MUUTTUVA SELKÄMERI

Ilmastonmuutos Selkämeren alueella

Anna Hakala (toim.)

Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa EU:lta 2007–2013

Pyhäjärvi-instituutin julkaisuja
Sarja B nro 19
ISBN: 978-952-9682-61-4 (nid.)
ISBN: 978-952-9682-63-8 (pdf)
ISSN 0789-922X

EURA 2011

MUUTTUVA SELKÄMERI

Sisällys:

1 JOHDANTO 5
1.1 Selkämeri ja sen valuma-alue 6
1.2 Ilmasto ja ilmastonmuutos 8
1.2.1 Ilmastonmuutosennusteet 10
1.3 Ilmastonmuutokseen vastaaminen ja sopeutuminen Suomessa 11

2 SELKÄMEREN LUONTO MUUTTUU 13
2.1 Ilmasto-olosuhteet 13
2.2 Selkämereen laskevien vesistöjen tila 17
2.3 Virtaamien muutokset 24
CASE: Porin kaupunki ja Kokemäenjoen tulvasuojelu 28
2.4 Jääolojen muutokset 29
2.5 Maankohoaminen ja merenpinnan nousu 31
CASE: Maankohoamisseminaarin antia 32

3 ERI ELIÖRYHMÄT MUUTOKSEN INDIKAATTOREINA 33
CASE: Selkämeren kansallispuisto – ilmastonmuutoksen tutkimusalusta 37
CASE: Vedenalaisen luonnon monimuotoisuuden kartoitus (VELMU) Selkämerellä 38
3.1 Kasvillisuus 39
CASE: Olkiluodon merialueen monipuolinen kasvillisuus 42
CASE: Kasvillisuuden muutoksia Kokemäenjoen suistossa 44
3.2 Perhosfaunan muutokset Selkämeren saaristossa 46
3.2.1 Tapahtuneita muutoksia 46
3.2.2 Mitä tulevaisuudessa? 48
3.3 Kalasto indikoi monenlaista muutosta 49
3.4 Linnut 54
CASE: Selkämeren merimetsot 56
3.5 Pohjaeläimet 58
3.5.1 Selkämeren pohjaeläimistö jäähdytysvesien vaikutusalueella 58
CASE: Tutkimussukeltajat Rauman edustalla 62

4 ELINKEINOT 64
4.1 Maatalous ja ilmastonmuutos Satakunnassa 64
CASE: Kasvintuotannon mahdollisuudet muuttuvassa ilmastossa -seminaari ja työpaja 71
4.2 Energiantuotanto ja ilmastonmuutos Satakunnassa 73
CASE: Satakunnan ilmasto- ja energiastrategian laadinta 78
CASE: Olkiluoto – teollisuutta ja luonnontutkimusta 80
4.3 Ammattikalastus muutoksessa 82
CASE: Säkylän Pyhäjärven ammattikalastus 85
4.4 Ilmastonmuutoksen vaikutukset Selkämeren satamien toimintaan ja merenkulkuun 87

5 YHTEENVETO 91

6 KATSE TULEVAISUUTEEN 96

LÄHTEET 98

1 JOHDANTO

Anna Hakala ja Teija Kirkkala, Pyhäjärvi-instituutti

Ilmastonmuutoksen on ennustettu ilmenevän Suomessa ilmaston lämpenemisenä, sateisuuden lisääntymisenä ja sen vuodenaikaisjakauman muuttumisena. Vesistöjen lämpötila kasvaa, vedenpinta nousee, virtaamat kasvavat ja tulvien todennäköisyys lisääntyy. Selkämeren suolapitoisuus saattaa laskea ja rehevöityminen etenee maa-alueilta tulevien ravinnehuuhtoumien kasvaessa. Eri elinkeinoille tulee toisaalta erilaisia uhkia ja toisaalta mahdollisuuksia. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia ja sopeutumismahdollisuuksia on arvioitu valtakunnan tasolla, mutta alueellisia eroja tulee kuitenkin olemaan ja sen vuoksi niitä on tarpeen tarkastella maan eri osissa.

Muuttuva Selkämeri -hankkeen keskeisenä tavoitteena on ollut saavuttaa parempi ymmärrys ja tietoisuus ilmastonmuutoksen merkityksestä Selkämerellä ja sen valuma-alueella sekä tunnistaa oleelliset asiat. Hankkeessa on arvioitu ilmastonmuutoksen vaikutuksia ja mahdollisia riskejä Selkämeren ja sen valuma-alueen monimuotoiselle käytölle, elinkeinotoiminnalle sekä luonnonoloihin ensisijaisesti Satakunnassa sekä osittain myös muissa Selkämeren valuma-alueen maakunnissa. Ilmastonmuutoksen merkitystä on tarkasteltu sekä vesien tilan että vesien käytön kannalta. Elinkeinotarkasteluun valittiin peltoviljely, ammattikalastus sekä merenkulku. Hankkeessa on kartoitettu, mitä aineistoa on saatavilla Selkämeren rannikon ja sen valuma-alueen tilasta, elinkeinotoiminnasta ja muusta käytöstä sekä kerätty olemassa olevaa aineistoa ilmastonmuutoksen vaikutuksista.

Muuttuva Selkämeri -hanke on saanut rahoituksen EAKR-ohjelmasta Varsinais-Suomen ELY-keskuksen kautta. Sen päätoteuttajana on ollut Pyhäjärvi-instituutti ja osatoteuttajina Rauman kaupunki, Porin kaupunki, Satakuntaliitto, Varsinais-Suomen ELY-keskuksen kalatalousyksikkö, maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT, Satafood ry., Posiva Oy, Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistys ry, Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry, Pohjanmaan vesiensuojeluyhdistys ry ja Turun yliopiston merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskus MKK. Projektin teemoihin on haettu erilaisia näkemyksiä ja niiden käsittelyä on syvennetty seminaareissa ja työpajoissa. Raportin kirjoittajina on Pyhäjärvi-instituutin asiantuntijoiden lisäksi asiantuntijoita yhteistyöorganisaatioista.

Kuva 1. Santakarin pooki talvisella Selkämerellä (kuva: Pirjo Koski-Hyvärinen)

Tämän raportin tarkoituksena ei ole luoda kokonaiskäsitystä siitä, mihin kaikkeen ilmastonmuutos kohdealueella vaikuttaa, vaan raportti koostuu Muuttuva Selkämeri -hankkeen työohjelmaan valittujen teemojen ja ilmastonmuutoksen kytkemisestä toisiinsa. Raportin johdanto-osio koostuu alueen esittelystä ja ilmastomuutosteeman avaamisesta ja sen kytkennästä Satakunnan alueelle. Toisessa osassa käsitellään elottomaan luontoon liittyviä ilmastomuutosteemoja. Kolmannessa osassa käsittelyssä ovat eri eliöryhmät ja niiden rooli muutoksen ilmentäjänä. Neljännessä osassa pohditaan hankkeessa keskeisiksi nostettuja elinkeinoja suhteessa ilmastonmuutokseen. Raportissa on mukana runsaasti CASE -tapauksia, joiden avulla saadaan käytännönläheisiä esimerkkejä ilmastonmuutostiedon soveltamisesta Selkämerellä ja sen valuma-alueella.

1.1 Selkämeri ja sen valuma-alue

Anna Hakala, Pyhäjärvi-instituutti

Selkämeren tilaa on viime vuosina tarkasteltu monista eri näkökulmista ja Selkämeren alueeseen liittyen on ilmestynyt hyviä raportteja, joissa alueen perustietoja on kuvattu. Miten voit Selkämeri? (Sarvala ja Sarvala (toim.) 2005) -julkaisuun on koottu kattavasti tiedot Selkämeren nykytilasta ja tilan kehittymisestä, erityisesti painottuen veden laatuun ja sen kehitykseen. Samalla julkaisussa on käsitelty ajankohtaisia vesiensuojelun kysymyksiä ja arvioitu merialueen tulevaa kehitystä.

Selkämeren rannikkovesien tilaa, vesikasvillisuutta ja kuormitusta on puolestaan arvioitu vuonna 2008 ilmestyneessä julkaisussa (Alahuhta 2008). Julkaisu tuotettiin osana hanketta, jonka tarkoituksena oli selvittää Selkämeren rantavesien rehevöitymistä ja hoitotarvetta. Selvitys ulottui myös tarkastelemaan valuma-alueiden kuormituslähteitä ja siinä arvioitiin rehevöitymiselle herkimmät merialueet ja kuormittavimmat valuma-alueet.

Selkämeren teemavuotta vietettiin kesästä kesään 2008–2009. Se kokosi ja nosti yleiseen tietoisuuteen ja keskusteluun Selkämeren luontoon, ympäristöön ja kulttuuriin liittyviä kokonaisuuksia, joita on koottu teemavuoden loppujulkaisuun: Säilytetään Selkämeri sinisenä (Satakuntaliitto 2010).

Muuttuva Selkämeri -hankkeen kanssa yhtä aikaa on valmisteltu Satakunnan ilmasto- ja energiastrategiaa (ks. erillinen CASE, s. 78). Maakunnallisen strategian lähtökohtana on valtioneuvoston hyväksymä valtakunnallinen ilmasto- ja energiastrategia vuodelta 2008. Työn keskeisenä tavoitteena on määritellä maakunnan tavoite- ja tahtotila ilmasto- ja energia-asioiden osalta. Strategian toteuttamiseksi määritellään ne toimintatavat, joiden avulla tavoitteet saavutetaan. Strategian laadinnasta vastaa Satakuntaliitto ja sen on määrä ilmestyä syksyllä 2011.

Muuttuva Selkämeri tarkastelee näiden olemassa olevien raporttien ja muun taustatiedon sekä toisaalta ilmasto- ja ilmastonmuutostutkimusten ja -skenaarioiden valossa Selkämeren ja sen valuma-alueen tilaa, kehitystä ja tulevaisuutta. Nykyisen käsityksen mukaisesti ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan Suomessa voimakkaimmin juuri lounaisissa osissa maata. Paikalliset vaikutukset vaihtelevat riippuen tarkastelun kohteena olevasta ilmiöstä. Eri elinkeinot ovat ilmastonmuutoksen vaikutusten suhteen eriarvoisessa asemassa, toiset hyötyvät toisia taas muutokset uhkaavat.

Muuttuva Selkämeri -hankkeen kohdealueeksi (Kuva 2) määriteltiin Selkämeren rannikkoalue ulottuen Uudenkaupungin edustalta Merikarvialle ja osin Pohjanmaan eteläosiin saakka ja Selkämeren valuma-alue, jonka osalta on tarkasteltu erityisesti Satakuntaa. Erityisinä pilottialueina hankkeessa ovat Eurajoen vesistöalue ja Rauman edustan merialue ja toisaalta Kokemäenjoen vesistön alaosat ja Porin edustan merialue. Pilottialueisiin paneudutaan tarkemmin erityisesti raportin CASE-esimerkeissä. Tärkeänä osana hanketta panostettiin verkostoitumiseen satakuntalaisten ja pohjanmaalaisten toimijoiden välillä mm. verkostoitumisretkien muodossa.

Kuva 2. Muuttuva Selkämeri -hankkeen kohdealue (© Maanmittauslaitos, 2011).

1.2 Ilmasto ja ilmastonmuutos

Ilmaston voi terminä määritellä säätilan pitkän ajan keskiarvoksi. Ilmasto sisältää aina vaihtelua ja yleisesti onkin todettu, että ilmastonmuutosta on kaikki ilmastollisen vaihtelun muodot, riippumatta niiden tilastollisesta luonteesta (Mitchell ym. 1966 teoksessa The BACC Author Team 2008). Kansainvälinen ilmastonmuutospaneeli IPCC on määritellyt, että ilmastonmuutos on mikä tahansa luontainen tai ihmistoiminnan aiheuttama ilmaston muuttuminen ajan kuluessa. YK:n määritelmässä luonnollinen ilmasto-olosuhteiden vaihtelu on pyritty erottamaan ihmisen aiheuttamasta lisästä vaihteluun: Ilmastonmuutosta on sellainen ilmaston muuttuminen, joka kytkeytyy suoraan tai epäsuorasti ihmisen toimintaan, joka muuttaa globaalin ilmakehän koostumusta ja joka on lisä verrattuna luontaiseen ilmaston vaihteluun eri aikajaksojen välillä (United Nations Framework Convention on Climate Change UNFCCC).

Ilmasto on maapallon historian aikana lämmennyt ja jäähtynyt useaan otteeseen. Kuitenkin viimeisin ilmaston muuttuminen on IPCC:n mukaan todennäköisimmin seurausta kasvihuonekaasujen pitoisuuden lisääntymisestä ilmakehässä. Ilmaston lämpenemisen mittareina on käytetty lämpötilaan kytkeytyviä muuttujia, kuten lämpötila, pakkaspäivien määrä, jää ja lumi. Ilmaston muutoksen mittaristo ei ole pienessä mittakaavassa (alle 107 km^2) yhtä selkeä, sillä tällöin säiden vaihtelu voimistuu ja systemaattisten muutosten havaitseminen vaikeutuu tai muuttuu jopa mahdottomaksi. (The BACC Author Team 2008)

Ihmiskunnan toimet ovat maailmanlaajuisesti lisänneet ilmakehän hiilidioksidin (CO_2), metaanin (CH_4) ja typpioksiduulin (N_2O) pitoisuuksia esiteolliseen aikaan verrattuna (Kuva 3). Hiilidioksidi on tärkein ja merkittävin kasvihuonekaasu, sen pitoisuus ilmakehässä on noussut esiteollisen ajan 280 ppm:stä jo yli 380 ppm:ään ja jatkuu edelleen noin 2 ppm vuodessa. Hiilidioksidin lisääntyminen johtuu pääasiassa fossiilisten polttoaineiden käytöstä ja maankäytön muutoksista (mm. metsien hakkuut). Metaani ja typpioksiduuli ovat peräisin lähinnä maatalouden päästöistä. (IPCC 2007a)

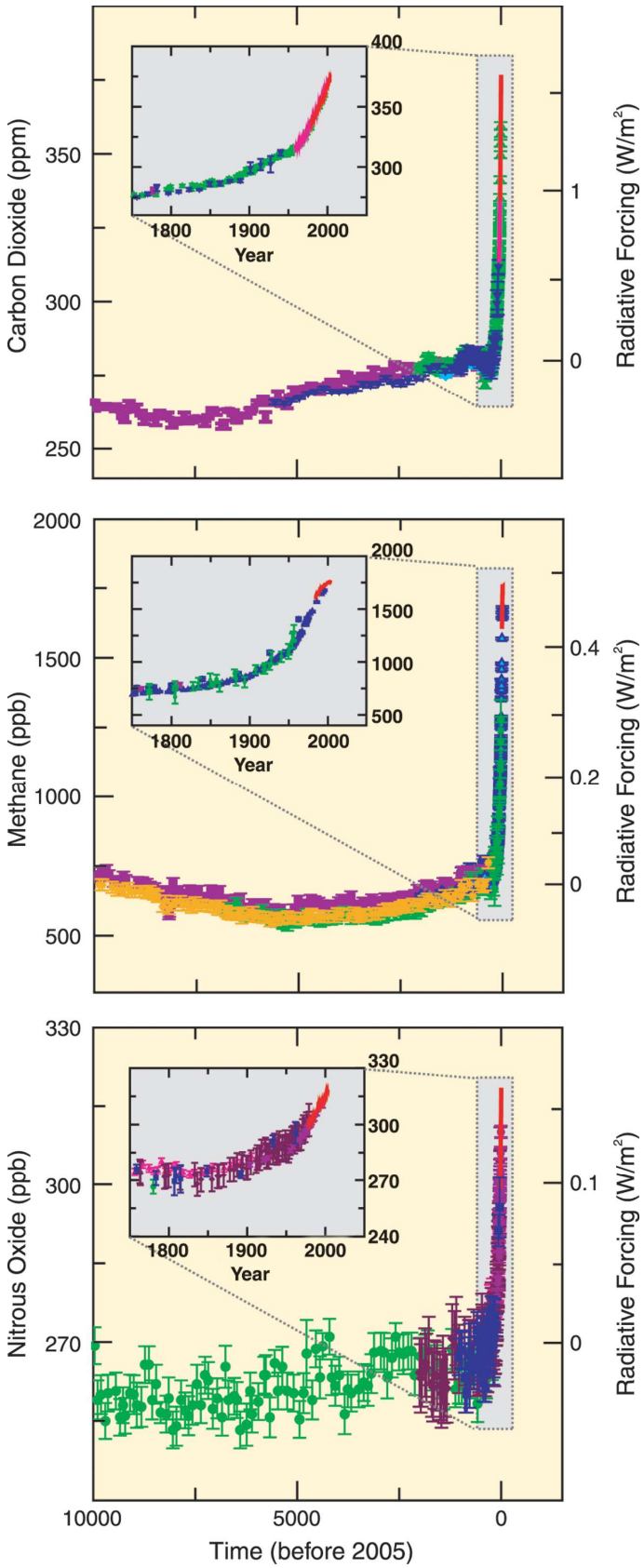
Kasvihuonekaasujen pitoisuuksien nousu ilmakehässä nostaa ilmakehän lämpötilaa. Koko maapallolla keskimääräinen ilman ja meriveden lämpötila on noussut, pysyvä jää- ja lumipeite on sulanut laajoilla alueilla ja valtamerien pinta on noussut. Muutoksia on havaittu myös jääoloissa, sademäärissä, meriveden suolapitoisuuksissa, tuulioloissa ja sään ääri-ilmiöiden esiintymisessä. Ilmasto on koko maailman yhteinen, silti neljä viidesosaa maailman kasvihuonekaasupäästöistä on peräisin teollisuusmaista. Päästöjen kasvu on pääosin peräisin Kiinan ja Intian kaltaisista nousevista talouksista (Valtioneuvosto 2010).

