoppausten yhteydessä (kts. taulukko). Ruopattaessa hyvin hienoraakeista sedimenttiä voi aivan aivan pohjan yläpuolelle syntyä kerros "kelluvaa savea" (fluid mud). Kerroksen paksuus voi olla jopa 2 m ja kiintoainepitoisuus ylittää kymmeniä grammoja litraa kohti. Nämä olo-

suhteet voivat kestää suhteellisen pitkän ajan ja niiden arvioidaan vaikuttavan voimakkaasti lähinnä pohjaeläimistöön ja kalanmätiin. "kelluvaa savea" syntyy lähinnä pehmeiden sedimenttien imuruoppauksissa, mutta vaaraan syntymiseen on myös ruopattaessa kahmariruoppaajalla. "Kelluva savi" vaikuttaa lähinnä suodattavien eliöiden mm. simpukan ja rapueläinten ravinnonottoon, sekä hengitystehokkuuteen monilla pohjassa elävällä eliöstöllä.

Suspensoituneen kiintoaineen vaikutuksista biologisiin yhdyskuntiin voidaan tehdä yhteenveto (PEDDICORD & McFARLAND 1978):

- biologiset haittavaikutukset, jotka johtuvat lisääntyneestä suspensoituneen kiintoaineen määrästä ruoppauksen ja ruoppausmassojen läjityksen yhteydessä ovat epätodennäköisiä. Ne kiintoainemäärät, jotka voivat syntyä näistä toimenpiteistä ovat yleensä pienempiä kuin tappavat pitoisuudet ja kestävät huomattavasti lyhyemmän ajan kuin tappava vaikutusaika useimmille eliöstöille.
- "kelluva savi" voi muodostaa niin suuren kiintoainepitoisuuden ja pienen happipitoisuuden niin pitkäksi ajaksi, että aiheuttaa lisääntyneen kuolleisuuden biologisissa yhdyskunnissa. "Kelluva savi" voi syntyä imu- ja kahmariruoppaajien ruoppausmassojen läjityksessä, mikäli sedimentti on hyvin hienorakeista. Litraa kohti useamman gramman kiintoainepitoisuudet voivat aiheuttaa haittoja eliöstöille, erityisesti jos sedimentissä on ympäristömyrkkijä.
- vaikkakaan useimmissa laboratoriokokeissa ei ole todettu kuolleisuuden lisääntyvän, voi eri subletaaleja vaikutuksia esiintyä, mitkä toistaiseksi ovat hyvin vähän tunnettuja.
- kielteisten seurausten vaara lisääntyy jos sedimentit sisältävät ympäristömyrkkijä, mutta ovat silti epätodennäköisiä.

3.2. Mahdolliset ympäristömyrkyt ruoppausten yhteydessä

On jo todettu, että luonnollisissa prosesseissa rikastuu sedimentteihin raskasmetalleja, kloorattuja hiilivetyjä, pestisiidejä, ravinteita, öljyjohdannaisia ja muita enemmän tai vähemmän pysyviä ympäristömyrkkijä. Nämä aineet eivät ole vesiliukoisia normaaliolosuhteissa. Tällaisten

yhdisteiden päästöissä tapahtuu tavallisesti nopea adsorptio suspensioituneeseen materiaaliin ja niiden sedimentoituminen pohjaan. Ruoppauksen yhteydessä on vaara, että nämä aineet vapautuvat uudelleen ja leviävät. Useimmissa teollisuusmaissa ruopataan vuosittain suuria määriä usein hyvinkin saastuneita sedimenttejä, ja näiden ruoppausmassojen mahdollisimman ympäristöystävällinen läjitys on ensisijainen ongelma monella taholla maailmassa. Täten ovat näihin ympäristömyrkyihin liittyvät kysymykset saaneet valta-aseman useimmissa kansainvälisissä ruoppaustutkimuksissa.

3.2.1. Raskasmetallit

Raskasmetalleiksi määritetään metallit joilla on suurempi tiheys kuin 5.0 g/cm^3 (FÖRSTNER & WITTMAN 1979). Tärkeimmät raskasmetallit ovat elohopea (Hg), lyijy (Pb), kadmium (Cd), kupari (Cu), sinkki (Zn), nikkeli (Ni), kromi (Cr), koboltti (Co), rauta (Fe) ja mangaani (Mg). Ne ovat hajoamattomia aineita, jotka ovat itse aineina jo myrkyllisiä tai esiintyvät myrkyllisinä yhdisteinä ja rikastuvat helposti ravintoketjuihin. Tiedot raskasmetallien biologisista vaikutuksista, kierrosta ja dynamiikasta vedessä ja sedimenteissä ovat puutteelliset. Ohjaavat mekanismit ovat monimutkaisia ja niihin vaikuttavat monet tekijät ja ympäristömuuttujat. Sellaiset mekanismit kuin kompleksoituminen, sorptio, koaguloituminen, desorptio, saostuminen, liukeneminen, flokkiutuminen ovat riippuvaisia tekijöistä, kuten suolapitoisuus, ionopitoisuus ja biologinen aktiviteetti.

Kirjallisuustiedot osoittavat selvästi, että ruoppaustyöt voivat vapauttaa raskasmetalleja sedimenteistä. Raskasmetallit esiintyvät tavallisesti liittyneinä kiintoaineeseen, erityisesti silttiin ja savijaokseen (hiukkaset läpimitaltaan pienempiä kuin 6.3 mm). Ruoppauksessa ja läjityksessä sekoituu tavallisesti anaerobinen sedimentti happipitoiseen pintaveteen, jolloin erilaisia kemiallisia reaktioita tapahtuu. Monet raskasmetallit (esim. Cd, Cu, Cr, Pb, Zn), jotka happivapaassa sedimentissä ovat esiintyneet liukenemattomien sulfiidien muodossa hapettuvat pintavedessä liukoiksi yhdisteiksi. Näiden yhdisteiden lisääntyneitä pitoisuuksia voidaan havaita heti ruoppauksen ja läjityksen jälkeen. Suhteellinen nopea palautuminen normaalitasolle tapahtuu tosin, johtuen lähinnä niiden imeytymisestä rauta- ja mangaanihydroksiideihin, jotka muodostuvat koagu-

loitumisella ja hapettumalla happipitoisessa pintavedessä (KHALID & al 1977).

Ratkaisevaa suurien raskasmetallipitoisuuksien organismitasolle aiheuttamille vaikutuksille ei ole kokonaispitoisuus, vaan missä muodossa eri metallit esiintyvät. Monet esiintymismuodot ovat biologisesti sopimattomia ja kemiallisesti reagoimattomia. Ainoastaan metallit, jotka siirtyvät liuennaina tai helposti liukenevissa yhdisteissä, ovat biologisesti sopivia. Suuri merkitys on silloin vaikutusajalla joka johtuen nopeasta absorptiosta ja sedimentoitumisesta yleensä on hyvin lyhyt.

Tärkeitä raskasmetalleja koskevia kysymyksiä ovat siten:

- leviävätkö kiintoaineeseen sidotut metallit mekaanisen sekoittumisen ja suspensoitumisen yhteydessä
- leviävätkö ja sitoutuvatko biologisesti aktiivit ja liikkuvat metallifraktiot
- mitkä ovat ne metallit, pitoisuudet ja vaikutusajat, joiden voidaan katsoa aiheuttavan biologisia haittavaikutuksia

Tutkimustuloksista raskasmetallien leviämisestä ruoppausten ja ruoppausmassojen läjityksen yhteydessä voidaan tehdä yhteenveto: (KHALID & al 1977, BURKS & ENGLER 1978, NEFF & al 1978)

- huomattavia pitoisuuksia myrkyllisiä raskasmetalleja voi tilapäisesti vapautua kun anaerobeja sedimenttejä läjitetään runsashappisiin vesiin
- kun anaerobiset rauta- ja mangaanimuodot hapettuvat, saostuvat ne liukenemattomina hydroksiideinä
- useimmat muut raskasmetallit jotka mahdollisesti ovat vapautuneet poistuvat suuressa määrin vesimassasta sorbitoimalla näihin rauta- ja mangaanihydroksiideihin
- elohopeaa, sinkkiä ja kadmiumia voi vapautua haitallisissa pitoisuuksissa mikäli sedimentit ovat näiden ympäristömyrkkyjen saastuttamia ja mikäli ruoppausmassat läjitetään runsashappisille alueille, esim. maihin

Normaalien ruoppaus- ja läjitystöiden yhteydessä, jolloin sedimentti ei sisällä suuria määriä ympäristömyrkkyjä, ei vapaudu biologisesti merkitseviä määriä raskasmetalleja muutamaa tuntia pitemmäksi ajaksi. Mutta

nämäkin pitoisuudet ovat tavallisesti pienempiä kuin mitä kriteerit vedenlaadusta meri- ja sisävesistölle sallivat.

