

Perämeren kansallispuiston pohjaeläimet



Markku Yliniva
Kalevantie 12 as 12
90570 Oulu
markku.yliniva@maritech.fi

Essi Keskinen
Kalliotie 20 as 51
90500 Oulu
essi.keskinen@metsa.fi

Kansikuva: Pitkä-Leton imurinäyte, jossa näkyy mm. kilkki, leväkotiloita, kiekkokotiloita, limakotiloita, vesiperhosen toukkia, harvasukasmatoja ja surviaissääsken toukkia. Kuva: Markku Yliniva.

Översättning: Cajsa Rudbacka-Lax.



© Metsähallitus 2009

ISSN 1235-6549
ISBN 978-952-446-729-2 (nidottu)
ISBN 978-952-446-730-8 (pdf)

Edita Prima Oy, Helsinki 2009

Markku Yliniva ja Essi Keskinen

Perämeren kansallispuiston pohjaeläimet



KUVAILULEHTI

JULKAISIJA	Metsähallitus	JULKAISUAIKA	22.6.2009
TOIMEKSIANTAJA	Metsähallitus	HYVÄKSYMISPÄIVÄMÄÄRÄ	
LUOTTAMUKSELLISUUS	Julkinen	DIAARINUMERO	
SUOJELUALUETYYPPI/ SUOJELUOHJELMA	kansallispuisto, Natura 2000 -alue		
ALUEEN NIMI	Perämeren kansallispuisto		
NATURA 2000 -ALUEEN NIMI JA KOODI	Perämeren kansallispuisto SCI FI300301		
ALUEYKSIKKÖ	Pohjanmaan luontopalvelut		
TEKIJÄ(T)	Markku Yliniva ja Essi Keskinen		
JULKAISUN NIMI	Perämeren kansallispuiston pohjaeläimet		
TIIVISTELMÄ	<p>Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella Itämeren perimmäisen merialueen eri elinympäristöjen pohjaeläimistöä ja sen vaihtelua pohjan laadun ja manneretäisyyden mukaan. Tutkimusalueena oli Perämeren kansallispuisto lähialueineen ja tutkimuskohteina alueen sublitoraalin pohjaeläimet pehmeillä pohjilla ja kovilla karikoilla. Tutkimusalue oli rajattu siten, että tutkimuskohteista saatiin kolme keskittymää (ulkosaaristo, sisäsaaristo ja rannikko).</p> <p>Aineisto kerättiin elo-syyskuussa vuonna 2007. Näytteenotto suoritettiin sukeltaen käyttämällä joko putkinäytteenottimia pehmeillä pohjilla tai pohjaeläinimuria kovilla pohjilla.</p> <p>Pohjaeläimet tunnistettiin osittain lajitasolle, mutta esimerkiksi surviaissääsken toukkien, harvasukasmatojen ja sukkulamatojen kohdalla karkeammille taksonitasoille. Putkinäytteistä kyettiin erottelemaan 30 eri ryhmää ja imurinäytteistä samoin 30 ryhmää. Yhteensä tutkimuksessa löydettiin ja tunnistettiin 45 eri taksonia.</p> <p>Pohjaeläinyhteisöjen rakenteen muutoksissa havaittiin yhteys jokiveden kiilautumiseen jään alla, mutta lisää tutkimusta aiheesta tarvitaan. Karikkojen pohjaeläinyhteisöjen tärkein selittävä ympäristömuuttuja oli jokiveden osuus vesipatsaassa. Putkinäytteiden kohdalla suurin selittävä ympäristömuuttuja oli pohjan karkeus. Tutkimuspisteiden luokkamuuttujien (avo-, lahti- ja satamaympäristö) välillä huomattiin pieniä pohjaeläinyhteisöjen rakenteellisia eroja, mutta luokkamuuttujien vaikutus jäi pieneksi. Perämeren kansallispuiston alueen vedenalainen luonto on karuudestaan huolimatta vaihtelevaa, mikä on huomioitava jatkotutkimuksissa.</p>		
AVAINSANAT	pohjaeläin, Perämeri, kansallispuisto, putkinäyte, pohjaeläinimuri		
MUUT TIEDOT	Tutkimus on tehty pro gradu -työnä Oulun yliopiston eläintieteen laitokselle luonnontieteelliseen tiedekuntaan.		
SARJAN NIMI JA NUMERO	Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A 183		
ISSN	1235-6549	ISBN (NIDOTTU)	978-952-446-729-2
		ISBN (PDF)	978-952-446-730-8
SIVUMÄÄRÄ	46 s.	KIELI	suomi
KUSTANTAJA	Metsähallitus	PAINOPAIKKA	Edita Prima Oy
JAKAJA	Metsähallitus, luontopalvelut	HINTA	

PRESENTATIONSBLAD

UTGIVARE	Forststyrelsen	UTGIVNINGSDATUM	22.6.2009
UPPDRAGSGIVARE	Forststyrelsen	DATUM FÖR GODKÄNNANDE	
SEKRETESSGRAD	Offentlig	DIARIENUMMER	
TYP AV SKYDD SOMRÅDE/ SKYDDSPROGRAM	nationalpark, Natura 2000-område		
OMRÅDETS NAMN	Bottenvikens nationalpark		
NATURA 2000 -OMRÅDETS NAMN OCH KOD	Perämeren kansallispuisto SCI FI300301		
REGIONAL ENHET	Österbottens naturtjänster		
FÖRFATTARE	Markku Yliniva och Essi Keskinen		
PUBLIKATION	Bottendjuren i Bottenvikens nationalpark		
SAMMANDRAG	<p>Syftet med denna undersökning var att granska bottenfaunan i olika livsmiljöer i Östersjöns innersta havsområde och variationerna i den enligt bottenens art och avståndet från fastlandet. Undersökningsområde var Bottenvikens nationalpark jämte närliggande områden och undersökningsobjekt områdets sublitorala bottendjur på mjukbottnar och hårda grynnor. Undersökningsområdet var avgränsat så att man fick tre koncentrationer av undersökningsobjekten (yttre skärgården, inre skärgården och kusten).</p> <p>Materialet insamlades i augusti-september 2007. Provtagningen utfördes under dykningar genom att man använde antingen rörprovtagare på mjukbottnar eller bottenfaunasugare på hårbottnar.</p> <p>Bottendjuren identifierades delvis på artnivå, men i fråga om t.ex. fjädermygglarver, glattmaskar och rundmaskar på grövre taxonivåer. I rörproverna lyckades man särskilja 30 olika grupper och i sugproven likaså 30 grupper. I undersökningen hittades och identifierades sammanlagt 45 olika taxa.</p> <p>När det gäller förändringar i bottenfaunasamhällenas struktur upptäcktes ett samband med älvvatten som tränger sig in under isen, men det behövs mera forskning kring saken. Den viktigaste miljövariabeln som förklarar grynnornas bottenfaunasamhällen var älvvattnets andel i vattenpelaren. När det gäller rörproverna var den största förklarande miljövariabeln bottenens grovhet. Mellan undersökningspunkternas klassvariabler (öppen, vik- och hamnmiljö) iaktogs små strukturella skillnader i bottenfaunasamhällena, men klassvariablernas inverkan förblev liten. Undervattensnaturen i Bottenvikens nationalpark är trots sin karghet varierande, vilket måste beaktas i de fortsatta undersökningarna.</p>		
NYCKELORD	bottendjur, Bottenviken, nationalpark, rörprov, bottenfaunasug		
ÖVRIGA UPPGIFTER	Undersökningen har gjorts som pro gradu -arbete vid naturvetenskapliga fakulteten vid Uleåborgs universitets zoologiska institution.		
SERIENS NAMN OCH NUMMER	Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A 183		
ISSN	1235-6549	ISBN (HÄFTAD)	978-952-446-729-2
		ISBN (PDF)	978-952-446-730-8
SIDANTAL	46 s.	SPRÅK	finska
FÖRLAG	Forststyrelsen	TRYCKERI	Edita Prima Oy
DISTRIBUTION	Forststyrelsen, naturtjänster	PRIS	

Sisällys

1 Johdanto	7
1.1 Tutkimuksen taustaa	7
1.2 Itämeren erityispiirteet.....	7
1.3 Perämeren erityispiirteet	9
2 Aineisto ja menetelmät	13
2.1 Vedenalainen videokuvaus	13
2.2 Näytteenottimet	14
2.3 Näytteenotto	16
2.4 Näytteenottokohteet	18
2.5 Imurinäytekohteet.....	18
2.6 Putkinäytekohteet.....	20
2.7 Seulonta	21
2.8 Jatkokäsittely ja analyysit.....	22
3 Tulokset	24
3.1 Putkinäytteiden lajikertymäkäyrä (species accumulation curve).....	24
3.2 Putkinäytteiden eläimistö	24
3.3 Tutkimuspisteiden putkinäytteiden kanoninen korrespondenssianalyysi (cca).....	26
3.4 Tutkimuspisteiden eläimistön cca ympäristömuuttujilla.....	27
3.5 Imurinäytteiden eläimistö	28
3.6 Tutkimuskohteiden cca imurinäytteille	29
3.7 Putki- ja imuriaineiston rinnakkaisvertailu	30
4 Pohdinta	31
4.1 Lajikertymä ja rinnakkaisnäytteiden määrä.....	31
4.2 Avo-, lahti- ja satamaympäristön putkinäytteiden vertailu	32
4.3 Runsaimpien pohjaeläinryhmien tarkastelu	32
4.4 Pohjaeläinimuroinnit sublitoraalissa	33
4.5 Jokiveden kiilautumisen vaikutukset pohjaeläimistöön	34
Kiitokset	35
Lähteet	36
Liitteet	
Liite 1 Perämeren kansallispuiston pohjan laatu.....	39
Liite 2 Perämeren kansallispuistossa vuonna 2007 kerätyt pohjan putkinäytteet	40
Liite 3 Perämeren kansallispuistossa vuonna 2007 kerätyt pohjan imurinäytteet ja niistä löydetyt eläimet.....	44

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen taustaa

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella Itämeren perimmäisellä merialueella sijaitsevan Perämeren kansallispuiston eri elinympäristöjen pohjaeläimistöä ja sen vaihtelua pohjan laadun ja manneretäisyyden mukaan. Perämeren kansallispuistossa on tehty pohjaeläinkartoitus viimeksi lähes 15 vuotta sitten heti puiston perustamisen jälkeen, joten uusi kartoitus oli paikallaan. Lisäksi Euroopan parlamentti on vuonna 2007 hyväksynyt toisella kuulemiskierroksella olleen ehdotuksen yhteiseurooppalaisesta meristrategiapuitedirektiivistä, ja Perämeren alueelle on ehdotettu lukuisia tuulivoimapuistohankkeita ja merisoran nostoa. Perämeri onkin muiden merien tapaan juuri nyt ankaran tarkastelun alaisena ja kaikki mahdollinen lisäintieto veden alta on tervetullutta.

1.2 Itämeren erityispiirteet

Itämeri on valtameriin verrattuna pieni (pituus 1 500 km, leveys 650 km) ja matala (keskisyvyys 55 m), mutta suhteellisen laaja (415 000 km²) murtovesiallas (Winterhalter ym. 1981). Itämeren valuma-alue on nelikertainen varsinaiseen merialueeseen verrattuna, ja tällöin sen vaikutuspiiriin voidaan katsoa kuuluvan jopa 100 miljoonaa ihmistä (Ehlin 1981). Itämeri voidaan jakaa kuuteen erilliseen merialueeseen, joita ovat Beltin, Kattegatin, pääaltaan, Riianlahden, Suomenlahden ja Pohjanlahden alueet. Pohjanlahti jaetaan vielä etelästä Ahvenan-, Saaristo-, Selkä- ja Perämereen sekä Selkä- ja Perämeren väliseen Merenkurkkuun (Winterhalter ym. 1981). Tässä tutkimuksessa keskitytään Perämeren pohjoisimpaan ja samalla koko Itämeren arktisimpaan osaan, Perämeren kansallispuistoon.

Valtamerien suolapitoisuus on noin 35 ‰, viisinkertainen Itämeren suolaisimpiin alueisiin verrattuna (Ehlin 1981). Itämeren suolapitoisuus vaihtelee 2–6 ‰:een alueesta riippuen. Yleisesti voidaan sanoa suolapitoisuuden laskevan pohjoiseen tai itään mentäessä sekä laskujokien välittömässä läheisyydessä, mutta toisaalta veden suolapitoisuus nousee jonkin verran myös syvyyden kasvaessa. Itämerestä on yhteys Pohjanmereen ja Atlantille Tanskan salmien kautta. Niiden kaut-

ta tapahtuu merialueiden välinen vesien vaihto, joka voi olla 650–1500 km³ vuodessa riippuen suolapulssin esiintymisestä (Ehlin 1981).

Suolapulssit ovat Pohjanmerestä Tanskan salmien kautta Itämereen kulkevia epäsäännöllisiä suolaisen veden virtauksia, jotka riippuvat mm. ilmakehän olosuhteista (Kullenberg 1981). Suolapulssien vuoksi Itämeren pohjoisosiin ja Suomenlahden länsiosiin muodostuu suolaisen veden harppauskerros eli halokliini. Saaristo- ja Ahvenanmeren vedenalainen kannas estää suolapulssien leviämisen Pohjanlahdelle ja edelleen Perämerelle, mutta pintavesien vaihtoa tapahtuu (Ehlin 1981). Merenkurkussa sijaitseva toinen vedenalainen kannas estää syvemmillä sijaitsevan suolaisen Selkämeren vesimassan vapaan siirtymisen Perämereen. Toisaalta Perämereen laskee neljännes jokien koko Itämereen tuomasta makeasta vedestä (Ehlin 1981, Kullenberg 1981).

Myös vesimassan lämpötilaerot saavat aikaan kerrostumista, joka voidaan havaita lämpötilan harppauskerroksena (Kullenberg 1981). Selvimmin harppauskerroksen eli termokliinin voi huomata kesällä, jolloin lämpötilaerot kerrosten välillä ovat suurimmat. Harppauskerroksen yläpuolinen vesimassa on altis virtauksille. Tilanteessa, jossa pintavettä siirtyy toisaalle, korvaava vesimassa voi tulla harppauskerroksen alapuolelta, ja silloin ilmiötä kutsutaan kumpuamiseksi (Kiirikki ym. 2004).

Itämeren arktisuus ilmenee selvimmin talvisen jääkannen muodostumisena (Kullenberg 1981). Jääolosuhteet ovat Itämerellä hyvin vaihtelevia. 1900-luvulla pääallas jäätyi kokonaan keskimäärin joka neljäs talvi ja Suomen rannikkoalueet yleensä aina (Olsonen 2008). Jäätalvien vaihteluun vaikuttavat sääolosuhteet ja korkeapaineen alueiden sijoittuminen Pohjanmerellä ja Fennoskandiassa. Jään alueittaiseen esiintymiseen vaikuttavat myös vedenpinnan läheiset olosuhteet. Jäämassojen liikkeet riippuvat pääosin tuulesta ja merivirroista, mutta myös coriolisvoimalla ja jään sisäisillä lämpölaajenemisvoimilla on osuutensa. Jään liikkeissä ovat kyseessä valtavat voimat, ja ne vaikuttavat jään vaikutuspiiriin vesiluontoon (Kullenberg 1981).

Suomen rannikkoalueella on noin 73 000 saarta, joista pieniä, alle hehtaarin kokoisia on

52 000 (Bäck ym. 1996). Parhaimmillaan saarten ja meren muodostama monipuolinen mosaiikki näkyy Saaristomerellä. Näillä alueilla veden syvyys on yleisesti n. 10 metrin luokkaa, jolloin valon määrä on otollinen runsaan ja monimuotoisen pohjaskasvillisuuden esiintymiselle. Saaristot ja rannikot toimivat puskurivyöhykkeenä suojaten avomerta maalta tulevilta ravinteilta, jotka muuten kulkeutuisivat suoraan avomerelle. Ravinnekuorman rehevöittävät vaikutukset näkyvätkin parhaiten juuri rannikon ekosysteemeissä (Bäck ym. 1996, Kiirikki ym. 2004).

Pohjaeläimiä voi helpoimmin löytää rantojen ajoittain veden peittämältä hydrolitoraalivyöhykkeeltä, mutta pääosa Itämeren pohjaeläimistä on pieniä ja vieläpä näkymättömissä veden alla pohjasedimenteissä (Voipio & Leinonen 1984). Elinympäristöt vaihtelevat ulapan syviltä, alhaisen lajimäärän leimaamilta alueilta rannan rehevämpiin ja monilajisiin litoraalin kasvillisuusvyöhykkeisiin. Elinympäristöt ovat niin erilaisia, että kuhunkin pääympäristöön on valikoitunut omanlaisensa pohjaeläinyhteisö. Heti rantojen läheisyydessä tai matalassa vedessä esiintyvät rihmalevät ovat tuottoisa mutta ajallisesti hetkellinen ympäristö. Rihmalevien alapuolisessa kasvillisuusvyöhykkeessä alkaa Merenkurkusta etelään rakkolevien pääesiintymisvyöhyke. Rakkolevää käyttävät suojanaan tai ravintonaan mm. monet kotilot ja siirat. Rakkolevää syvemmillä, noin viiden metrin syvyydessä, alkaa Perämereltä lähes kokonaan puuttuvien punalevien pääesiintymisvyöhyke. Puna- ja rakkolevävyöhykkeen eliöyhteisöt ovat osin samankaltaisia, mutta eliötiheyksissä ja yksittäisten pohjaeläinten massaesiintymisissä on eroja. Punalevien alapuolista vyöhykettä, jossa yhteyttämistä ei tapahdu, kutsutaan profundaaliksi. Rakkolevän pohjoinen levinneisyys Pohjanlahdella päättyy Merenkurkkuun, ja levän puuttuminen pohjoiselta Perämereltä köyhdyttää tuntuvasti alueen rannikkojen monimuotoisuutta (Voipio & Leinonen 1984).

Rihmalevävyöhykkeellä monien äyriäisten, kotiloiden ja simpukoiden poikasvaiheet saavat hyvät olosuhteet elämän aloittamiseen (Voipio & Leinonen 1984). Eniten rihmalevästöä leimaavat sukkulamadot (Nematoda), värysmadot (Turbellaria) ja suurina massoina esiintyvät har-

vasukasmadot (Oligochaeta). Perämereltä puuttuvalla rakkolevävyöhykkeellä biomassaltaan suurimpia lajeja ovat sinisimpukka (*Mytilus edulis*), idänsydänsimpukka (*Cerastoderma glaucum*) ja merirokko (*Balanus improvisus*). Punalevävyöhykkeen pohjaeläinyhteisö on hyvin yhtenevä rakkolevävyöhykkeen kanssa. Sinisimpukoilla on punalevävyöhykkeellä korostunut vaikutus ympäristöönsä, koska ne voivat paikoin muodostaa lähes puhtaita simpukkakenttiä. Muita punalevävyöhykkeellä viihtyviä lajeja ovat levärupi (*Electra crustulenta*) ja merirokko. Pohjaeläinyhteisöjen tai yksittäisten lajien ajalliset esiintymiset voivat merialueillamme olla hyvin vaihtelevia (Laine & Kangas 2004). Pohjaeläinseuranta on suoritettu mm. Selkämerellä 1960-luvulta lähtien, ja esimerkiksi valkokatkan (*Monoporeia affinis*) runsaudet profundaalissa ovat vaihdelleet 200:sta 6 000 yksilöön neliometrillä (Laine ym. 2004, Voipio & Leinonen 1984).