Globaalin ilmiön vaikutukset nähdään paitsi maailmanlaajuisena lämpenemisenä, myös paikallisesti. Ilmastonmuutoksen paikalliset vaikutukset vaihtelevat tarkasteltavasta aikajaksosta ja paikasta riippuen. Toisaalla vaikutukset tuntuvat monella tavalla jo nyt, kun taas toisaalla voi kulua 100 vuotta ennen kuin ilmastonmuutoksen ensimmäiset vaikutukset voidaan havaita konkreettisesti. Ongelman globaali luonne ja toisaalta vaikutusten viive ja heterogeenisyys tuovat merkittäviä haasteita ilmastonmuutoksen torjuntaan liittyvään päätöksentekoon.

Lisätietoja ilmastonmuutoksesta on mm. näissä osoitteissa:

- www.ilmatieteenlaitos.fi
- www.ilmasto.org
- www.ymparisto.fi/ilmastonmuutos, www.ymparisto.fi/ilmasto
- www.finessi.info/finessi
- www.ilmasto-opas.fi (syyskuu 2011 alkaen)

Ilmastonmuutoksen vaikutukset välittyvät yhteiskuntaan luonnonolojen, kuten ilmaston ja maaperän ominaisuuksien, veden määrän ja laadun sekä ilman ominaisuuksien kautta. Muuttuvat luonnonolot vaikuttavat myös kasvi- ja eläinkunnan luontaiseen kehitykseen. (MMM 2005)



Kuva 3. Tärkeimpien kasvihuonekaasujen; hiilidioksidin, metaani ja typpioksiduulin pitoisuuden (tilavuuden miljoonasosa ppm, tilavuuden miljardisosa ppb) ja säteilypakotteen (W/m²) kehitys vuosina ennen vuotta 2005 (lähde: IPCC:n neljäs arviointiraportti, kuva 2.3)

1.2.1 Ilmastonmuutosennusteet

Ilmastotutkimuksen työkaluna käytetään ns. ilmastonmuutosskenaarioita, jotka ovat mahdollisia kuvauksia tulevaisuudesta. Skenaario rakentuu vaiheittain. Ensin muodostetaan maailmanlaajuisten kasvihuonekaasujen päästöskenaario (CO_2, CH_4, aerosolit), joka perustuu esimerkiksi väestönkasvun, energiatehokkuuden ja teknisen kehityksen ennusteisiin. Seuraavissa vaiheissa päästöt muutetaan ilmakehän pitoisuuksiksi, jotka edelleen syötetään ilmastomalleihin lähtötiedoiksi. Ilmastomallit antavat arvioita tulevasta ilmastosta: kausikeskiarvoja, vaihteluvälejä, jakaumia ja alueellista vaihtelua. Globaalit ilmastomallit eivät kuitenkaan sellaisenaan tarjoa vastauksia edes Itämeren alueen mittakaavassa, alueellisia vaihteluja ja muutoksia pitää tarkastella alueellisilla ilmastomalleilla.

Hallitustenvälinen ilmastopaneeli IPCC on julkaissut kasvihuonekaasujen päästöskenaariot, jotka käytetään laajalti ilmastomallilaskelmissa. Viimeisimmät skenaariot, niin sanotut SRES-skenaariot (Special report on Emission Scenarios) julkaistiin vuonna 2000. SRES-skenaariot voidaan jakaa kahteen ryhmään: kulutusyhteiskuntaskenaariot (A-skenaariot) ja kestävään kehitykseen tähtäävät skenaariot (B-skenaariot). Alla on esitetty tärkeimpien ja käytetyimpien skenaarioperheiden lyhyet yleiskuvaukset, näitä käytetään myös tässä raportissa. Yksityiskohtaiset skenaarioiden kuvaukset löytyvät IPCC:n raportista (IPCC 2000)

A1 – avoin maailmantalous, nopea teknologiakehitys
A1-skenaarioperheessä maailmanlaajuinen talouskasvu jatkuu nopeana, maailman väestömäärä nousee vuosisadan puoliväliin saakka, ja uusia ja tehokkaampia teknologioita otetaan käyttöön. Tärkeä kehitykseen vaikuttava tekijä on taloudellisen ostovoiman tasoittuminen maapallon eri alueilla. Kasvihuonekaasujen päästöennusteet vaihtelevat sen mukaan, miten ekotehokkaita uudet teknologiat ovat. Ekotehokkuus ei yleisesti ottaen ole keskeinen politiikkatavoite. Näin ollen eri A1 skenaariot eroavat teknologisilta painotuksiltaan: A1FI painottuu voimakkaasti fossiilisiin polttoaineisiin, A1T taas ei-fossiilisiin energialähteisiin ja A1B on näiden välimuoto.

A2 – blokkeihin jakautunut, muutoksiin hitaasti sopeutuva maailmantalous
A2-skenaarioperhe edustaa pessimististä tulevaisuutta: ”Rikkaille lisää rahaa ja köyhille lisää lapsia”. Kehityskulut maailman eri puolilla menevät eri suuntiin ja hajautunutta kehitystä kuvaa alueellinen riippumattomuus. Väestömäärien kehitys eri alueilla eroaa, ja maapallon kokonaisväestömäärä kasvaa jatkuvasti. Taloudellinen ja teknologinen kehitys maapallon eri alueilla on hyvin epätasaista ja maailma on jakautunut omia erityisetujaan ajaviin kauppablokkeihin, mikä hidastaa taloudellista kasvua ja kehitysmaiden vaurastumista. A2-perheessä vaurauden hidas paraneminen johtaa korkeampaan väestönkasvuun kuin A1:ssä, mikä näkyy B1:a korkeampina päästöinä ja yleensäkin ympäristön kuormituksena.

B1 – ekotehokas korkean teknologian maailma
B1-skenaarioperhe on optimistinen. Siinä oletetaan teollisuus- ja kehitysmaitten hyvinvointierojen tasaantuvan, mikä saa väestönkasvun talttumaan kehitysmaissakin. Kestävä kehitys on arvossaan, ja ympäristölle ystävällisen teknologian kehittäminen ja käyttöönotto on nopeaa. Talouden rakenne muuttuu voimakkaasti palvelujen ja informaatioteknologian suuntaan, mikä vähentää talouden materiaali- ja energiaintensiivisyyttä. Myös uusia tehokkaampia teknologioita otetaan laajassa mitassa käyttöön. Talouskehitys on toiseksi nopeinta tässä skenaariossa ja niinpä maailman väestökehityskin on samankaltainen kuin A1-skenaariossa

B2 – paikallisten yhteisöjen ja valikoivan teknologiakehityksen maailma
B2-skenaarioperhe kuvaa maailmaa, jossa paikalliset ratkaisut määrittelevät kestävää kehitystä. Maailman väestömäärä kasvaa jatkuvasti, mutta hitaammin kuin A2-skenaarioperheessä. Talous ei kasva yhtä nopeasti ja teknologian muutos on hajanaisempaa kuin B1- ja A1-skenaarioissa. Ympäristönsuojelua ja oikeudenmukaisuutta tavoitellaan laajasti, mutta ratkaisut ovat enemmän paikallisia.

Vertailtaessa yhden mallin antamia tuloksia eri päästöskenaarioilla, huomataan, miten ennustettu vaikutus riippuu päästöistä ja toisaalta vertailemalla usean mallin antamia tuloksia yhdellä päästöskenaariolla, huomataan, että mallit eroavat yksityiskohdiltaan toisistaan, mutta antavat samansuuntaisia tuloksia.

Suomen oloihin sovelletaan useimmiten alueellisia ilmastomalleja (RCM, Regional Climate Models), jotka ovat alueellisesti sovellettuja ja tarkennettuja versioita maailmanlaajuisista ilmastomalleista. Tarkkuudeltaan alueellisten mallien tulosten voidaan ajatella olevan parempia kuin maailmanlaajuisten, mutta on kuitenkin huomioitava, että niiden kehitys on vasta alkutaipaleella, eikä yleensä pidä katsoa ainoastaan yhden mallin tuloksia ennen johtopäätösten tekoa. Alueellisiin malleihin liittyy aina paljon epävarmuuksia, kuten päästökehityksen ennustamisen haasteet ja luonnollisen ilmastonvaihtelun erottaminen ihmisen vaikutuksesta.

Alueellisten ilmastomallien nimet ja lyhenteet ovat usein vaikeaselkoisia (esim. C4IRCA3, DMI-HIRHAM5, tai METO-HadRM3Q0), eivätkä tarjoa asiaan vihkiytymättömälle juurikaan tietoa mallin taustoista. Usein onkin mielekästä tarkastella usean eri mallin tuloksia rinnakkain ja muodostaa niiden perusteella käsitys todennäköisestä muutoksesta.

Kuva 4. Väyläviitta Selkämerellä. (kuva: Juha Hyvärinen)

1.3 Ilmastonmuutokseen vastaaminen ja sopeutuminen Suomessa

Ilmastonmuutosta ei voida pitää vain ympäristökysymyksenä, vaan se liittyy laajasti myös taloudelliseen, sosiaaliseen ja kulttuuriseen kehitykseen ja turvallisuuteen.

Ilmastonmuutosta voidaan hillitä vähentämällä kasvihuonekaasujen päästöjä tai lisäämällä hiilen nieluja. Hillitsemistoimet on toteutettava maailmanlaajuisesti. Sopeutumisella puolestaan tarkoitetaan ihmisen tai luonnon sopeutumista muuttuviin olosuhteisiin. IPCC:n määritelmän mukaan ilmastonmuutokseen sopeutuminen on ihmisen tai luonnon mukautumista odotettuihin tai jo tapahtuneisiin ilmastollisiin muutoksiin tai niiden vaikutuksiin joko hyödyntämällä etuja tai minimoimalla haittoja. Ilmastonmuutokseen sopeutumista on esimerkiksi eliölajien

levinneisyysalueiden laajentuminen uusille alueille tai ihmisen asuntoonsa helteitä varten hankkima ilmastointilaite.

Lämpenemisen haitat kohdistuvat ensin ja voimakkaimmin köyhiin maihin ja ihmisiin. Myöskään ilmastopolitiikan vaikutukset eivät usein kohdennu tasaisesti. Ilmastonmuutoksen ennustettuja hyötyjä ja haittoja on tarkasteltava kokonaisuutena ja tasattava kansantalouden tasolla. (Valtioneuvosto 2010)

Suomessa on laadittu kansallinen energia- ja ilmastostrategia vuonna 2005. Samana vuonna ilmestyi ilmastonmuutokseen kansallinen sopeutumisstrategia, jossa on tarkasteltu kattavasti ilmastonmuutoksen vaikutuksia Suomessa ja näihin vaikutuksiin sopeutumista. Ilmastonmuutokseen sopeutumista tarkasteltiin vielä yksityiskohtaisemmin FINADAPT -hankkeessa vuosina 2003–2004 (Carter (toim.) 2007).

Lokakuussa 2009 valmistui valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta ”Kohti hyvinvoivaa ja vähäpäästöistä Suomea”. Selonteko ulottuu vuoteen 2050 ja siinä asetetaan tavoitteeksi vähentää Suomen ilmastopäästöjä vähintään 80 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä osana kansainvälistä yhteistyötä. (Valtioneuvosto 2009)

Ilmasto lämpenee joka tapauksessa vielä ilmakehään jo päästettyjen kasvihuonekaasujen lämmittävän vaikutuksen vuoksi. Ilmastonmuutoksen torjumisen lisäksi on siis sopeuduttava sen vaikutuksiin. Mitä alhaisemmalle tasolle lämpeneminen onnistutaan rajoittamaan, sitä vähemmän sopeutumista tarvitaan. Vastaavasti mitä rajummin ilmasto lämpenee, sitä vaikeampi ja kalliimpi on sopeutumisen tarve. Kaikkiin vaikutuksiin ei ole mahdollista sopeutua lainkaan. Suomessa ennustettu lämpeneminen on maapallon keskimääräistä lämpenemistä nopeampaa. Vaikka lämpötilan nousu onnistuttaisiin globaalisti rajoittamaan kahteen asteeseen, nousisi lämpötila Suomessa kolmisen astetta. (Valtioneuvosto 2010)

Ilmastonmuutos tuo Suomelle sekä hyötyjä että haittoja. Jos lämpeneminen jää maltilliseksi, todennäköisiä ja konkreettisia hyötyjä ovat esimerkiksi viljelykasvien satotasojen kasvu ja metsien kasvun kiihtyminen. Ilmastonmuutoksen suurimmat vaikutukset tulevat kuitenkin Suomeen maailmalta. Jos maailmanlaajuinen ruokapula pahenee tai miljoonat joutuvat jättämään kotinsa, se näkyy kielteisesti ennemmin tai myöhemmin myös Suomessa. Suomi on toistaiseksi ollut ilmastonmuutokseen sopeutumisessa edelläkävijä, mutta kehittämistä riittää edelleen. Sopeutumisen kustannusarviota tulee tarkentaa ja lisäksi laatia alueellisia sopeutumisstrategioita. (Valtioneuvosto 2010)

2 SELKÄMEREN LUONTO MUUTTUU

Tässä osassa kuvataan sellaisia luonnon taustatekijöitä joilla potentiaalisesti on vaikutusta eri eliöryhmien ja toisaalta elinkeinojen tulevaisuuteen. Alueellisia ilmasto-olosuhteita, jokien virtaamia, jääolosuhteita ja vesistöjen tilaa on käsitelty analysoimalla jo tapahtunutta kehitystä olemassa olevien aikasarjojen pohjalta ja ennakoitu tulevia muutoksia ennusteiden pohjalta. Kappaleessa on käsitelty myös maankohoamista.