3.2.2. Ravinteet

Ympäristökysymyksiä ajatellen ovat typpi ja fosfori tärkeimmät ravinteet. Ne ovat välttämättömiä kasvuaineita kaikille vihreille kasveille ja esiintyvät tavallisesti niin pienissä pitoisuuksissa, että ne ovat kasvua rajoittavia tekijöitä rannikko- ja saaristovesissä.

Typpi esiintyy vedessä ja sedimenteissä typpikaasuna (N_2), orgaanisina amineina (NH_2^-), ammoniumina (NH_3), nitraatina (NO_3) ja nitriittinä (NO_2). Eri aineosat kuuluvat kiertokulkuun joka on suuresti riippuvainen mikro-organismeista ja bakteereista (KEENEY 1973). Anaeroobeissa sedimenteissä orgaaninen materiaali hajoaa ja ammoniumia muodostuu. Käytännöllisesti katsoen ovat kaikki sedimentit hapettomia aina sedimentin pinnasta tai muutaman cm:n syvyydestä lähtien.

Ammonium on pysyvä yhdiste hapettomissa olosuhteissa ja voi rikastua suurissa pitoisuuksissa huokoisveteen myös luonnontilaisissa vesialueilla. Ruoppausten ja läjitysten yhteydessä ammoniumia voi vapautua ja levitä sekä kohota vedessä myrkyllisiin pitoisuuksiin (KHALID & al 1977). Suuria määriä ammoniumia vapautuu alhaisten pH-arvojen (5-6) ja pienen hapettumispotentialin (-150) vallitessa. Rannikkovesille normaali pH-arvoilla, 6-8, on ei-ionimuodossa olevan ammoniumin pitoisuus 0.12-1.2% kokonaistyyppipitoisuudesta $+5^{\circ}C$:ssa, ja 0,8-7.5% $+3^{\circ}C$:ssa. Ammoniumpitoisuus pienenee suhteellisen nopeasti laimenemisen vaikutuksesta, ja hieman hitaammin bio-hapettumisen vaikutuksesta. Vesialueilla jossa veden vaihtuvuus on pieni voi ammoniumpitoisuus kohota toxiselle tasolle ja ylittää n. 10 ppm. Kohonneita pitoisuuksia on todettu läjitettäessä ruoppausmassoja proomuista sekä jatkuvan, imuruoppaajista suoritettun läjityksen yhteydessä. Haittavaikutusten vaara on paljon suurempi jälkimmäisessä tapauksessa, koska vaikutusaika on pitkä. Ainoastaan pitkäaikaisen, jatkuvan kuormituksen yhteydessä voidaan odottaa syntyvän haittavaikutuksia biologisille yhdyskunnille. Ruoppausmassojen läjityksen jälkeen laskee ammoniumpitoisuus suhteellisen nopeasti alle 0.02 mg/l (normaalitasolle).

Ruoppausmassojen läjitys voi siten aiheuttaa tappavia pitoisuuksia ammoniumia lyhyeksi ajaksi, mitä tulee huomioida ja seurata työn aikana.

Fosfori on todennäköisesti tärkein ravinne kaikille organismeille, ja fosforin puutteen oletetaan rajoittavan tuotantoa suuremmissa määrin kuin muiden aineiden puute (HUTCHISON 1957). Normaali fosforitaso luonnonvaraisissa vesissä on 10-40 µg/l (ppb), mutta enemmän tai vähemmän kohoneita pitoisuuksia tavataan yleisesti rannikkovesissä ja merenlahdissa. Niin tyypin kuin fosforin kuormitus erilaisten viemäripäästöjen muodossa johtaa voimakkaasti kohonneeseen levätuotantoon - rehevöitymiseen. Fosfori ei ole, vastakohtana ammoniumille toxisesti mielenkiintoinen, mutta voi aiheuttaa vesistöjen rehevöitymisen (VOLLENWEINDER 1970).

Pintavedessä organismit sitovat nopeasti fosforin ja se absorbituu suspensoituneeseen materiaaliin (SCHINDLER 1971). Täten myös fosfori rikastuu sedimenttiin kuolleen orgaanisen ja suspensoituneen kiintoaineen sedimentoitua. Fosforin vapautuminen on kytketty raudan, mangaanin ja mahdollisesti alumiinin vapautumiseen. Kuitenkin ainoastaan pieni osa fosforin kokonaismäärästä esiintyy helposti liukenevassa muodossa. Suurimmat pitoisuudet liukoista fosforia esiintyy anaerobisissa sedimenteissä pH:n ollessa 6.5 ja redoxpotentiaalilla ollessa n. -150 mV. Hapettavissa olosuhteissa, esim. pintavedessä ruoppausten ja läjitysten yhteydessä, pH nousee ja sen myötä myös liukoisen fosforin määrä. Ruoppausten ja läjittämisen yhteydessä on kuitenkin ainoastaan vähäpätöisiä fosforipitoisuuden kohoamisia todettu. Liukoinen fosfori vapautuu lähinnä huokoisvedestä mutta pitoisuus laskee nopeasti alhaiselle tasolle koska fosfori sorbituu rautahydroksiideihin sekä sitoutuu leviin ja bakteereihin. Myös kohtalainen ravinnetason kohoaminen voi kuitenkin kohottaa levätuotantoa, mitä tulee huomioida erityisesti alueilla jossa tilapäisiä leväkukintoja on aikaisemmin esiintynyt.

3.2.3 Orgaaniset yhdisteet

Klooratut hiilivedyt, kuten DDT ja dieldrin, poryklooratut bifenyylit (PCB), polyklooratut terpenyyliit (PCT) ym. ovat vakavia ympäristömyrkkijä, joilla on maailmanlaajuinen merkitys. Useimmat niistä ovat vesiliukoisia ja esiintyvät tavallisesti biologisessa materiaalissa tai liittyneinä suspensoi-

neeseen materiaaliin. Ne ovat myös pysyviä thdisteitä ja voivat rikastua sedimentteihin suhteellisen suurissa pitoisuuksissa. Myös sedimenteissä olevien öljykomponenttien mahdollinen leviäminen tulee huomioida.

Tutkimustulokset orgaanisten ympäristömyrkkyjen leviämisen vaarasta voidaan koota seuraavalla tavalla (FULK & al 1975, NATHAUS & BECHTEL 1977, BURKS & ENGLER 1978):

- kloorattujen hiilivetyjen vesiliukoisuus riippuu niiden kokonaispitoisuuksista sedimentissä
- ainoastaan mitättömiä määriä kloorattuja hiilivetyjä, PCB:tä ja öljykomponentteja vapautuu ruoppausten ja ruoppausmassojen läjitysten yhteydessä
- vesi:sedimentti suhteissa jotka ovat yli 1:4 vapautuu tietty määrä pestisiidejä ja PCB:tä ympäristöön suspensoituneen materiaalin yhteydessä
- saastuneen materiaalin sedimentoituminen tapahtuu yleensä vuorokauden sisällä, ja tällä voi olla haittavaikutuksia pohjaeläimistölle sekä viivästyttää pohjaeläimistön palautumisen

Jos sedimentit sisältävät korkeita PCB- ja kloorattuja hiilivetyypitoisuuksia, on myrkkyjen leviämisen vaara suuri imuruoppauksessa ja tästä syystä tulee läjityspaikka valita huolellisesti.

3.2.4. Ympäristömyrkkyjen rikastuminen biologiseen materiaaliin

Ruoppauksissa tietyssä määrin vapautuneiden ympäristömyrkkyjen aiheuttamien haittavaikutusten arvioinnissa eivät sedimenttien ja vesimassan kokonaispitoisuuksien määritykset ole riittäviä. Tulisi myös selvittää esiintyvätkö nämä aineet biologisesti sopivassa muodossa, sekä sotoutuvatko ja rikastuvatko ne eliöstöihin. Tällaisia tutkimuksia suoritetaan biotestein laboratorioissa tai kentällä, jossa suoraan määritetään kokonaispitoisuudet eliöstöistä ruoppausvaikutteisilta sekä luonnontilaisilta alueilta.