Tulokaslajit ovat kiihtyvällä nopeudella asettumassa Itämeren kotoperäisen tai alueella pitkään (tuhansia vuosia) esiintyneen pohjaeläinlajiston rinnalle. Maailman murtovesien eliöstö on tällä hetkellä voimakkaan sekoittumisen, homogeniisaation tilassa. Eliölaajien ihmisvaikutteinen leviäminen on kiihtynyt 1950-luvulta asti. Itämeren lisäksi muita laajoja murtovesialueita ovat mm. Mustameri ja Kaspianmeri, mutta pontokaspialaisen eli Euroopan sisäisen ”vaihdon” lisäksi eniten tulokaslajeja luovuttaa Itämerelle Pohjois-Amerikka. Tulokaslajeista lähes sadan arvellaan ilmaantuneen Itämeren alueelle 1800-luvun jälkeen. Itämeri onkin tulokaslajien suhteen maailman tarkimmin seurattu merialue (Leppäkoski ym. 2002). Ensimmäinen Pohjanlahdella rekisteröity vieras pohjaeläin oli merirokko 1860-luvun lopulla. Muita merirokon jälkeen Pohjanlahden alueelle saapuneita väljästi pohjaeläimiksi luokiteltavia eliöitä ovat kaspianpolyyyppi (*Cordylophora caspia*), monisukasmato (*Marenzelleria* spp.), kaspianhalkoisjalkainen (*Hemimysis anomala*), vaeltajakotilo (*Potamopyrgus antipodarum*) ja hietasimpukka (*Mya arenaria*). Edellä mainituista vain kaspianpolyyyppi ja monisukasmato ovat levinneet Perämeren pohjukkaan asti (Leinikki & Oulasvirta 1995, Parviainen 2006).

1.3 Perämeren erityispiirteet

Perämeri on pohjoisin osa Itämeren ja sen laajuus on noin 8 % Itämeren kokonaispinta-alasta (Kullenberg 1981). Perämeri päättyy etelässä Merenkurkun saaristoon, jossa vedenalainen kannas erottaa sen Selkämerestä (Ehlin 1981). Edellä mainitun rajauksen mukaan Perämeren pinta-ala on noin 37 000 km² ja valuma-alue 280 000 km² (Kronholm ym. 2005). Perämeren suolapitoisuus on Itämeren alhaisimpia (2–4,5 ‰). Perämeren suurin syvyys on 148 m keskisyvyyden ollessa n. 40 m:n luokkaa. Virtaukset kiertävät Pohjanlahdella vastapäivään – Suomen rannikkoa pohjoiseen ja Ruotsin rannikkoa etelään. Virtauksen voimakkuus riippuu pitkälti tuulen suunnista ja nopeuksista. Suolapitoisuuden ”diffuointuminen” tapahtuu näiden virtausten avulla, jolloin pohjoiseen ajautuvien vesimassojen mukana tulee suolapitoista vettä ja etelään menevien mukana makeaa vettä (Kronholm ym. 2005). Pohjanlahdella ei ole havaittavissa voimakkaita vuorovesi-ilmiöitä, mutta tuulten vaikutuksesta vedenpinta

voi vaihdella voimakkaasti (kuva 1). Lahtimaisen geomorfologian vuoksi erot ovat suurimmillaan Perämeren pohjoisosissa, missä on mitattu jopa kolmen metrin korkeusvaihteluita (Kullenberg 1981).

Valtameriin verrattuna Perämeren erikoinen ja ekosysteemienkin kannalta tärkeä ilmiö on maankohoaminen (Kronholm ym. 2005). Perämeri on Fennoskandian maankohoamisalueen keskiössä, mikä ylläpitää alueella jatkuvaa primääristä suknessiota (Winterhalter ym. 1981, Kronholm ym. 2005). Maankohoamisen vuosittainen vauhti on Perämerellä keskimäärin 9 mm, mutta kohoamisnopeus vaihtelee suuresti ajallisesti ja paikallisesti (Winterhalter ym. 1981).

Yleensä Perämeri on ollut kokonaisuudessaan jään peittämä jo tammikuussa. Talven korkein keskimääräinen jään paksuus on Perämerellä n. 50–80 cm ja jäätalven pituus 100–150 päivää (Leppäkoski, ym. 2002). Talvi 2006–2007 oli Perämerellä poikkeuksellisen leuto, vaikka ensijää tuli keskimääräiseen aikaan marraskuun alkupuolella. Pysyvä jää saavutettiin vasta helmikuussa,



Kuva 1. Selkä-Sarven vedenkorkeus lähellä huippuarvoja myrskyn (yli 20 m/s) jäljiltä. Huomaa veden saartamaksi joutuneet putkilokasvit. Kuva: Essi Keskinen 2007.

kolme viikkoa myöhässä keskimääräisestä. Jäätalvi 2007–2008 ei antanut viitteitä jääolosuhteiden normalisoitumisesta (Kullenberg 1981, Leppäkoski ym. 2002, Kronholm ym. 2005, Olsson 2008).

Jokien vaikutus Pohjanlahden fysikaalisiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin on kiistaton (Alasaarela 1977). Pohjoisessa on suuri vaikutus mm. Luulaja-, Kalix-, Tornion-, ja Kemijoen luonnostaan kuljettamalla humusaineilla, kun taas eteläisimmillä merialueilla Suomen puoleiset joet virtaavat läpi viljeltyjen ”savimaiden” ja aiheuttavat omat vaikutuksensa pohjoiseen mereemme. Perämereen laskee lähes neljäsosa Itämeren jokivesistä ja niiden mukana siirtyä pääosa valuma-alueen maa- ja metsätalouden aiheuttamasta ravinnekuormasta (Kronholm ym. 2005). Maa- ja metsätalouden lisäksi alueen saaste-emissiosta vastaavat valuma-alueen teollisuus ja asutus (Kronholm ym. 2005). Rannikolle on sijoittunut raskasta teollisuutta, joista metalli-, paperi- ja kemianteollisuus ovat suurimmat. Jokien vuosittain tuomat vedet vastaavat 7 % Perämeren vesitilavuudesta ja saavat aikaan nopean vesimassan vaihtumisen (Alasaarela 1977, Ehlin 1981, Kronholm, ym. 2005).

Kasvukausi alkaa pohjoisella Perämerellä keskimäärin 25. toukokuuta ja etelämmäs mentäessä se aikaistuu muutaman päivän (Kronholm ym. 2005). Perämerellä veden keskimääräinen lämpötila on heinäkuussa +12 °C (Leppäkoski ym. 2002).

Pehmeiden pohjien pohjaeläinten lajilukumäärä laskee kymmenesosaan siirryttäessä Itämeren pääaltaalta Pohjanlahden pohjoisosiin. Sama trendi nähdään myös biomassan merkäpainossa, joka voi olla Itämeren pääaltaalla jopa 100–500-kertainen verrattuna Perämeren vastaavaan (Leppäkoski ym. 2002).

Tieteellisen, alueellisella näkökulmalla toteutetun pohjaeläinten tutkimuksen katsotaan alkaneen Perämerellä Nordqvistin v. 1890 julkaisemalla, alueen selkärangattomia käsittelevällä artikkelilla (Haahtela 1964). Ennen 1960–70-lukujen intensiivisempää tutkimuksen kautta olivat Perämeren tutkineet myös Valovirta vuonna 1935 ja Segerstråle 1960 (Haahtela 1964). Ruotsin puolelta osoittivat hieman kiinnostusta Perämeren kohtaan ennen 1960-lukua vain Ekman vuonna 1953 ja Forsman 1956 (Haahtela 1964).

Kiinnostus Perämeren vesiselkärangattomiin oli huipussaan 1960- ja 70-luvuilla, jolloin aktiivista tutkimusta tekivät mm. Haahtela (1974), Leppäkoski (1967), Valtonen (1964) ja Kangas (1971, 1972, 1976). Maininnan arvoinen laaja hanke oli IBP (International Biological Program), jossa selvitettiin maailmanlaajuisesti mm. ekosysteemien tuottoa (Luther ym. 1975). Samalla aikakaudella aloitettiin Perämeren vedenalaisen luonnon tutkiminen sukeltamalla paineilmalaitteilla ja käyttäen hyväksi niiden tuomia uusia ulottuvuuksia (Kangas 1972). 1900-luvun loppupuolella Perämeren pohjaeläimistöä koskevat artikkelit vähenivät perinteisistä kotimaisista julkaisuista, kuten Luonnon tutkijasta, Aquilosta tai Aqua Fennicasta. Alueellinen pohjaeläintutkimus siirtyi Perämerellä pääosaltaan osaksi velvoitetarkkailuja ja tieteelliset artikkelit muuttuivat laajemmin Itämeren koskeviksi julkaisuiksi, joissa Perämerellä oli yleensä vain pieni sivuosa. 1980- ja 90-luvuilla koillisella Perämerellä tehdyistä velvoitetarkkailuista ei ole julkaistu monia artikkeleita, mutta julkaisematonta aineistoa voi löytyä mm. Suomen ympäristökeskuksesta (Pentti Kangas, henk.koht. tiedonanto 2007).

1.3.1 Perämeren pohjaeläimistö

Perämeren pohjaeläimistö koostuu niin makean- ja murtoveden lajeista kuin jääkauden relikteistäkin (Haahtela 1974, Kronholm ym. 2005). Pohjaeläimistö on murtoveteen sopeutunutta, mutta joutuu elämään sietokykynsä äärrajoilla pitkän jäätalven ja veden suolapitoisuuden suuren vaihtelun vuoksi (Voipio & Leinonen 1984).

Perämeren matalien karikkorantojen (litoraali) tyypillisimpiä eläinryhmiä ovat limakotilot (*Lymnea*), hoikkasarvikotilot (*Bithynia tentaculata*; kuva 2) ja leväkotilot (*Theodoxus fluviatilis*) (Voipio & Leinonen 1984), mutta alueen selkeästi monilajisimpia ryhmiä ovat sukkulamadot (Nematoda; ainakin 73 taksonia), surviaissäksen toukat (ainakin 28 taksonia) ja harvasukasmadot (Oligochaeta; ainakin 17 taksonia) (Kangas 1971, Alasaarela 1974, Kangas 1976, Valtonen 1977, Alasaarela 1978, Hyvärinen & Valtonen 1983, Savolainen & Valtonen 1983, Huhta 1986, Foberg 1994, Leinikki & Oulasvirta 1995, Kautsky & Foberg 2001, Kronholm ym. 2005).



Kuva 2. Hoikkasarvikotilot (*Bithynia tentaculata*) laiturirakenteissa lin Röyttässä. Kuva: Essi Keskinen 2006.

1.3.2 Perämeren kansallispuiston ympäristö ja pohjaeläimistö

Perämeren kansallispuiston tarkoitus on tukea alueen meriluonnon suojelua ja ympäristön tutkimusta (Rauhala 2007). Perämeren kansallispuiston alueen vedenalaiset elinympäristöt ovat pohjanlaadultaan hyvin vaihtelevia (liite 1). Peruskalliota puiston alueella ei ole näkyvissä, koska sitä peittää moreenista ja muusta glasifluviaalisesta aineksestä koostuva patja. Perämeren kansallispuiston saaret (kuva 3) ovat tämän vaipan loivia kohoumia. Korkeimmat saaret nousevat noin 10 metrin korkeuteen ja nopean maankohoamisen vaikutuksesta kasvattavat korkeutta sekä laajentavat pinta-alaansa jatkuvasti. Suurin osa puiston vesialueesta on alle kymmenen metrin syvyistä suurimpien syvyyksien (yli 20 m) sijaitessa alueen eteläosissa (Rauhala 2007).

Perämeren kansallispuiston edustalla on tehty usean kymmenen vuoden ajan pohjaeläinten velvoitetarkkailua tämän aineiston tutkimuspisteitä syvemmällä profundaalipisteillä ainakin J. Pöyry

Oy:n toimesta (Laine ym. 2004). Ympäristökeskusten osin julkaisemattomista 1900-luvun lopun seuranta-aineistoista voi todeta pohjaeläinlajien vaihtelevan alueella suuresti. Raportissa todetaan lajikoostumuksen jatkuva radikaali vaihtelu, ja indikaattorilajien perusteella vesistön tila vaihteli 1900-luvun lopulla vuosittain jopa äärilaidasta toiseen. Laine ja Kangas (2004) ohittavat raportissaan ”Pohjaeläimistön tila avomerellä ja rannikkovesissä” alueen pohjaeläimistön radikaalin vaihtelun toteamalla, ettei alueen pohjaeläinyhteisöissä ole tapahtunut muutoksia 1980-luvun alusta 1990-luvulle. Tästä voidaan kaikesti päätellä, että alueen ”normaalitilassa” pohjaeläinyhteisöissä on havaittavissa suurta vaihtelua. Tällä perusteella alueen vesistön tilan pitkäkestoisempaan arviointiin pitäisi suhtautua varovaisesti ainakin bioindikaattoreiden suhteen (Kronholm ym. 2005, Laine & Kangas 2004).

Vuonna 1995 julkaistiin Metsähallituksen teettämä Perämeren kansallispuiston vedenalaista luontoa tarkasteleva kartoitustutkimus (Leinikki & Oulasvirta 1995). Tutkimus oli pääosin



Kuva 3. Pitkäleton tutkimuskohde Perämeren kansallispuiston ulkosaarilla. Kuva: Essi Keskinen 2007.

deskriptiivinen, eikä pohjaeläimiin kiinnitetty esiintymispaikan, runsauden ja lajinmäärityksen lisäksi paljoakaan huomiota. Primääriaineisto on tutkimuksessa tuotu hyvin esille ja tässä tutkimuksessa sitä käytetään ajallisen vaihtelun kontrollina. Leinikin ja Oulasvirran (1995) tekemä tutkimus oli osa juuri perustetulle Perämeren kansallispuistolle tehtyä hoidon ja käytön suunnitelmaa. Vedenalaisen luonnon seurantoja suositeltiin tehtäväksi kolmen vuoden välein, mutta ainuttakaan jälkiseurantaa ei ole toteutunut vuoteen 2007 mennessä. Tässä tutkimuksessa tarkoituksena on pureutua Perämeren kansallispuiston sublitoraalin pohjaeläinyhteisöjen vaihte-

luun suhteessa tärkeimpiin ympäristömuuttujiin. Erityisen tarkastelun kohteena on pohjaeläinten vaihtelu manneretäisyyden, pohjan laadun, tyrskyyvoimuuden ja mahdollisten eri elinympäristöjen eli biotooppien (lahti-, avoin- ja pienvenesatamaympäristö) suhteen, sekä pilottitutkimus paineilmaimurin käytöstä karikkopohjien (litoraali) pohjaeläinyhteisöjen tutkimukseen Perämeren kansallispuiston alueella. Ilpo Haahtelan sanoin: ”Perämeren pohjaeläimien levinneisyyksistä ja ekologiasta ei ole vielä erityisen hyvää alueellista kuvaa ja perustutkimukselle on paljon tilaa” (Haahtela 1974).

2 Aineisto ja menetelmät

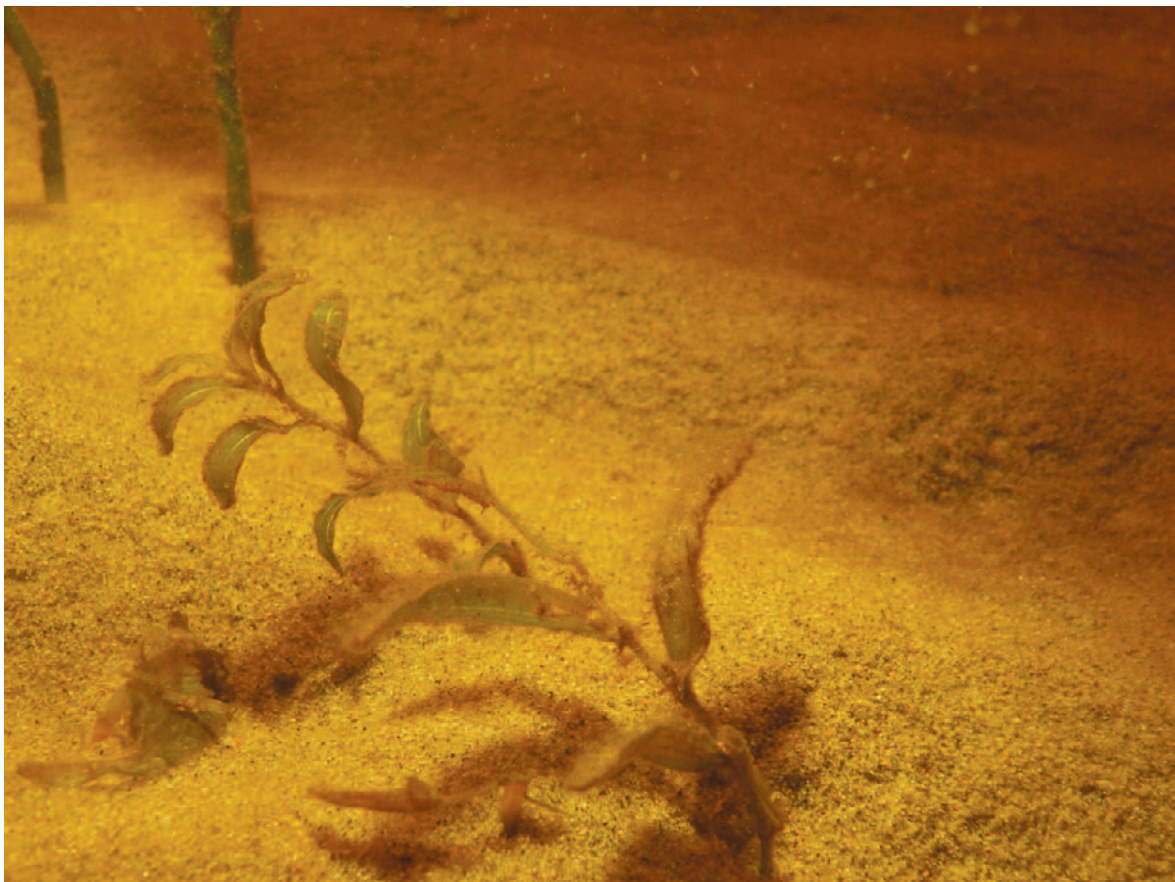
2.1 Vedenalainen videokuvaus

Vedenalainen videokuvaus on tällä hetkellä yksi tärkeimmistä vedenalaisen kasvillisuuden kartoitusmenetelmistä Suomessa (Jan Ekeboom, henk. koht. tiedonanto 2007). Tässä tutkimuksessa käytettiin vedenalaista videokuvaamista näytteenoton kannalta sopivien ja turvallisten tutkimuskohteiden löytämiseksi. Tällä toimenpiteellä pyrittiin ehkäisemään turhia näytteenottosukelluksia, koska sukeltajalla on syvyydestä ja henkilökohtaisista ominaisuuksista riippuva enimmäisaika, jonka hän pystyy päivässä viettämään veden alla (Vikman 2004). Menetelmää käytettiin myös muodostamaan mahdollisimman laaja käsitys tutkimusalueesta. Tavoitteena oli saada vedenalaisella videokuvauksella jaoteltua näytteenottokohteet ympäristömuuttujiltaan eri kategorioihin jo ennen varsinaista näytteenottosukellusta (kuva 4). Tällä käytännöllä varmistettiin myös, ettei vastaan tullut esimerkiksi tutkimuksen tai turvallisuuden kannalta yllättäviä kohteita tai tilan-

teita, esimerkiksi karanneita kalaverkkoja, joihin sukeltaja voi takertua.