2.1 Ilmasto-olosuhteet

Anna Hakala, Pyhäjärvi-instituutti

Satakunnan ilmasto

Selkämeri ja Satakunnan maakunta sijaitsevat 67 ja 70 leveysasteen välillä ja Euraasian mantereen luoteisreunalla. Satakunta kuuluu maakuntana eteläboreaaliseen ilmastovyöhykkeeseen, Karvian keskiboreaalista aluetta lukuun ottamatta. Selkämeri on osa Itämerta, mutta Selkämeren alueen ilmastossa on sekä meri- että mannerilmaston piirteitä riippuen etäisyydestä rannikosta ja toisaalta vallitsevien ilmavirtausten sekä korkea- ja matalapaineiden liikkumissuunnista. Selkämeren rannikon saaristoalue on kapea ja mantereisuus kasvaa nopeasti Satakunnan koillisosissa sisämaahan päin mentäessä. Omia pienilmastollisia alueitaan ovat Kokemäenjokilaakso Porin ja Huittisten välillä ja Karvianjokilaakso Karvian ja Kankaanpään välillä. (Kersalo ja Pirinen 2009)

Vuoden keskilämpötila on Rauman-Porin rannikolla noin +5 astetta. Maakunnan koillisosissa Karvian alueella keskilämpötila on 3 asteen vaiheilla. Kylmin kuukausi on helmikuu (-5– -8 °C) ja lämpimin heinäkuu (15,5–16,5 °C). Kesäisiä hellepäiviä on sisämaassa 10–14 kpl, aivan rannikolla ja saaristossa selvästi vähemmän. Vuoden sademäärä jää Selkämeren rannikolla vähän alle 600 mm:n ja on muualla 600–650 mm. Rannikolla vähäsateisinta aikaa on kevät, muuten yleisesti helmikuu. Sateisinta on kaudella 1971–2000 ollut heinä- tai elokuussa (sadesumma 70–80 mm). Sadepäiviä on vuodessa rannikolla 20–30 kpl vähemmän kuin koilliskulman sateisimmilla alueilla. (Kersalo ja Pirinen 2009)

Talviaikaisessa lumipeitteessä, kuten lumen tulo- ja lähtöajoissa ja lumensyvyyksissä, on Satakunnassa huomattavia eroja Selkämeren läheisyydestä ja maaston korkeudesta riippuen. Ensimmäinen yhtenäinen lumipeite tulee Satakuntaan loka-marraskuun vaihteen ja marraskuun puolivälin tienoilla. Pysyvän lumipeitteen tulo koko maakuntaan kestää noin kuukauden, lumipeite saadaan keskimäärin 2.12. Karviaan ja 29.12. Poriin. Maakunnan etelä- ja keskiosissa lunta kertyy talven aikana noin 20–30 cm, kun koillisosissa lunta on enimmillään keskimäärin 40–50 cm. Lumipeite kestää maakunnan koillisosien ylämailla lähes 5 kk ja Kokemäenjoen laaksossa vain noin 3 kk. Erityisesti lauhoina talvina erot lumipeitteen paksuudessa ovat huomattavia. Ohuen lumipeitteen seurauksena maa voi kylminä talvina routaantua vahvasti, mikä voi aiheuttaa ongelmia viljelykasvien talvehtimiselle maakunnan etelä- ja keskiosissa. (Kersalo ja Pirinen 2009)

Keväällä kylmänä pysyvä meri hidastaa kesän tuloa kapealla rannikkokaistaleella. Kasvukausi alkaa eteläosien sisämaassa huhtikuun loppupäivinä ja muualla huhti-toukokuun vaihteessa, saaristossa kuitenkin vasta toukokuun puolella. Myös kasvukauden päättyminen jakautuu pidemmälle ajalle ja kasvukausi kestääkin lounaisosissa kolmisen viikkoa kauemmin kuin koillisosissa maakuntaa. (Kersalo ja Pirinen 2009)

Tehoisa lämpösumma[1] on Pori-Huittinen linjan eteläpuolella 1250-1300° ja pienenee pohjoiseen mentäessä siten, että maakunnan koilliskulmalla se on n. 1100°. Suurin osa maakunnan viljelyksistä onkin Pori-Huittinen linjan eteläpuolella ja pienimmän lämpösumman alueilla maisemaa hallitsevat karut kangasmaat. Rannikolla kasvukauden sadesumma on pienempi (300–350 mm) kuin kauimpana pohjoisessa (n. 350 mm).

[1] Tehoisa lämpösumma saadaan laskemalla yhteen kesän aikana kaikkien vuorokausien keskilämpötilan + 5 °C ylittävä osa (Ilmatieteen laitos, http://ilmatieteenlaitos.fi/ilmakeha-abc 2011).

Pohjanmaan ilmasto
Pohjanmaan kapea maakunta sijaitsee Selkämeren ja Merenkurkun rannikkoalueella. Suurin osa Pohjanmaasta on Satakunnan tavoin eteläboreaalisella ilmastovyöhykkeellä. (Kersalo ja Pirinen 2009)

Alueen ilmastoon vaikuttavat pohjoinen Selkämeri ja Merenkurkku. Pohjanmaa on ainoastaan 20–50 km leveä. Erityinen ilmastollinen alueensa on Merenkurkun saaristo suurimpana saarenaan Raippaluoto. Keväällä ja alkukesällä meri viilentää alueen rannikkoseutuja ja etenkin saaristoa. Syksyllä ja alkutalvella meren lämpö lauhduttaa ilmastoa. Karuimmillaan ilmasto on ulkosaaristossa. (Kersalo ja Pirinen 2009)

Vuoden keskilämpötila vaihtelee Merenkurkun saariston n. +4 asteen ja sisämaan +3 asteen välillä. Kylmin kuukausi on rannikolla ja saaristossa yleensä vasta helmikuu; sisämaassa tammi- ja helmikuu ovat jokseenkin yhtä kylmiä. Helmikuun keskilämpötila on saaristossa ja rannikolla -6 asteen vaiheilla, muualla hiukan kylmempää. Heinäkuussa keskilämpö on rannikon läheisyydessä ja saaristossa 15–16 °C, ja muualla 16 asteen vaiheilla. Ulkosaaristossa elokuu on miltei yhtä lämmin kuin heinäkuu. Hellepäiviä oli kautena 1971–2000 keskimäärin Vaasassa 8 ja Valassaarilla ei yhtään. (Kersalo ja Pirinen 2009)

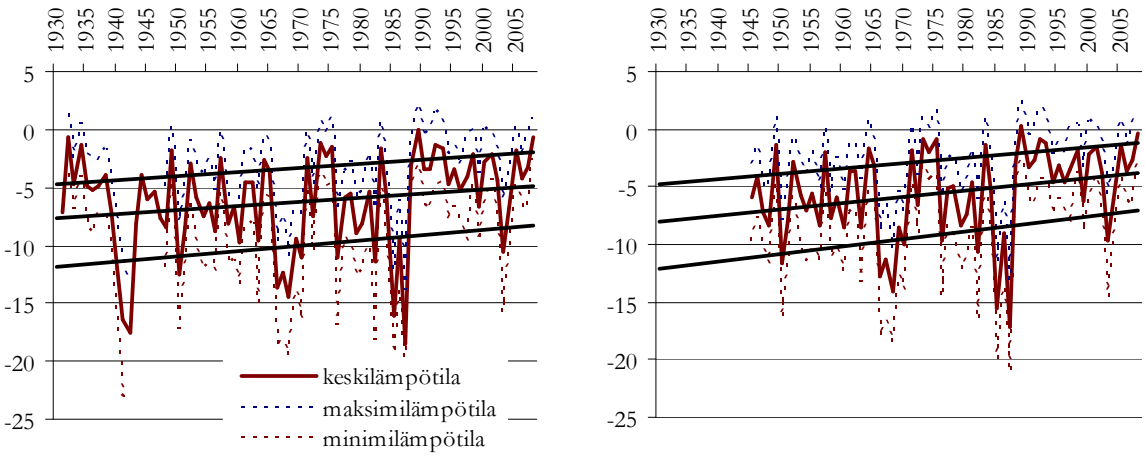
Vuotuinen sademäärä kasvaa selvästi siirryttäessä saaristosta (alle 500 mm) sisämaahan (500–550 mm). Vähäsateisinta on helmi-toukokuun välinen aika (20-30 mm/kk). Sademäärät kasvavat loppukesää kohti siten, että elokuu on tavallisesti sateisin kuukausi, sisämaan puolella paikoin myös heinäkuu ja saaristossa syyskuu. Loppukesästä ja alkusyksystä kuukausittaiset sadekertymät ovat yleisimmin 60–70 mm. (Kersalo ja Pirinen 2009)

Pohjanmaa on keskimäärin varsin vähälumista aluetta, mutta kylmän ilman purkaus ja lämmin meri aiheuttavat joskus alkutalvella runsaita lumisateita. Toisaalta pitkään sulana pysyvä meri, erityisesti pohjoinen Selkämeri pitävät rannikkoseudut lumesta vapaana, ja lumipeite saattaa osin hävitäkin pitempien lauhojen jaksojen aikana. Talven ensimmäinen lumipeite tulee keskimäärin marraskuun ensimmäisellä viikolla, aivan lounaaseen 10.11. tienoilla. Maan peittyminen pysyvästi lumella kestää lähes kuukauden siirryttäessä Suomenselältä pohjoisen Selkämeren rantamille. Yhtenäinen lumipeite katoaa keskisiltä viljelyseuduilta jo maaliskuun viimeisellä viikolla, muualta huhtikuun alkupuolella, Valassaarilta vasta huhtikuun lopussa. Lumipeitteen kestoaika vaihtelee näissä maakunnissa näin ollen 100 ja 140 päivän välillä. (Kersalo ja Pirinen 2009)

Kasvukausi alkaa kauimpana sisämaassa olevilla Pohjanmaan seuduilla aivan huhtikuun loppupäivinä, muualla 1.–6. toukokuuta ja ulkosaaristossa 10.5. tienoilla. Päättyminen sattuu enimmäkseen jaksolle 10.–20. lokakuuta, Valassaarilla vasta 23.10. Itse kasvukauden pituus oli vuosina 1971–2000 Valassaarilla 164 päivää. ja Vaasassa 172 päivää. Tehoisa lämpösumma vaihtelee suuressa osassa Pohjanmaata 1100–1150°. Ulkosaaristossa se kohoaa vaivoin yli 1000°:n. Myös Pohjanmaalla viljelyoloja haittaavat kevään ja alkukesän kuivuus. Keskimäärin kasvukauden aikana sademäärä on alle 300 mm, saaristossa 250 mm (Kersalo ja Pirinen 2009).

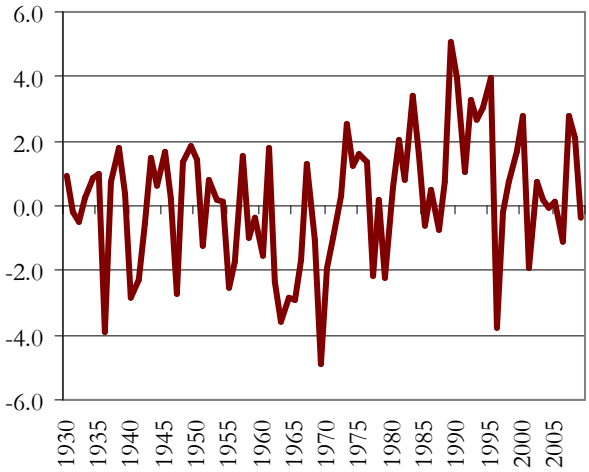
Säätilan kehitys Satakunnassa
Satakunnan sääaineistoja tarkasteltiin myös ilmatieteen laitoksen kuudelta havaintoasemalta: Kokemäki Peipohja Hyrkölä (1931–2008), Karvia Alkkia (1966–2007), Kankaanpää Niinisalo (1940–2008), Pori lentoasema (1.1.2000 alkaen sademäärä Luvia Peräkylä, 1945–2008), Jokioisten observatorio (1959–2009) ja Rauma (yhdistetty Kuuskajaskarin 1959–1996 ja Kylmäpihlajan 1993–2008 aineistot). Havaintoasemilta saatiin tiedot kuukausittaisista lämpötiloista (keskilämpötila sekä kuukauden keskimääräinen ylin sekä alin lämpötila) ja kuukauden sademäärästä (mm).

Ilmatieteen laitoksen toimittamia aineistoja tarkasteltiin silmämääräisesti ja analysoitiin tilastollisesti. Regressioanalyysin tulosten perusteella kuukausittaiset keskilämpötilat ovat nousseet selvimmin tammikuussa (kuudella pisteellä kuudesta) ja huhtikuussa (viidellä pisteellä kuudesta) ($p < 0,05$). Joitakin tilastollisesti merkitsevästi nousevia trendejä voitiin havaita myös muina kuukausina.



Kuva 5. Kuukauden keskilämpötila sekä kuukauden keskimääräinen ylin ja alin lämpötila tammikuussa Kokemäellä (vas.) ja Porissa (oik.).

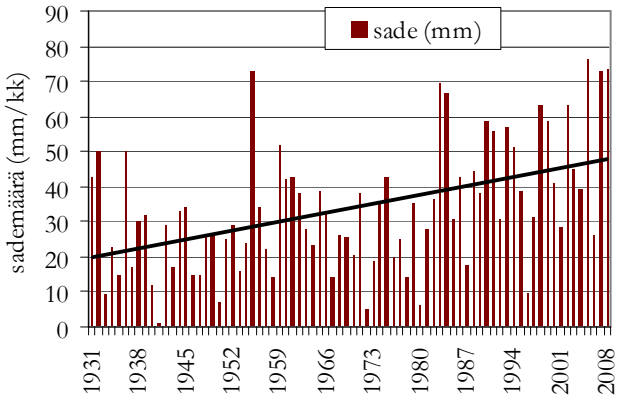
Silmämääräisesti tarkasteltuna voidaan todeta, että Satakunnassa on 1980- ja 1990-lukujen vaihteessa tapahtunut erityisesti talvisten lämpötilojen osalta ”hyppäys”. Tällöin talvikuukaudet muuttuivat selvästi aiempia lämpimämmiksi, vaikka vuosien välinen vaihtelu on edelleen suurta. Samaan aikaan Pohjois-Atlantin oskillaatio (NAO)[2] oli voimakkaasti positiivinen. NAO:n ja eteläisen Suomen leutojen talvien välillä onkin selvä kytkentä, jonka voi havaita vertailemalla jo pelkästään tammikuun keskilämpötilan kuvaajia (Kuva 5) NAO-indeksiä kuvaavaan kuvaajaan (Kuva 6). NAO:n ja ilmastonmuutosennusteiden kytkennästä ei kuitenkaan ole selviä tutkimustuloksia.



Kuva 6. NAO-indeksi (North Atlantic Oscillation Index) talvikuukausina (joulu-helmikuu) vuosina 1930–2009 (lähde: http://www.cru.uea.ac.uk/~timo/projpages/nao_update.htm).

Sadannassa havaittiin myös tilastollisesti merkitsevää kasvua erityisesti talvikuukausina; joulukuussa kolmella pisteellä viidestä, tammikuussa vastaavasti viidellä viidestä (Kuva 7) sekä helmi- ja maaliskuussa neljällä viidestä.

[2] Pohjois-Atlantin oskillaatiolla (engl. North Atlantic Oscillation, NAO) kuvataan vuosittaista säänvaihtelua Pohjois-Atlantin ympäristössä. Ilmiötä kuvaava NAO-indeksi on verrannollinen länsituulten voimakkuuksiin Pohjois-Atlantilla ja indeksi voidaan laskea mille aikavälille tahansa.



Kuva 7. Kokemäen havaintopisteen tammikuun sademäärä vuosina 1931–2008.

Ilmastonmuutosennusteet Suomessa

Eräs kaikkein selvimmistä ilmastomallien ennakoimista muutoksista on lämpötilan kohoaminen. FINSKEN-hankkeen[3] kaikissa ilmastomallikokeissa ja päästöskenaarioissa Satakunnan ja Selkämeren alueen ilmasto lämpenee (Taulukko 1). Ilmaston luontaisesta vaihtelusta ja mallien erilaisuuksista johtuen vuosikeskilämpötilan muutosarvioissa on useiden asteiden epävarmuuksia. Epävarmuus kasvaa vuosisadan loppua kohden, kun eri päästöskenaarioiden antamat kasvihuonekaasupitoisuudet alkavat poiketa toisistaan. (MMM 2005)

Taulukko 1. FINSKEN-aineistossa eri skenaarioilla (A1FI, A2, B2, B1) lasketut lämpötilan ja sademäärän keskiennusteiden vaihteluvälit eri ajanjaksoille Satakunnassa (karttatulkinta) ja vertailujakson 1961–1990 tilanne.

	jakso	koko vuosi	kevät (kk 3-5)	kesä (6-8)	syksy (9-11)	talvi (12-2)
Lämpötila (°C)	1961–1990	3,1–5,0	2,1–3,0	14,1–16,0	3,1–6,0	-8 – -4,1
Lämpötilan muutos (°C)	2010–2039	1-3	0-4	0-3	0-3	1-4
	2040–2069	1-4	1-5	1-4	1-4	1-6
	2070–2099	2-6	2-7	2-6	2-6	3-8
Sademäärä (mm)	1961–1990	501–600	81–120	181–220	161–200	81–120
sademäärän muutos (%)	2010–2039	-10–20	<-10–30	-20–30	-10–20	-10–30
	2040–2069	-10–20	-10–30	<-10–40	0–30	0–50
	2070–2099	0–30	-10–30	<-10–30	0–40	0–50

Lämpötilan muutoksia voidaan havaita esimerkiksi kasvukauden pituuden muutoksina tai pakkaspäivien lukumäärän muutoksina. Näitä molempia on tarkemmin eritelty Satakunnan ja Selkämeren osalta maataloutta kuvaavassa osiossa (ks. luku 4.1, s. 64).