Laboratoriokokeiden ja kenttätutkimusten tulosten tulkinta näyttää olevan hyvin vaikeaa. Eri ympäristömyrkkyjen sitoutuminen ja sietokykyrajat vaihtelevat eri lajien, iän, lisääntymis- ja fysiologisen tilan myötä ja riippuvat

vaikutuspitoisuudesta, ajasta, suolapitoisuudesta, veden kovuudesta ja lämpötilasta. Suuria vaihteluja on todettu eri aineiden, eri lajien, näytteenottoajankohdan ja -paikan välillä. Yleisiä johtopäätöksiä on siten vaikeaa tehdä saatavilla olevan aineiston perusteella.

Tulokset viittaavat kuitenkin siihen, että huomattava ympäristömyrkköjen rikastuminen on pikemminkin poikkeus kuin sääntö. Sitoutuminen näyttää olevan suurempaa alueilla joissa vallitsee pienempi suolapitoisuus, ja simpukat ovat luultavasti uhatuin eläinryhmä. Eniten rikastui rauta ja lyijy sekä tietyssä määrin mangaani ja nikkeli. Koe-eliöstöt sisälsivät enimmäismäärältään 2-3 kertaa korkeampia pitoisuuksia kuin eliöstöt luonnontilaisilta alueilta. Mitatut pitoisuudet olivat kuitenkin pienempiä kuin tappavien pitoisuuksien oletetaan olevan. On kuitenkin vaikeaa määrätä tarkkoja rajoja näille. Kupari ja sinkki ovat mikroaineita jotka ovat välttämättömiä pienissä määrissä, mutta myrkyllisiä suurissa pitoisuuksissa. Rauta ja mangaani eivät todennäköisesti ole myrkyllisiä edes suurissa pitoisuuksissa, mistä syystä mahdollisella biologisella rikastumisella ei ole ekologista merkitystä (PEDDICORD & McFARLAND 1978). Kadmium ja elohopea eivät ole ravinteita, ja ovat vahingollisia jo pienissä määrissä. Sama koskee kloorattuja hiilivetyjä. Tutkimukset jotka koskevat eri öljykomponentteja sisältäviä sedimenttejä viittaavat siihen, että useimmat eliöstöt voidaan asettaa alttiiksi ruoppausmassoille joissa on tuhansien ppm:n öljypitoisuuksia n. kuukauden ajaksi. Näiden hiilivetyjen sitoutuminen näyttää olevan pieni. Ei ole myöskään osoitettu merkittävää kloorattujen hiilivetyjen, PCB- tai DDT- yhdisteiden sitoutumistatai rikastumista. Tietty itsepuhdistuskyky näyttää esiintyvän monilla eliöstöillä ja myrkkypitoisuuksien laskua kudoksissa on todettu kuormitusten loputtua. Vain n. 25%:ssa suoritetuista kokeista on saatu tilastollisesti merkitsevä suhde vaikutuksen ja sedimentin raskasmetallisisällön välille. Pitoisuudet kudoksissa ovat kuitenkin usein olleet minimaalisia, ja siksi on niiden ekologinen merkitys epävarma. Kahden potentiaalisesti myrkyllisimmän aineen, elohopean ja kadmiumin kohdalla on todettu merkittävää rikastumista ainoastaan kahdessa kokeessa.

Tiedot eri ympäristömyrkköjen vapautumisesta, sitoutumisesta, rikastumisesta biologiseen materiaaliin ovat yhä puutteelliset, eikä laboratorio-kokeiden tuloksia voida suoraan soveltaa käytäntöön, vaan niitä tulee täydentää kenttätutkimuksilla (case-studies). Niiden tulosten pohjalta, joita

toistaiseksi on saatu voidaan tehdä seuraava yhteenveto:

- ympäristömyrkköjen rikastuminen biologiseen materiaaliin ruoppausten ja ruoppausmassojen läjittämisen yhteydessä näyttää tapahtuvan vain poikkeustapauksissa
- ei ole mitään yhteyttä biologisten vaikutusten ja sedimenteissä ja vedessä olevien ympäristömyrkköjen kokonaispitoisuuksien välillä
- mahdolliset ympäristömyrkyt, kuten raskasmetallit, klooratut hiilivedyt ja öljyjohdannaiset esiintyvät tavallisesti vahvasti sidottuina suspensioituneeseen materiaaliin
- tietty sitoutumisen vaara on olemassa pitkäaikaisten vaikutusten ja suurien pitoisuuksien vallitessa, esim. "kelluvan saven" yhteydessä
- sitoutuminen ja rikastuminen näyttävät olevan sellaista suuruusluokkaa, ettei niillä ole ekologista merkitystä
- biotestkokeita tulee suorittaa mahdollisten biologisten haittavaikutusten valvomiseksi

3.3. Biologiset vaikutukset

Kemiallisilla tutkimuksilla, joita on suoritettu ruoppaustöiden yhteydessä on lähinnä tarkoitus selvittää mahdolliset vedenlaadun muutokset ja tämän pohjalta yrittää ennakoita eliöstöyhdyskunnille aiheutuvat epäsuotuisat vaikutukset. Suhteellisen harvoissa tutkimuksissa on omistauduttu tutkimaan biologisiin yhdyskuntiin aiheutuvat suorat vaikutukset. Tällaiset tutkimukset ovat aikaavieviä ja vaikeita suorittaa kentällä, mistä syystä usein on turvaututtava biotesteihin valvotuissa laboratorio-oloissa. Silloin on oltava varovainen tulosten tulkinnessa ja niiden soveltamisessa luonnollisiin olosuhteisiin.

3.3.1. Vaikutukset planktoniin

Ruoppausten aiheuttamat niin välittömät kuin pitkäaikaisetkin vaikutukset kasvi- ja eläinplanktoniin näyttävät olevan hyvin pieniä. Tämä johtuu suuresta määrin näiden eliöiden lyhyestä eliniästä ja tehokkaasta lisääntymisestä. Siksi toipuminen lyhytaikaisten häiriöiden jälkeen tapahtuu nopeasti. Vaikutuksia kasviplanktoniin aiheutuu lähinnä sameuden huonontamien valo-olosuh-

teiden sekä ruoppausmassoista vapautuneiden ravinteiden yhteydessä. Koska näiden vaikutusten on todettu olevan lyhytaikaisia ja paikallisia, ovat niiden kasviplanktonille aiheuttamat vaikutukset myöskin pieniä ja nopeasti ohimeneviä. Ruoppausten vaikutukset eläinplanktoniin ei ole tutkittu laajemmin. Kohonnut veden kiintoainepitoisuus ruoppaustöiden yhteydessä voidaan kuitenkin arvioida vaikuttavan eläinplanktonin hengitykseen, uinti- ja ravinnonottokykyyn.

3.3.2. Vaikutukset pohjaeläimistöön

On ilmeistä, että ruoppaustyöt aiheuttavat mekaanista vaikutusta ja stressiä kaikille pohjassa eläville eliöstöille. Eliöstöjen kyky selvitä hengistä sellaisesta käsittelystä vaihtelee suuresti, mutta on luultavaa, että suurin osa yhdyskunnista tuhoutuu kokonaan. Ruoppaustöiden pitkäaikaisvaikutukset koskevat lähinnä häiritettyjen pohjien eliöstöjen palautumista, mikä voi kestää muutamasta viikosta aina useaan vuoteen. Palautumisajan pituus riippuu lähinnä kyseessä olevien biologisten yhdyskuntien rakenteesta ja eri ympäristöolosuhteista.