Tutkimuskohteet esivalittiin kartalta ja niille määritettiin pinnan yläpuoliset muuttujat, esimerkiksi, onko kyseessä lahti (L), avoin alue (A) vai satama (S), ja etäisyys mantereelle. Tutkimuskohteiden jaotteluperusteeksi määrittyi etäisyys mantereesta. Karkeasti ajatellen jaotteluksi tarkentui se, oliko tutkimuskohde avomeren laidalla (Selkäsarvi, Pitkäletto, Pihlaja), saariston ”sisällä” (Lehtikari, Iso-Huituri, Kataja) vai aivan mantereen ja Tornionjoen suiston välittömässä läheisyydessä (Tirro, Talja, Letto ja Saarenkranni). Toisaalta tutkimuskohteet jaoteltiin myös luokkamuuuttujiin ”lahti”, ”avoin” ja ”satama”. Näiden pinnan yläpuolisten määritysten jälkeen vedenalaisella videokuvauksella määritettiin silmämääräisesti pohjan laatu ja kasvillisuus lahdelmissa, avonaisissa näytteenottokohteissa ja satamissa.

Vedenalaisen videokuvauksen kokonaisjärjestelmä koostui yksinkertaisimmillaan kahdesta



Kuva 4. Iso-Huiturin lahdelman merenpohjaa tutkimuskohteella. Kuva: Essi Keskinen 2006.

laitteesta: veden pinnan alla kuljetettiin säänkestävää turvakameraa (vedenalaiskamera), joka liitettiin yhdysjohdolla vedenpinnan yläpuolella tavalliseen tallentavaan kotivideokameraan. Tutkimuksessa käytössä ollut vedenalaiskamera oli tyypiltään Sonyn TS-6021EHPSC-värikamera 10136. Tallentavana videokamerana oli analogisella videosisäätulolla varustettu Sonyn DV-kotivideokamera.

Vedenalaista kuvaamista rajoittivat vesi/paine, joka uhkasi laitteistoa ja valon määrä, joka huononsi kuvanlaatua. Tässä tutkimuksessa kamerat kestivät vedenpainetta hyvin ainakin 30 metrin syvyyteen asti. Kuvaamista rajoitti tutkimusalueella usein valon riittävyys. Siinä, missä ihmissilmä näki Hailuodon länsipuolisella avomerellä 25 metrin syvyydessä useamman metrin päähän, saattoi näkyvyys Perämeren kansallispuiston pohjoisilla saarilla kadota jo viiden metrin syvyydessä veden suuren humuspitoisuuden vuoksi. Vedenalaiskameran lähettämän värillisen kuvan signaali tai värinäkökyky katosi samalla syvyydellä kuin sukeltajan näkökyky, mutta sukeltajasta poiketen vedenalaiskamera kykeni kuvaamaan mustavalkoisena myös ihmissilmälle pimeissä olosuhteissa.

Ihmissilmälle näkyvän valon lisäksi hieman syvemmälle humuspitoiseen vesipatsaaseen tunkeutuu normaalista poiketen lämpösäteilyä eli infrapunaa (Heinimaa 2002, Smith & Baker 1981). Vedenalaiskamera pystyi muuttamaan pidempiaaltoisen elektromagneettisen säteilyn mustavalkoiseksi kuvaksi aina 850 nanometrin aallonpituuteen asti. Tämä menetelmä toi vedenalaiskuvaamiseen muutaman metrin lisää syvyyttä, ja lähes valottomassa eli afoottisessa kerroksessa pystyttiin näkemään ilman lisävalaistusta.

Osa tutkimukseen valituista kohteista sijaitsi Metsähallituksen meriluonnon inventointiohjelman (MERLIN) kartoituskohteilla Selkä-Sarven ja Iso-Huiturin saarten alueilla, joissa pohjan videokuvaus oli jo tehty (Essi Keskinen, henk. koht. tiedonanto 2007, liite 1).

Avoimiksi paikoiksi esimääritetyillä kohteilla pohjanlaaduksi haluttiin videokameran avulla varmistaa hiekka. Tämä siksi, että useilla avoimilla matalilla paikoilla pohja oli joko karikkoa tai hiekkaa ja vain jälkimmäinen soveltui putkinäytteenottoon. Pihlajassa tiedettiin entuudestaan olevan kategoriaan sopivan paikan, mutta Tirrossa vastaavan löytäminen vaati vedenalaista videokuvausta. Lahdelmien pohjanlaadun muut-

tujaksi haluttiin myös hiekka. Kohteiksi esivalittiin Selkä-Sarven läntinen lahdella, Iso-Huiturin itäinen lahti, Katajan eteläpuolinen lahti ja Mustanlahti. Selkä-Sarven läntinen lahdella vaikutti hiekkapohjaiselta, samoin Iso-Huituri (kuva 4) ja Kataja, mutta Mustanlahden lahdella oli liian matala syvimmän kohdan ollessa vain noin yhden metrin luokkaa. Vedenalaisen videokuvauksen avulla Mustanlahden tutkimuskohde päädyttiin vaihtamaan Saarenkrunnin pieneen lahdellaan. Satamien kohdalla vedenalaiskuvausta käytettiin lähinnä turvallisen näytteenottosukelluksen varmistamiseen. Imurinäytekohteilla (Pitkäletto, Lehtikari ja Talja) vedenalaiskuvausella varmistettiin karikkojen esiintyminen. Myöhemmin tutkimusaineistoon liitettiin myös Selkä-Sarven itäinen näytteenottokohde. Vedenalaisesta videokuvauksesta muodostui perusta tutkimuksen suorittamiselle ja ympäristömuuttujien määrittämiselle.

2.2 Näytteenottimet

2.2.1 Pohjaeläinimuri

Pohjaeläinimuri on vedenalaisille kovalle pohjille ja pinnoille, kuten kallioille, kiville, hyllyille, puunrungoille tai muille vastaaville kohteille kehitetty pohjaeläinten näytteenottomenetelmä (Kangas 1971). Pohjaeläinimuria (kuva 5) voidaan myös kutsua nimillä vedenalaisimuri tai paineilmaimuri. Menetelmää on käytetty maassamme ja Perämeren alueen pohjaeläinten tutkimuksissa ainakin 1970-luvun alusta lähtien, jolloin Pentti Kangas käytti pro gradu -tutkielmassaan Iin Krunneilla itse rakentamaansa pohjaeläinimuria. Ensimmäisen Suomessa käytetyn pohjaeläinimurin kehitti vuonna 1968 IBP-PM-ryhmä (Kangas 1971).

Paineilmaimurin suunnittelussa käytettiin teoreettisena lähteistönä Rostronin ilman nosteella toimivien pohjaeläinimureiden vertailevaa artikkelia ja Draken virtavesi-imureita (Drake & Elliot 1982, Rostron 2001) sekä Brownin artikkelia, joka liittyi sähkökäyttöisen pohjaeläinimurin rakentamiseen (Brown ym. 1987). Laitteiston rakentamisesta käytiin keskusteluja Pentti Kankaan ja Panu Oulasvirran kanssa, joilla on monen kymmenen vuoden kokemus imuritekniikan käytöstä näytteenotossa. Kesän 2007 aikana valmistettiin kaksi erilaista pohjaeläinimuria. Ensimmäisen



Kuva 5. Juuri käynnistetty paineilmaimuri Markku Ylinivan testikäytössä Haukiputaan sukellusmontulla. Kuva: Marika Yliniva 2007.

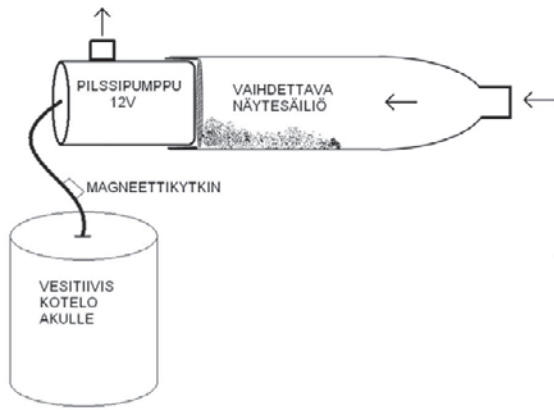
pohjaeläinimurin voimanlähteenä käytettiin sähköä ja toisen paineilmapulloon pumpatun ilman nostetta.

Sähkökäyttöisen pohjaeläinimurin pääkomponentit ovat vesitiivis koteloitu moottoripyörän 12 voltin 11 Ah -akku, magneettikytkin, 12 voltin pilssipumppu ja siiviläsäiliönä toimiva 0,5 litran limonadipullo sihdillä varustettuna (kuva 6). Yksinkertaisuudessaan laitteiston toimintatapa perustuu pilssipumppuun, joka imee näytesyliön sisään alipaineen. Näytesyliöön muodostunut alipaine saa veden kevyine partikkeleineen virtaamaan sisälle näytesyliöön ja edelleen sihdin läpi pilssipumppuun. Sihdin silmäkokoja suuremmat partikkelit, kuten mm. pohjaeläimet, sora ja kasvit jäävät näytesyliöön. Näytesyliö on helppo vaihtaa sukelluksen aikana kiertämällä limonadipullon kierrekorkki paikoilleen ja irrottamalla pullo pilssipumpusta.

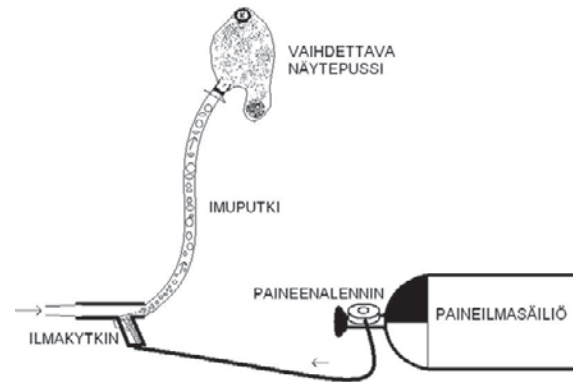
Paineilmaa hyväksikäyttävän pohjaeläinimurin pääkomponentit ovat paineilmapullo, paineenalentaja, ilmakytkin, imuputki ja näytesyli (kuva 7). Toimintatapa perustuu paineilmasäi-

liössä säilytetyn ilman nosteseen, kun ilma johdetaan imuputkeen. Tutkimuksessa käytettyjen paineilmasäiliöiden ilma oli puristettu korkeintaan 300 barin paineeseen. Paineilmasäiliöstä ilma johdetaan paineenalentajaan, jonka jälkeen paine on korkeintaan 20 baria. Paineilmasäiliön venttiiliä hienosäätämällä voidaan kuristaa paineenalentajan jälkeistä painetta vielä jonkin verran alemmalle tasolle, mikä auttaa sopivan imutehon säätämisessä.

Paineenalentajasta paineilma johdetaan letkua pitkin liipaisimella varustetulle ilmakytkimelle, jolla säädellään ilman pääsyä imuputkeen. Imuputkeen vapautunut paineilma lähtee vedenpaineen vaikutuksesta nousemaan pintaa kohti vieden kuplien väliin jäänyttä vettä mukanaan. Veden nouseminen putkessa saa aikaan alipaineen imupäässä, jonne alkaa virrata laitteen ulkopuolelta vettä ja pieniä partikkeleita. Vesi ja partikkelit virtaavat vaihdettavaan verkkorakenteiseen näytesyliin. Kaikki verkon silmäkokoja suuremmat partikkelit laskeutuivat sopivasti muotoillun pussin (kuva 7) pohjalle.



Kuva 6. Yksinkertainen sähköpumppuun perustuva vedenalaisimuri. Voimanlähteenä toimii akkukäyttöinen pilssipumppu, joka imee näytesäiliöksi muokattuun muoviseen limonadipulloon halutun näytteen. Piirros: Markku Yliniva 2008.



Kuva 7. Ilman nosteeseen perustuva vedenalaisimuri. Ilmasäiliöstä imuputkeen johdettu matalapaineinen ilma saa putkessa aikaan imun, joka kerää näytteenotopussiin sen verkon silmäkokoa pienemmät partikkelit. Näytepussissa on pieni kelluke ja pohjalla pieni paino, jotka edesauttavat aineksen kertymistä pussin pohjalle. Piirros: Markku Yliniva 2008.

Sähköisen pohjaeläinimurin parhaana puoleena pidettiin liikuteltavuutta, mutta teholtaan se ei akkukäyttöisenä riittänyt lähellekään paineilmaimuria. Sähköistä pohjaeläinimuria käytettiin lähinnä tutustuttaessa rantakivikoiden pohjaeläinmistöön. Kaikki tämän tutkimuksen imurinäytteet kerättiin paineilmatoimisella pohjaeläinimurilla.

2.2.2 Putkinäytteenotin

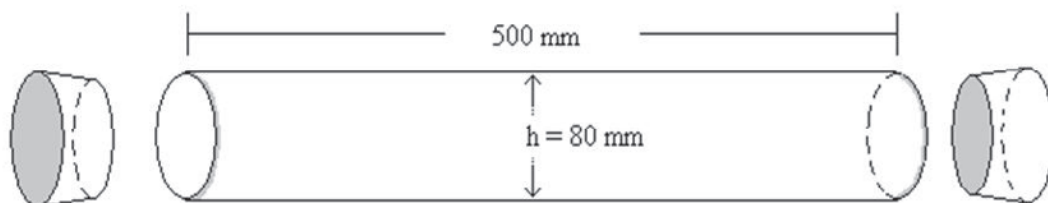
Putkinäytteenotin (kuva 8) on pehmeille pohjille tarkoitettu kvantitatiivinen pohjaeläinten näytteenottomenetelmä (Oulasvirta ym. 1987). Tässä tutkimuksessa käytettiin akryyliputkia pehmeiden hiekka-, liete- ja jopa savipohjien pohjaeläinten näytteenotossa. Akryyli on parhaita materiaaleja putkinäytteenottimiin, koska se on amorfinen ja läpinäkyvä kestämuovi, jolla on lasiin verrattuna kahdeksankertainen iskulujuus. Akryylin käyttölämpötila on $-40\text{ °C} - +80\text{ °C}$ (Tuija Hahtonen, henk.koht. tiedonanto 2007).

Tutkimuksessa käytettyjen akryylisten putkinäytteenottimien (kuva 8) pituus on 50 cm, ulkohalkaisija 8 cm ja sisähalkaisija (h) 7 cm. Näytteenotopinta-ala (A) on siten $= 38,5\text{ cm}^2$ ($A = \pi r^2$ $\pi = 3,17$ $r = \frac{1}{2}h$). Pohjaeläinnäytteen tilavuus riippui vedenalaisen tutkimuspisteen pohjan pehmeestä sekä sukeltajan massasta (keveys vaikeuttaa kairaamista) ja lihastyöntövoimasta.

2.3 Näytteenotto

Tutkimusaineisto koostuu 8. elokuuta–19. syyskuuta 2007 Perämeren pohjoisosassa sukeltaen kerätyistä pehmeän ja kovan pohjan pohjaeläinnäytteistä (taulukko 1). Putkinäytteet kerättiin pääosin elokuun lopulla ja imurinäytteet syyskuussa. Lisäksi elokuussa käytettiin 1993–94 kerättyjä saman alueen pohjaeläinaineistoja (Leinikki & Oulasvirta 1995) vertailtaessa mahdollisia ajallisia muutoksia.

Tutkimussukellusten tukialuksina toimivat Metsähallituksen Kulkuri 34 -keskimoottorivene



Kuva 8. Putkinäytteenotin kumitulppineen. Piirros: Markku Yliniva 2008.

Taulukko 1. Vuoden 2007 pohjaeläinnäytteiden keräysajankohdat tutkimuskohteittain. Tutkimuskohteiden tunnuksien ensimmäinen kirjain putkinäytteillä merkitsee ympäristöä L = lahti, A = avoin ja S = veneilysatama. Karikkopohjien imurinäytteet on merkitty alkukirjaimella I. Taulukossa on mukana myös Leinikin ja Oulasvirran vuoden 1994 aineistoa, jotka merkitty tunnuksin (-94).

Kohde(putki)	Pvm
Lisoh	14.8.2007
Lisoh (-94)	21.8.1994
Lkat	15.8.2007
Lsaa	4.9.2007
Lssl	26.8.2007
LssL	8.8.2007
LssL(-94)	19.8.1994

Kohde(putki)	Pvm
Apih	15.8.2007
Atir	24.8.2007
Slet	4.9.2007
Sss	27.8.2007

Kohde(imuri)	Pvm
Ipit	11.9.2007
Ileh	19.9.2007
Ital	12.9.2007
Ipit(-94)	17.8.1994
Issl(-94)	19.8.1994

ja Oulun yliopiston laskeutumistikkailla varustettu Buster-perämoottorivene. Kaikki näytteenottosukellukset tehtiin päivänvalossa ja alle 10 m/s:n tuulessa. Näytteenotossa keskityttiin 2–3 metrin syvyydessä esiintyviin pohjaeläinyhteisöihin, joissa karikkojen biomassan on todettu olevan suurimmillaan (Kangas 1976). Ensimmäinen putkinäyte otettiin kohdasta, johon sukeltaja oli ensimmäisenä laskeutunut ja seuraavat vähintään viiden metrin välimatkoin koskemattoman näytteenottopisteen varmistamiseksi. Näytteenottokehteellä otettiin yhteensä viisi rinnakkais-

putkinäytettä, joiden kairauskohtia kutsutaan näytteenottopisteiksi. Rinnakkaisnäytteiden vähimmäismääränä limnisellä puolella pidetään Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksen ohjeiston mukaan viittä kappaletta. Leinikki ja Oulasvirta (1995) päätyivät omissa tutkimuksissaan 8–9 näytteeseen.

Tukikohdassa putkinäytteet valokuvattiin ja kiinteän sisällön korkeus mitattiin pohjanäytteen tilavuuden laskemista varten (kuva 9, liite 2). Mittauksen jälkeen näytteet säilöttiin jääkaappiin.



Kuva 9. Putkinäytteet Selkä-Sarven itäisestä lahdelmasta. Putkinäytteissä ylin ruskea kerros on hapekasta ja orgaanisipitoista sedimenttiä. Mustat kerrokset ovat todennäköisesti hapettoman hiekan ja orgaanisen sedimentin sekoitusta. Markku Yliniva 2007.

Imurinäytteenotossa tutkimussukeltaja sai sukellukselle matkaansa pohjaeläinimuriyksikön ja näytealakehikon. Näytealakehikko voi yksinkertaisimmillaan olla esimerkiksi sähköputkesta rakennettu hiekkatäytteinen neliö, joka on alaltaan 0,25 m².