Talvikauteen painottuva lämpeneminen johtaa lumipeitteen vähenemiseen pohjoisella pallonpuoliskolla. Alueilla, joilla talvikuukausien keskilämpötila on nykyään vähemmän kuin viitisen astetta pakkasella, muutokset lumipeitteen kestossa ja paksuudessa ovat suuria. Näin on ennustettu erityisesti Suomen eteläisiin ja lounaisiin osiin, myös Satakuntaan. Lumipeitepäivien lukumäärä vähenee erityisesti eteläisessä Suomessa, jossa talvikuukausien sateista iso osa tulee vetenä. Lumipeiteaika lyhenee noin kaksi kuukautta ja keskitalven lumisyvyys ohenee noin kolmannekseen nykyisestä. (MMM 2005)

Sademäärän odotetaan kasvavan ilmastonmuutoksen myötä. Sademäärät lisääntyvät, mutta ilmaston satunnainen vaihtelu on niin suurta, että se osin peittää alleen eri skenaarioiden väliset erot erityisesti jaksolla 2010–2039. Sateet lisääntyvät arvioiden mukaan eniten talvisin. Kesän osalta muutamat mallit jopa ennustavat sademäärien hieman vähenevän (Taulukko 1). Tulevaisuuden lämpimämpi ilmakehä voi sisältää suuremman määrän kosteutta kuin nykyinen, mikä mahdollistaa

[3] FINSKEN tutkimushankkeen kotisivut: http://www.finessi.info/finsken/

voimakkaiden sateiden lisääntymisen. Ilmastomallien mukaan laajoilla alueilla sateen intensiteetti kasvaa ja rankkasateet lisääntyvät. (MMM 2005)

Roudan osalta muutoksiin vaikuttavat erityisesti lämpötilan nousu ja toisaalta lumipeitteen paksuus. Lumipeite eristää tehokkaasti lämpöä ja hidastaa maan routaantumista. Lumipeitteen vähenemisen ja lämpötilan nousun yhteisvaikutus vaikuttaa eri tavoin eri puolilla Suomea. Etelä- ja Länsi-Suomessa nykyilmaston yhtenäinen lumipeiteaika muuttuu toisiaan seuraaviksi lyhyiksi lumipeitejaksoiksi. Samalla kasvaa todennäköisyys sille, että pakkasjakso osuu vähälumiseen ajankohtaan. Mallitulosten mukaan Etelä- ja Länsi-Suomessa keskimääräinen routakerros paksunee vain hiukan, mutta ankarina talvina routa voi edetä nykyistä syvemmälle. (MMM 2005)

2.2 Selkämereen laskevien vesistöjen tila

Teija Kirkkala, Pyhäjärvi-instituutti ja Eeva-Kaarina Aaltonen, Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry

Lapijoen, Eurajoen, Kokemäenjoen ja Karvianjoen vesistöalueet käsittävät valtaosan Satakunnan pinta-alasta. Pohjanmaan puolelta Selkämereen laskevista jokivesistöistä suurimmat ovat Lapväärtin-Isojoki, ja Närpiönjoki sekä Merenkurkkuun laskeva Kyrönjoki ja näitä selvästi pienempiä ovat Teuvanjoki, Maalahdenjoki ja Laihianjoki. Näiden suurimpien vesistöalueiden väliin jää maankohoamisrannikolle tyypillisiä pienempiä jokia ja puroja valuma-alueineen. Vesipinta-ala on aikojen kuluessa supistunut maankohoamisen ja vesistöjärjestelyjen seurauksena. Jokien ja koskien perkaus alkoi jo 1700-luvulla. Lähes kaikkien järvien pintaa laskettiin Satakunnassa ja Pohjanmaalla jo 1800-luvulla ja järvien kuivattaminen jatkui aina 1960-luvulle asti. Lähes kaikkia vesistöjä säännöstellään voimatalouden tarpeisiin tai tulvasuojelun näkökulmasta.

Taulukko 2. Selkämereen laskevien vesistöalueiden perustietoja ja ominaisuuksia (Ympäristöhallinto 2009 ja Länsi-Suomen ympäristökeskus 2009a, 2009b ja 2009c)

vesistöalueen							
nimi	**numero**	**pinta-ala (km2)**	**järvisyys (%)**	**keskivirtaama (1991–2005)**	**turvetuotanto (ha)**	**peltoa (%)**	**tiloja (kpl)**
Sirppujoki	32	438	1,9	3,0			
Lapinjoki	33	462	4,2	3,3	900[4]	21	1260
Eurajoki	34	1336	12,9	8,3			
Kokemäenjoki	35	27046	11,0	224,0	3300	26	3300
Karvianjoki	36	3438	4,6	35,0	3600	11	1430
Lapväärtinjoki (Isojoki)	37	1098	0,2	12,4	310	14	530+160[5]
Teuvanjoki	38	542	0,1	6,0	310	20	270+90
Närpiönjoki	39	992	0,4	8,6	370	22	
Maalahdenjoki	40	500	0,1	3,6		16	
Laihianjoki	41	508	0,3	3,8		28	
Kyrönjoki	42	4923	1,2	40,8	8700	25	3430

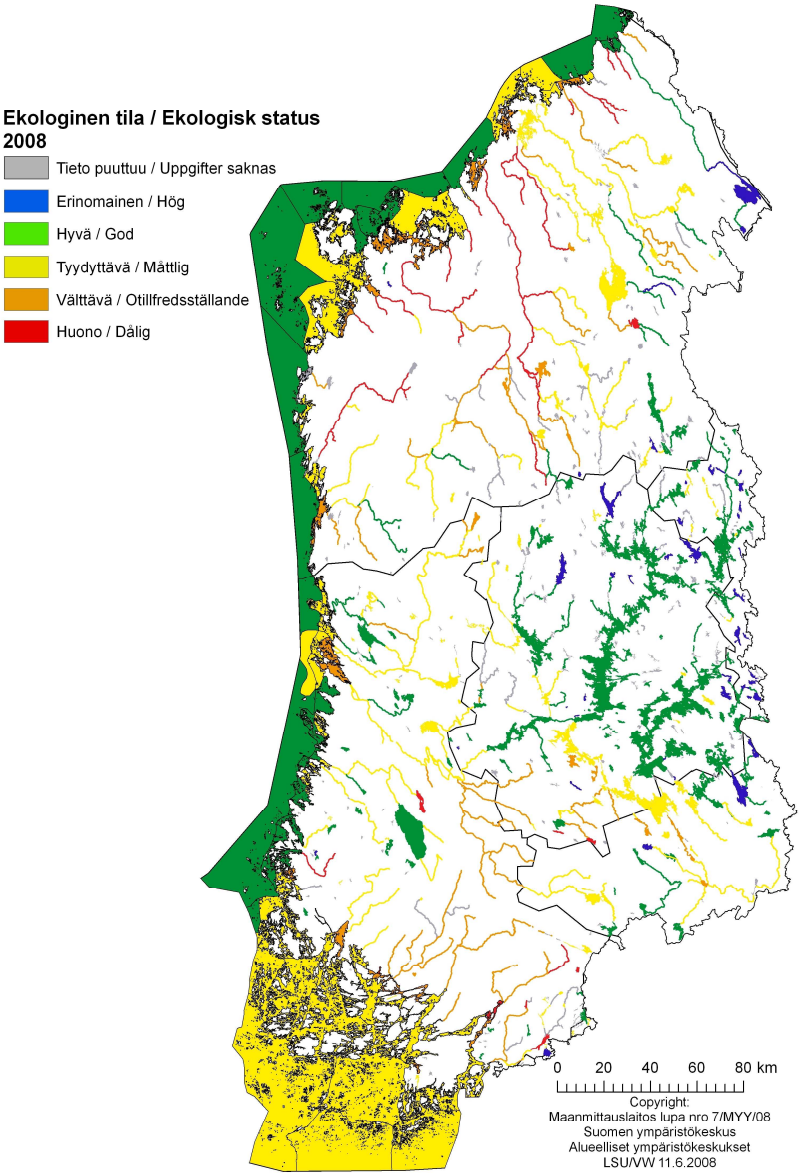
Selkämereen laskevien vesistöalueiden vähäjärvisyydestä johtuen jokien virtaamat vaihtelevat huomattavasti luontaisestikin. Sateisina aikoina vettä liikkuu runsaasti, ajoittain ja paikoitellen tulvaksikin asti ja taas kuivina aikoina virtaama voi tyrehtyä pienemmissä joissa ja puroissa kokonaan. Järvien kuivattaminen sekä maa- ja metsätalouden sekä turvetuotannon tarpeisiin toteutetut kuivatukset vähentävät virtaamaa tasaavien vesivarastojen tilavuutta ja johtavat virtaamaolosuhteiden äärevöitymiseen, jota ilmastonmuutos saattaa entisestään lisätä.

Selkämeren rannikko on melko avointa ja sitä luonnehtivat luoteeseen suuntautuvat niemet, matalat lahdet ja melko vähäiset saaristoalueet. Veden suolapitoisuus on Selkämerellä 5–6 promillea. Selkämeri syvenee melko tasaisesti rannikolta ulospäin mentäessä. Uloimpien saarten kohdalla

[4] Eurajoki-Lapinjoki vesistöalueet -yhteensä
[5] Viljatilat + karjatilat

syvyys on noin 10 metriä, 20 metriä syvä alue alkaa 10–20 kilometrin etäisyydellä ja 50 metrin syvyys 30 kilometrin etäisyydellä rannikosta. Selkämeren vesimassat hapettuvat tehokkaasti syksyllä ja talvella, eikä hapettomia syvännealueita pääse helposti muodostumaan. Selkämeren tila onkin säilynyt Suomenlahtea ja Saaristomerta parempana, sillä hyvistä sekoittumis- ja laimenemisolosuhteista johtuen mantereelta tulevan kuormituksen vaikutukset rajoittuvat kapeahkolle saaristovyöhykkeelle ja jokien suualueille.

Vesipolitiikan puitedirektiivin mukaisessa ekologisen tilan luokittelussa järvet, joet ja rannikkovedet on luokiteltu viiteen luokkaan: erinomainen, hyvä, tyydyttävä, välttävä ja huono (Kuva 8). Luokittelulla kuvataan sitä, kuinka paljon vesien tila eroaa luonnontilasta. Luokittelu on tehty pääosin vuosien 2000–2007 seurantatulosten sekä asiantuntija-arvioiden perusteella.



Kuva 8. Vesistöjen ekologinen tila Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitoalueella (VHA3) lähde: www.ymparisto.fi, julkaisulupa Nro: 525/MML/11

Satakunnan joet ovat ekologiselta laadultaan pääosin tyydyttävässä luokassa. Hyvässä tilassa ovat Merikarvianjoki, Pohjajoki ja Harjunpäänjoki. Huonoiksi luokiteltuja jokia ei Satakunnassa ole. Jokien tilaa heikentävät hajakuormituksen aiheuttama rehevöityminen sekä vesistörakentaminen.

Pohjanmaan puolella Lapväärtin-Isojoki ja Teuvanjoki ovat tyydyttävässä tilassa ja muut joet välttävässä tai peräti huonossa tilassa. Pohjanmaan jokien tilaan vaikuttaa voimakkaan ravinnekuormituksen lisäksi valuma-alueen maaperän happamuus. Pohjanmaan rannikolla on paljon alunamaita[6], joilta huuhtoutuu ajoittain erittäin hapanta vettä. Samalla maaperästä, joka on vanhaa sulfidipitoista merenpohjaa, huuhtoutuu myös runsaasti metalleja, kuten alumiinia, nikkeliä ja kadmiumia jopa niin paljon, että niistä on haittaa eliöstölle. Kadmiumille asetettu normipitoisuus[7] ylittyy joinakin vuosina ainakin Närpiön-, Maalahden ja Laihianjoessa, minkä seurauksena näiden jokivesien kemiallinen tila joutuu luokkaan ”huonompi kuin hyvä”.

Järvien tilaa huonontaa erityisesti rehevöityminen. Eurajoen vesistöalueella sijaitsevien Säkylän Pyhäjärven ja Turajärven ekologinen tila on hyvä. Hyvässä tilassa ovat myös Koskeljärvi ja Narvijärvi Lapijoen vesistöalueella, Palusjärvi ja Joutsijärvi Kokemäenjoen vesistöalueella sekä Isojärvi ja Valkjärvi Karvianjoen vesistöalueella. Karvianjärvi on luokiteltu ekologiselta tilaltaan välttäväksi ja Köyliönjärvi huonoksi. Satakunnan muut isoimmat järvet ovat ekologiselta tilaltaan tyydyttäviä. Pohjanmaan puolella järviä on vielä vähemmän ja ne ovat niin pieniä, että niitä ei ole käytettävissä luokitteluun tarvittavia tietoja. Närpiönjoen latvoilla sijaitseva tekojärvi Kivi-ja Levalampi sekä joen alajuoksulle makeavesialtaaksi padottu Västerfjärden on määritelty voimakkaasti muutetuiksi vesiksi.

Selkämeren ulommat rannikkovedet ovat lähinnä hyvässä tilassa ja sisemmät rannikkovedet osin tyydyttävässä luokassa. Tyydyttäväksi luokiteltu alue ulottuu Porin edustalta myös Merikarvian rantavesiin. Porin Pihlavanlahti on ekologiselta tilaltaan välttävä, samoin kuin Lapväärtin-Isojoen, Teuvanjoen ja Kyrönjoen suistoalueet. Rauman ja Luvian edustalla myös sisemmät rannikkovedet ovat pääosin hyvässä tilassa.

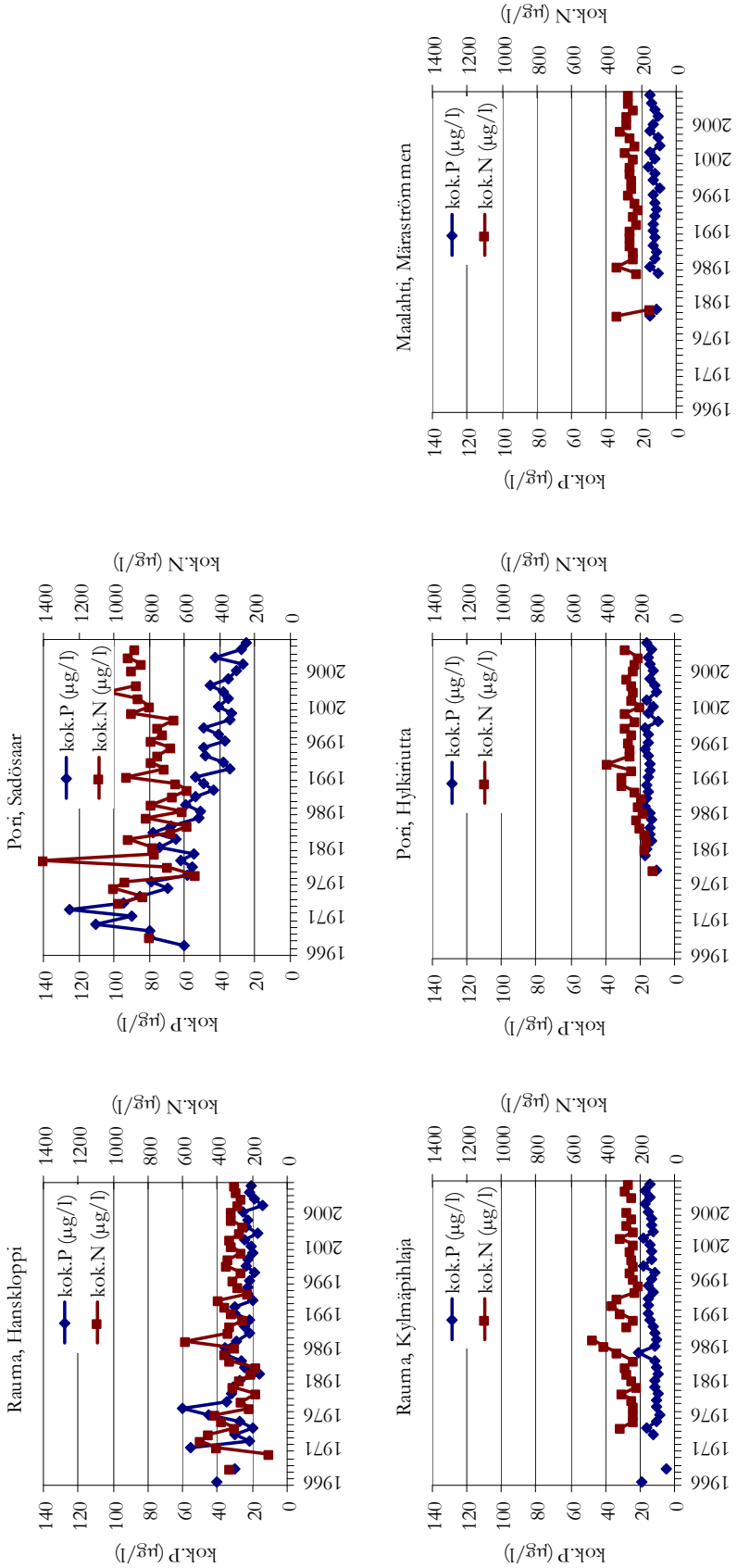
Itämeren pääaltaalta, Suomenlahdelta ja Saaristomeren valuma-alueelta tulevat vedet kulkeutuvat Saaristomeren ja Ahvenanmeren kautta edelleen Selkämerelle. Näiden vesien rehevöittävä vaikutus ulottuu ainakin Uudenkaupungin ja Rauman edustan merialueille ja näkyy vedenlaadun muutoksina. Uudenkaupungin edustalla näkösyvyydet ovat pienentyneet ja *a*-klorofyllipitoisuudet kasvaneet merkitsevästi, vaikka paikallinen ravinnekuormitus on vähentynyt. Näkösyvyys ei ole muuttunut ajan myötä, mutta ulompana vesi on selvästi kirkkaampaa kuin sisempänä.