Ruoppausten aiheuttamat vaikutukset näyttävät olevan pienempiä ympäristöihin jotka luonnostaan vaihtelevat paljon, missä eliöt ovat sopeutuneet vaihteleviin olosuhteisiin ja niillä on paremmat mahdollisuudet selvitä hengissä epäsuotuisista ajanjaksoista. Suuri merkitys palautumiselle on lähellä olevien häiriintymättömien alueiden eliöyhdyskuntien koostumuksella, eliöiden kyvyllä suorittaa pystysuoria ja vaakasuoria vaelluksia sekä planktonitoukkien esiintymisellä. Häiriintyneisiin alueisiin palautuu suhteellisen nopeasti oppurtunitejä lajeja jotka tavallisesti eivät ole vallitsevia luonnontilaisissa yhdyskunnissa, ja joita toiset lajit vähitellen osittain syrjäyttävät. Pohjolassa suoritettujen palautumistutkimukset, Raisonlahti Suomessa sekä Byfjorden ja Hakefjorden Ruotsin länsirannikolla, ovat osoittaneet, että normaali pohjaeläimistöyhdyskunta on perustettu 1-2 vuoden jälkeen. Toipuminen näyttää tapahtuvan huomattavasti hitaammin matalilla pohjilla. Palautumisen helpottamiseksi tulee ruoppausmassojen läjittämisen tapahtua paikkoihin, joissa luonnollinen sedimentti koostumukseltaan ja pohjaeläimistöltään mahdollisimman paljon muistuttaa ruoppauspaikan sedimenttiä. Tämä helpottaa vaellusta, niin lähellä olevista yhdyskunnista kuin

myös pystysuoraa vaellusta yhdyskunnista jotka ovat hautautuneet ruoppausmassojen alle. Lisääntyneen kiintoainepitoisuuden ja ympäristömyrkyjen vapautumisen aiheuttamat epäsuorat vaikutukset on käsitelty luvussa 3.2.4.

3.3.3. Vaikutukset kalaan

Tiedot ruoppaustöiden vaikutuksista kalaan näyttävät olevan hyvin puutteelliset. Myös kansainvälinen kirjallisuus alalla on hyvin niukka. Käytännöllisesti katsoen kaikki tutkimukset ovat olleet sen laajuisia ja kestoisia, ettei mitään varmoja eikä yleispäteviä johtopäätöksiä ole voitu vetää ruoppausten ja kalastojen muutosten välillä. Välittömät ja lyhytaikaiset vaikutukset ovat ilmeisesti pieniä ja pitkäaikaiset vaikutukset lähes tuntemattomia.

Useimmat kalalajit näyttävät kuitenkin karttavan sameaa vettä ja pelästyvät melua ruoppausten ja sen aiheuttaman liikenteen yhteydessä. Laboratoriokokeissa on merkitsevää välttämiskäyttäytymistä todettu silakalla jo hyvin pienissä kiintoainepitoisuuksissa (JOHNSTON & WILDISH 1981). Joidenkin kalalajien, jotka normaalioloissa viihtyvät sameissa rehevissä vesissä voidaan ajatella lisääntyvän lukumäärältään. Näillä lajeilla on kuitenkin tavallisesti pieni taloudellinen merkitys. Myös pohjamateriaalin sekoittumisen ruoppausten ja läjitysten yhteydessä voidaan ajatella lisäävän ravintoeliöiden saantia ja siten houkutella kalaa alueelle, mitä joissakin tapauksissa on väitetty tapahtuvan. Niin samenenemisen kuin melunkin aiheuttaman karkoittamisvaikutus on todennäköisesti lyhytaikainen - mutta voi yhdessä pyydysten likaantumisen kanssa tuntuvasti vaikuttaa niin ammatti- kuin vapaa-ajankalastukseen alueella.

Hyvin suuria kiintoainepitoisuuksia pitkän ajanjakson aikana voi aiheuttaa makuvirheitä kaloissa. Muuten on niin aikuisten kalojen kuin poikasten ja mädin todettu sietävän suhteellisen suuria kiintoainepitoisuuksia. Suble-taaleja vaikutuksia on kuitenkin vaikeaa osoittaa. Itämeressä eläviä taloudellisesti tärkeitä kalalajeja, joiden kutupaikat ovat vaaravyöhykkeessä joutua ruoppausten tai ruoppausmassojen läjityksen kohteeksi ovat silakka, siika, kuha, hauki, ahven sekä jossain määrin monet lohi- ja kampelalajit. Nämä kaikki lajit laskevat mätinsä pohjaan, usein suhteellisen matalille ja rannikon läheisyydessä oleville alueille. Saaristomerellä silakka

laskee mätinsä n. 3 kuukauden aikana, alkaen jäiden lähdöstä, syvyydelle, joka ulottuu 0.5 m:stä n. 6 m:iin (RAJASILTA 1982). Jos ruoppaus tai ruoppausmassojen läjittäminen tapahtuu kutualueella, oletetaan mädin tuhoutuvan kokonaan. Sen kehitykseen sitävastoin ei näytä vaikuttavan edes 300-500 mg/l suuruiset kiintoainepitoisuudet, mitä harvoin saavutetaan ruoppaustöissä (KILØRBOE 1981). Mahdolliset pienentyneet happipitoisuudet muodostavat todennäköisesti suuremman vaaran mädinkehitystä ajatellen. Mitään merkittävää happiolosuhteiden huononemista ei kuitenkaan ole todettu suomessa ruoppausten yhteydessä.

Hyvin saastuneiden sedimenttien ruoppauksissa on vaarana, että eri ympäristömyrkyt leviävät ja rikastuvat kaloihin. Tähän kysymykseen on kiinnitetty suhteellisen suurta huomiota niin Suomessa kuin muissakin maissa. Korkeita, lähinnä elohopeapitoisuuksia on todettu mm. Porin edustalla, mutta mitään merkittäviä pitoisuuksien kohoamisia ei ole todettu ruoppaustöiden yhteydessä. Ympäristömyrkyjen sitoutumisesta biologiseen aineeseen on selvitetty luvussa 3.2.4. ja nämä tulokset pätevät myös kalojen suhteen. Huolestuttavia tuloksia on kuitenkin saatu Ruotsissa suoritetuista tutkimuksista, joissa on todettu suuria elohopeapitoisuuksia kaloissa satamaruoppausten yhteydessä (BJÖRKLUND 1975, WESTERLUND 1976a, WESTERLUND 1976b, JOHANSSON 1979). Kuinka suuressa määrin nämä korkeat pitoisuudet ovat ruoppausten aiheuttamia on kuitenkin vaikeaa varmuudella määrittää, ristiriitaisia tuloksia on raportoitu toisilta tahoilta Ruotsista (GÖTHBERG 1978, OHKIN & VAZ 1978). PCB:n tai DDT:n rikastumista kalaan ei voitu osoittaa näissä tutkimuksissa.

4. EHDOTUKSIA TARKKAILUOHJELMASTA

Seuraava lyhyt yhteenveto on lähinnä tarkoitettu keskustelun alustukseksi, yksityiskohtaisempien suuntaviivojen antamiseksi lopullista raporttia ajatellen.

- Missä tapauksissa tulee tarkkailuohjelmia ympäristövaikutuksista toteuttaa?
Tuleeko hakea vesioikeuden lupa? On usein hyvin vaikeaa ennalta arvioida jos suunnitellulla hankkeella tulee olemaan, ja minkä laajuisia haitallisia vaikutuksia vesiympäristölle. Pienillä ruoppauksilla, erityisesti ruopattaessa kovia massoja, jotka voidaan läjittää maihin, oletetaan olevan hyvin pieniä vaikutuksia vesiympäristöön, eikä voida pitää tarkoituksenmukaisena anoa vesioikeuden lupa jokaista ruoppaushanketta varten. Mutta jotta olisi mahdollisimman hyvät edellytykset arvioida vaara, että suunnitellusta hankkeesta aiheutuu ympäristöhaittoja, tulee tarpeeksi tietoja vallitsevista ympäristöolosuhteista olla käsillä. Perusteellinen ennakkoselvitys voidaan täten voidaan täten käytännöllisesti katsoen aina katsoa aiheelliseksi.
Tuleeko asettaa kriteerejä milloin jonkinlainen ympäristönvalvonta on tarpeellinen, tai missä tapauksissa vesioikeuden lupa tulee hakea, esim. koskien ruoppausten tilavuuksia, pohjan koostumusta (pehmeitä/kovia massoja), ruoppaustapaa tai -paikkaa ym. ??
- Kuka laatii ja suorittaa mahdolliset tarkkailuohjelmat? Tuleeko mitään erityisvaatimuksia asettaa?
Ainakin tarkkailuohjelmien, mahdollisesti myös ennakkoselvitysten tulee olla julkisen valvontaviranomaisen, ts. vesipiirien vesitoimistojen tai Maa- ja metsätalousministeriön Metsästys ja kalastusosaston hyväksymät

Ennakkoselvitys, laajuus ja sisältö

- kartoitus ko. vesialueen hyödyntämisestä kalastukseen, virkistykseen, raakavesilähteenä ym.
- kartoitus vesialueen nykyisestä tilasta
Tulee antaa luotettavia keskiarvoja eri biologisille ja kemiallisille muuttujille, sekä tietoja normaalivuodenaikavaihteluista sekä muiden mahdollisten kuormituslähteiden merkityksestä. Tämä antaa tiettyä käsitystä alueen alttiudesta ruoppausten ja läjitysten vaikutuksille.