Pohjaan saapuessaan tutkimussukeltaja avasi paineilmasäiliön venttiiliä hieman ja testasi imutehon ilmakytkimen ollessa täysin auki. Näytealakehikko asetettiin tutkimuspisteelle ja tutkimussukeltaja aloitti pohjan imuroinnin. Ensimmäiseksi suoritettiin pintaimurointi, joka aloitettiin tutkimussukeltajaa lähinnä sijaitsevan näytealakehikon reunasta. Vaakasuorin sivulta sivulle -vedoin edettiin vakioidulla nopeudella kohti näytealakehikon toista reunaa. Pintaimuroinnin jälkeen käännettiin nostettavissa olevat kivet ja imuroitiin kivien alapinnat. Yhden näytealan (0,25 m²) imurointiin kului aikaa kolme minuuttia, jonka jälkeen imuri kuljetettiin pintaan kansihenkilölle tai näytepussi suljettiin kuminauhalla ja vaihdettiin uuteen. Veneessä pohjaeläinimurin näytepusit upotettiin kuljetusta varten merivettä sisältävään pakasterasiaan ja siirrettiin säilytettäväksi kylmään.

2.4 Näytteenottokohteet

Paikan suhteen tämä tutkimus sisältää kolme tasoa, joilla tarkennetaan näytteenottoa paikkoihin liittyvää käsitteistöä (kuva 10). Tutkimusalueella tarkoitetaan Perämeren kansallispuistoa lähialueineen, joka on samalla koko tutkimuksen suurin alueellinen rajaus. Edellistä suppeampi taso on tutkimuskohde, jolla tarkoitetaan aluetta, josta saman ryhmän rinnakkaisnäytteet on kerätty. Alin ja samalla tarkin alueellinen taso on tutkimuspiste. Se ei todellisuudessa ole alue vaan piste, joka voidaan käsittää paikkana tai kohtana, mistä yksittäinen putkinäyte tai imurinäyte on kerätty.

2.5 Imurinäytekohteet

Kaikkien imurinäytteiden pohjaeläimet ovat kuvattuina liitteessä 3.

2.5.1 Taljan eteläkärki N65°44,7 E24°11,0

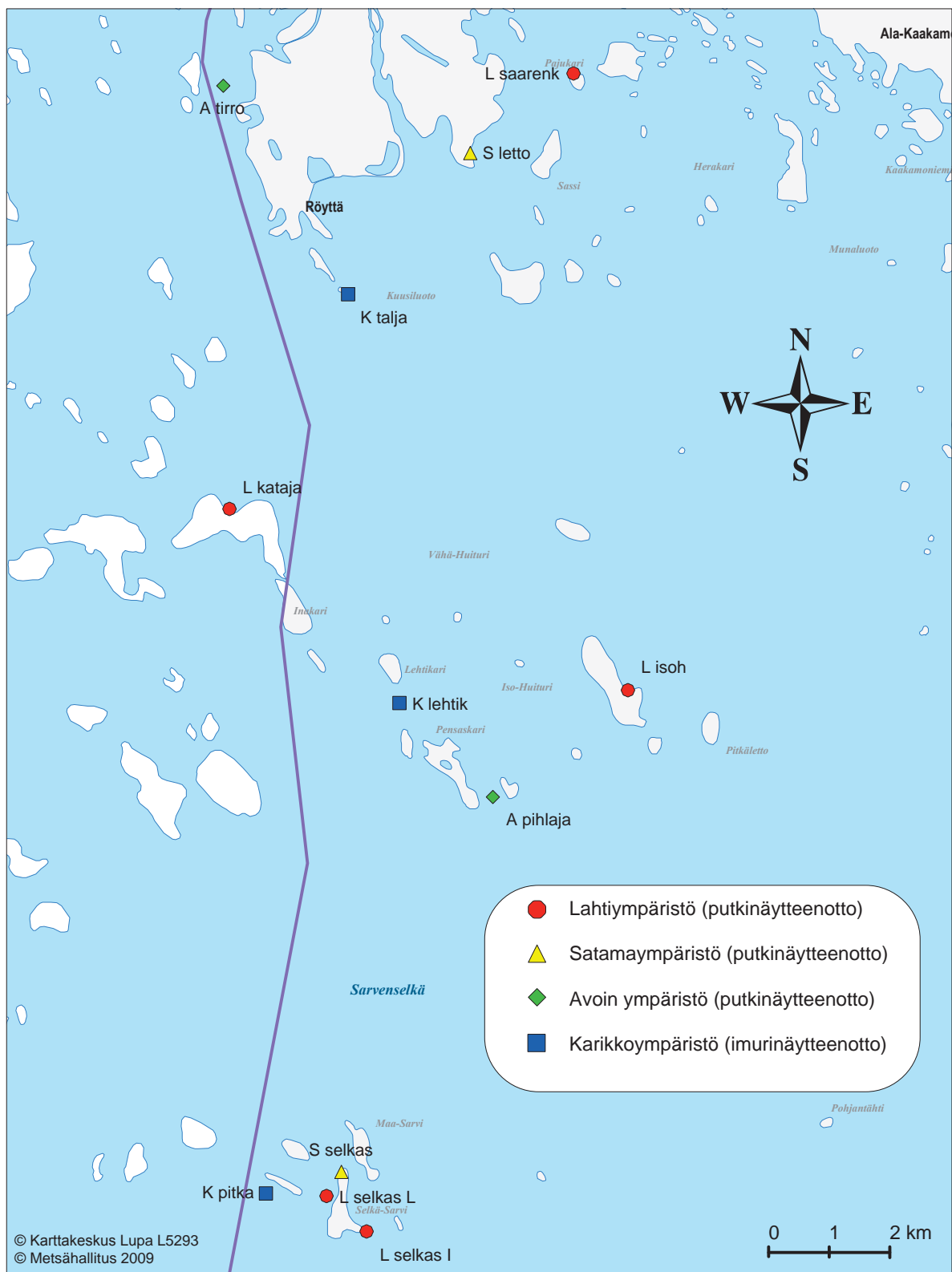
Taljan eteläkärjen tutkimuskohde (tunnus = Ital) sijaitsee Tornion Röyttän sataman eteläpuolella. Näytettä otettaessa vesi oli hyvin humuspitoista ja näkyvyys heikko. Näytteet otettiin paineilmaimurilla kivikkoiselta pohjalta. Kasvistoa oli satunnaisesti ja toiseen imurinäytteenottoalueeseen sisältyi noin 15 cm korkea ja 5 cm leveä vesisammalkasvusto (isonäkkinsammal *Fontinalis antipyretica*). Näyte imuroitiin 2–3 metrin syvyydestä.

2.5.2 Lehtikari eteläinen N65°41,1 E24°12,5

Lehtikarin tutkimuskohde (tunnus = Ileh) sijaitsee lähes keskellä Perämeren kansallispuistoa. Imurinäytteenottopiste oli tarkalleen Lehtikarin eteläpuolisen pikkusaaren rannalla. Pohjanlaatu oli pääasiassa kivikkoinen hiekkalaikkujen rikoissa satunnaisesti maisemaa. Näytteet imuroitiin 2–3 metrin syvyydestä.

2.5.3 Pitkäleton länsikärki N65°36,7 E24°10,1

Pitkäleton länsikärjen tutkimuskohteella (tunnus = Ipit) imurinäyte otettiin noin 2–3 metrin syvyydeltä, jossa pohjan morfologia vaihteli suurilohkareisesta kivikosta karkean hiekan laikkuihin. Imurinäytteet otettiin satunnaisesti alueelta, jossa lohkarokoko ei ylittänyt 30 cm:n läpimittaa ja kivet olivat helposti käsin käännettävissä. Yksittäisiä putkilokasveja oli satunnaisesti siellä täällä muutaman metrin välein. Yleiskatselmuksessa pohjalla havaittiin neljän senttimetrin pituinen kivisimppu ja kiviä kääntelemällä noin joka toisen kiven alla muutamia katkoja (todennäköisesti *Gammarus* sp.). Noin joka neljännän kiven alta paljastui myös juotikkaita.



Kuva 10. Tutkimuspisteet Perämeren kansallispuiston alueella. Tutkimuskohteet on merkitty karttaan erilaisin symbolein ja kirjaintunnuksin, jotka kuvaavat tutkimuskohteen ympäristötyyppejä. Tutkimusalueelta voidaan erottaa kolme painopistealuetta: mantereen läheinen alue, sisä- ja ulkosaaristo.

2.6 Putkinäytekohteet

Kaikista putkinäytteistä on valokuvat liitteessä 2.

2.6.1 Katajan lahti N65°42,75' E24°08,65'

Katajan pohjoiseen avautuvan lahdelman tutkimuskohde (tunnus = Lkat) on suojainen noin 2–3 metriä syvä poukama. Pohja näytteenottopisteen ympäristössä oli hiekkaa, jonka päällä oli parin senttimetrin verran pehmeää ruskeaa, pääosin orgaanista materiaalia. Kiviä oli satunnaisesti muutaman metrin välein. Silmämääräisesti havaittavia pohjaeläimiä ei näkynyt.

2.6.2 Iso-Huiturin lahti N65°41,3' E24°17,4'

Iso-Huiturin lahdelman tutkimuskohde (tunnus = Lisoh) avautuu pohjoiseen ja on suojassa etelän puoleiselta avomereltä tulevilta aalloilta. Pohja oli lähinnä karua hiekkaa, jota täplittivät muutamat päänkokoiset kivet. Pohjalla näkyi muutamia pikkujärvisimpukoita (*Anodonta anatina*) ja ahvenvitaa (*Potamogeton perfoliatus*). Kohteen syvyys oli n. 3–5 m.

2.6.3 Koivuluodon letto (satama)

N65°46,0' E24°13,5'

Koivuluodon leton (tunnus = Slet) tutkimuskohde sijaitsee Outokummun terästehtaiden ja Tornionjoen itäisen suiston välissä meren rannalla. Satama-altaan laajuus oli yksi hehtaari ja veneitä on vakinaisesti noin 60 kpl. Leton kalasataman pohja oli vaihtelevasti orgaanisen lietteen ja savi-patjan peittämää. Syvyys satama-altaassa oli noin 3 metriä ja näkyvyys huono. Muutamia kitukasvuisia putkilokasveja havaittiin.

2.6.4 Pihlajan länsipuoli

N65°40,3' E24°14,6'

Näytteet otettiin Pensaskarin ja Pihlajan välisen hiekkamatalikon tutkimuskohteelta (tunnus = Apih), jonka syvyys vaihteli 1 ja 2 metrin välillä. Pohja oli tasaista, hieman dyyneilevää (korkeus 5 cm) hiekkaa ja jatkuvassa liikkeessä. Rihmalevää tai piileviä oli satunnaisten kivien pinnalla hyvin ohuelti. Silminnähtävää pohjaeläimistöä edustivat

hieman hiekkaan hautautuneet *Anodonta*-suvun simpukat, joita oli arviolta noin 15 metrin välein. Putkinäytteen maa-aines oli hiekkaa, jossa vaihtelivat tumman ja vaalean massan alueet. Kohteen syvyys oli n. 2–4 m.

2.6.5 Saarenkrunni N64°46,75' E24°15,65'

Saarenkrunni (Lsaa) on pieni saari, halkaisijaltaan n. 300 m, Leton kalasataman lähetyvillä. Mantereelle pisteeltä oli matkaa noin 500 metriä ja Tornionjoen itäisempi haara laski suoraan kohti näytteenottopisteen lahdelmaa. Saaresta avautui lahdelma pohjoiseen, mutta se oli selvästi muita lahdelmanäytteenottokohteita pienempi. Erotuksena satamien pohjiin alueella pilkisteli lietemäisestä aineksesta muutama kivi ja vitoja (*Potamogeton*) näkyi selvästi enemmän. Pohjan laatu vaikutti näytteenoton perusteella tarkoitettua hiekkapohjaa pehmeämmältä. Veden syvyys näytteenottokohteella oli noin 2 metriä.

2.6.6 Selkä-Sarven itäpuoli

N65°36,4' E24°12,3'

Selkä-Sarven eteläinen itäpuolen (LssI) niemenokka muodosti saarien kanssa yhtenäisen karrikon ja suojan etelästä tulevaa aallokkoa vastaan. Pohja oli laajojen vesikasviniittyjen (*Potamogeton*) peittämää lietemäistä orgaanista ainesta. Lahdelmasta löytyi joitain hiekkapitoisempia laikkuja, joista putkinäytteet otettiin. Kiviä oli satunnaisesti, ja muutama ahven havaittiin. Veden syvyys oli 3 metriä.

2.6.7 Selkä-Sarven suojasatama

N65°36,92' E24°11,7'

Selkä-Sarven suojasatama (Sss) on 3 metriä syvä kiviaallonmurtajilla suojattu allas (3 000 m²). Satama-altaan pohja oli pääosin löyhän, mustan orgaanisen materiaalin peitossa, mutta paikoin esiin pilkisti kiinteä savipohja. Näytteenottoputki saattoi upota kokonaan pehmeän pintakerroksen läpi pysähtyen alempaan savikerrokseen. Mustasta pehmytkerroksesta löytyi paljon erilaisia kasvinosia (lehtiä, siemeniä, varsien osia jne.). Parhaimmillaan satama-altaassa näkyi pinnalta katsoen pohjaan asti.

2.6.8 Selkä-Sarven länsipuoli N65°36,7' E24°11,4'

Selkä-Sarven saaren pohjoisosan länsipuoleinen lahdelma (LssI) oli ensimmäinen putkinäytteille valittu tutkimuskohde. Pohjan laatu oli kohteella vaihteleva, ja näytteet otettiin kivien välissä sijaitsevilta noin 5 metriä halkaisijaltaan olleilta karkean hiekan alueilta. Syvyys kohteella oli 2–3 metriä ja näkyvyys hyvä. Kasvillisuutta pohjalla edustivat ainakin kivien päällä kasvaneet isonäkinsammalet (*Fontinalis antipyretica*) ja muutamia alueen yleiskatsauksessa havaitut vitakasvit (*Potamogeton* spp.).

2.6.9 Tirron itäpuoli N65°46,5' E24°08,1'

Tirron itäpuolen (Atir) näytteenottopiste sijaitsi Tirron saaren itäpuolisen karikon ja veneväylän välissä. Alue oli pääosin hiekkapohjaista matalikkoa ja syvyydeltään 1–2 m. Pohjan hiekka muodosti dyynirakennetta hieman pienemmässä mittakaavassa kuin Pihlajan itäpuolen vastaavalla hiekkamatalikolla. Alue avautui etelään ja oli Kuusiluodon selältä tulevien aaltojen avoimessa vaikutuspiirissä. Matalikko sijaitsi myös Tornionjoen jokisuiston ja varsinaisen merialueen rajalla. Sukelluksen aikana saatiin näköhavainto yhdestä liikkeellä olleesta, n. 10 mm:n kopallisesta vesiperhosen toukasta. Makroskooppista kasvillisuutta löytyi laikuittain pehmeän, orgaanisesta aineksesta muodostuneen pohjan saarekkeista, joissa selvimminkin havaittiin pintaan asti ylettyvä ahvenvitakasvusto (*Potamogeton perfoliatus*).

2.7 Seulonta

Tarkkuusseulonnassa pohjaeläimet noukitaan suoraan vedellä laimennetuista näytteistä valkoiselta tarjottimelta tai vastaavalta pinnalta. Tarkkuusseulonnassa näytteitä ei varsinaisesti seulottu, toisin sanoen valutettu minkäänlaisen verkon, sihdin tai suodattimen läpi. Menetelmässä putkinäytteen sisällöstä (yleensä hiekka, liete, savi ja näiden yhdistelmät) tai imurinäytteestä annosteltiin näytteen koostumuksesta riippuen sopiva määrä tarjottimelle. Tarjottimelle lisättiin hieman vettä, jotta tarjotinta heiluttelemalla saatiin näyte leviämään yhdelle tasolle. Tarkoitus oli

pystyä näkemään kaksiulotteisesti näytteen koko makroskooppinen aines. Kuvassa 11 on kentällä tehtävään tarkkuusseulontaan sopiva valkoinen ns. vuodetarjotin.

Tarkkuusseulonta aloitettiin jo Selkä-Sarven kenttäolosuhteissa elokuussa, mutta suurin osa työstä tehtiin laboratorioissa lokakuun ja joulukuun 2007 välisenä aikana. Kaikki imurinäytteet kyettiin seulomaan jo kentällä Selkä-Sarvessa. Putkinäytteiden tarkkuusseulonta suoritettiin pääosin Oulun yliopiston eläintarhan laboratorioissa Essi Keskinen sekä Marika ja Markku Ylinivan yhteistyönä. Putkinäytteiden säilytysrasioita välivarastoitettiin Oulun yliopiston eläintarhan kylmiössä +5 °C:n lämpötilassa. Tarkkuusseulontaa varten näytteet poimittiin kylmiöstä satunnaisesti, jotta saataisiin ajan vaikutus näytteisiin kohdistuvana muuttujana mahdollisimman pieneksi. Karkeasti arvioiden yli 90 % näytteiden pohjaeläimistä oli vielä elossa viimeisessä seulotussa putkinäyte-erässä joulukuussa. Pohjaeläimien liike helpotti omalta osaltaan eläinten havaitsemista varsinkin hienojakoisesta aineksesta.



Kuva 11. Kenttäolosuhteissa tehtävään tarkkuusseulontaan sopiva tarjotinmalli. Kuva: Essi Keskinen 2007.

2.8 Jatkokäsittely ja analyysit

2.8.1 Säilöntä

Tarkkuusseulonalla poimitut näytteet säilöttiin 70-prosenttiseen etanoliin. Näyteputkia kertyi imurinäytteistä 6 kpl ja putkinäytteistä 45 kpl, yhteensä 51 kpl.

2.8.2 Makrovalokuvaus

Kaikkien yksittäisten imurinäytteiden (6 kpl, liite 3) ja putkinäytteiden (45 kpl) sisältö valokuvattiin ns. ”makrolla”, korkealla suurennoksella. Käytössä olleen kameran tyyppi oli Olympus C-7070, ja kuvaus suoritettiin Oulun yliopiston valokuvauslaboratoriossa.

2.8.3 Mikroskopiointi ja tunnistaminen

Pääasiallinen pohjaeläinten tunnistus tehtiin Oulun yliopiston vesilaboratoriossa. Lähes kaikki eliöt tarkastettiin tai tunnistettiin stereomikroskoopin avulla. Vaikeat eliöryhmät kuvattiin mikroskoopin kautta ja lähetettiin edelleen tunnistettaviksi. Muuten tukeuduttiin Oulun yliopiston biologian laitoksen ”Vesieläimistön tuntemus ja ekologia” -kurssimonisteeseen, ”Aaltojen alla” -tunnistusoppaaseen ja satunnaiseen muuhun kirjallisuuteen ja Internet-lähteisiin (Karusalmi 2003, Leinikki, ym. 2004)

Pohjaeläinten määrittäytaso vaihteli eri taksonien välillä. Pääjakso nivelmadot (Annelida) määritettiin alaluokan tasolle (Oligochaeta ja Polychaeta) tai lajitasolle (*Helobdella stagnalis* tai *Glossiphonia complanata*). Sukkulamadot (Nematoda) määritettiin pääjaksojen tasolle ja hyönteiset pääosin heimotasolle (esim. Chironomidae ja Leptoceridae). Äyriäiset ja nilviäiset määritettiin pääosin suku- tai lajitasolle (esim. *Theodoxus fluviatilis* tai *Lymnea* sp.).