Rauman ja Porin edustalla veden laatu on parantunut jätevesien vaikutuksen vähennyttyä, mikä ilmenee mm. fosforipitoisuuksien pienenemisenä (Kuva 9) ja näkösyvyyden paranemisena (Kuva 10). Rauman sisäsaaristossa on havaittu joinain vuosina 1960–1970 -lukujen vaihteen aikoihin huomattavia fosforipitoisuuksia (jopa 300–400 µg/l) jätevesien vaikutuksesta. Ulompana Rauman merialueella (Kylmäpihlaja) on havaittavissa viitteitä rehevöitymisestä: pintakerroksen loppukesäiset fosforipitoisuudet ovat kasvusuunnassa ja näkösyvyydet pienenemässä. Myös klorofyllitaso on noussut merkitsevästi ulommassa vyöhykkeessä, mutta aivan rannikon tuntumassa näyttää tapahtuneen hienoista laskua viime vuosina. Porin edustalla (myös ulkomerellä) näkösyvyydet ovat pienempiä kuin Rauman ulommalla asemalla, mikä lienee pääosin Kokemäenjoen vaikutusta. Vastaavaa fosforipitoisuuksien kasvua ja näkösyvyyden pienenemistä ei ainakaan vielä ole havaittavissa, mutta seuranta-aikasarjat ovat sieltä lyhyempiä kuin Rauman merialueelta. Luvian ja Porin edustan asemilla ei ole muutossuuntia myöskään klorofyllipitoisuuksissa.

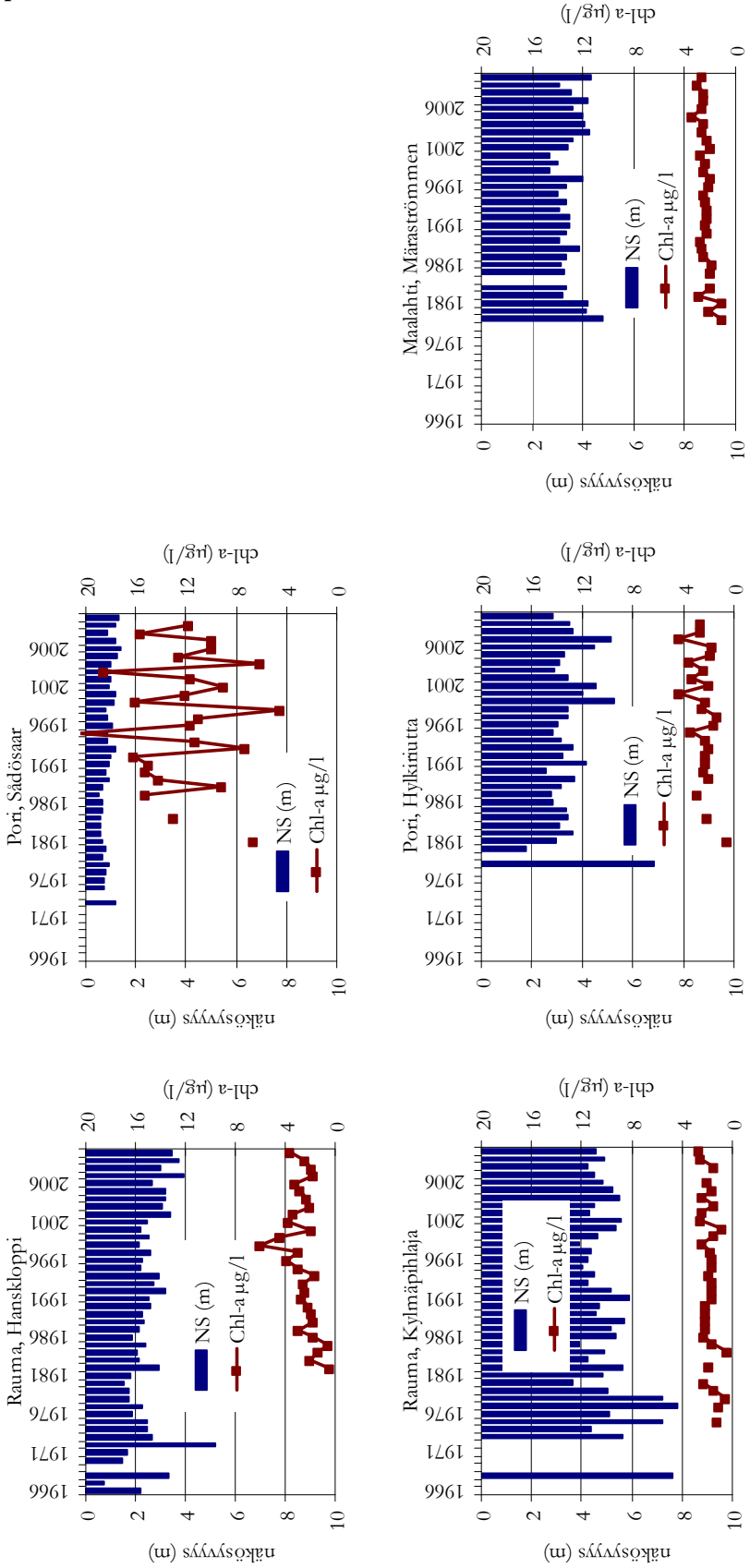
Pohjoisen Selkämeren tilanne on ulkosaaristossa sijaitsevan intensiivipisteen (Märaströmmen) tulosten perusteella varsin stabiili. Havaintopaikan veden laatuun vaikuttaa sekä etelästä että pohjoisesta tulevat virtaukset. Näkösyvyys on 2000-luvulla hieman parantumaan päin, mutta klorofylli-*a*:ssa on havaittavissa hienoista nousua. Kokonaistyppipitoisuuksissa ei ole havaittavissa juurikaan muutossuuntia, kun taas fosforipitoisuuksissa on enemmän vaihtelua ja viime vuosina pitoisuudet hieman nousseet. Pitoisuustasot ovat kuitenkin samalla tasolla kuin Eteläisellä Selkämerellä, joskin hieman alempia kuin Porin edustalla.

[6] Alunamaa = jääkauden lopussa vanhalle merenpohjalle syntynyt hapan sulfaattimaa.
[7] EQS = Environmental quality standard, ympäristölaatunormi. Haitta-aineen pitoisuus, joka ei saisi ylittyä.

Kuva 9. Vedenlaadun kehitys mitattuna kokonaisfosforin (punaiset vinoneliöt) ja kokonaistypen pitoisuutena (µg/l) Selkämeren havaintopisteillä. Sisäsaariston pisteet Rauman Hanskloppi ja Porin Sådösaar ja ulkosaariston pisteet Rauman Kylmäpihlajassa ja Porin Hylkiriutassa sekä Pohjoisen Selkämeren intensiiviasemalta (Vav-11) Bergön (Maalahti) ulkopuolelta.



Kuva 10. Vedenlaadun kehitys mitattuna näkösyvyytenä (m, siniset palkit) ja klorofylli-*a*:n pitoisuutena (punaiset vinoneliöt) Selkämeren havaintopisteillä. Sisäsaariston pisteet Rauman Hanskloppi ja Porin Sådösaar ja ulkosaariston pisteet Rauman Kylmäpihlajassa ja Porin Hylkiriutassa sekä Pohjoisen Selkämeren intensiiviasemalta (Vav-11) Bergön (Maalahti) ulkopuolelta.



Ilmastonmuutoksen vaikutukset vesistöjen tilaan
Ilmastonmuutoksen ennustetaan muuttavan vesimääriä, veden laatua ja merenpinnan korkeutta. Tulvien, rankkasateiden ja kuivuuden kaltaiset ääri-ilmiöt yleistyvät. (MMM 2005). Vuotuinen sademäärä kasvaa ja sen vuodenaikaisjakauma muuttuu. Sadeolojen muutokset vaikuttavat myös veden laatuun.

Lounais- ja Länsi-Suomen vesistöjen kannalta merkittävin seuraus ilmastonmuutoksesta lienee rehevöitymiskehityksen nopeutuminen. Talvien leudontuminen johtaa jääpeitteen lyhenemiseen, minkä seurauksena vesistöjen tuotantokausi pitenee. Talviaikaisten joki- ja ojavirtaamien kasvu lisää vesistöihin kulkeutuvan rehevöittävän typen ja fosforin määrää. Säkylän Pyhäjärvellä todettiin, että ilmastotekijät selittivät 47 % talviaikaisesta fosforikuormituksesta ja 48 % jäänlähtöajan vaihtelusta vuosijaksolla 1980–2009. Talviaikaisella sademäärällä ja fosforikuormituksella todettiin olevan selvä (tilastollisesti merkitsevä) vaikutus seuraavan kesän veden laatuun järvessä (Ventelä ym. 2011). Jääpeitteen lyhenemisellä on merkittävä vaikutus Pyhäjärven tilaan myös kalaston kautta (ks. myös luku 3.1, s. 39).

Kuva 11. Rehevöitymisen myötä sinileväkukinnat lisääntyvät. (kuva: Anna Hakala)

Joidenkin skenaarioiden mukaan ilmastonmuutos johtaisi Itämeren makeutumiseen (Bergström ym. 2005), mikä saattaisi muuttaa Itämeren ekologiaa merkittävästi. Pohjanlahden hydrografiaa on

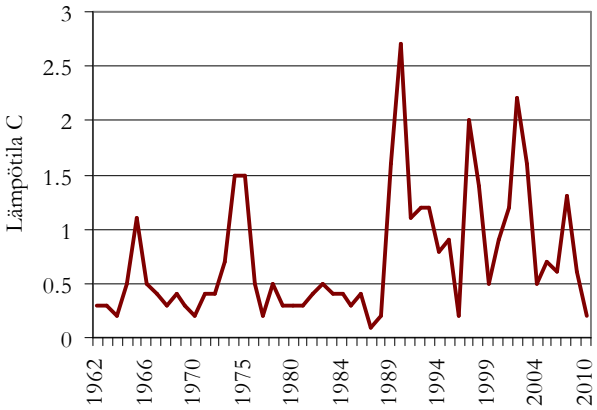
seurattu muutamilla havaintopaikoilla 1800-luvun lopulta ja 1900-luvun alusta asti (Fonselius ja Vanderrama 2003). Selkämerellä sijaitsevalla havaintopaikalla suolaisuudessa ei ole havaittu merkittävää muutosta. 2000-luvun vaihteessa pintaveden saliniteetti oli samalla tasolla kuin 1900-luvun alussa, joskin saliniteetti oli nousussa 1980-luvulle asti, mutta pieneni sen jälkeen. Samansuuntaiset muutokset on havaittavissa myös muualla Pohjanlahdella. Ilmastonmuutos vaikuttaa lämpö- ja jääoloihin nopeasti, mutta suolaisuuteen hitaasti.

Meriveden pintalämpötilat tulevat nousemaan ilmastonmuutoksen myötä. Selkämerellä se muuttaa ensisijaisesti jääoloja, mutta voi nostaa myös veden lämpötilaa kesäaikana. Itämeren altaan jääpeite muodostuu, kun talven keskilämpötila on noin yhden asteen tai alle (Stigebrandt ja Gustafsson 2002). Fonseliuksen ja Vanderraman (2002) mukaan syvän veden lämpötilat (vuoden keskilämpötilat) ovat kasvaneet erityisesti Itämeren pääaltaassa. Selkämeren havaintoasemalla havaittiin vain hyvin vähäistä kasvua. Lämpötilan nousu voi lisätä orgaanisen aineen hajoamista ja vaikuttaa happitilanteeseen. Happipitoisuuden kehitys olikin laskeva kaikilla havaintoasemilla. Merkitystä on myös sillä, tulevatko kerrostuneisuusjaksot pitenemään vai lyhenemään ilmastonmuutoksen myötä. Mikäli ilmastonmuutos muuttaa Pohjanmerellä ilmakehän virtauksia saattaa se muuttaa myös syvän veden virtausta Itämereen (Gustafsson and Andersson 2001), mikä vaikuttaa edelleen sekä suolapitoisuuteen että happitilanteeseen. Lämpötilan kasvu voi mahdollistaa myös vieraslajien kotiutumisen vesistöihimme, millä voi olla merkittäviä ekologisia vaikutuksia.

Ilmaston lämpeneminen vaikuttaa luonnollisesti myös sisävesien lämpötiloihin. Vaikutukset tuntuvat avovesikaudella niin vesistöjen pintakerroksessa, vedenkerrostuneisuudessa kuin alusvedessä. SILMU-tutkimusohjelman tulosten mukaan pintaveden keskilämpötilat ja erityisesti korkeimmat lämpötilat kohoavat. Korkeimmat lämpötilat voivat nousta joissakin järvissä kuluvan vuosisadan aikana yli 5 astetta. Päällysveden keskilämpötila nousee lähes yhtä paljon kuin ilman lämpötila. (MMM 2005)

Vesistöjen lämpötilaa on seurattu valtion ympäristöhallinnon toimesta jo vuosikymmeniä sekä erillisinä pintalämpötilan seurannan havaintosarjoina, että vesinäytteiden yhteydessä. Muuttuva Selkämeri -hankkeen yhteydessä kerättiin joiltakin kohdealueen järviltä lämpötila-aineistoa tarkasteltavaksi.

Säkylän Pyhäjärven pintakerroksen (1 m) maaliskuinen lämpötila (Kuva 12) on 1980- ja 1990-lukujen vaihteesta lähtien vaihdellut aiempaa enemmän ja ollut keskimäärin aiempaa korkeampi. Heinäkuiset lämpötilat ovat kasvaneet (tilastollisesti merkitsevästi). Pohjanläheisen veden talvisissa lämpötiloissa ei näytä olevan muutosta, mutta sen sijaan kesäkuiset lämpötilat ovat kasvaneet. Myös vuotuiset maksimilämpötilat näyttävät olevan kasvussa.



Kuva 12. Pyhäjärven 1 m lämpötilan kehitys maaliskuussa vuosina 1962–2010.

NASA:n tutkijat tarkastelivat maapallon suurten järvien pintaveden kesälämpötilaa satelliittikuvien perusteella ja havaitsivat, että järvien pintaveden lämpötilat nousevat keskimäärin 0,45 ºC vuodessa (joissakin järvessä jopa 1 ºC) (Schneider ja Hook 2010). Pienetkin lämpötilamuutokset voivat lisätä leväkukintoja. Lämpötilan nousu kiihdyttää myös orgaanisen aineen hajoamista ja lisää hapen

kulutusta. Happivajaus taas voi lisätä ravinteiden vapautumista pohjalle sedimentoituneesta aineksesta veteen.

Nykykäsityksen mukaan Selkämeren happitilanne on parempi kuin esimerkiksi Suomenlahden ja Saaristomeren. Viitteitä happitilanteen paikallisesta heikkenemisestä on havaittavissa kuitenkin myös Selkämerellä. On tärkeää selvittää, voiko ilmastonmuutos vaikuttaa syvänteiden happitilanteeseen, koska happitilanne vaikuttaa ravinteisiin ja sitä kautta Itämeren rehevyyteen. Selkämeren pohjan tila olisikin tärkeä kartoittaa.

Ravinnekuormituksen ajoittumisen ja määrän muutokset, lämpötilamuutokset sekä jääpeitteen väheneminen tulevat todennäköisesti aiheuttamaan merkittäviä muutoksia Selkämeren ekosysteemeissä ja nopeuttamaan niiden rehevöitymistä, mikäli samanaikaisesti ei toteuteta mittavasti kuormitusta vähentäviä toimenpiteitä. Hajakuormituksen vähentäminen tulee olemaan entistä haasteellisempaa, sillä biologiaan tai kemiaan perustuvat vesiensuojelukeinot (kosteikot, suojavyöhykkeet, suodattimet) eivät juurikaan pidätä ravinteita talvella. Uusia keinoja tarvitaan sekä vesimäärien että ravinnekuormituksen hallintaan.