- Jo olemassa olevia seurantaohjelmia, mm. kaupunkien, kuntien ja teollisuusien tahoilta voidaan usein käyttää hyödyksi. Näitä tulee usein todennäköisesti täydentää ja muovata.
- Selvitysten tulee käsittää vähintään 1 kasvukausi, ts. 1 vuosi, sekä siihen tulee kuulua niin ruoppausalue kuin myös suunnitellut läjitysalueet ja se alue johon hankkeen uskotaan vaikuttavan - n.1-3 km.
- vesikemiallisia analyysyjä jotka antavat tietoja veden laadusta tulee suorittaa niin usein, että hyviä keskiarvoja saadaan ja että olennaiset hydrograafiset erot ko. vesialueella tulevat ilmi.
- Sedimenteissä olevien ravinteiden ja ympäristömyrkkyjen leviämisen vaara tulee arvioida sedimenttianalyysien avulla, sekä mikäli mahdollista tarpeen vaatiessa myös biotestien avulla ympäristömyrkkyjen todellisen vapautumisen ja sitoutumisen selvittämiseksi
- Kartoitus biologisista muuttujista, lähinnä perustuotantotasosta sekä pohjaeläimistöä
- Kartoitus kalastoista ja kalastustoiminnasta haastattelututkimusten ja kirjanpitokalastajien avulla
- Jos läjitys tapahtuu vapaasti veteen, tulee eroosio ja sedimentoitumisolosuhteet selvittää sekä virtaukset ja pohjan koostumus tutkia
- Tarpeeksi laaja ennakkoselvitys antaa tiettyjä mahdollisuuksia arvioida ruoppaus- ja läjitystyön aiheuttamien ympäristövaikutusten vaara sekä ainakin osittain estää tai vähentää ne

Tarkkailuohjelma

- suoritetaan koko työn aikana samoilla menetelmillä ja vähintään samassa laajuudessa kuin ennakkoselvityksessä
- mahdollisten vaikutusten toteaminen
- samenessen laajuus
- happiolosuhteet, erityisesti läjityksen yhteydessä
- ravinteet, raskasmetallit ja muut ympäristömyrkyt vesimassassa
- sedimentoitumistutkimuksia sedimentoitumisen, ympäristömyrkkyjen pitoisuuksien suspensoidussa materiaalissa sekä suspensoidun materiaalin kulkeutumisen selvittämiseksi
- vaikutukset levätuotantoon, rehevöitymistaipumukset
- vaikutukset pohjaeläimistöön
- vaikutukset kalaan ja kalatalouteen:

kalastoihin koekalastuksen avulla

kalastukseen saaliskartoituksen avulla (haastattelut, kirjanpitokalastajat)

kalastusvälineiden likaantuminen

tarpeen vaatiessa makuvirhetutkimuksia ja selvityksiä ympäristömyrkkujen rikastumisesta - häkkikokeita

Toipuminen

- työn loputtua kunnes normaaliolosuhteet saavutettu niin vedenlaadun kuin biologisten muuttujien kohdalla
- mahdolliset pitkäaikaiset vaikutukset levätuotantoon, pohjaeläimistöön ja kalaan tulee erityisesti selvittää

5. MAHDOLLISUUDET YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN VÄHENTÄMISEEN

Ruoppausten tarvetta Suomen rannikolla on jo painotettu. Parannettujen väylien ja satamien taloudellista hyötyä on vaikeaa kiistää, ja ruoppausten tarve tulee pysymään ja todennäköisesti lisääntymään. Vaikkakin vaikutukset vesiympäristöön niin kansallisten kuin kansainvälistenkin tutkimusten mukaan näyttävät olevan lyhytaikaisia ja paikallisia, ei mahdollisia vaaroja tule kokonaan sivuuttaa ja mahdollisuuksia vähentää tai rajoittaa ne tulisi tutkia ja käyttää.

Suoranaisia ympäristövaikutuksia voidaan jossain määrin vähentää seuraavin toimenpitein:

- sopivan ruoppausmenetelmän valinta
- sopivan läjitysmenetelmän ja -paikan valinta
- sopivan ajankohdan valinta työlle

Pyyntivälineille yms:lle aiheutuvien haittojen vähentämiseksi tulee paikallisväestöä ja muita asianomaavia informoida sekä merkitä työpaikat jne.

5.1. Ruoppausmenetelmän valinta

- ei vaikuta olevan ratkaiseva tekijä vaikutuksiin vesiympäristölle
- imuruoppaajat vaikuttavat aiheuttavan voimakkaampaa samenessa, erityisesti pohjan ja läjityspaikan läheisyydessä, ja sen käyttöä tulisi mikäli mahdollista välttää
- imuruoppaajat vaativat usein, että läjittäminen tapahtuu altaisiin ruoppausmassojen leviämisen estämiseksi, altaiden on oltava suuria ja voivat rumentaa maisemaa huomattavasti, samalla kun ne myös nostavat kustannuksia
- mikä puhuu muiden ruoppausmenetelmien käytön puolesta mikäli mahdollista

5.2. Läjitysmenetelmän ja -paikan valinta

- pienimmät vaikutukset kovien massojen (sora, hiekka, moreeni, louhikko) läjittämisessä maihin

- mahdollisuudet läjittää maihin rajoitetut kohtuullisella etäisyydellä olevien sopivien paikkojen puuttumisen johdosta
- ruoppausmassojen uudelleenkäyttömahdollisuudet usein rajoitetut suuren vesipitoisuutensa johdosta
- ajatellen läjittämistä maihin ja uudelleenkäyttöä eivät massat saa sisältää ympäristömyrkyjä
- stabilisoituminen ja kuivuminen maihin läjitetyissä ruoppausmassoissa voidaan nopeuttaa eri toimenpitein, mikä kuitenkin nostaa huomattavasti kustannuksia
- läjitettäessä maihin on hajuhaittojen, vuodon sekä pohjaveden ja lähellä sijaitsevien pintavesialueiden saastumisen vaara
- läjittäminen veteen on pitkällä tähtäimellä varteen otettava vaihtoehto
- mikäli mahdollista, läjittäminen penkereihin eristettyyn alueeseen, esim. merenlahteen jolla ei ole merkitystä virkistykselle tai kalastukselle, rajoittaa vaikutukset
- läjitettäessä vapaasti veteen on läjityspaikan valinta tärkeää
- läjityspaikan tulee olla sedinentaatiopohja, mikä tavallisesti merkitsee mahdollisimman syvää
- sedimentin koostumuksen on oltava mahdollisimman samanlainen kuin ruopattu sedimentti
- saastuneita ruoppausmassoja tulisi peittää puhtailla materiaaleilla
- läjittäminen tuottoisen vesikerroksen alapuolelle vähentää vaikutuksia levätuotantoon
- keinotekoisien saarten luominen on mahdollinen vaihtoehto, usein kuitenkin kallis ja asettaa suuria vaatimuksia penkereiden tiiviydelle

5.3. Ruoppausajankohdan valinta

- kalastusta, virkistystä ym. käyttöjä tulisi huomioida
- ajankohtaisten kalalajien kuyuaikoja tulisi huomioida, erityisesti ruopattaessa matalia mahdollisesti tärkeitä kutualueita, koskee lähinnä silakkaa ja siikaa
- kylmät vuodenaajat, syksy-talvi edullinen vuodenaika alentuneen biologisen toiminnan vuoksi