2.8.4 Lajikertymäkäyrä

Vuoden 2007 putkinäyteaineistosta (n = 45, kuva 12) laskettiin R-ohjelmalla lajikertymäkäyrä SAC (species accumulation curve). Lajikertymäkäyriä käytetään verrattaessa yhteisöaineiston monimuotoisuuden liittyviä ominaisuuksia erilaisista kertymäfunktioista. Tässä tutkielmassa on käytetty satunnaistettua menetelmää, joka kertoo keskimääräisen lajikertymän ja keskihajonnan. Näytteenottoputkien satunnaistaminen, permutaatio, suoritettiin tuhat kertaa. Lajikertymäkäyrästä arvioitiin, kuinka monta näytteenotto pistettä eli rinnakkaisnäytettä tulisi näytteenotto kohteella kerätä, jotta voitaisiin tavoittaa esimerkiksi 70 % tutkimusalueen lajeista (Ugland ym. 2003).

2.8.5 Tilastollinen käsittely

Aineiston moniulotteisen luonteen vuoksi analysoinnissa päädyttiin monimuuttujamenetelmiin. Pohjaeläinaineiston raakadataan taulukoitiin Excel-ohjelmalla kaikkien putki- ja imurinäytteiden yhteensä 51 tutkimuspisteeltä löytyneet pohjaeläinten yksilöiden lukumäärät taksonoitain. Raakadataa muokattiin vertailukelpoiseksi muuntamalla tutkimuskohteiden pohjaeläinten lukumäärät lukumääräksi neliometriä kohti. Kanonista korrespondenssianalyysia varten muokattuihin taulukoihin lisättiin myös Leinikin ja Oulasvirran vuonna 1994 (Leinikki & Oulasvirta 1995) keräämien putki- ja imurinäytteenottojen aineisto samalle taksonomiselle tasolle muunnettuna.

Vuoden 2007 sovitetulle putkinäyteaineistolle (taulukko 2) suoritettiin kanoninen korrespondenssianalyysi tutkimuspisteittäin (kuvat 13 ja 14). Testatusta aineistosta poistettiin Trichoptera-lahkon toukkien tyhjät suojakopat. Kanoninen korrespondenssianalyysi suoritettiin R-ohjelmalla, jossa käytettiin Vegan aliohjelmia. Kanoninen korrespondenssianalyysi on Cajo Ter Braakin kehittämä ordinaatiomenetelmä, jota Jari Oksanen (Oulun yliopisto) on soveltanut R-ohjelman Vegan paketissa. Menetelmässä pystytään ordinoimaan samaan kuvaajaan yhtäaikaaisesti paikkojen, lajien ja ympäristömuuttujien muutosta. Menetelmän lähtökohtana pidetään yhteisöjen tasaista jakautumista ympäristömuuttujien suhteen. Käytännössä menetelmä vaatii, että kahden eri lajin optimiesiintymisalueet ympäristömuut-

tujan suhteen eivät ole päällekkäisiä (Ter Braak 1986). Imuroidulle aineistolle suoritettiin myös kanoninen korrespondenssianalyysi (kuva 15) ja yhteisanalyysi kaikille alueelta kerätyille pohjaeläimille (kuva 16).

2.8.6 Ympäristömuuttajat

Numeerisina ympäristömuuttujina käytettiin kaikille tutkimuskohteille etäisyyttä mantereesta, jokiveden osuutta vesipatsaasta kolmen metrin syvyydellä, näytteenottokohteen avonaisuutta asteina yhden merimailin etäisyydelle asti sekä näytteenottokohteen avonaisuutta asteina etelään edellä mainitusti. Jokiveden osuus selvitettiin Erkki Alasaarelan mittauksista tehdyistä isaritmeista (Alasaarela 1977). Tutkimuskohteiden avonaisuus mitattiin merikartalta kulmaviivaimella ja harpilla. Luokkamuuttujina käytettiin pinnalta havaittavia ympäristömuuttujia, toisin sanoen oliko kyseessä satama, avoalue vai lahdella. Putkinäytteiden kohdalla pohjasta nousi samalla myös sedimenttinäyte. Tästä ”kairausnäytteestä” arvioitiin pohjan karkeus ja laatu (liite 2). Pohjan laatuun määritettiin saven, hiekan ja liejun prosenttiosuudet 20 cm:n syvyydelle. Savi oli selkeää harmaata hienojakoista massaa. Lieju oli löyhää ruskeaa (pinnassa) tai mustaa (pintakerroksen alapuolella), usein silminnähtävästi eloperäisen jätteen ja muiden ainesten seosta. Savi ja lieju kuuluivat karkeusluokittelussa 1-luokkaan. Hiekka jaettiin karkeudeltaan kahteen luokkaan jossa 2-luokkaan kuului raekoko, joka makroskooppisesti muodostaa yhtenäisenä näkyvän massan esim. Iso-Huiturin ja Pihlajan näytteissä. Karkeampaan 3-luokkaan kuului hiekka, jonka rakeet (n. 2–4 mm) olivat silmin erotettavissa, kuten Kattajan ja Läntisen Selkä-Sarven näytteessä. Myös hiekan väri vaihteli pinnan ruskeankeltaisesta alempien kerrosten harmaanmustaan sävyyn.

2.8.7 Tutkimusten välisen vertailun epävarmuus

Putkinäytteenottomenetelmät olivat vuoden 1994 ja 2007 tutkimuksissa identtiset, mutta pohjaeläimien imurointimenetelmät erosivat todennäköisesti ainakin imuteholtaan ja joiltakin rakenteellisilta yksityiskohdiltaan toimintaperiaatteen ollessa kuitenkin yhtenevä. Ei voida myöskään unohtaa eri tutkijoiden omalla toiminnallaan aiheuttamaa näytteenottovirhettä tai luonnollista vaihtelua, johon ei kyetä kovin helposti pureutumaan. Leinikin ja Oulasvirran (1995) pohjaeläintutkimuksissa käytetty pohjaeläinimuri perustuu Hiscockin ja Hoaren (1973) imurimenetelmään.

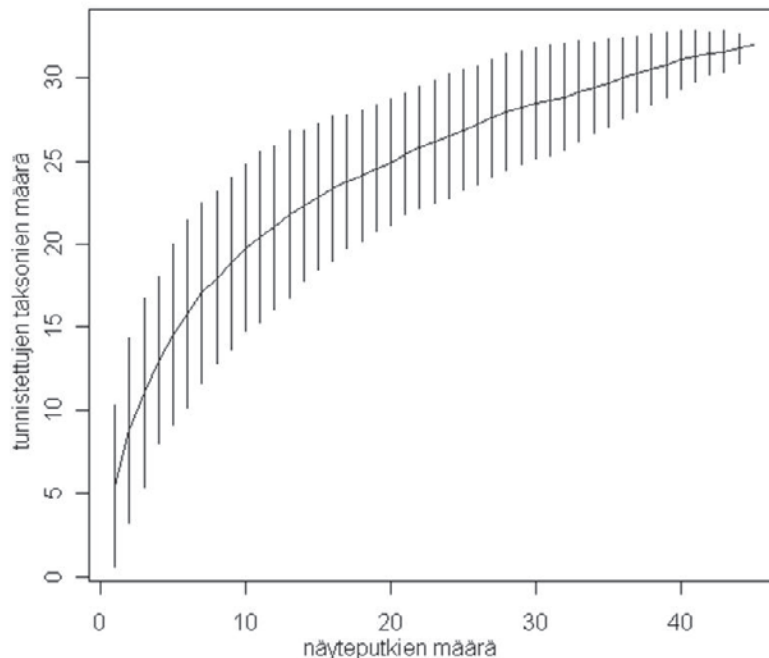
3 Tulokset

3.1 Putkinäytteiden lajikertymäkäyrä (species accumulation curve)

Perämeren kansallispuiston tutkimusalueen lajikertymäkäyrä SAC (species accumulation curve) on lähes asymptoottisen kuvaajan muotoinen (kuva 12). Lajikertymäkäyrän kulmakerroin on alle kahdeksan putkinäytteen määrällä korkea ($k > 1$, eli nousukulma yli 45°), mutta laskee yhteen noin yhdeksännän näyteputken kohdalla. Käyrä ei kuitenkaan tutkimuksen näytemäärällä osoita tasaantumisen merkkejä, toisin sanoen taksonit vaihtelivat eri putkinäytteiden välillä niin paljon, että edes neljäkymmenellä rinnakkaisnäytteellä ei saavutettu tilannetta, jossa kaikki kohteen taksonit olisi saatu näytteeseen. Käyrä saavuttaa 70 %:n lajikertymätason noin kolmannentoista näyteputken kohdalla. Lajikertymäkäyrän vaihteluväli (pystyviivoitus) on suurimmillaan ensimmäisten näyteputkien kohdalla ja kapenee tasaisesti loppua kohden eli mitä harvempi rinnakkaisnäyte, sitä suurempaa vaihtelu näytteiden välillä on.

3.2 Putkinäytteiden eläimistö

Putkinäytteenottimilla kerätyistä näytteistä kyettiin erottamaan 29 eri taksonia. Eniten erilaisia taksonia tunnistettiin Selkä-Sarven satamaltaasta ja molemmista lahdelmista (selkasS 17 kpl, selkasL 16 kpl ja SelkasI 17 kpl) (taulukko 2). Vähiten eri taksonia havaittiin Pihlajan avoimella tutkimuskohteella (pihlaja 7 kpl). Lajitasolle putkinäytteistä kyettiin tunnistamaan kahdeksan eri pohjaeläintä (*Cyanophthalma obscura*, *Helobdella stagnalis*, *Monoporeia affinis*, *Anodonta anatina*, *Bithynia tentaculata*, *Potamopyrgus antipodarum*, *Valvata piscinalis* ja *Lampetra fluviatilis*). Harvasukasmadot (Oligochaeta) oli lukumäärältään runsain taksoni kaikilla tutkimuskohteilla Selkä-Sarven länsipuolista lahdelmaa lukuun ottamatta, jossa surviaissäsksen toukat (Chironomidae) olivat runsain ryhmä.



Kuva 12. Tutkimusalueen taksonimäärän kertyminen putkinäytteiden määrän funktiona. Näyteputkien määrä on x-akselilla ja tunnistettujen taksonien määrä y-akselilla. Tunnistettujen taksonien määrällä tarkoitetaan taksonomisia tasoja, joihin eläimet on kyetty tunnistamaan. Käyrän kulmakerroin ei tasaannu vielä viimeisen näytteen kohdalla. Edes neljäkymmenellä rinnakkaisnäytteen otolla ei siis kyetä varmistamaan, että 100 % kohteen taksonista on saatu näytteeseen.

Taulukko 2. Putkinäytteenotolla elo-syyskuussa 2007 kerätyt pohjaeläimet (ilman muunnoksia) tutkimuskohteittain. Tutkimuskohteet on järjestetty sarakkeittain ja samaan luokkaan (satama-, avoin ja lahtiympäristö) kuuluvat näytteet on esitetty peräkkäisillä sarakkeilla. Luokkien sisällä kohteet ovat järjestyksessä mantereelta avomerelle päin.

Tutkimuskohde	Letto	Selkass	Tirro	Pihlaja	Saarenk	Kataja	Isoh	Selkas I	Selkas i
Tutkimusluokka	Satama	Satama	Avoin	Avoin	Lahti	Lahti	Lahti	Lahti	Lahti
Tunnistettuja taksoneita	11	17	12	7	9	12	8	16	17
Nematoda	13	1	7	8	9	7	3	2	1
<i>Cyanophthalma obscura</i>	0	0	0	1	0	2	0	1	1
<i>Helobdella stagnalis</i>	0	2	1	0	0	0	0	0	1
Oligochaeta	106	190	31	129	74	53	17	23	14
Ostracoda	1	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Monoporeia affinis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Anodonta anatina</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Sphaerium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	9	0	0
<i>Pisidium</i> sp.	4	10	11	1	12	4	6	5	11
<i>Bithynia tentaculata</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Gyraulus</i> sp.	2	5	0	0	0	1	18	2	1
<i>Lymnea</i> sp.	0	3	0	0	0	0	0	1	4
<i>Planorbidae</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Planorbis corneus</i>	0	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	0	2	0	0	0	0	0	1	4
<i>Valvata piscinalis</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	2
<i>Valvata</i> sp.	1	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Caenis</i> sp.	0	0	1	0	0	2	0	2	1
Ceratopogonidae	1	1	6	0	2	3	0	4	1
Chironomidae	42	1	13	2	17	7	3	294	7
Hydroptilidae (toukka)	0	0	0	0	0	0	8	0	0
Hydroptilidae (tyhjä koppa)	0	0	0	0	3	1	84	0	19
Leptoceridae (toukka)	0	0	0	0	0	0	0	5	0
Leptoceridae (tyhjä koppa)	12	1	119	3	14	25	677	55	114
Limnephilidae	0	1	1	0	0	0	0	7	12
Molannidae	0	0	2	0	0	0	0	0	2
<i>Oulimnius</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Polycentropodidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Sialis</i> sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Hydracarina	6	1	4	0	10	7	1	3	0
<i>Lampetra fluviatilis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0

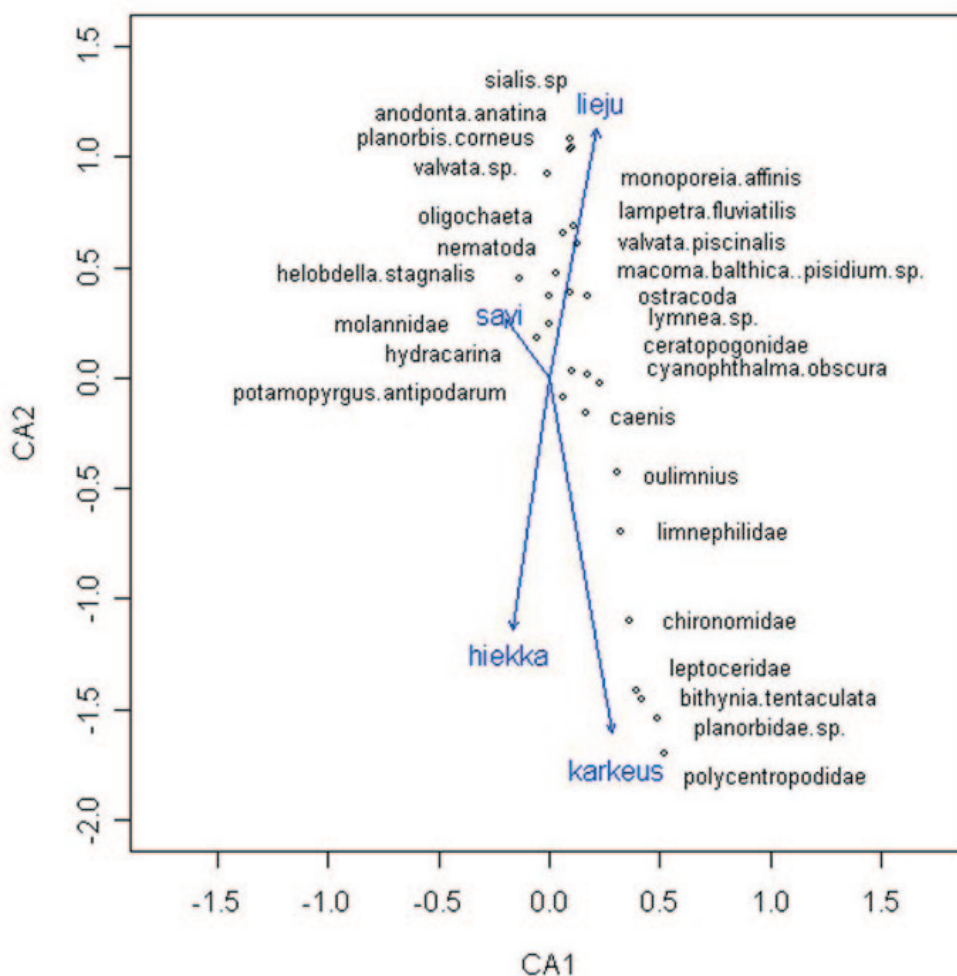
alapuolelle. Suman ylälaitaan ovat keskittyneet Pihlajan avoimen alueen tutkimuspisteet (Apih2, Apih3 ja Apih4). Tärkeää on huomata Pihlajan ja Tirron avoimen alueen tutkimuspisteiden sijoittuminen vastakkaisille puolille tutkimuspisteiden sumaa. Se tarkoittaa, että alueiden pohjaeläimistöissä on eroa. Iso-Huiturin tutkimuspisteet (Lisoh2, Lisoh3 ja Lisoh5) keskittyvät sumaan, mutta pisteet Lisoh4 ja Lisoh1 sijoittuvat suman vasemmalle puolelle. Lisoh1 on poistettu kuvasta ulkoryhmäläisenä ("outlier"), joka sijaitsee reilusti noin viiden yksikön ($x = -5$) verran vasemmalla kuvan ulkopuolella.

Leton satamasta kerätyt putkinäytteet muodostavat Tirron näytteiden viereen kolmen tutkimuspisteiden keskittymän (Slet1, Slet2 ja Slet3). Keskittymä on hieman hajanaisempi kuin Tirron vastaava, mutta ryhmän voi selvästi erottaa sumasta omaksi joukokseen. Jäljelle jääneet Leton

sataman tutkimuspisteet (Slet4 ja Slet5) keskittyvät sumaan. Loppujen tutkimuskohteiden tutkimuspisteet Lkat, Sss ja LssI hajaantuvat tasaisesti sumaan.

3.4 Tutkimuspisteiden eläimistön cca ympäristömuuttujilla

Pohjaeläinten sijoittuminen ympäristömuuttujien suhteen ordinaatiokuvaajassa (kuva 14) on pystysuuntaista. Ympäristömuuttujina ovat tutkimuspisteiden lieju-, savi- ja hiekkapitoisuudet sekä muuttujien sisäinen raekoko eli karkeus. Vahvimmin näytteissä esillä olleista lajeista harvasukasmadot yleistyvät liejumaisen elementin kasvaessa ja surviaissääsken toukat pohjan karkeuden lisääntyessä. Hernesimpukka/liejusimpukkar ryhmä kohtalaisen runsaana sijoittuu myös hienojakoisille liejuisille pohjille.



Kuva 14. Vuoden 2007 putkinäyteaineiston ordinaatio pohjan laadun suhteen. Kuvaajassa liejusimpukka (*Macoma balthica*) ja hernesimpukat (*Pisidium* sp) on yhdistetty yhdeksi taksoniksi niiden vaikean erotettavuuden vuoksi. Toisaalta joidenkin lähteiden mukaan liejusimpukan pohjoisen levinneisyyden katsotaan rajoittuvan Perämeren eteläosiin (Kronholm ym. 2005).

3.5 Imurinäytteiden eläimistö

Taulukosta 3 näkyvät imurinäytteiden pohjaeläinmäärät tutkimuskohteittain. Tunnistettujen taksonien määrä nousee mantereen suunnasta ulkosaaristoon (Pitkäletto) mentäessä. Imurinäytteissä runsaimman ryhmän muodostivat *Gyraulus* spp. -kotilot, joita löytyi kaikilta tutki-

muskohteilta. Muita tasaisesti tutkimuskohteittain jakautuneita runsaita ryhmiä tai lajeja ovat *Bithynia tentaculata*, Hydracarina, Chironomidae ja Molannidae. Katkojen ryhmä *Gammarus* spp. painottuu Pitkäleton tutkimuskohteelle, samoin kuin myös *Bithynia tentaculata* ja *Theodoxus fluviatilis* -kotilot.