Kuva 13. Rehevöitymisestä kärsivää merenpohjaa. (kuva: Metsähallitus 2007)

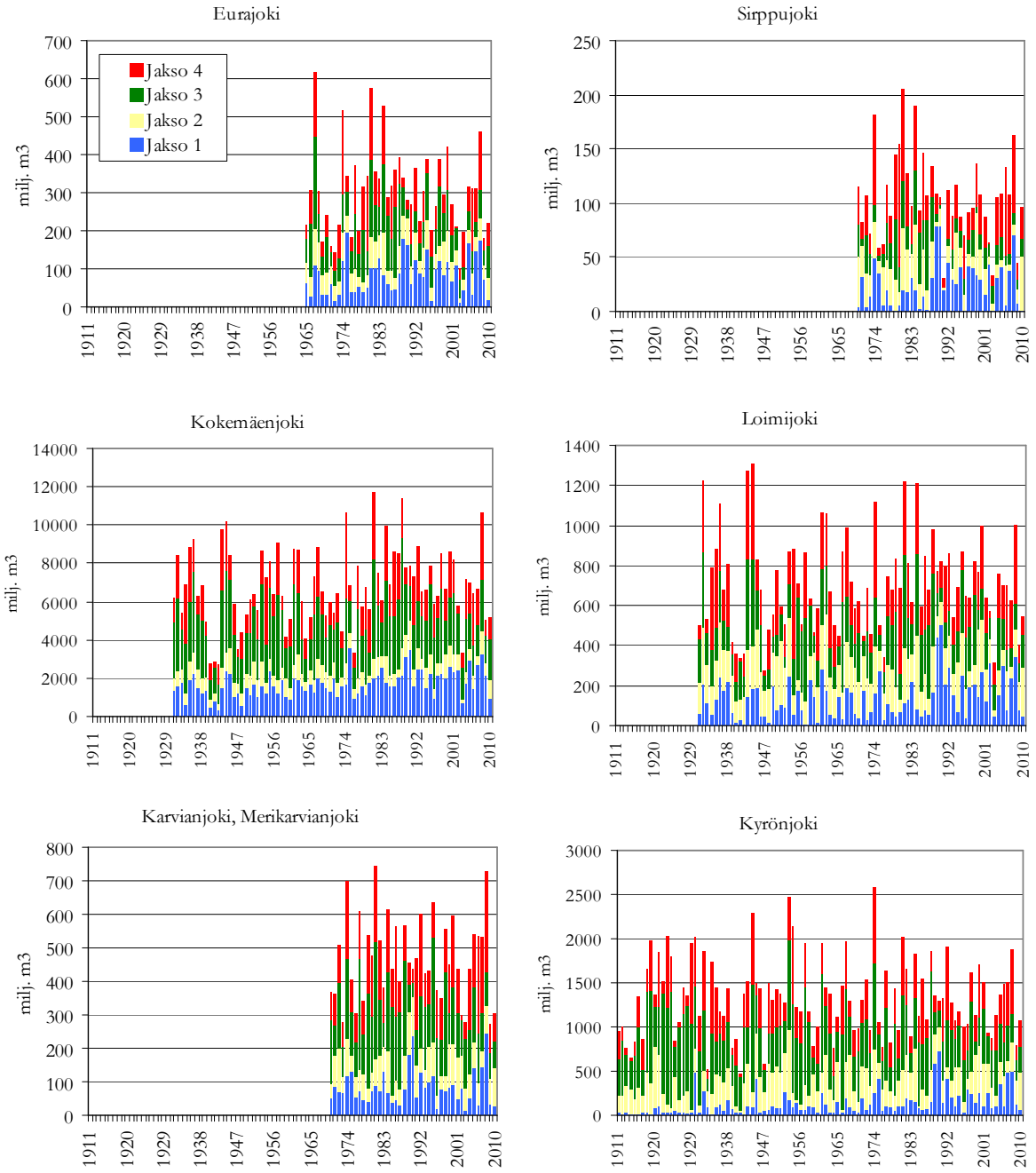
2.3 Virtaamien muutokset

Teija Kirkkala, Pyhäjärvi-instituutti

Kaikki Selkämereen laskevat isoimmat joet ovat säännösteltyjä, joten virtaamantarkastelua ei päästä tekemään luonnontilaisista olosuhteista. Selkämereen laskevista joista virtaamia on pisimpään mitattu Pohjanmaalla Kyrönjoessa Skatilassa (1911 alkaen), Satakunnassa Kokemäenjoella Harjavallassa Lammaisissa (1931 alkaen) ja Kokemäellä Kolsissa (1947 alkaen) sekä Loimijoella Maurialankoskessa (1931 alkaen) (Ympäristöhallinto 2011). Eri joille laskettiin vuodenaikaiset keskivirtaamat (tammi-maaliskuu, huhtikuu, touko-syyskuu, loka-joulukuu) vuosittain ja tarkasteltiin, onko niissä tapahtunut muutosta (Kuva 14).

Kokemäenjoki on suurin Selkämereen laskevista joista ja sen virtaamat ovat moninkertaiset muihin verrattuna. Virtaamavaihtelut ovat suuria ja suurimmat virtaamat esiintyvät useimmiten keväällä, mutta etenkin viime vuosina korkeita virtaamia on esiintynyt myös talviaikana. Sekä Kolsin että Lammaisten asemilla talviaikaisissa (tammi-maaliskuu) virtaamissa havaitaan kasvava suunta 1970-luvulta lähtien. Muina vuodenaikoina ei selkeitä kehityssuuntia ole havaittavissa. Loimijoessa vuodenaikaiset virtaamaerot ovat erittäin suuria: kevätaikaiset virtaamat ovat selkeästi muita

vuodenaikoja korkeampia ja vaihtelevat voimakkaasti. Talviaikaiset keskivirtaamat ovat olleet 1980-luvun lopulta lähtien aiempaa korkeampia, mutta Loimijoella ei kuitenkaan havaittavissa vastaavaa 1970-luvun nousua kuin Kokemäenjoen Kolsissa ja Harjavallassa. Kokemäenjoen vesistöalueelta pisin virtaama-aikasarja Satakunnassa on Sääksjärven luusuasta (1921 alkaen), jossa sekä talviajan että kevään keskimääräiset virtaamat ovat olleet aiempaa selvästi korkeampia.



Kuva 14. Jokien jaksokohtaiset virtaamat (jakso 1 = tammi-maaliskuu, jakso 2=huhtikuu, jakso 3=touko-syyskuu, jakso 4=loka-joulukuu). Huomaa, että kuvien skaalaus vaihtelee.

Eurajoen vesistöalueen virtaamia tarkasteltiin neljässä havaintopaikassa: Yläneenjoessa Vanhakartanon, Pyhäjoella Museomyllyn ja Eurajoen yläjuoksulla Kauttuankosken sekä alajuoksulla Pappilankosken seuranta-asemilla. Pappilankosken aseman tuloksiin yhdistettiin Suutelankosken virtaamat, jossa virtaamia mitattiin vuoteen 1985 saakka. Pyhäjärveen laskevissa Yläneenjoessa ja Pyhäjoessa on viime vuosikymmeninä tapahtunut selkeitä muutoksia (Ventelä ym. 2011). Yläneenjoen tammi-maaliskuun keskivirtaama oli vuosijaksolla 1989–2008 kolminkertainen

verrattuna jaksoon 1971–88 ja Pyhäjoen kaksinkertainen. Kevät- ja kesäkuukausina (huhtikuu, touko-syyskuu) keskivirtaama oli hieman aiempaa pienempi. Syksyn virtaamissa (loka-joulukuu) ei havaittu merkittävää muutosta. Pyhäjärven luusuassa, Kauttuankoskessa, ei vastaavaa selkeää muutosta talviaikaisissa virtaamissa havaittu, mikä johtunee Pyhäjärven virtaamia tasaavasta vaikutuksesta ja säännöstelystä. Sen sijaan Kauttuankosken huhtikuiset virtaamat kasvoivat 1980-luvun lopulla. Eurajoen alajuoksulla ei ole havaittavissa selkeitä muutossuuntia eri vuodenaikojen virtaamissa. Kaikilla seuranta-asemilla korkeimmat virtaamat esiintyvät keväisin. Lapijoen virtaamaa mitataan Ylisenkoskessa (1965 alkaen). Talviaikaiset virtaamat kasvoivat selkeästi 1980-luvun lopulla ja ovat sen jälkeen pysyneet aiempaa korkeampina (1965–88 tammi-maaliskuun keskiarvo 2,00 m^3/s ja 1989–2008 4,83 m^3/s)

Kuva 15. Eurajoen Pappilankoskeen on rakennettu kalatie. (kuva: Henri Vaarala)

Karvianjoen vesistön hydrologia poikkeaa muista vesistöistä vedenjakajaominaisuuksiensa takia. Vesistö laskee Selkämereen kolmea uomaa (Eteläjoki, Pohjajoki, Merikarvianjoki) pitkin. Vesistöjärjestelyt ja säännöstely vaikuttavat hydrologiaan merkittävästi. Talviaikaisissa virtaamissa on kaikissa kolmessa mereen laskevassa haarassa havaittavissa vastaava 1980-luvun lopun kasvu kuin muissakin joissa. Yhtäjaksoiset virtaama-aikasarjat alkavat vasta 1970-luvulta, joten pitkän ajan kehitystä ei voida tarkastella.

Varsinais-Suomen puolella Sirppujoki laskee Uudenkaupungin makeavesialtaaseen ja sitä kautta Selkämeren eteläosaan. Sirppujoen virtaamaa on mitattu Puttankoskella 1970 lähtien. Myös Sirppujoen keskimääräiset talviajan virtaamat ovat olleet 1990-luvulta alkaen aiempaa korkeampia. Sen sijaan kevään ja kesän keskivirtaamat ovat olleet aiempaa vähäisempiä.

Kyrönjoen virtaamaa on mitattu Skatilassa 100 vuotta, minkä vuoksi se on otettu mukaan tarkasteluun siitä huolimatta että se laskee mereen Vaasan pohjoispuolella. Pitkästä aikasarjasta voidaan todeta, että 1980- ja 1990-lukujen vaihteeseen asti talvikauden (tammi-maalis) keskivirtaamat olivat muita vuodenaikoja pienempiä. 1910- ja 1920-luvuilla talviajan virtaamat olivat hyvin vähäisiä, mutta kasvua tapahtui jo 1930-luvulla. Kevään keskivirtaamat ovat korkeita eikä niissä ole havaittavissa muutossuuntaa. Sen sijaan kesäaikaiset virtaamat ovat laskusuunnassa. Lapväärtinjoesta (1979), Närpiönjoesta (1981) ja Laihianjoesta (1972 on käytettävissä) lyhyemmät virtaama-aikasarjat, mutta niissäkin on havaittavissa talviaikaisten virtaamien kasvu 1980- ja 1990-lukujen vaihteessa.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset virtaamiin

Ilmastonmuutoksen vaikutuksia Selkämereen laskevien jokien virtaamiin tarkasteltiin Suomen ympäristökeskuksen kehittämän vesistömallijärjestelmän avulla WaterAdapt -projektin ja Muuttuva Selkämeri -projektin yhteistyönä. Hydrologiset skenaariot virtaamien muuttumisesta tehtiin 30 vuoden jaksoille. Referenssijaksona käytettiin vuosia 1971–2000 ja tulevaisuustarkastelut tehtiin eri skenaarioilla jaksoille 2010–39, 2040–69 ja 2070–99 (Veijalainen 2010). Malliajojen antamista tuloksista laskettiin pilottialueena olleille Eurajoelle, Kokemäenjoelle ja Loimijoelle kaikille jaksoille vastaavat vuodenaikaiskeskiarvot, joita käytettiin edellä myös mitattujen virtaamien tarkastelussa. Skenaarioiden perusteella laskettuja vuodenaikaiskeskiarvoja verrattiin referenssijakson keskiarvoihin.

Mallilaskelmien mukaan Eurajoen talviaikaiset virtaamat olisivat vuosijaksolla 2010–39 eri skenaarioilla 9-31 % referenssijaksoa korkeampia. Jos laskelmissa käytetään ilmatieteen laitoksen laskemaa 19 globaalin mallin keskiarvoa päästöskenaariolla A1B, Eurajoen talviaikaiset virtaamat kasvaisivat 29 % vuosijaksolla 2010–39, pysyisivät sillä tasolla seuraavan 30-vuotisjakson ajan, mutta olisivat vuosijaksolla 2070–2099 jo 57 % referenssijaksoa suurempia. Sen sijaan kevään ja kesän virtaamat pienenisivät 25–40 %. Tämän skenaarion mukaan myös loppuvuoden (loka-joulukuu) virtaamat pienenisivät jaksoilla 2010–39 ja 2040–69, mutta muiden skenaarioiden mukaan ne kasvaisivat. Jaksolla 2070–99 loppuvuoden virtaamat tulevat kaikkien skenaarioiden mukaan kasvamaan (7-56 %). Koko vuoden keskimääräisessä virtaamassa ei vuosijaksoilla 2010–39 ja 2040–69 ole mallilaskelmien mukaan muutosta, mutta vuosijaksolla 2070–2099 keskivirtaama olisi vajaa 10 % referenssijaksoa korkeampi.

Kokemäenjoen talviaikaiset virtaamat tulisivat eri skenaarioiden mukaan vuosijaksolla 2010–39 olemaan 8–38 % referenssijaksoa korkeampia. 19 mallin keskiarvolla laskettuna (skenaario A1B) Kokemäenjoen talviaikaiset virtaamat kasvaisivat 38 % vuosijaksolla 2010–39 ja olisivat vuosijaksolla 2040–69 keskimäärin 51 % referenssijaksoa korkeampia.. Kevään virtaamat tulisivat pysymään samalla tasolla ja kesän virtaamat pienenisivät 23–42 %. Loppuvuoden virtaamat kasvaisivat 9-21 %. Kokemäenjoelle ei ole käytettävissä 19 mallin keskiarvoa vuosijaksolle 2070–2099, mutta ruotsalaisen SMHI:n laskeman skenaarion mukaan talviajan virtaamat olisivat silloin jopa 60 % referenssijaksoa korkeampia ja kesän virtaamat yli 40 % pienempiä. Kokemäenjoen koko vuoden keskimääräisessä virtaamassa ei vuosijaksoilla 2010–39 ja 2040–69 ole mallilaskelmien mukaan muutosta. Vuosijaksolla 2070–2099 keskivirtaama olisi noin 5 % referenssijaksoa korkeampi.

Loimijoella suhteelliset muutokset näyttäisivät olevan Kokemäenjokea ja Eurajokea voimakkaampia erityisesti talvikaudella. Alkuvuoden virtaamat olisivat globaalien mallien keskiarvolla laskettuna vuosijaksoilla 2010–39 jopa 73 % referenssijaksoa suurempia ja jaksolla 2040–69 kaksinkertaiset referenssijaksoon verrattuna. Myöskään Loimijoelle ei ole käytettävissä 19 mallin keskiarvoa vuosijaksolle 2070–2099, mutta SMHI:n skenaarion mukaan talviajan virtaamat olisivat yli kaksinkertaiset referenssijaksoon verrattuna. Kevään ja kesän virtaamat tulisivat myös Loimijoella selkeästi pienenemään. Koko vuoden keskivirtaama pysyy mallilaskelmien mukaan referenssijakson tasolla 2010–39, minkä jälkeen se tulisi olemaan 5-10 % referenssijaksoa korkeampi.

CASE: Porin kaupunki ja Kokemäenjoen tulvasuojelu

Pekka Vuola, Taina Rusola, Porin kaupunki
Anna Hakala, Pyhäjärvi-instituutti

Porin ja tulvasuojelun kannalta keskeisimpiä ilmastonmuutoksen ennustettuja vaikutuksia ovat sään ääri-ilmiöiden voimistuminen ja lisääntyminen. Toisaalta keskimääräisen vuotuisen sadannan ennustetaan lisääntyvän, jonka johdosta esimerkiksi virtaaman maksimiarvot kasvavat. Tämä vaikuttaa edelleen eroosioon ja sedimentoitumiseen jokiuomassa. Talvien ennustetaan muuttuvan nykyistä vaihtelevammiksi ja ilmaston keskilämpötilan nousua ennustetaan erityisesti talvikuukausille, jolloin potentiaalisten hyydepäivien määrä lisääntyy, mikä lisää tulvariskiä.

Ilmastonmuutoksen ei siis ennusteta tuovan mukanaan mitään ennen kokematonta. Alueella on ollut ennenkin leutoja talvia ja talvitulvia, erityisesti talvella 1974–1975. Myös talvi 2007–2008 oli todella lämmin ja poikkeuksellisen sateinen. Ilmastonmuutoksen myötä leutojen talvien ennustetaan kuitenkin yleistyvän ja yhden talven aikana saattaa olla useita hyyde- ja jääpatotilanteita.

Globaali mannerjäätiköiden sulaminen nostaa valtamerten pinnan tasoa; hidas nousu on jo havaittu pitkäaikaisissa merenpinnan mittauksissa. Merenpinnan muuttuminen vaikuttaa osaltaan rantaviivan keskimääräiseen sijaintiin. Pohjanlahden rannikolla maankohoaminen on vielä merenpinnan nousua nopeampaa. Kokemäenjoen suualueella merenpinnan nousu ja toisaalta maankohoaminen toimivat vastakkaisina prosesseina. Joen suistoalueen virtauksiin ja vedenjohtokykyyn vaikuttaa näiden ohella myös jokiveden tuoma eroosioaines, joka sedimentoituu suistoalueelle.