Seurantatutkimusohjelma				
Ruoppaus- paikka/ Vuosi/ Toimeksi- antaja	Ennako- selvitys	Veden laatu	Sedimentti	Kalatalous
Inkoo 1981-82 Imatran Voima Oy TVH	Veden laatu: - t ₀ , O ₂ , näkösyv. pH, sähköjoht. sameus, kiinto- aine, kok-P, kok-N - raskasmetallit Kasviplankton Perustuotanto Eläinplankton Pohjaeläimet Sedimentti Kalatalous: - kalasto - kalastus	¹⁾ - 7+9 hav.pist. - 1/5/10/15 m ... + 1 m pohjasta - O ₂ , pH, sähköjoht. näkösyv., väri, kok-P, PO ₄ -P, kok- N, NO ₃ -N, sameus, kiintoaine - läjitysaltaasta: pH, sähköjoht., väri, sameus, kiinto- aine, kok-P, PO ₄ -P, kok-N, NO ₃ -N, öljy, Hg, Pb, Cr - perustuotantokyky: 0-2 m, 6 hav.pist.	Pohjaeläimet: - 9 hav.pist. + 4 linjaa ¹⁾ - kerran/v. 3 vuoden välein - 7 hav.pist. - 2 kertaa/v. 1982/85 Sedimentaatio: - keräilyastiat, 10 m syv. + 1 m pohjasta 2 viikkoa - kuivapaino, org/ epäorg. aines, Hg, Pb, Cr - 6 kertaa 1982-83, touko-heinäkuu jatkuvasti	Koekalastus: ¹⁾ - 4 kertaa 1982-83 - 4 aluetta Kalamerkintä: ¹⁾ - 1973-74, hauki, lahna Tiedustelu: ¹⁾ - ammatikalastus - vapaa-ajan " Kirjanpitokalastus Makuhaitta ¹⁾ Ammattikalastus- tiedustelu: - pyynti- ja saalistiedot Pyydysten liikaantu- minen
Salo 1979 TVH	Sedimentti: - ravinteet - raskasmetallit - niiden liukene vuus veteen	- 5 hav.pist. kerran/kk. - pH, O ₂ , sähköjoht. kok-P, liuk-P, kok-N, sameus, kiintoaine - perustuotantokyky - klorofylli a		Kirjanpito- kalastus: - 3-5 pää-/sivu- ammattikalast. Tiedustelu: - saalis, pyydys- ten liikaantum.

Kemiö 1983 TVH Oy Lohja Ab	Sedimentti: - hapenkulutus - ravinteet, raskasmetallit ja niiden liukenevuus veteen - liettämiskokeet Kalatalous: - kalasto - kalastus	Suunniteluvaiheessa	Suunnitteluvaih.	Suunnitteluvaih.
Turku/ Pansio 1978 Valmet Oy	Ei tehty	<ul style="list-style-type: none"> - 3 hav.pist. kerran/kk. - pH, O₂, sähk.joht. sameus, kiintoaine kok-P, kok-N - sameuskartoitus: 5-10 hav.pist. näkösyv., sameus, kiintoaine - läjitysalueella ei seurantaa! 	Pohjanäytteet: - 2 kpl. - kok-P, liuk-P, kok-N, Hg, Pb, Cr, Zn	Ei seurattu
Turku/ Perno 1975-76 Wärtsilä Oy	Sedimentti: - ravinteet, raskasmetallit ja niiden luke- nevuus veteen	<ul style="list-style-type: none"> - 6 hav.pist. kerran/kk. - t^o, pH, O₂, sähk.joht., väri, sameus, kiintoaine KMnO₄, kok-P, PO₄-P, kok-N, NH₄-N - läjitysalueella 5 hav. pist., sama ohjelma - sameuskartoitus: 10-20 hav.pist., 2 kertaa, näkösyv., sameus, kiintoaine - perustuotantokyyky - fek. streptokok. 	Ei seurattu	Koekalastus: - biol. verkkosarja 5 kertaa 1975-76 4 aluetta Tiedustelu: - ammatti- ja muu kalastus - saalistiedot Kirjanpitokalastus Pyydysten liikaantum. Makuhaitta Raskasmetallit: Hg, Pb

Uusi- kaupunki 1979-81 TVH	Ei tehty	<ul style="list-style-type: none"> - 7 hav.pist., 3 kertaa/v - sameus, kiintoaine, - kok-P - sameuskartoitus - 2 kertaa - perustuotantokyy 	Pohjanäytteet: <ul style="list-style-type: none"> - 1 hav.piste - ravinteet, raskas- - metallit, fluoriidi 	Ei seurattu
Rauma 1977-81 TVH	Veden laatu: <ul style="list-style-type: none"> - 10 hav.pist., - 2 kertaa - O₂, sameus, kiinto- - aine Sedimentaatio: <ul style="list-style-type: none"> - 7 hav.pist., - 2 kertaa Kalatalous: <ul style="list-style-type: none"> - koekalstus - tiedustelu 	<ul style="list-style-type: none"> - 10 hav.pist., - kerran/kk. - t, sameus, kiintoaine, - raskasmetallit - perustuotanto: - 3 hav.pist., kesä- - syyskuu - kasviplankton bio- - massa 	Pohjanäytteet: <ul style="list-style-type: none"> - kuiva-ainepit., - Hg, Pb, kok-P, - liuk-P, kok-N, NO₃-N Sedimentaatio: <ul style="list-style-type: none"> - 7 hav.pist., 3 ker- - taa - keräilyastiat, - 2 viikkoa 1 m poh- - jasta - kuivapaino, hehk.- - häviö Lietämissokeet	Kalastustiedustelu: <ul style="list-style-type: none"> - pyydykset, kalas- - tuspaikat, saalis Kirjanpitokalastus
Rauma 1976-78 kaupunki/ Holming Oy	Kalatalous selvitys <ul style="list-style-type: none"> - lyhyt, ei omia - kenttätutkim. 	<ul style="list-style-type: none"> - 5 hav.pist. 2) - 3 kertaa - pH, O₂, sähkö.joht., - KMnO₄, sameus, kiinto- - aine, kok-P, kok-N, - ligniini - perustuotantokyy - fek. streptokok. 	Ei seurattu	Ei seurattu

1) kuuluu Imatran Voima Oy:n voimalaitoksen velvoitetarkkailuun vuodesta 1972 alkaen

2) kuuluu Rauman edustan merialueen yhteistarkkailuohjelmaan (L-S Vesiensuoj.yhd.)

<p>Olkiluoto 1975 Teollisuus- Voima Oy - Industrins Kraft Ab</p>	<p>3)</p>	<p>4)</p>		
<p>Pori, Mäntyluoto 1982 Wärtsilä Oy</p>	<p>Ei tehty</p>	<p>- 2 hav.pist., 2 kertaa - pH, sameus, Fe</p>	<p>Ei seurattu</p>	<p>Ei seurattu</p>
<p>Pori, Tahkoluoto 1983 TVH</p>	<p>Muihin selvityk- siin perustuva selvitys: - virtausolosuht. - kuormitus - veden laatu - pohjan laatu - pohjajäläimet - kalatalous: kalasto kalastus makutesti raskasmetallit kalantuotto - arvio ympäristö- vaikutuksista - suosituksia</p>	<p>Suunnitteluvaiheessa</p>	<p>Suunnitteluvaiheessa</p>	<p>Suunniteluvaih. Suunniteluvaih.</p>

3) Merentutkimuslaitoksen ympäristöohjelman puitteissa vesinäyte 4 kertaa/v. vuodesta 1972 alkaen

4) tehdään voimalaitoksen jäähdytysvesien vaikutusten seurantaohjelman yhteydessä

<p>Porl, Kokemäen- joki 1979-80 Vesi- hallitus</p>	<p>Ei tehty</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 6 + 28⁵) hav.pist. - 6 kertaa/v., 1 m syv. - t^o, pH, O₂, sähkö.joht., väri, sameus, kiinto-aine, näkösyv., KHT, BHT, kok-P, kok-N, Fe, NaLS, kok-S/SO₄ - perustuotantokyky: 4 kertaa/v. 4-10 m - klorofylli a - muu tutkimus: Pengerrys- ja ruoppausmassojen happamoittavista vaikutuksista. Ruoppauksen merkitys Kokemäenjoen kuorimittajana. 	<p>- Sedimenttien raskasmetallit ja elohopean joutumisesta veteen ruoppausten yhteydessä.</p>	<p>Ei seurattu</p>
<p>Kristiinankaupunki 1982 Pohjolan Voima Oy</p>	<p>Ei tehty</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 5 hav.pist., 1/4/10/15 kerran/vk., 1/4/10/15 m syv. - t^o, pH, sähkö.joht., sameus, kintoaine - sameuskartoitus, kerran/vk. 	<p>Ei seurattu</p>	<p>Ei seurattu</p>