Taulukko 3. Imurinäytteiden pohjaeläinmäärät tutkimuskohteittain / 0,5 m². Tutkimuskohteet on järjestetty taulukkoon manneretäisyyden mukaan siten, että lähin tutkimuskohde mantereelta (Talja) on sijoitettu vasempaan laitaan.

	Talja 0,5 m ²	Lehtikari 0,5 m ²	Pitkäletto 0,5 m ²
Tunnistettuja taksonia	12	20	25
Nematoda	1	0	0
<i>Cyanophthalma obscura</i>	0	1	5
Oligochaeta	0	1	6
Polychaeta	0	0	1
Nemertea	0	0	1
<i>Glossiphonia complanata</i>	0	0	3
<i>Helobdella stagnalis</i>	1	0	1
<i>Macoma balthica?</i>	0	2	0
<i>Pisidium</i> sp.	1	3	1
<i>Bithynia tentaculata</i>	8	22	16
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	0	0	26
<i>Lymnaea peregra</i>	2	6	41
<i>Ancylus fluviatilis</i> (kuoria)	5	0	2
<i>Valvata piscinalis</i>	0	1	1
<i>Valvata macrostoma</i>	0	3	0
<i>Physa fontinalis</i>	0	1	0
<i>Gyraulus</i> sp.	17	50	41
<i>Asellus aquaticus</i>	0	1	0
<i>Jaera</i> sp.	0	0	1
<i>Gammarus</i> sp.	0	4	60
<i>Saduria entomon</i>	0	0	1
Leptoceridae (tyhjä koppa)	10	84	31
Leptoceridae	0	1	0
Chironomidae	5	14	27
<i>Caenis</i>	1	1	1
Hydroptilidae (tyhjä koppa)	0	3	4
Limnephilidae	0	0	8
Molannidae	20	21	3
<i>Oulimnius</i>	0	3	2
Lepidostoma	0	0	1
Hydracarina	10	5	5

3.6 Tutkimuskohteiden cca imurinäytteille

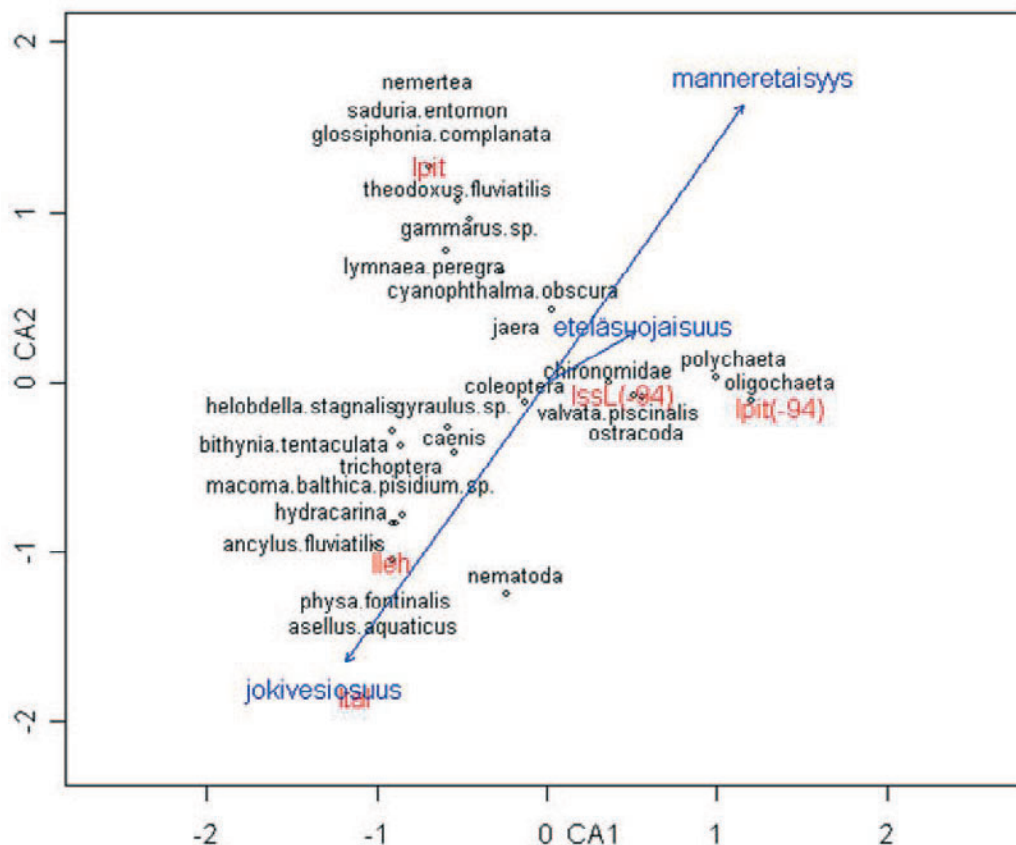
Tutkimuskohteiden ordinaatio on imuriaineistolla selkeästi järjestynyt jokiveden osuuden mukaan (kuva 15). Taljan tutkimuskohde (Ital) on sijoittunut kuvassa alimmaksi vasemmalle, minne mentäessä myös jokiveden osuus kasvaa. Taljan tutkimuskohteen lähellä ei sijaitse ordinaatiossa pelkästään Taljalle tunnusomaisia lajeja, vaan ne ovat hyvin yhtenevät Lehtikarin lajiston kanssa.

Hieman Taljan tutkimuskohdetta ylempänä ordinaatiossa löytyy Lehtikarin (Ileh) tutkimuskohde. Jokiveden osuus Lehtikarissa on hieman pienempi kuin Taljassa ja kohteella on muutamia painottuneita lajeja, kuten *Physa fontinalis*, *Asellus aquaticus* ja *Ancylus fluviatilis* (kuoria).

Ylimpänä ordinaatiossa sijaitsee Pitkäleton tutkimuskohde (Ipit), joka edustaa kaukaisimman mannerretäisyyden ja samalla pienimmän jo-

kivesiosuuden kohdetta. Pitkäleton läheisyyteen painottuneita lajeja ovat *Gammarus* sp., *Theodoxus fluviatilis*, *Glossiphonia complanata*, *Saduria entomon* ja pääjakso Nemertea.

Leinikin ja Oulasvirran vuonna 1994 kerätyt imurinäytteet (IssL(-94)) ja (Ipit(-94)) sijoittuvat ordinaatiossa oikeaan reunaan. Samaan suuntaan mentäessä kasvaa myös eteläsuojaisuus. Tunnusomaisia ryhmiä ovat Oligochaeta, Polychaeta, Chironomidae, Ostracoda ja *Valvata piscinalis*. Huomionarvoista on vuoden 1994 Pitkäleton tutkimuskohteen Ipit(-94) sijoittuminen verrattuna vuoden 2007 samalta paikalta otettuun imurinäytteeseen (Ipit). Vuonna 1994 kerätyt näytteet muodostavat oman ryhmänsä, joka näyttää erottuvan kuvassa oikeaan reunaan. Kuvan perusteella näyttäisi siltä, että aika, ihmisvaikutus, tutkija tai jokin muu tuntematon vaikuttaja on paikkaa määräävämpi tekijä imurinäytteiden lajiyhteisöissä.



Kuva 15. Imurinäytteenottokehteiden (merkitty punaisella) kanoninen korrespondenssianalyysi. Vuoden 2007 tutkimuskohteet ovat Pitkäletto (Ipit), Lehtikari (Ileh) ja Talja (Ital). Kuvaan on lisätty Oulasvirran ja Leinikin vuoden 1994 imurinäytteenottokehteet Selkä-Sarven lahdelta (IssL(-94)) ja Pitkäletosta (Ipit(-94)) (Leinikki & Oulasvirta 1995).

3.7 Putki- ja imuriaineiston rinnakkaisvertailu

Aineiston rinnakkaisvertailussa (kuva 16) vuoden 2007 imurinäytteenottokohteet eroavat asteittain origon pääjoukosta. Pitkäleton tutkimuskohte (Ipit) on äärimmäisenä oikealla ja sille ominaisia pohjaeläinryhmiä ovat *Saduria entomon*, *Glossiphonia complanatum* ja *Nemertea* sekä jossain määrin *Lymnea peregra*, *Theodoxus fluviatilis* ja *Gammarus* spp.

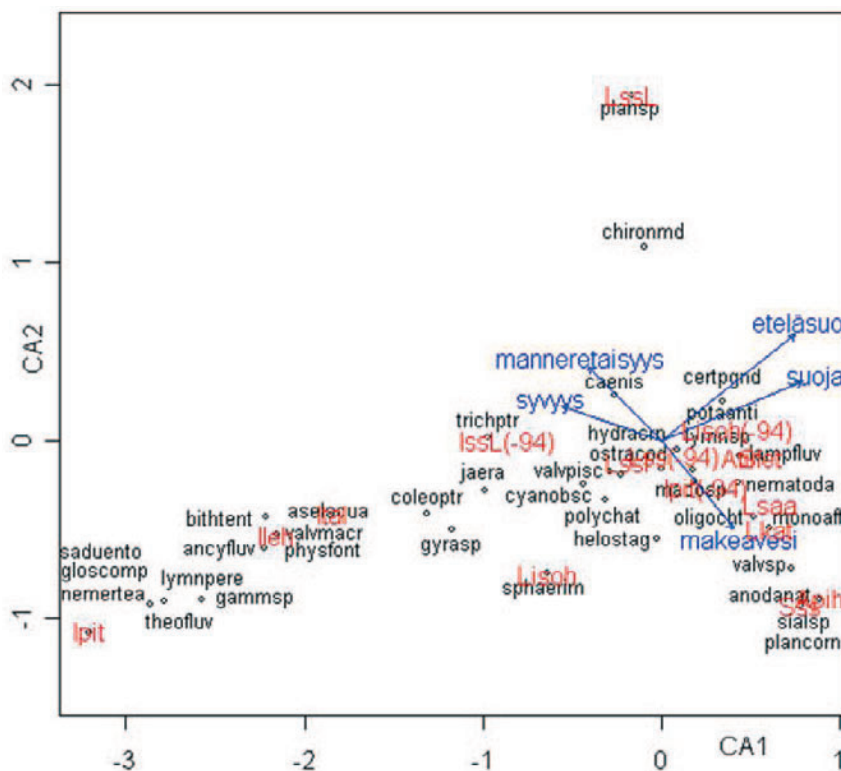
Pitkäleton (Ipit) ja origon suman välissä ovat lähemmäs Lehtikarin (Ileh) ja Taljan (Ital) imurinäytteenottokohteet, joille tunnusomaisimpia lajeja ovat *Bithynia tentaculata*, *Asellus aquaticus*, *Valvata macrostoma*, *Physa fontinalis* ja *Anchylus fluviatilis*. Muita imurinäytteenotolle läheisiä ryhmiä ovat myös *Gyraulus* spp. ja Coleoptera.

Vasemmalle origon pääjoukosta irtoaa myös Selkä-Sarven läntisen lahden imurinäytteenottokohte vuodelta 1994, jolle tunnusomaisia ryhmiä ovat *Jaera* sp. ja Trichoptera. Pitkäleton imuri-

näytteenottokohte vuodelta 1994 sijoittuu ordinaatiossa erikoisesti päinvastaiseen laitaan verrattuna saman kohteen imurinäytteeseen vuodelta 2007.

Selkä-Sarven itäistä lahdelmaa lukuun ottamatta kaikki lahtien tutkimuskohteet sijoittuvat ordinaatiossa lähelle origoa. Origosta poikkeavia tutkimuskohteita ovat myös oikean alalaidan Pihlajan avoalue ja Selkä-Sarven satama.

Ympäristömuuttujat selittävät vaihtelua taasisesti, mutta eteläsuojaisuus erottuu hivenen suurempana muista ja selittää siten yhteisöjen vaihtelua eniten. Mannerretäisyys kasvaa ja jokiveden osuus vähenee mentäessä vasemmalle kohti Pitkäleton vuoden 2007 tutkimuskohtetta. Erikoista on vuoden 1994 Pitkäleton imuritutkimuskohteen sijoittuminen lähelle makean veden korkeinta pitoisuutta. Muita kuvaajan ympäristömuuttujia ovat oikealle osoittava eteläsuojaisuuden ja kokonaissuojaisuuden kohoaminen sekä vasemmalle suuntautuva syvyyden kasvaminen.



Kuva 16. Perämeren kansallispuiston alueen pohjaeläimet ordinaatiossa (kanoninen korrespondensianalyysi). Ordinaatiossa ovat mukana vuoden 2007 kaikki imuri- ja putkinäytteet tutkimuskohteittain sekä vertailukohteet molemmille menetelmille vuodelta 1994. Pohjaeläinten nimet ovat lyhenteitä, joista macosp = *Macoma balthica* / *Pisidium* sp. -ryhmä. Imurinäytteiden tutkimuskohteita ovat Pitkäletto (Ipit), Lehtikari (Ileh) ja Talja (Ital), Selkä-Sarven lahti 1994 (IssL(-94)) ja Pitkäletto 1994 (Ipit(-94)). Putkinäytteiden tutkimuskohteita ovat Iso-Huituri (Lisoh), Kataja (Lkat), Letto (Slet), Pihlaja (Apih), Saarenkrunni (Lsaa), Selkä-Sarvi itäinen (Lssl), Selkä-Sarvi läntinen (LssL), Selkä-Sarvi satama (Sss), Tirro (Atir), Iso-Huituri (Lisoh(-94)) ja Selkä-Sarvi läntinen (Lssl(-94)).

4 Pohdinta

Perämeren kansallispuisto on Itämeren arktisin alue, jossa voidaan tutkia makean veden eli limnisen ympäristön muuttumista murtovedeksi ja sen vaikutuksia pohjaeläinyhteisöihin. Pohjaeläinten sijoittuminen eri elinympäristöihin vaihtelee pohjan laadun lisäksi todennäköisesti myös vesipatsaan ominaisuuksien mukaan. Kankaan (1976) Perämeren eri alueilla suorittamista kivikkoisen sublitoraalin pohjaeläimien vertailuista voidaan havaita Tornion edustan karikkojen pohjaeläinyhteisön eroavan suurelta osin muun Perämeren lajikoostumuksesta. Kun leväkotilo (*Theodoxus fluviatilis*) hallitsee lukumääräisesti Perämeren rannikon kivikkoisen sublitoraalin vyöhykettä Kemistä etelään, on lukumääräisesti runsain laji Tornion saaristoalueen karikoilla leväkatka (*Gammarus zaddachi*). Huomionarvoista on, että leväkotilon lukumääräisesti runsain esiintyminen mitattiin Kemien kaupungin edustalla Ruumismatalasta, joka sijaitsee Perämeren kansallispuiston ja Iin Krunnien välissä (Kangas 1976). Vuosina 1993–94 tehdyissä pohjaeläinkartoituksissa leväkotiloa löydettiin Perämeren kansallispuiston ulkosaarilta runsaasti, ja sisäsaarilta se puuttui kokonaan (Leinikki & Oulasvirta 1995).

Kankaan (1976) karikkotutkimuksista voisi päätellä Tornion rannikkoalueiden pohjaeläinten edustavan täysin muista poikkeavaa yhteisöä, mikä ilmeni mm. leväkotilon puuttumisena. Kuitenkin myöhemmissä tutkimuksissa (Leinikki & Oulasvirta 1995) samalla alueella, mutta muutama kilometri etelämpänä Tornion edustalla karikkojen pohjaeläinyhteisö vastasi lähes täysin Kankaan muualta Perämereltä ottamia karikkopohjien näytteitä. Tässä tutkimuksessa leväkotiloa esiintyi vain ulkosaariston karikkopohjilla (Ipit) 52 kpl/m². Pohjaeläimistön koostumus litoraalissa voi vaihtua Perämeren kansallispuistossa hyvinkin radikaalisti, vaikka pohjan elinympäristö vaikuttaisi samalta. Kun tulevaisuudessa päätetään kansallisista pohjaeläinten seurantakohteista Perämeren pohjoisilla rannikkoalueilla, on tärkeä tiedostaa alueelliset erityispiirteet.

Tässä tutkimuksessa saatiin kerättyä ja tunnistettua yhteensä 45 eri pohjaeläinten taksonia. Lajitasolle tunnistettuina määrä olisi todennäköisesti kaksinkertaistunut, vaikka harvasukasmadot ja sukkulamadot olisi jätetty tutkimuksen ulko-

puolelle. Muutamat lajit olivat tutkimuksen kannalta ongelmallisia. *Anodonta*-suvun simpukoita oli alueen hiekkapitoisilla pohjilla yleisesti, mutta putkinäytteisiin niitä ekysi vain yksi kappale. Tämä voi vääristää monimuuttujamenetelmien analyysituloksia. Toisaalta, jos testeistä poistetaan lajeja niiden harvan esiintymisen vuoksi, niin suositelluilla rinnakkaisputkinäytemäärillä ei Perämeren kansallispuiston alueella jää tutkittavaksi kovin monta pohjaeläintä. Selvä ristiriita on huomattavissa näytteenoton määrän, menetelmien ja tunnistamistason välillä.

4.1 Lajikertymä ja rinnakkaisnäytteiden määrä

Kuvattaessa jonkin näytteenottokohteen tai elinympäristön eli biotoopin pohjaeläimistöä tulisi näytteenoton tavoittaa kerralla ainakin 70 % yhteisön lajeista (Mackey ym. 1984). Tässä tutkimuksessa päädyttiin Kantolan ym. (2001) suosittelemaan viiteen rinnakkaisnäytteeseen yhdeltä kohteelta. Tämä heikensi hieman kohdetulosten edustavuutta yhteisöistä, mutta mahdollisti toisaalta useamman näytteenottokohteen tutkimukset. Leinikki ja Oulasvirta (1995) käyttivät omissa tutkimuksissaan 8–9 rinnakkaisnäytteen sarjoja, mutta seulonnassa käytettiin aikaa säästävää ja toisaalta pohjaeläimiä hukkaavaa sihtausta, mikä mahdollisti useamman rinnakkaisnäytteenoton. Tutkimusalue oli ympäristöoloiltaan hyvin vaihteleva, mikä saattaa aiheuttaa lajikertymäkäyrään epävarmuutta. Tutkimusalueen kaikilla putkinäytteillä tehty lajikertymäkäyrä (kuva 12) osoittaa, että 70 %:n lajikertymä saavutetaan 13 rinnakkaisnäytteellä, mikä on kaiketi rinnakkaisnäytteiden määrän ylimpiä raja-arvoja muuhun vastaavaan tutkimukseen verrattuna. Toisaalta lajikertymäkäyrä näyttäisi vielä kohoavan jonkin verran eli se ei ole vielä tarpeeksi lähellä asymptoottia, vaikka tunnistukset jätettiin suhteellisen karkealle tasolle. Tämä tarkoittaa 70 %:n lajikertymän tavoitteella suositeltavien rinnakkaisnäytteiden määrän kohoavan jopa kahteenkymmeneen. Tämä tieto ei horjuta pelkästään tämän tutkimuksen johtopäätöksiä, vaan voi viedä pohjan monilta muiltakin alueen putkinäytteisiin perustetuilta tutkimuksilta. Huomio rinnakkais-

näytteiden määrästä tulee tiedostaa nykyisissä ja mahdollisissa tulevaisuuden velvoiteseurannoissa. Havainto rinnakkaisnäytteiden riittämättömyydestä nykyisillä standardeilla (SFS 5076) on tämän tutkimuksen tärkeimpiä tuloksia.