Vesistönsäännöstelyssä olisi pitänyt varautua leutojen talvien aiheuttamaan haastavaan tilanteeseen jo vuosikymmeniä sitten. Ilmastonmuutoksen edetessä tulvatilanteisiin varautumisen merkitys lisääntyy, sillä erityisesti talviaikaisten tulvatilanteiden ennustetaan lisääntyvän ja säähän liittyvien ääri-ilmiöiden voimistuvan. On tärkeää, että ilmastonmuutosennusteet otetaan huomioon myös pitkän tähtäimen tulvasuojelu- ja säännöstelyn kehittämissuunnitelmissa.

Nykyisten säännöstelykäytäntöjen jatkuessa ja ilmastonmuutoksen edetessä Pirkanmaan vesistöjen varastotilan puute lisää tulvavaaraa Kokemäenjoen vesistön alajuoksulla. Kun varastotilaa ei järvissä ole, joudutaan yllättävät tulvatilanteet hoitamaan juoksutusta lisäämällä. Huippuvirtaamat jokiuomassa lisäävät eroosiota ja sen aiheuttamia ongelmia, kuten penkkojen ja tulvarakenteiden sortumia ja suistoalueen liettymistä ja umpeutumista.

Osana Porin kaupungin tulvasuojeluhankkeen pitkän tähtäimen suunnittelua tutkitaan ja selvitetään geologisin tutkimuksin eroosiodynamiikan nykytilanne ja pohditaan miten uoman eroosio muuttuu ja miten eroosioaineksen liikkuminen muuttaa uomaa. Lisäksi pyritään löytämään ratkaisuja jää- ja hyydepatojen synnyn ehkäisyyn muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa. Pitkän tähtäimen suunnittelussa tarvitaan sekä maakuntarajan ylittävää koko vesistöalueen kattavaa säännöstelyn kehittämistä että paikallisten ihmisten tietotaitoa.

Keskeinen kysymys ilmastonmuutokseen varautumisessa tulvasuojelun osalta on, kuinka moneen perättäiseen sulamisen ja jäätymisen sykliin olisi tulevaisuudessa varauduttava. Nykyisen tiedon valossa tehtyjen ilmastonmuutosennusteiden mukaan tulvasuojelun kannalta erityisen vaikeiden hyydepäivien lukumäärä moninkertaistuisi ollen tulevina talvina jopa 30 päivää, kun tuhoisana tulvatalvena 1974–75 hyydepäiviä oli 10. Tällainen tulevaisuuskuva muodostaa todellisen haasteen Porin kaupungin tulvasuojelulle, eikä tätä haastetta voi Porin kaupunki yksin ratkaista.

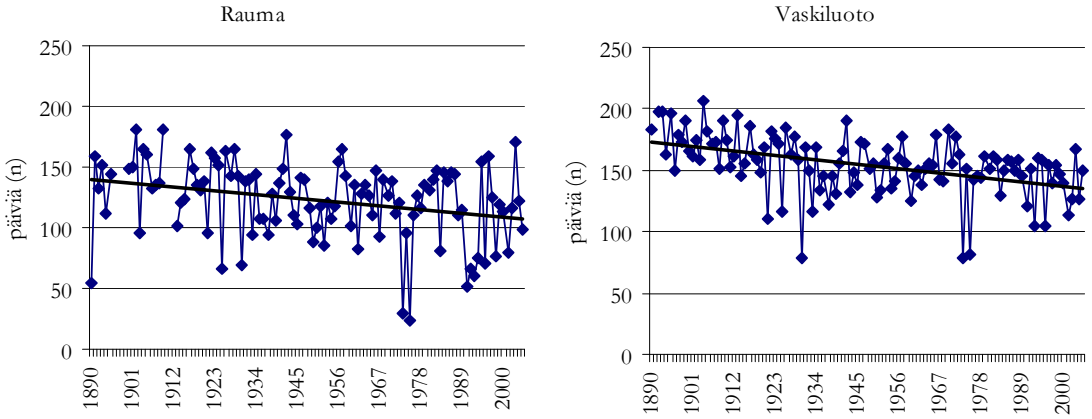
Mikäli Porin tulvasuojelu halutaan hoitaa nykytilanteessa kuntoon, esitetyt vesistönsäännöstelyn kehittämisen toimenpiteet olisi pitänyt toteuttaa jo aiemmin, mutta viimeistään nyt. Ilmastonmuutoksen voimakkuus osoittaa aikanaan, kuinka paljon säännöstelyä on syytä kehittää edelleen. Todellisia tekoja tarvitaan välittömästi. Mikäli tekoja harkitaan vielä pitkään ilmastonmuutosta odotellen, pidetään yllä erittäin suurta riskitasoa; Porin tulvasuojelu ei siis ole nykyisillä ratkaisuilla lähelläkään minimitasoa.

2.4 Jääolojen muutokset

Anna Hakala, Pyhäjärvi-instituutti

Selkämeren alueen jääolojen muutoksia tarkasteltiin Ilmatieteen laitoksen tietokannassa olevilta havaintopaikoilta. Aikasarjat ovat pitkiä, 90 vuotta (v. 1915–2005) ja joillain havaintopisteillä jopa yli 100 vuotta (v. 1890–2005). Aineistossa on kirjattuna seitsemältä havaintopaikalta päivämäärähavainnot ensimmäisestä jäätymisestä, pysyvän jääpeitteen tulosta ja päättymisestä, jään katoamisesta, todellisten jääpäivien lukumäärästä ja joiltain paikoilta on myös havainnot suurimmasta jään paksuudesta. Lisäksi aineistoon on kirjattu jääpeitteen laajuus suurimmillaan vuosina 1830–2005.

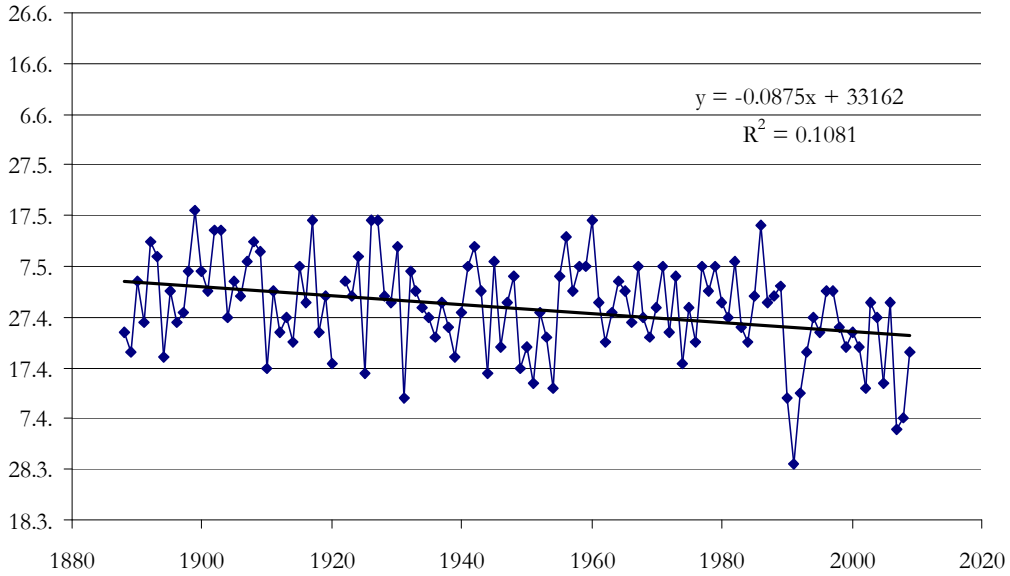
Aikasarjoja tarkasteltaessa voidaan havaita eri havaintopaikoille kutakuinkin yhtenevästi, että jään tulo tai ensijäätymisen ajankohta ei juurikaan ole muuttunut. Sen sijaan sekä pysyvän jään lähtö että jään katoaminen kokonaan ovat aikaistuneet. Myös jääpäivien lukumäärä on pienentynyt (Kuva 16).



Kuva 16. Rauman (N 61°07.6´ E 21°27.6´) ja Vaskiluodon (N 63°04.9´ E 21°33.2´) havaintopisteiden jääpäivien lukumäärä vuosina 1890–2005 (tiedot: Ilmatieteen laitos).

Jään lähdön aikasarjat olivat yhtä havaintopaikkaa lukuun ottamatta tilastollisesti merkitsevästi laskevia ($p < 0,05$), eli lähtöpäivä on aikaistunut. Yksinkertaisten lineaaristen mallien selitysasteet jäivät ymmärrettävästikin huonoiksi (ANOVA, $R^2 < 0,25$), sillä jään lähtöpäivä vaihtelee vuosien välillä voimakkaasti ja päivämäärään vaikuttaa myös muut tekijät kuin vuosiluku. Yksinkertaisten lineaaristen mallien mukaan voidaan kuitenkin todeta, että jään lähtöpäivä on aikaistunut noin 23–29 päivällä sadassa vuodessa ja jään katoaminen vastaavasti 10–23 päivällä.

Hankkeen käyttöön saatiin myös pitkä aikasarja ranta-asukkailta Narvijärveltä Etelä-Satakunnasta Lapista, joka on nykyisin osa Rauman kaupunkia. Narvijärven aikasarja kattaa tiedot jäänlähdöstä vuosilta 1888–2010 (Kuva 17). Aikasarjan perusteella voidaan havaita samansuuntainen muutos kuin merialueella. Vaikka jäänlähtö vaihtelee voimakkaasti vuosien välillä, on aikasarjassa havaittavissa laskeva kehitys. Tämä muutos ei kuitenkaan ole tilastollisesti merkitsevä.



Kuva 17. Narvijärven jään lähtö vuosina 1888–2010. (tiedot: Oiva Mikola)

Kansallisessa ilmastonmuutoksen sopeutumisstrategiassa todetaan jäätymisen ajankohdan lykkääntyvän Perämerellä vajaalla kuukaudella ja etelämpänä Suomen rannikolla noin kuukaudella. Jään sulamisajankohta aikaistuu lounaassa lähes kuukaudella ja Perämerelläkin useita viikkoja. Vuosisadan loppupuolella jäätalven kesto on lyhentynyt Suomen lounais- ja etelärannikolla puoleen ja Pohjanlahdella 70–80 %:iin nykyisestä. Tulevaisuudessakin jäätalvet vaihtelevat vuodesta toiseen, mutta nykymittapuun mukaisia ankaria talvia esiintyy yhä harvemmin. (MMM 2005)

Myös järvien jääpeiteajan ennustetaan lyhenevän kaikkialla Suomessa. SILMU-tutkimusohjelman tulosten mukaan vuosisadan lopussa järvet jäätyvät syksyisin muutamaa viikkoa myöhemmin kuin nykyisin ja jäät lähtevät keväällä kuukautta - paria aikaisemmin. Etelä-Suomen suurissa järvissä keskitalvenkin jääolot muuttuvat epävakaiksi. Järvien jään paksuus riippuu oleellisesti lumipeitteestä. (MMM 2005)

Kuva 18. Jäänlähtöä Rihtniemessä keväällä 2010. (kuva: Juha Hyvärinen)

2.5 Maankohoaminen ja merenpinnan nousu

Anna Hakala, Pyhäjärvi-instituutti

Arviolta 10000–12000 vuotta sitten päättyneen viimeisimmän jääkauden aikana Satakuntaa peitti 2-3 kilometrin paksuinen jäämassa. Jään painosta vajonnut maankamara palautuu tänäkin päivänä kohti tasapainotilaansa ja maankohoamisen voimakkuus on Satakunnan rannikolla noin 6-8 millimetriä vuodessa. Maankohoamisen näkyvin seuraus on uusien maa-alueiden jatkuva paljastuminen veden vallasta (Lehtinen 1995). Pohjanmaan rannikolla maan pinta nousee niin ikään 7-8 mm vuodessa ja se näkyy erityisen selvästi merenkurkun saaristossa (Rautio ja Ilvessalo 1998).

Kokemäenjoen suistossa syntyy uusia saaria ja kuivaa maata nopeammin kuin missään muualla Pohjoismaissa. Maankohoamisen vaikutusta suistoalueella on ratkaisevasti lisännyt Kokemäenjoen kuljettaman hienojakoisen maa-aineksen kerrostuminen jokisuistoon. Suiston pääuomien reunamille jää jokisedimenttejä keskimäärin 20–30 millimetrin kerros vuodessa. (Lehtinen 1995)

Maisemassa maankohoaminen näkyy parhaiten rantakasvillisuuden muutoksina. Vesikasvillisuus-, niitty- ja pensaikkoyhdyskunnat siirtyvät rannan suuntaisina vyöhykkeinä kosteus- ja suolapitoisuuden muutosten tahdissa. Rehevän kasvillisuuden hitaasti lahoava kasviaines mataloittaa vesiä suurimmillaan usealla millimetrillä vuodessa kaikilla rannoilla, mutta erityisesti jokisuistoissa. Lisäksi kasvillisuus heikentää virtauksia ja tehostaa veden kuljettamien ainesten kerrostumista. (Lehtinen 1995)

Ruoppausmassojen läjitykset ja penkereiden rakentaminen heikentävät aallokkoa ja virtauksia. Virtausmuutosten ansiosta voimistuneet ruovikot mataloittavat vesialueita paikallisesti nopeammin kuin maankohoaminen ja Kokemäenjoen sedimenttien kerrostuminen. (Lehtinen 1995)

Kaikkiaan Selkämeren rannikko vedestä nousevine kareineen ja luotoineen sekä alavien merenrantojen laakeine niittyrantoineen ovat kansainvälisestikin ainutlaatuinen elinympäristö. Niittyvaiheen jälkeen laakeilla rannoilla merestä paljastuvalle mineraalimaalle kehittyy tervaleppälehto. Pian se kuitenkin köyhtyy kangasmetsäksi. Siihen mennessä rantaa seuraava tervaleppävyöhyke on jo ehtinyt työntyä ulommas niitylle. (Lehtinen 1995)

Ilmastonmuutoksen on ennustettu sulattavan maailmanlaajuisesti jäätiköitä ja nostavan siten valtamerten pinnankorkeutta. Voi olla että tällä merenpinnan nousulla on vaikutusta myös Selkämerellä. Maankohoaminen ja merenpinnan nousu ovat vastakkaisia prosesseja. IPCC on arvioinut, että merenpinta nousee seuraavan sadan vuoden aikana noin 17 cm (2007, www.ilmasto.org).

Kuva 19. Maankohoaminen näkyy mm. Kuuskajaskarin rannoilla. (kuva: Anna Hakala)

CASE: Maankohoamisseminaarin antia

Jani Helin, Posiva Oy

Viimeisen jääkauden jälkeinen maanpinnan nousu muuttaa jatkuvasti ympäristöä erityisesti rannikkoalueilla ja vaikuttaa väistämättä myös ihmistoimintaan. Lounaisen Suomen alueella maankohoamisen suuruus on nykyisellään noin 5-7 mm vuodessa. Tieteellinen kiinnostus kallioperän liikkeisiin ja maankohoamisen mekanismeihin on ollut Suomessa voimakasta jo pitkään. Kesäkuussa 2010 maankohoamista ja siihen liittyvää tutkimustoimintaa käsiteltiin Porissa järjestetyssä maankohoamisseminaarissa[8], jossa eri tieteenalojen edustajat Suomesta ja Ruotsista esittelivät alan viimeisintä tietämystä. Satakunnassa maankohoamista on tutkittu myös vuonna 2002 perustetun GeoSatakunta -hankkeen puitteissa.

Maankohoamista on havainnoitu Fennoskandiassa jo yli sadan vuoden ajan. Nykyiset valtakunnalliset ja alueelliset mittausmenetelmät perustuvat muun muassa GPS-havaintosarjoihin sekä tarkkavaaituksiin. Satakunnassa kallioperän liikuntoja selvitetään GeoSatakunta -hankkeen puitteissa pystytetyn, valtakunnan laajuista GPS-verkostoa alueellisesti tarkentavan verkoston avulla. Maakunnanlaajuista havaintoverkostoa täydentävät vielä Posiva Oy:n tutkimustoimintaan kuuluvat GPS-mittaukset Olkiluodon alueella yhdistettynä säännöllisiin tarkkavaaituskampanjoihin.

Maankohoamisseminaarissa lähes jokaisessa esityksessä nousi esille maankohoamisen matemaattinen mallintaminen. Jotta voitaisiin mallien avulla arvioida maankohoamisen suuruutta ja nopeutta tulevaisuudessa, on tiedettävä myös maankohoamisen historia. Maankohoamista mallinnettaessa tarvitaan suorien nykypäivän havaintojen lisäksi myös historiallista tietoa, josta voidaan johtaa arvioita siitä, miten rantaviivan paikka on aikojen myötä siirtynyt maankohoamisen ja merenpinnan vaihtelujen vaikutuksesta. Aineistoa mallinnusten pohjatiedoksi saadaan esimerkiksi tutkimalla järvien merestä irti kuroutumisen ajankohtia, selvittämällä erilaisten rantamuodostumien, kuten rantakivikkojen syntyajankohtia, historiallisten asuinpaikkojen korkeusasemia suhteessa erilaisin ajoitusmenetelmin arvioituihin ikiin sekä historiallisia kartta-aineistoja, joista voidaan johtaa paikallisesti rantaviivan sijainteja eri aikoina.