5) kuuluu Porin edustan merialueen yhteistarkkailuohjelmaan

<p>Vaasa 1979-80 kaupunki/ TVH</p>	<p>Veden laatu: - Vaasan kaup. 1968 lähtien Sedimentti: - slkeytyminen - org./epäorg. aines - hapenkulutus - ravinteet - Hg Kalatalous: - kalastus- tiedustelu - koekalastus - kirjanpito- kalastus</p>	<p>- 7 hav.pist., 2 kertaa/kk., 1/5 m + 1 m pohjasta - pH, O₂, sähköjoht., näkösyv., sameus, kiintoaine, kok-P, kok-N - läjitysalue: 4 hav. pist. + altaan yli- vuotovesi, 2 kertaa/ kk., kiintoaine, Fe, kok-P, org. aines - perustuotanto: ennen ruoppausta ja 2 kertaa työn aikana - näkösyv. päivittäin 50-500 m etäisyyd.</p>	<p>Sedimentaatio: - 10 hav.pist. - haihd.häviö, hehk.jäännös</p>	<p>Koekalastus: Kirjanpitokalastus: - 5-6 kpl. vuoteen 1984 Tiedustelu: - kalastuspaikat, - saalistiedot - pyydydysten liikaan- tuminen Havaskokeet Makuhaitta</p>
<p>Pietarsaari 1981 TVH</p>	<p>Sedimentti: - 4 näyt., org. aines, Fe, kok-P, kok-N, kok-C, vesipitois. - 2 näyt., PCB, DDT + yhdist., kloorat. hiili- vedyt, fenoolit, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Fe, Ni, Pb, Zn, Hg</p>	<p>- 10 hav.pist., 2 kertaa/kk., 1/5 + 1 m pohjasta - pH, t, O₂, sähköjoht., sameus, kiintoaine, kok-P, Fe - sameuskartoitus: 19 hav.pist., 2 kertaa /vk., näkösyv. 50- 500 m etäis. - prustuotantokyky: 9 hav.pist., ennen ja 2 kertaa työn aikana</p>	<p>Ei seurattu</p>	<p>Ei seurattu</p>

Kokkola 1975-76 TVH ja kaupunki	Ei ole	<ul style="list-style-type: none"> - 8 hav.pist., 6 kertaa 1975-76 1/5 m syv. + 1 m pohjasta t^o, pH, O₂, sähkö.joht., näkösyv., väri, sameus, kiintoaine, KMnO₄, haihd.häviö, hehk. jäänn., kok-P, kok-N 	Ei seurattu	Koekalastus: - 3 aluetta, heinä- kuu Kalastustiedustelu: - 20 kpl. elinkeino kalastajaa
Kokkola 1979-80 Kemira Oy	Ei ole	<ul style="list-style-type: none"> - raskasmetallit, 2 kert. - näkösyv. kerran/vk. - 3 hav.pist. kiinto- aine 	Ei seurattu	Ei seurattu
Rahja 1981-82 Kalajoen kunta ja TVH	Ei ole	<ul style="list-style-type: none"> - t^o, O₂, pH, väri, kiinto- aine, kok-P, kok-N - ennen padon sulkemista työn aikana ja padon purkaismen aikana ja jälkeenpäin, yht. 7 kertaa 	Ei seurattu	Ei seurattu
Raahе 1979-80 kaupunki	Sedimentti: <ul style="list-style-type: none"> - 4 hav.pist. - selkeytyminen, org.aines, Fe, kok-P Veden laatu: <ul style="list-style-type: none"> - 4 hav.pist., 1 m syv. + 1m pohjasta + puoli väliin - pH, O₂, sähkö.joht. sameus, kiintoa. kok-P, Fe 	<ul style="list-style-type: none"> - näkösyv. kerran/vk., linjat 100-800 m etäi- sydellä - vesinäytteet 2 kertaa/ kk., analyysit samat kuin ennakkoselv. - läjitysaitaan yli- vuotovesi: kiintoaine, kok-P, Fe 	Ei seurattu	Tarvittaessa: -koekalastus -tiedustelu -havaskokeet

<p>Raaha 1973 kaupunki</p>	<p>Sedimentti: - selkeytyvyys - hapenkulutus (BHT) - vaikutus happa- muuteen - ravintect ja Fe Veden laatu: - 5 hav.pist. kerran - t, O₂, pH, sähkö- joht., KIIT, sameus, kiinto- aine, kok-P, kok-N Perustuotantokyky</p>	<p>- 5 hav.pist., O-tutkim. + 3 seurantaa - t, O₂, pH, sähkö.joht., väri, KIIT, sameus, kiintoaine, kok-P, kok-N, Fe</p>	<p>Ei seurattu</p>	<p>Ei seurattu</p>
<p>Oulun etelä- satama 1970 kaupunki</p>	<p>Ei ole</p>	<p>- 5 hav.pist., 6 kertaa - t, O₂, pH, sähkö.joht. kok-P, kok-N, Hg - 5 ilmakehuvausta - enterokokk.</p>	<p>Ei seurattu</p>	<p>Ei seurattu</p>

<p>Oulun etelä ja öljy-satama 1972-73 kaupunki</p>	<p>Sedimentti: - 4 hav.pist. - maalaji, vesipitois., org. aines, kok-P, liuk-P, kok-N, S, Fe, Hg - vaikutus perustuotantoon, hapenkulutukseen happamuuteen Selkeytymiskoe Vaikutus kalojen makuun Hg rikastuminen kaloissa</p>	<p>- 9 hav.pist., 1-2 kertaa/kk. - pH, O₂, sähköjoht., kok-P, kok-N, S, Fe, Hg - sameus, kiintoaine, laskeutuvuus (2 h) - perustuotantokyky</p>	<p>Sedimentaatio: - keräilyastiat - haihd. häviö, hehk. jäänn., kok-P, kok-N, Hg</p>	<p>Elohopean rikastuminen kaloihin ja vaikutus kalojen makuun</p>
<p>Oulun Hartaan-selkä 1972-73 Metsä-hallitus</p>	<p>Sedimentti: - 4-5 näyt. - maalaji, vesipitois., org. aines, kok-C, kok-P, liuk-P, kok-N, S, Fe, Hg - tarvittaessa vaikutus kaljen makuun - vaikutus perustuotantoon ja happitasapain. sekä happamuuteen Pohjaeläimistö - 4-5 hav.pist.</p>	<p>- 5 hav.pist. - päivittäin: pH, O₂, sähköjoht., sameus, kiintoaine - kerran/vk. : KMnO₄, kok-P, kok-N, Fe, S - perustuotanto, kerran/vk.</p>	<p>Sedimentaatio: - 3-5 hav.pist.</p>	<p>Ei seurattu</p>

<p>Oulun Nuottasaari 1973 Oulu Oy</p>	<p>Ei ole</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 9 hav.pist., ennen ja 4 kertaa työn aikana, 1/3/6/9 m syv. - t, pH, O₂, sähkö.joht., sameus, kiintoaine, KIIT, kok-P, kok-N, Fe 	<p>Ei seurattu</p>	<p>Ei seurattu</p>
<p>Oulun Hietasaari 1973 1977 kaupunki</p>	<p>Ei ole</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 5 hav.pist., 1 m syv. - t, pH, sähkö.joht., sameus, kiintoaine, kok-P, kok-N 	<p>Ei seurattu</p>	<p>Ei seurattu</p>
<p>Oulun Rajahauta 1978-79 kaupunki</p>	<p>Ei ole</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 8-10 hav.pist., kerran/vk., 1 m/vesipatsaan puol.väl./1 m pohjasta - t, pH, sähkö.joht., näkösyv., sameus, kiintoaine, kok-P 	<p>Ei seurattu</p>	<p>Ei seurattu</p>
<p>Oulun Vihreäsaari 1979-80 kaupunki</p>	<p>Veden laatu: - 5 hav.pist. - pH, sähkö.joht., O₂, sameus, kiintoaine, kok-P, Fe Sedimentti: - 4 näyt., - laskeutuv. (2h) org.aines, kok-P, kok-N, Hg</p>	<ul style="list-style-type: none"> - veden laatu 2 kertaa/kk. kuten ennakkoselv. - näkösyv. kerran/vk. - läjitysaltaan ylivuotovesi: kiintoaine, kok-P 	<p>Ei seurattu</p>	<p>Tarvittaessa: - tiedustelu, - koekalastus - makuhaitta</p>