Tämän tutkimuksen tekee erityisen arvokkaaksi menetelmä, jolla pohjaeläimet on seulottu putkinäytteiden pohja-aineksista, vaikka se tehtiin osin rinnakkaisnäytteiden määrän kustannuksella. Huomattava osa putkinäytteiden pohjaeläimistä oli niin pieniä, että ne mahtuivat 0,5 mm:n seulan (standardi) lävitse, ja se oli syy tarkkuusseulonnan suorittamiselle. Tarkkuusseulonnassa saatiin poimittua hyvin pienetkin pohjaeläimet, jotka olisivat sihtauksessa hävinneet. Tarkkuusseulonta oli hyvin hidasta työtä (2 putkea/henkilö/8h), mutta todennäköisesti näin saadaan edustavampi otos karun alueen pienikokoisista pohjaeläimistä.

4.2 Avo-, lahti- ja satamaympäristön putkinäytteiden vertailu

Tämän kartoituksen yhtenä tavoitteena oli tutkia, esiintyykö pohjaeläinyhteisöissä muutoksia luokkamuuttujiksi valittujen elinympäristöjen (avoin, lahti ja satama) suhteen. Toisin sanoen, muodostavatko valitut luokkamuuttujat omat elinympäristönsä muista ympäristömuuttujista riippumatta. Selkeää ryhmittymistä tutkimuspisteiden välillä ei kuitenkaan havaittu, vaan vaihtelua selitti parhaiten pohjan karkeus ja toisaalta jokiveden jäänalainen osuus vesipatsaasta näytekohteella. Ainoana ryhmittymisenä (kuva 13) voitiin huomata Selkä-Sarven läntisen lahdelman tutkimuspisteiden yhtenäisyys. Pienimuotoista ryhmittymistä näkyi myös Tirron ja Pihlajan näytteenottopisteiden kohdalla. Pohjan laatu vaihtelee jonkin verran näytteenottopisteiden välillä, mutta selvää erottelevaa ryhmittymistä luokkamuuttujiin ei voida nähdä tutkimuskohteiden välillä (kuva 16). Parhaiten vaihtelua selittävät todennäköisesti muut tekijät, kuten pohjanlaatu. Edellä mainitun voi helpoimmin huomata vertaamalla Leton kalasataman ja Saarenkrunnin näytteenottokohteita toisiinsa. Näiden tutkimuskohteiden sijoittuminen ordinaatiossa lähekkäin johtuu todennäköisesti yhtenevästä pohjanlaadusta, eikä erottumista ole aiheuttanut esimerkiksi ihmistoiminta (satama, luonnonlahti).

4.3 Runsaimpien pohjaeläinryhmien tarkastelu

Sukkulamadot (Nematoda) on hyvin kosmopoliitti lajiryhmä, joka voi elää sekä suolaisessa että makeassa vedessä (Ikonen & Huhta 1986). Sukkulamatoja voi löytää hyvin monenlaisista ympäristöistä pohjan liejuisista sedimenteistä uposkasvien pinnoille asti. Näissä ympäristöissä yksilötiheydet neliömetrille voidaan laskea jopa miljoonissa. Suurin osa sukkulamadoista elää pintasedimenteissä noin yhden senttimetrin syvyyteen asti, mutta niitä tavataan yleisenä aina 5 cm:n syvyyteen. Tätä syvemmällä vastaan tulevat yleensä vähähappiset olosuhteet, joita sietävät vain harvat lajit. Suolapitoisuudella on selvä vaikutus sukkulamatojen lajikoostumukseen ja siksi Perämeren sukkulamatolajisto on todennäköisesti hyvin lähellä makean veden lajistoa (Ikonen & Huhta 1986).

Tässä kartoituksessa sukkulamatoja löytyi kaikilta pehmeän pohjan tutkimuskohteilta, mutta selvästi vähemmän Selkä-Sarven alueelta. Sukkulamadot ovat pieniä ja niiden havainnointi makroskooppisesti on haastavaa. Keräämistarkkuus voi vaihdella pohjanlaadun mukaan, koska hienon aineksen joukosta ryhmää on vaikea havaita ja toisaalta puhtaissa hiekkänäytteissä sukkulamadot tuntuivat ponnahtavan kellumaan pinnalle näytettä sekoitettaessa. Pohjaeläinimurilla kerätyistä karikkoympäristön näytteistä löytyi vain yksi sukkulamato mantereen läheiseltä Taljan tutkimuskohteelta. On mahdollista, että kaikki pienet sukkulamadot ovat läpäisseet pohjaeläinimurin näytteenottopussin verkon tai sitten niitä todella oli selvästi vähemmän karikkopohjilla.

Sukkulamatojen tapaan myös surviaissääskillä (*Chironomidae* spp.) on laaja levinneisyys, ja ne ovat yksi harvoista hyönteisryhmistä, joista löytyy myös mereiseen ympäristöön sopeutuneita lajeja (Chinery 1973). Tässä tutkimuksessa ei kyetty määrittämään surviaissääsken toukkia lajitasolle saakka. Toisaalta lajitasolle vietyä tunnistusta ei olisi pystytty vertailemaan historiallisesti, mutta se olisi ollut tärkeää jatkotutkimusta ajatellen. Surviaissääsken toukkia voi löytää niin järvien, lampien ja merenlahtien kuin hitaasti virtaavien jokien pohjista. Surviaissääsket ovat myös hyvin sopeutuneita murtoveteen, jossa suurimmat lajimäärät voi löytää suojaisista lahdelmista. Järviolu-eilla surviaissääsken toukkien pääesiintymisalueen

voidaan katsoa alkavan sublitoraalin reunamilta, jossa viimeiset kituliaat vesikasvit selviytyvät ja jatkuvan aina suuriin syvyyksiin asti. (Kontuniemi 1966). Surviaissääsken toukkia voi löytää runsaimmin ravinnerikkaista vesistöistä (Chinery 1973, Kontuniemi 1966, Mandahl-Barth 1957).

Tässä tutkimuksessa surviaissääsken toukat olivat harvasukasmatojen lisäksi monilajinen ryhmä pehmeillä pohjilla, mutta harvasukasmattoista poiketen surviaissääsken toukkia löytyi runsaasti myös imuroiduilta karikkopohjilta. Tämä osoittaa surviaissääsken toukkien olevan Perämeren kansallispuiston alueella hyvin erilaisiin elinympäristöihin sopeutunut ryhmä. Surviaissääsken toukkiin verrattuna harvasukasmattoja sen sijaan esiintyi runsaasti avoimessa hiekkapohjaympäristössä, jossa surviaissääsken toukkia oli vain harvakseltaan. Tämä johtuu ilmeisesti hiekkapohjasta (esim. Iso-Huiturin lahdella) ja/tai siihen yhdistyneestä pohjan liikkeestä, mikä huomattiin Pihlajan näytekohteella. Karikkopohjilla toukkien lukumäärä neliometrillä lisääntyy ulkosaaristoon mentäessä ja putkinäytteissä suurin tiheys neliömerillä löytyy niin ikään ulkosaaristosta. Tämän mukaan surviaissääsken toukat suosivat ulkosaariston karkean pohjan (sora/hiekka) elinympäristöä. Sisäsaaristossa vastaavalla karkeammalla pohjalla ei havaittu toukkien yhtä runsasta esiintymistä. Ulkosaariston pohjanlaadultaan hienojakoisemmassa näytteessä (LssI) ei myöskään havaittu toukkien runsasta tiheyttä. Johtopäätöksiä muodostettaessa pitää kuitenkin muistaa surviaissääsken toukkien tunnistamisen karkea taso. Leinikin ja Oulasvirran (1995) tutkimuksessa Paula Partasen suorittaman surviaissääsken toukkien tunnistuksen perusteella Perämeren kansallispuiston alueella on 27 eri ryhmää, joista 14 on tunnistettu lajitasolle. Ulko- ja sisäsaariston välillä ei voitu huomata selvää jakoa makean ja murtoveden surviaissääskilajeihin, vaan kaikki Perämeren kansallispuiston alueelta sukutasolle tunnistetut toukat luokiteltiin aiempien tutkimusten perusteella kosmopoliiteiksi (Wiederholm 1983).

Harvasukasmatot (Oligochaeta) ovat kahden edellisen ryhmän lailla melko kosmopoliitteja ja merkittävä osa vesiemme pohjaeläimistöä. Vesiharvasukasmatot voidaan jakaa ainakin ketjukaisiin, torvimatoihin ja katkomatoihin, joita voi löytää myös Perämeren pohjilta. Perämeren harvasukasmatot ovat pääosin makeanveden lajistoa, ja pehmeiltä pohjilta löytää todennäköisimmin

mm. lajit *Potamothrix hammoniensis* ja *Psammoryctes barbatus* (Koli & Huhta 1984, Leppäkoski 1967). Tässä tutkimuksessa harvasukasmatot muodostivat määrällisesti suurimman ryhmän kaikilla putkinäytekohteilla karkeampipohjaista Selkä-Sarven läntistä lahdella lukuun ottamatta. Pehmeillä litoraalipohjilla harvasukasmatot olivat lukumääräisesti alueen tyypillisin ryhmä kesän 2007 tutkimuksissa.

Syvämmällä profundaalissa elää runsaslukuisena valkokatkaa (*Monoporeia affinis*) (Särkkä 1986). Valkokatkaa pidetään yleisesti hyvälaatuisen veden indikaattorina, ja sen pääasiallinen esiintymisalue on syvällä profundaalissa, mutta talvisin valkokatkaa voi tavata myös rantojen läheisyydessä. Kilkin (*Saduria entomon*) ja liejusimpukan (*Macoma balthica*) ohella valkokatka on mieltynyt syvänteiden liejuihin pohjiin, joilta voidaan tavata tuhansien yksilöiden tiheyksiä neliometrillä (Särkkä 1986). Tässä tutkimuksessa havaittiin vain yksi valkokatka. Syynä valkokatkan puuttumiseen aineistosta voivat olla matalat näytteenottoisyvydet (alle 4 m). Toisaalta Leinikin ja Oulasvirran (1995) tutkimuksissa valkokatkaa ei löydetty 4–25 metrin syvyydeltä otetuilla putkinäytteillä, vaikka kyseessä oli pitkäaikaisseurantojen mukaan valkokatkan esiintymisen huippuvuosi ja lajia havaittiin tuolloin myös mantereen läheisyydessä (Laine ym. 2004, Parviainen 2006). Tämä herättää kysymyksen putkinäytteenoton tehokkuudesta valkokatkan pyydystämiseksi, vaikka putkinäytteet on tarkoitettu juuri valkokatkan suosimille liejuisille pohjille. Jatkotutkimusta tarvitaan putkinäytteenoton vertailussa pintanoutimiin ja pohjaeläinimureihin.

4.4 Pohjaeläinimuroinnit sublitoraalissa

Pohjaeläinimurin rakentaminen on tutkijalle ongelmallinen tehtävä, sillä menetelmästä ei ole vielä pohjaeläinten näytteenotossa vastaavaa standardia kuin esimerkiksi Ekman-noutimesta. Tässä tutkimuksessa käytetty laitteisto jouduttiin rakentamaan suurpiirteisten toimintaohjeiden perusteella. Teknisten standardien (imuteho, rakenne jne.) puuttuessa eri tutkimusten vertailukelpoisuus heikkenee. Sinänsä vuonna 2007 rakennetun imurin toiminta oli mallikelpoista ja näytteet vaikuttivat edustavilta. Vertailu Leinikin ja Oulasvirran (1995) aineistoihin (kuva 15) antaa kuitenkin

mielenkiintoista vertailtavuutta, sillä Pitkäleton tutkimuskohteet sijoittuvat ordinaatiossa verrattain kauas toisistaan. Leikin ja Oulasvirran aineistossa Pitkäleton pohjaeläimistöä kuvaavia tunnusomaisia ryhmiä olivat monisukasmadot (*Polychaeta*) ja harvasukasmadot (*Oligochaeta*). Toisaalta tämän tutkimuksen Pitkäleton karikon pohjaeläimistöä kuvaavia lajeja olivat leväkotilo (*Theodoxus fluviatilis*) ja kilkki (*Saduria entomon*). Sijoittuminen erilleen ordinaatiossa voi johtua luonnollisesta vaihtelusta. Esimerkiksi Pöyry Oy:n suorittamien velvoiteseurantojen mukaan harvasukasmatojen esiintyminen oli Tornion edustalla huipussaan vuosina 1991–1996 (Parviainen 2006). Poikkeavien tulosten mahdollisia syitä voivat olla myös näytteenottopisteiden tai laitteiston eroavaisuudet.

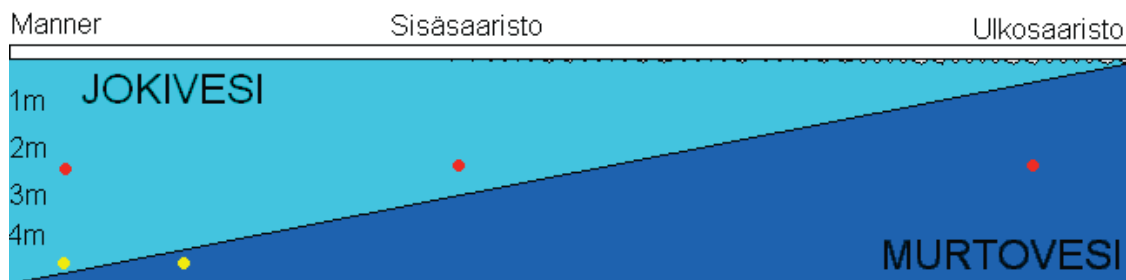
Koska karikkojen imurointi antoi Perämeren kansallispuiston alueella silmämääräisesti monimuotoisemman yhteisön neliometrille kuin putkinäytteet, voisi alueen pohjaeläinseurannoissa ajatella käytettävän myös imurointimenetelmää. Nykyisellä kameratekniikalla voisi olla myös mahdollisuus rakentaa pinnalta käytettäviä pohjaeläinimureita sublitoraalien näytteenottoon.

4.5 Jokiveden kiilautumisen vaikutukset pohjaeläimistöön

Talvisin murtovettä kevyempi jokivesi kiilautuu (kuva 17) jääkannen alle (Alasaarela 1977). Karikkopohjilla selvin eliöyhteisöjen ordinaatiokuvaajasta (kuva 15) nähtävä muutos tapahtuu ulkosaariston ja sisäsaariston välillä. Jälkimmäinen tutkimuskohde sijoittuu hyvin lähelle mantereenläheistä tutkimuskohdetta. Käytännössä tämä mahdollisesti tarkoittaa sen vyöhykkeen löytymistä, jossa mereinen (murtovesi) lajisto muuttuu limniseksi ylemmällä karikkojen sublitoraalivyöhykkeellä. Tätä tukevat myös

Alasaarelan (1977) tutkimukset, jotka koskivat jääkannen alapuolisten jokivesien pitoisuuksia Perämeren kansallispuiston merialueella kolmen metrin syvyydessä. Vaikka jokivesien virtauksissa on muutoksia rannikon suuntaisesti, ei vaikutus pohjaeläinyhteisöistä päätellen ulotu sellaisenaan Perämeren kansallispuiston ulkosaaristoon. Pehmeillä litoraalipohjilla ei vastaavaa vaihtumista havaittu, mikä voi johtua myös karkeasta lajintunnistustasosta.

Tirron ja Saarenkrunnin tutkimuskohteen välisellä merialueella on tehty usean vuosikymmenen ajan Outokumpu Oy:n toimeksiannosta vuosittaisia velvoitetarkkailuja (Parviainen 2006). Käytännössä pohjaeläinten velvoitetarkkailut ja raportoinnit ovat suorittaneet J. Pöyry -infran tutkijat. Pohjaeläinten velvoiteseurantoja on tehty rannikon välittömässä läheisyydessä (manneretäisyys enintään 3 km). Parviaisen (2006) mukaan limnisen veden vaihtumisalue murtovedeksi löytyy jo mantereen välittömästä läheisyydestä, alle kolmen kilometrin etäisyydeltä mantereesta. Tämä ilmenee mm. hernesimpukan (*Pisidium* spp.) radikaalina vähenemisenä ja toisaalta valkokatkan (joka elää myös syvissä järvissä) runsastumisena uloimmalla pohjaeläinten velvoiteseuranta-alueella. Velvoiteseurannoissa on löydetty ensimmäisen kerran amerikanmonisukasmatoja (*Marenzelleria* spp.), vuonna 2006 aivan rannan läheisiltä näytteenottoalueilta (Parviainen 2007). Amerikanmonisukasmatojen aikuiset yksilöt kestävät tutkimusten mukaan alhaisia suolapitoisuuksia (0,03 ‰), mutta lisääntyminen vähenee alle 5 ‰:n suolapitoisuuksissa (Daunys ym. 2000). Velvoiteseurantojen näytteenottosyvyys on kaikilla pisteillä yli 4,5 m, mikä selittää profundaalin pohjaeläinyhteisön muuttumisen limniseksi lähempänä mannta verrattuna sublitoraalin yhteisöihin. Alasaarelan (1977) jokiveden kiilautumisesta Tornionjoen edustalla tekemien



Kuva 17. Jokiveden kiilautuminen jääkannen alla. Punaiset pisteet kuvaavat tämän tutkimuksen näytteenottoluokkia (mantereen läheiset, sisäsaaristo ja ulkosaaristo) ja keltaiset Pöyry Oy:n velvoiteseuranta-alueita. Piirros: Markku Yliniva.

fysikaalis-kemiallisten tutkimusten tukena ovat mahdollisesti nyt myös pohjaeläinyhteisöissä huomattavat muutokset (kuvat 15 ja 16). Pohjaeläinten suolapitoisuuden sietokyvyssä on tietenkin vaihtelua, mikä osin hämärtää limnisten ja mereisten yhteisöjen rajaa, mutta tämän karitoituksen johtopäätös perustuu väitteeseen, että pohjaeläinyhteisöt ovat elinympäristönsä pitemmän aikavälin indikaattoreita (Wilson 1994).

Kiitokset

Kiitän Essi Keskistä mahdollisuuden tarjoamisesta tutkimusaineistoni keräämiseen ja hänen työtään tutkielmani oikolukemisessa. Timo Muotkaa kiitän neuvojen antamisesta monimuuttujamenetelmien teoriaa koskevissa kysymyksissä ja Jari Oksasta opetuksesta näiden menetelmien käytännön toteuttamisessa.

Lähteet

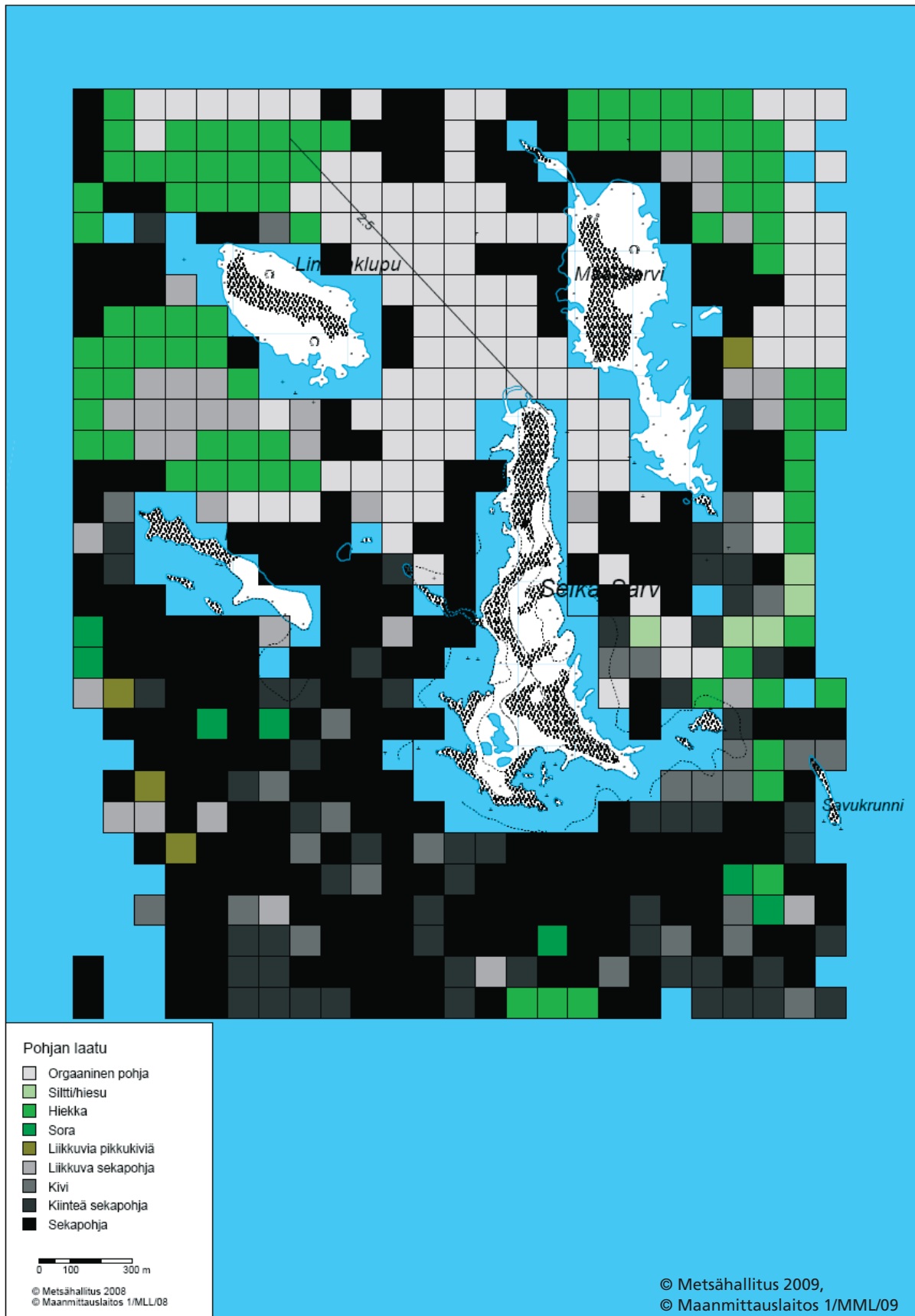
- Alasaarela, E. 1974: Vattenkvalitet, sedimentkvalitet och vegetationsförhållanden i Bottniviken vid Norrbottenskusten augusti 1974. – Länsstyrelsen i Norrbottens län, Naturvårdsenheten rapporten 1: 1–48.
- 1977: Studies on the spread of river and waste waters in the north eastern part of the Bothnian Bay. – *Aqua Fennica* 7: 47–81.
- 1978: Oulun edustan biologinen perusselvitys 1975–1977. – Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto. 172 s.
- Brown, A., Schram, M. & Brussock, P. 1987: A vacuum benthos sampler suitable for diverse habitats. – *Hydrobiologia* 153: 241–247.
- Bäck, S., Ekeboom, J., Kangas, P., Kautsky, H., Mäkinen, A. & Rönnberg, O. 1996: Mapping and monitoring phytobenthic biodiversity in the Northern Baltic Sea – background, methods and recommendations. – *TemaNord* 1996:559. S. 1–92.
- Chinery, M. 1973: A field guide to the insects of Britain and Northern Europe. – Collins, London. 352 s.
- Daunys, D., Schiedek, D. & Olenin, S. 2000: Species strategy near its boundary: the *Marenzelleria* cf. *viridis* (Polychaeta, Spionidae). Case in the South-Eastern Baltic Sea. – *International Review of Hydrobiology* 85: 639–651.
- Drake, C. & Elliott, J. 1982: A comparative study of three air-lift samplers used for sampling benthic macro-invertebrates in rivers. – *Freshwater Biology* 12: 511–533.
- Ehlin, U. 1981: Hydrology of the Baltic Sea. – Elsevier Oceanography Series 30: 123–133.
- Foberg, M. 1994: Växter och djur i Bottniska viken. – Norstedts tryggerier. 220 s.
- Haahtela, I. 1964: Havaintoja Perämeren selkärangattomista. – *Luonnon Tutkija* 68: 162–166.
- 1974: The marine element in the fauna of the Bothnian Bay. – *Aquatic Ecology* 8: 232–241.
- Heinimaa, S. 2002: Valo ja sen vaikutus kalanviljelyssä. – Kala- ja riistaraportteja 245: 13–14.
- Hiscock, K. & Hoare, R. 1973: A portable suction sampler for rock epibiota. – *Helgoländer wissenschaftliche meeresuntersuchungen* 25: 35–38.
- Huhta, V. (toim.), 1986: Suomen eläimet 5. Muut selkärangattomat. – Weilin+Göös, Espoo. 345 s.
- Hyvärinen, R. & Valtonen, T. 1983: The diet of vendace, *Coregonus albula* L. in the northeastern Bothnian Bay. – *Aquilo Serie Zoologica* 22: 13–18.
- Ikonen, E. & Huhta, V. 1986: Sukkulamadot Nematoda. – Teoksessa: Huhta, V. (toim.), Suomen eläimet 5. Weilin+Göös, Espoo. S. 194–200.
- Kangas, P. 1971: Tutkimus Krunnien alueen karikkopohjien eläimistöä sukellusmenetelmällä. – Pro gradu -tutkielma, Oulun yliopisto, eläintieteen laitos, Oulu. 86 s.
- 1972: Quantitative sampling equipment for the littoral benthos. II. – *IBP I Norden* 10: 9–16.
- 1976: Littoral stony-bottom invertebrates in the Krunnit area of the Bothnian bay. – *Acta Universitatis Ouluensis* 42: 97–106.
- Kantola, L., Koskenniemi, E., Paavola, R. & Heikkinen, M. 2001: Ohjeita järvien ja jokien pohjaeläimistöseurannan näytteenottoon ja raportointiin. – Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. Ympäristöopas 87. 35 s.

- Kautsky, H. & Foberg, M. 2001: Strandnära växt- och djursamhällen i grunda vikar i Rånåskärgård 1999. – Länsstyrelsen i Norrbottens län, Naturvårdsenheten rapporten 8: 1–38.
- Karusalmi, A. 2003: Vesieläimistön tuntemus ja ekologia. – Oulun yliopisto, biologian laitos, Oulu. 37 s.
- Kiirikki, M., Pitkänen, H. & Bäck, S. 2004: Itämeren ja sen rannikkovesien erityispiirteet. – Teoksessa: Pitkänen, H (toim.), Rannikko- ja avomerialueiden tila vuosituhannen vaihteessa. Suomen Itämeren suojeluohjelman taustaselvitykset. Suomen ympäristö 669: 7–10.
- Koli, L. & Huhta, V. 1984: Vesiharvasukasmadot. – Teoksessa: Huhta, V. (toim.), Suomen eläimet 5. Weilin+Göös, Espoo. S. 183–184.
- Kontuniemi, T. 1966: Suuri hyönteiskirja. 2. tark. ja lis. p. – Otava, Helsinki. 661 s.
- Kronholm, M., Albertsson, J. & Laine, A. (toim.) 2005: Perämeri Life – Perämeren toimintasuunnitelma. – Länsstyrelsen i Norrbottens län, rapportserie 1: 1–240.
- Kullenberg, G. 1981: Physical oceanography. – Elsevier Oceanography Series 30: 135–175.
- Laine, A. & Kangas, P. 2004: Pohjaeläimistön tila avomerellä ja rannikkovesissä. – Teoksessa: Pitkänen, H. (toim.), Rannikko- ja avomerialueiden tila vuosituhannen vaihteessa. Suomen Itämeren suojeluohjelman taustaselvitykset. Suomen ympäristö 669: 18–21.
- Leinikki, J., & Oulasvirta, P. 1995: Perämeren kansallispuiston vedenalainen luonto. – Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A 49. 86 s.
- , Backer, H., Oulasvirta, P., Leinikki, S. & Ruuskanen, A. 2004: Aaltojen alla – Itämeren vedenalaisen luonnon opas. – Gummerus, Jyväskylä. 144 s.
- Leppäkoski, E. 1967: Notes on the aquatic Oligochaeta (Annelida) of the Bothnian Bay, Finland. – Aquilo Serie Zoologica 5: 30–34.
- , Gollasch, S., Gruszka, P., Ojaveer, H., Olenin, S. & Panov, V. 2002: The Baltic – a sea of invaders. – Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 59: 1175–1188.
- Luther, H., Hällfors, G., Lappalainen, A. & Kangas, P. 1975: Littoral Benthos of the Northern Baltic Sea. I. Introduction. – Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie 60(3): 289–296.
- Mackey, A., Cooling, A. & Berrie, A. 1984: An evaluation of sampling strategies for qualitative surveys of macro-invertebrates in rivers, using pond nets. – Journal of Applied Ecology 21: 515–534.
- Mandahl-Bart, G. 1957: Hvad finder jeg sø og aa. – WSOY, Helsinki. 107 s.
- Olsonen, R. 2008: FIMR monitoring of the Baltic Sea environment – annual report 2007. – Meri – Report Series of the Finnish Institute of Marine Research 62: 15–16.
- Oulasvirta, P., Rissanen, J. & Lehtonen, H. 1987: Merihiekan noston vaikutukset kalatalouteen ja pohjaeläimistöön Pyhtään edustalla. – Ympäristöministeriön ympäristö- ja luonnonsuojeluosaston sarja C 23: 141–195.
- Parviainen, J. 2006: Tornion tehtaiden jätevesi-, vesistö- ja kalataloustarkkailu v. 2005 osa III. – PSV-Maa ja vesi oy, Oulu. S. 5–12.
- 2007: Tornion tehtaiden jätevesi-, vesistö- ja kalataloustarkkailu v. 2006 osa III. – PSV-Maa ja vesi oy, Oulu. S. 5–11.
- Rauhala, P. 2007: Perämeren kansallispuiston pesimälinnusto 1960–2006. – Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A 167. 68 s.

- Rostron, D. 2001: Sampling marine benthos using suction samplers. – Teoksessa: Davies, J., Baxter, J., Bradley, M., Connor, D., Khan, J., Murray, E., Sanderson, W., Turnbull, D. & Vincent, M., Marine Monitoring Handbook. <<http://www.jncc.gov.uk/page-2430>>. S. 293–305.
- Savolainen, I. & Valtonen, T. 1983: Ostracods of the north-eastern Bothnian Bay and population dynamics on the principal species. – *Aquilo Serie Zoologica* 22: 69–76.
- Segerstråle, S. 1960: Havaintoja Perämeren eläimistöstä. – *Luonnon Tutkija* 64: 19–20.
- Smith, R. & Baker, K. 1981: Optical properties of the clearest natural waters. – *Optical Society of America* 20: 177–184.
- Särkkä, J. 1986: Katkat. – Teoksessa: Huhta, V. (toim.), Suomen eläimet 5. Weilin+Göös, Espoo. S. 58–61.
- Ter Braak, C. 1986: Canonical correspondence analysis – A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. – *Ecology* 67: 1167–1179.
- Ugland, K., Gray, J. & Kellingsen, K. 2003: The species-accumulation curve and estimation of species richness. – *Journal of Animal Ecology* 72: 888–897.
- Valtonen, T. 1964: Liejusimpukasta ja leväko-tilosta Perämeressä. – *Luonnon Tutkija* 68: 126–127.
- 1977: Suomen vesieläimistön tuntemisen ja ekologian kenttäkurssi 1977. – Moniste, Oulun yliopisto, eläintieteen laitos, Oulu. 56 s.
- Vikman, T. 2004: Sukellus. 6. p. – Winsub, Tampere. 462 s.
- Voipio, A. & Leinonen, M. (toim.) 1984: Itämeri. – Kirjayhtymä, Helsinki. 179 s.
- Wiederholm, T. 1983: Chironomidae of the Holarctic region – Keys and diagnoses Part 1 Larvae. – *Entomologica Scandinavica* 19: 1–449.
- Wilson, J. 1994: The role of bioindicators in estuarine management. – *Estuaries* 17: 94–101.
- Winterhalter, B., Floden, T., Ignatius, H., Axberg, S. & Niemistö, L. 1981: Geology of the Baltic Sea. – Elsevier Oceanography Series 30: 1–121.

Perämeren kansallispuiston pohjan laatu

Pohjanlaatu Perämeren kansallispuiston ulkosaaristossa 100x100 m:n ruuduissa. Aineisto on koottu MERLIN-inventoinneissa maastokaudella 2007 videokuvaamalla veneestä. Kuvan suurin saari on Selkä-Sarvi.



Perämeren kansallispuistossa vuonna 2007 kerätyt pohjan putkinäytteet



Katajan lahdelmasta otetut putkinäytteet kertovat, että näytteenottopisteen ympäristössä pohja oli hiekkaa, jonka päällä oli parin senttimetrin verran pehmeää ruskeaa, pääosin orgaanista materiaalia. Kuva: Markku Yliniva.



Iso-Huiturin lahdelman pohja oli lähinnä karua hiekkaa, jota täplittivät muutamat päänkokoiset kivet. Kuva: Markku Yliniva.



Leton sataman pohjaa peitti vaihdellen orgaaninen liete ja savipatja. Kuva: Markku Yliniva.



Pihlajan länsipuolen avoympäristössä pohjan maa-aines oli hiekkaa, jossa vaihtelivat tumman ja vaalean massan alueet. Kuva: Markku Yliniva.



Saarenkrunnin lahdelman pohjan laatu vaikutti näytteenoton perusteella toivottua hiekkapohjaa pehmeämmältä. Kuva: Markku Yliniva.



Selkä-Sarven itäisen lahdelman pohja oli laajojen vesikasviniittyjen peittämää lietemäistä orgaanista ainesta. Putkinäytteet otettiin hiekkapitoisemmista laikuista. Kuva: Markku Yliniva.



Selkä-Sarven sataman pohja oli pääosin löyhän, mustan orgaanisen materiaalin peitossa, mutta paikoin esiin pilkisti kiinteää savipohja. Kuva: Markku Yliniva.



Tirron itäpuolen avoympäristö oli pääosin hiekkapohjaista. Kuva: Markku Yliniva.

Perämeren kansallispuistossa vuonna 2007 kerätyt pohjan imurinäytteet ja niistä löydetyt eläimet



Imurinäyte Pitkäletto 1. Pitkäletton ensimmäinen imurinäyte sisälsi lähinnä sarvisirvikkäitä (vesiperhosen toukkia) ja enemmän katkoja kuin mikään muu imurinäyte. Kuva: Markku Yliniva.



Imurinäyte Pitkäletto 2. Pitkäletton toinen imurinäyte sisälsi runsaasti eri lajisia kotiloita, sirvikkäitä, katkoja ja surviaissääskien toukkia. Joukkoon mahtui myös kaikkien näytteiden ainoa kilkki (kuvassa keskellä vasemmassa reunassa). Kuva: Markku Yliniva.



Imurinäyte Lehtikari 1. Lehtikarin ensimmäinen imurinäyte sisälsi kilpi- ja sarvisivikkäitä, kahta eri kotilolajia ja erikoisuutena kovakuoriaisen toukkia. Kuva: Markku Yliniva.



Imurinäyte Lehtikari 2. Lehtikarin toinen imurinäyte oli runsas sisältäen paljon eri vesiperhoslajien toukkien koteloita, eri lajisia kotiloita ja surviaissääsken toukkia. Kuva: Markku Yliniva.



Imurinäyte Talja 1. Taljan ensimmäinen imurinäyte oli äärimmäisen niukka sisältäen lähinnä vain kilpisirvikäiden toukkien koteloita ja muutamia kotiloita. Kuva: Markku Yliniva.



Imurinäyte Talja 2. Taljan toinen imurinäyte oli hieman runsaampi kuin ensimmäinen ja sisälsi joitakin kotiloita, simpukoita ja vesiperhosen toukkia. Kuva: Markku Yliniva.

Uusimmat Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisut

Sarja A

- No 174 Heikkilä, P., Hokkanen, M., Kotiaho, J. & Päivinen, J. 2008: Lahopuun määrän kehitys ennallistamisen jälkeen Koloveden ja Liesjärven kansallispuistoissa vuosina 2006–2007. 33 s.
- No 175 Hovi, M., Kytö, H. & Rautio, S.-K. (eds) 2008: Fire and Forest – The International Forest Fire Symposium in Kajaani 13.–14.11.2007. 70 s.
- No 176 Wallenius, T. 2008: Menneet metsäpalot Kalevalan kankailla. 46 s.
- No 177 Sarvanne, H., Tanskanen, A. & Yrjölä, R. 2008: Linnansaaren kansallispuiston linnustoselvitys vuonna 2005. 47 s.
- No 178 Boström, M. & Ekeboom, J. 2008: Undervattensinventeringar på Jungfruskär 2005. 33 s.
- No 179 Hilska, S. 2008: Laidunnuksen vaikutus kasvillisuuteen Espoon Laajalahdella. 56 s.
- No 180 Koskela, K. (toim.) 2009: Ennallistaminen, luonnonhoito ja seuranta Vattajan Dyyni Life-hankkeessa 2005–2009. 218 s.
- No 181 Koskela, K. & Sievänen, M. (eds) 2009: Restoration, environmental management and monitoring in the Vattaja Dyne Life project 2005–2009. 39 s.

Sarja B

- No 108 Puolakka, E. 2008: Inarin retkeilyalueen kävijätutkimus 2006–2007. 64 s.
- No 109 Puolakka, E. 2008: Inarin retkeilyalueen yritystutkimus 2006–2007. 55 s.
- No 110 Puolakka, E. 2008: Siidan asiakastutkimus 2007–2008. 54 s.
- No 111 Seppänen, S. 2008: Hossan retkeilyalueen kävijätutkimus 2007. 73 s.
- No 112 Huhtala, O. 2008: Hautajärven luontotalon asiakastutkimus 2007. 40 s.
- No 113 Aaltonen, A. & Mäki, S. 2009: Saaristomerén kansallispuiston kävijätutkimus 2008. 64 s.
- No 114 Mäki, S. 2009: Saaristomerén kansallispuiston yritystutkimus 2008. 51 s.
- No 115 Metsähallitus 2009: Metsähallituksen julkisten hallintotehtävien tilinpäätös ja toimintakertomus 2008. 48 s.
- No 116 Kajala, L. (toim.) 2009: Kävijäseuranta luontoalueilla – Pohjoismaiden ja Baltian maiden kokemuksiin perustuva opas. 144 s.
- No 117 Raatikainen, K. (toim.) 2009: Perinnebiotooppien seurantaohje. 109 s.

ISSN 1235-6549

ISBN 978-952-446-729-2 (nidottu)

ISBN 978-952-446-730-8 (pdf)

Julkaisu on luettavissa osoitteessa:

www.metsa.fi/julkaisut

Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A 183

Edita Prima Oy, Helsinki 2009