Perämeren nippuhinaus väylä 1975 TVH	Ei ole	<ul style="list-style-type: none"> - sameuskartoitus päivittäin ylä- ja alavirran suuntaan, - näkösyvyys ja kiintoaine 	Ei seurattu	Ei seurattu
Oulu-Kemi 1972 TVH	<p>Ruoppausmassojen laskeutumis- ominaisuudet</p> <p>Veden laatu:</p> <ul style="list-style-type: none"> - perustuotanto-kyky - kasviplankton - eläinplankton <p>Sedimentti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pohjajeläimet - vesipitoisuus, org. aines, kok-C, kok-P, kok-N, S, Hg 	<ul style="list-style-type: none"> - ennen ja jälkeen + 3 kertaa työn aikana - pH, sähköjoht., O₂, sameus, kiintoaie, laskeutuv., KMnO₄, kok-P, kok-N, Fe, S, Hg - perustuotantokyky 	Ei seurattu	Ei seurattu
Kemi/Ajos 1973-74 TVH	<p>Sedimentti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - org. aines, kok-C, kok-P, kok-N, S, Hg <p>Kalatalous:</p> <ul style="list-style-type: none"> - kalasto - kalastus (määrä, pyydykset, paikat, saalis) 	<ul style="list-style-type: none"> - 8 hav. pist., 2 kertaa/kk. - sameus, kiintoaine, Fe - 1 hav. pist. + vertailu kerran/kk., t^o, O₂, sähköjoht., väri, sameus, kiintoaine, KMnO₄, kok-P, kok-N, Fe - näkösyv., 2 kertaa/vk. 16 hav. pist. 	Ei seurattu	Ei seurattu

<p>Kliminki- Joki 1979-80 Vesi- hallitus</p>	<p>Ei ole</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ennen ruoppausta ja työn aikana 2 kertaa/ kk, 6 hav.pist. - pH, O₂, sähkö.joht., väri, sameus, kiinto-aine, KHT, Fe, lasketu vaus (2h), kok-P, kok-N, BHT₇ 	<p>Ei seurattu</p>	<p>Ei seurattu</p>
<p>Olhavanjoki 1981 Vesi- hallitus</p>	<p>Ei ole</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 4 hav.pist., ennen ja jälkeen + työn aikana 2 kertaa/kk. - O₂, pH, sähkö.joht., väri, sameus, kiinto-aine, COD, kok-P, PO₄-P, kok-N, NO₃-N, NH₄-N, Cl, Fe 	<p>Ei seurattu</p>	<p>Ei seurattu</p>
<p>Hiastin- lahti 1981 Vesi- hallitus</p>	<p>Ei ole</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 3 hav.pist. muuten kuin edellinen 	<p>Ei seurattu</p>	<p>Ei seurattu</p>

Ruoppauspaikka	Ruoppauksen tarkoitus	Toimeksiantaja	Vuosi	Ruopattu määrä m ³ ktr	Pohjan laatu	Ruoppausmenetelmä	Ruoppausajankohta	Läjitystapa	Vo:n lupa
1. Espoo	satama	Espoon Sähkö Oy	Ei toteutettu						
2. Inkoo	hiili-satama ja tuloväylä	Imatran Voima Oy ja TVH	1981-82	800.000	pehmeä moreeni kallio	imu-kauha		läjitys-altaat merelle	kyllä
3. Salo	vene-väylän kunnossapito	TVH	1979	38.000	lieju savi siltti hiekka	ketju-kauha	20.9-15.11	merelle	ei
4. Kemiö	satama ja tuloväylä	Lohja Oy ja TVH	1983	145.000	savi lieju hiekka	ketju-kauha		merelle	haetaan
5. Turku/Pansio	telakka ja tuloväylä	Valmet Oy	1978	160.000	savi lieju		24.4-31.6	merelle	kyllä
6. Turku/Perno	telakka ja tuloväylä	Wärtsilä Oy	1975-76 1981	800.000 45.000	lieju-savi		10.8-15.12. 26.5-20.9	merelle	kyllä
7. Uusi-kaup.	laiva-väylät	TVH	1979 1981	35.000	lieju savi siltti moreeni	kauha-	11.6-30.9	merelle	ei

8. Rauma	laiva- väylä	TVH	1977-81	280.000	moreeni kallio savi siltti hiekk sora	kaucha-	14.6-1.10 25.5-31.12 27.4-11/12 4.5-4.12 6.5-31.7	merelle	kyllä
9. Rauma	laiva- väylä	kaupunki Holming Oy	1974-76	100.000	pehmeä	imu- ketju- kauha			
10. Olki- luoto	satama ja tuloväylä	Teollisuus- den Voima Oy	1975	30.000				täyttöön /merelle	kyllä
11. Pori/ Mänty- luoto	kocruoppaus	Wärtsilä Oy	1982	16.000	hiekk	imu-		merelle	ei
12. Pori/ Tahko- luoto	laivaväylä	TVH	1983	515.000	hiekk sora moreeni	kaucha-/ imu- ?		merelle	maetaan
13. Pori/ Koke- mäen- joki	jokisuun- kunnossa- pito	Vesihalli- tus	1979-80	150.000		imu-	7.11-5.12 7.5-24.10	läjitys- altaat + ALSO ₄	kyllä
14. Kris- tiinän- kaup.	hiillisatama	Pohjolan Voima Oy	1982	360.000	pehmeä louhik.		19.4-	täyttöön	ei
15. Vaasa	satama ja tuloväylä	kaupunki ja TVH	1977-79 1978-80	275.000 743.000	savi siltti	imu-	30.5-20.6 9.8-11.9 17.9-3.12 2-19.5 9.7-18.9 22.9-12.11	läjitys- altaat + tekosaari	kyllä
16. Pietar- saari	sataman tuloväylä	TVH	1981	475.000		kaucha-	13.7-4.12	merelle	kyllä
17. Kokkola	laivaväylä ja satama	TVH ja kaupunki	1975-76	17.000 300.000	kallio moreeni hiekk	kaucha- imu-		maalle	ei

18. Kokkola	satama	Kemira Oy	1979-80						26.11-13.12 23.5-4.7	ei
19. Rahja	satama ja tuloväylä	Kalajoen kunta ja TVH	1981-82	360.000	hieta moreeni	imu-/ kaivin- kone	kesä-elok.	morelle /läjitys- allas	ei	
20. Raahe	sataman tuloväylä	kaupunki	1979-80	41.000		imu-	1.8-5.12	läjitys- allas	ei	
21. Raahe	veneväylä	kaupunki	1973	123.000	hieta hiesu moreeni	imu-		maalle	kyllä	
22. Oulun Etelä- satama	satama- laajennus	kaupunki	1970	1250.000		imu-/ ketju- kauha		maalle	kyllä	
23. Oulun syvä- satama	satama- laajennus	kaupunki	1972-73	991.000	savi hiekk hieta	imu-		läjitys- altaat	kyllä	
24. Oulu Hartaan- selkä	nippu- hinaus- väylä	Metsä- hallitus	1972-73	6.000	hieta hiekk kivi	kauha-	3.7-22.7 1.10-31.12	maalle	kyllä	
25. Oulu Nuotta- saari	nippu- varasto- allas	Oulu Oy	1973	52.000		kauha-	9.7-4.12	merelle	kyllä	
26. Oulu Hieta- saari	pienvene- satama	kaupunki	1973 1977	123.000		imu-		läjitys- allas	kyllä	
27. Oulu Raja- hauta	vene- satama	kaupunki	1978 1979	11.500		kaivu- kone	21.9-27.10 23.5-14.6	merelle	kyllä	

28. Oulu Vihreä- saari	Joukko- tavara- satama	kaupunki	1979	191.000			imu-	heinä-elok.	läjitys- altaat	kyllä
29. Perä- meri	nippuhinaus- väylä	TVH	1975	19.400			imu-		läjitys- allas	kyllä
30. Oulu- Kemi	rannikko- väylä	TVH	1972	6.300	hiesu hieta moreeni				merelle	kyllä
31. Kemi/ Ajos	laivaväylä ja syvä- satama	TVH ja kaupunki	1973-74	667.700	hiekk hieta		ketju- kauha/ imu-	13.8-16.10 6.9-6.11 29.5-31.10	maalle/ merelle/ läjitys- allas	kyllä
32. Kiiminki joki	kunnossa- pito	Vesi- hallitus	1978				kaivu- kone	talvella	maalle	kyllä
33. Olhavan joki	kunnossa- pito	Vesi- hallitus	1981				kaivukone	talvella	maalle	kyllä
34. Hiastin haara	kunnossa- pito	Vesi- hallitus	1981				kaivukone	talvella	maalle	kyllä