Matemaattisen mallintamisen ja siihen tarvittavien lähtötietojen keräämisen ja analysoimisen lisäksi seminaarissa nousi esille paikkatietomenetelmien (Geographical Information Systems, GIS) hyödyntäminen sekä aineistojen käsittelyssä että luotaessa malleja maaston historiallisesta ja tulevasta kehityksestä. Malleja luotaessa on kuitenkin huomioitava lähtöaineistoina käytettävien tietojen epävarmuudet ja tulkinnanvaraisuudet. Lisäksi tulee muistaa, ettei maaston kehittyminen johdu pelkästään maankohoamisesta vaan pinnanmuotoihin vaikuttavat esimerkiksi sedimenttien kertyminen ja eroosio sekä varsinkin viime vuosisatojen aikana myös ihmistoiminta. Pyrittäessä luomaan ennusteita maaston tulevasta kehityksestä, on huomioon otettava pelkän maankohoamisen lisäksi myös merenpinnan vaihtelut, joihin mahdolliset muutokset ilmastossa voivat vaikuttaa jo suhteellisen lyhyelläkin aikajänteellä.

Maankohoamistutkimus tuottaa tietoa muun muassa ilmastonmuutoksen ja jääkauden jälkeisen ihmistoiminnan tutkimukseen. Tutkimustoiminta ei kuitenkaan pohjaudu ainoastaan tiedemaailman mielenkiintoon, vaan se palvelee myös käytännön elämää, kuten kalliorakentamista, yhteiskuntasuunnittelua, luonnonvarojen kartoittamista ja hyödyntämistä sekä ympäristönsuojelua. GeoSatakunta -hankkeen toiminta ja maankohoamisseminaari vahvistivat näkemystä siitä, että ainoastaan kokonaisvaltainen lähestymistapa, joka kattaa tietämystä muun muassa geologista, geodesiasta, geofysiikasta, arkeologista ja matemaattisesta mallinnuksesta, voi muodostaa kokonaiskuvan maankohoamisesta ja sen vaikutuksista luontoon ja ihmistoimintaan.

[8] Seminar on Sea level displacement and bedrock uplift järjestettiin Porin yliopistokeskuksella 10.–11.6.2010 ja sen järjestäjinä toimivat prof. Tarmo Lipping Tampereen Teknilliseltä Yliopistolta sekä Ari Ikonen Posiva Oy:ltä.

3 ERI ELIÖRYHMÄT MUUTOKSEN INDIKAATTOREINA

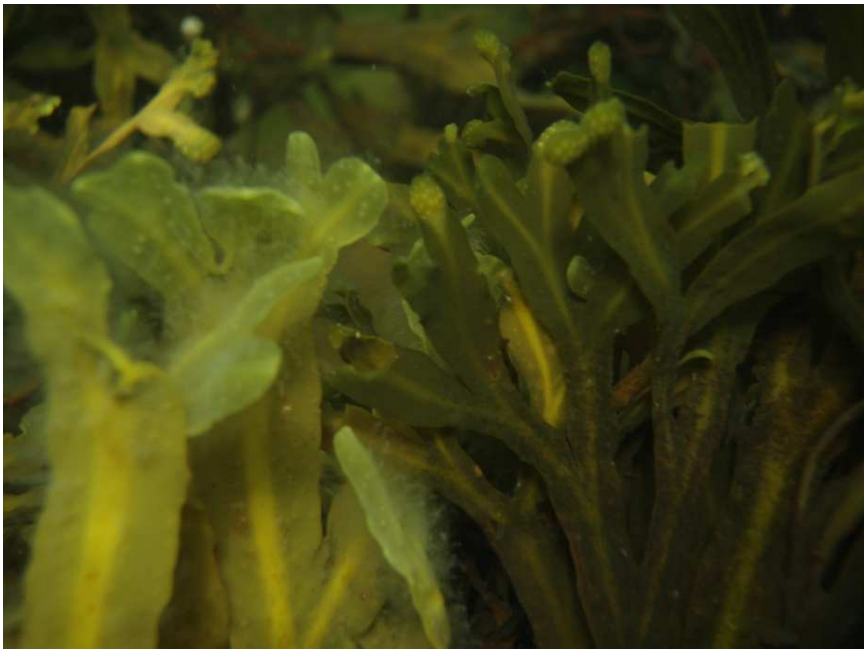
Teija Kirkkala ja Anna Hakala, Pyhäjärvi-instituutti

Selkämeri on eteläisen ja pohjoisen lajiston kohtaamisaluetta, minkä vuoksi se on erityisen herkkä ilmastonmuutoksen vaikutuksille. Valtioneuvoston periaatepäätöksessä Selkämeren kansallispuiston perustamiseksi (2.10.2009) todetaan, että tämä erityispiirre tekee alueesta merkittävän ilmastonmuutoksen seuranta- ja tutkimusalueen. Kasvien ja eläinten kannalta oleellisempia muutoksia ovat ilmaston keskilämpötilan nousu, kasvukauden piteneminen, tilapäisten kuivuuskausien ja toisaalta rankkasateiden yleistyminen sekä lumi- ja jääpeiteajan lyhentyminen ja muuttuminen epäsäännöllisemmäksi. Ilmastonmuutoksen on ennustettu lisäävän pohjoisten ekosysteemien tuottokykyä (MMM 2005). Monimuotoisuudelle tuottokyvyn lisääntymisestä on sekä hyötyä että haittaa. Alkuperäiset ekosysteemit muuttuvat ja useat lajit taantuvat.

Selkämeren saaristoluonto on monimuotoinen ja vaihtelee rehevistä lehtoalueista karuihin kallioluotoihin. Pitkällä Selkämeren rannikkokaistaleella hemiboreaalinen vyöhyke vaihtuu boreaaliseksi, siirrytään eteläiseltä tammivyöhykkeeltä pohjoiselle havumetsävyöhykkeelle. Monet eliölajit elävät levinneisyytensä pohjois- tai etelärajalla. Esimerkiksi tammi, kurjenpolvi ja käärmeenpistoyrtti eivät menesty pohjoisempana.

Selkämeren (Satakunnan) alueelta Natura-verkostoon on sisällytetty alueita sekä EU:n luontodirektiivin että lintudirektiivin perusteella. Selkämeren saaristossa on kaikkiaan noin 30 luontodirektiivin mukaan suojeltavaa luontotyyppiä. Alueella esiintyy mm. riuttoja, vedenalaisia hiekkasärkkiä ja maankohoamisrannikon primäärisukkessiovaiheen luonnontilaista metsää. Lintudirektiivin tärkeinä pidetyistä lajeista, joiden suojelemiseksi on ositettava erityisalueita, esiintyy mm. kalatiira, lapintiira, liro, räyskä, suokukko ja vesipääsky. Uhanalaisiksi luokitelluista lajeista alueella pesivät esimerkiksi merikotka, etelänsuosirri ja selkälokki.

Selkämeren vedenalainen luonto on vielä suurelta osin tuntematonta. Lajisto on vähälukuinen ja siihen kuuluu sekä makean että meriveden lajeja. Rihmalevät ovat lisääntyneet rehevöitymisen myötä, mutta merialueen hyvää tilaa indikoi koko Selkämeren alueella esiintyvä rakkolevä. Rakkolevää on alueella kahta eri lajia: yleinen rakkolevä (*Fucus vesiculosus*) ja Selkämeren endeeminen pikkuhauru (*Fucus radicans*). Monet eliölajit elävät rakkolevän suojissa tai käyttävät sitä ravintonaan.



Kuva 20. Selkämerellä esiintyy kaksi rakkolevälajia: rakkolevä (*Fucus vesiculosus*) ja Selkämeren endeeminen pikkuhauru (*Fucus radicans*). (kuva: Juha Hyvärinen)

Kuva 21. Tyrni (*Hippophae rhamnoides*) kasvaa runsaana mm. Kylmäpihlajan majakkasaarella (kuva: Anna Hakala)

Selkämeren luonto muuttuu jatkuvasti eri tekijöiden vaikutuksesta, joista tärkein on maankohoaminen. Matalille karuhkoille rannoille ilmestyy ensimmäisenä ruohovartisia pioneerilajeja ja myöhemmin esimerkiksi tyrniä ja pihlajaa. Rehevämmillä rannoilla syntyy ensin rantaniittyjä, joita rantaleppä ja muut lehtipuut valtaavat. Myöhemmin ne muuttuvat kuusikoiksi. Maankohoamisen myötä rannikolle syntyy myös fladoja ja kluuvijärviä. Flada on yhteydessä mereen pienen aukon kautta, jonka umpeutuessa syntyy kluuvijärvi. Fladat voivat muuttua myös kosteikoiksi ja lopulta soistua. Ilmastonmuutoksen seurauksena merenpinnan on ennustettu kohoavan, mikä osaltaan saattaa kompensoida maankohoamisen vaikutuksia, mutta aiheesta on varsin vähän tutkimustietoa.

Voidaan olettaa, että ilmastonmuutoksen myötä tammivyöhyke siirtyy pohjoisemmaksi. Talvien lyheneminen ja kasvukauden piteneminen voivat mahdollistaa uusien lajien leviämisen tai nykyisten pohjoisten lajien ajautumista ahdinkoon. Maamme uudet eteläiset perhos- ja lintulajit reagoivat lämpenemiseen nopeasti. Muutoksen myötä eliöiden levinneisyysalueet ja lajisuhteet muuttuvat ja myös uusia eliölajeja saapuu joko ihmisen toiminnan johdosta tai luontaisesti. Jotkut lajit sopeutuvat muutokseen, mutta herkimmät voivat hävitä kokonaan.

Kasvien ja eläinten sopeutumista ilmastonmuutokseen voidaan edesauttaa luonnonvarojen kestävällä hoidolla ja käytöllä, välttämällä ihmisten toiminnasta niille aiheutuvia muita haittoja ja pitämällä huolta siitä, että eliöiden sopeutumismahdollisuuksien perustana oleva perinnöllinen muuntelu säilyy mahdollisimman laajana. (MMM 2005)

Muutoksen seuranta

Luonnontilan ja sen muutoksen seurantaan on kehitetty lukuisia indikaattoreita eri tarkoituksiin. Luonnon-tila-sivusto (www.luonnontila.fi) on suomalaisten ympäristöalan tutkimuslaitosten, viranomaistahojen ja kansalaisjärjestöjen kehittämä luonnon monimuotoisuuden tilan ja kehityksen tiedonvälityskanava, jossa luonnon tilan muutoksia ja niiden taustalla olevia tekijöitä seurataan aihepiireittäin noin 110 indikaattorin avulla. Suuri osa indikaattoreita on vielä kehitteillä. Tavoitteena on tuoda ajantasaista tutkimukseen ja seurantaan perustuvaa tietoa Suomen luonnossa tapahtuneista muutoksista ja niiden taustalla olevista tekijöistä kaikkien ulottuville (Luonnontila 2011). Seurattavia aihepiirejä on kaikkiaan 11, joista Selkämeren ja Muuttuva Selkämeri -hankkeen kannalta keskeisimmät aihepiirit ovat Itämeri ja ilmastonmuutos. Myös aihepiirit sisävedet, rannat ja vieraslajit ovat tärkeitä.

Itämeri-aiheen 16 indikaattorista Selkämeren muutoksen seurannan kannalta keskeisiä ovat veden laatua kuvaavat muuttujat (näkösyvyys, happitaso, fosfori, typpi ja levien runsaus) sekä eliöstömuutoksia kuvaavat pohjaeliöstö, saaristolinnusto, hylkeet ja kalat. Suojelunäkökulmasta on oleellista seurata uhanalaisten ja direktiivilajien sekä luontotyyppien tilaa. Ilmastonmuutokselle valituista 12 indikaattorista säämuuttujat (lämpö, sade, jää ja lumi) sekä kasvukautta kuvaavat muuttujat ovat muutoksen taustatekijöinä keskeisiä. Meren ja saariston luonnontilaa kuvaavista muuttujista keskeisiä ovat meriveden suolaisuus, perhosten esiintymisalueet sekä lintujen esiintymisalueet ja vuodenkierto.

Selkämereen tulevaa kuormitusta ja veden laatumuuttujia seurataan osin ympäristöhallinnon toimesta ja osin toiminnanharjoittajien toimesta ympäristölupaehtojen mukaisesti. Seuranta painottuu näin ollen kuormitetuille rannikkoalueille ja avomeren seuranta on vähäisempää. Hyvän veden laadun turvaaminen on edellytys Selkämeren ainutlaatuisen vedenalaisen luonnon arvojen säilyttämiseksi. Selkämeren kansallis-puistoa perustettaessa on tärkeää varmistaa, onko veden laadun ja merialueen kuormituksen seuranta kansallispuiston perustamiskriteerien kannalta ajallisesti ja alueellisesti riittävää.

Kaiken kaikkiaan Selkämeren ekologia tunnetaan huonosti ja joistakin eliöryhmistä tieto puuttuu jotakuinkin kokonaan. Itämeri-indikaattoreissa mainittu levien runsaus ilmentää veden laatua ja sitä mitataan yleensä klorofylli a:n pitoisuuksina. Kasviplanktonlajistoa on seurattu joillakin alueilla paikallisesti, mutta aineisto on hajanaista. Eläinplanktonseuranta on ollut Selkämerellä hyvin vähäistä, vaikka se on hyvin keskeinen osa merialueen ravintoketjua ja reagoi herkästi muutoksiin. Ekosysteemin toiminnan ja muutoksen ymmärtämiseksi on tärkeää seurata järjestelmällisesti kasvi- ja eläinplanktonin runsautta ja lajikoostumusta.

Pohjan laatua ja pohjaeläimistöä seurataan rannikon lähellä pääosin velvoitetarkkailuna 3-6 vuoden välein. Uudenkaupungin, Rauman, Olkiluodon ja Porin edustan jätevesien kuormittamilta alueilta on olemassa pitkähköt aikasarjat pohjaeläinlajiston ja -runsauden kehityksestä, mutta jätevesien vaikutusalueiden ulko-puolelta aineistoa on melko vähän. Alueellisesti kattavaa käsitystä Selkämeren pohjaeläimistöstä ei ole.

Itämeren rannikkoalueiden kalakantojen seurantaohjelmassa koekalastuksia tehdään Selkämerellä vain merialueen etelälaidalla. Itämeren kiintiöidyistä kalalajeista tehdään vuosittain kanta-arvio ICESin eri osa-alueille, Selkämerellä tämä koskee kuitenkin vain silakkaa ja lohta. Arviot muiden kuin kiintiöityjen kalalajien tilasta perustuvat pääasiassa ammattikalastajien saaliisiin ja koskevat vain kaupallisesti tärkeitä lajeja (siika, ahven, kuha, ym). Kalakantojen tilaa seurataan myös ympäristölupajärjestelmän kautta. Merikarvian ja Saaristomeren välisellä rannikko-osuudella kalataloudellisten tarkkailujen kautta saadaan tietoja pääasiassa kolmelta merialueelta: Porin, Rauman-Olkiluodon ja Uudenkaupungin merialueilta. (Hyvärinen ja Rajasilta 2011)

Valtakunnallista saaristolintuseurantaa vetävät Luonnontieteellinen keskusmuseo ja Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Seuranta alkoi 1986 ja se pohjautuu pesälaskentoihin. Selkämerellä on ollut vain 4 valta-kunnallista seuranta-aluetta, ja niistä on viime vuosina ollut mukana vain yksi (Kuuminainen). Saaristolintututkimuksen päätavoitteena on seurata merenrannikkomme vesi- ja rantalintujen (uikku-, sorsa-, kahlaaja-, lokki-, ruokki- ja eräät varpuslinnut) pesimäkantojen muutoksia sekä selvittää niihin vaikuttavia tekijöitä. Seurannan päämenetelmä on emojen ja pesien laskenta vapaasti valitun saariston saarilla vuodesta toiseen.

Hylkeet ovat ravintoketjun huipulla ja siksi kaikki ravintoketjussa tapahtuvat muutokset vaikuttavat niihin. Ilmastonmuutos vaikuttaa myös sekä hallin että norpan lisääntymisolosuhteisiin, sillä molemmat lisääntyvät ensisijaisesti jäällä. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos vastaa hyljepopulaatioiden seurannoista ja tutkimuksista. Riista- ja kalatalouden hyljetutkimuksen päätehtäviä ovat Itämeren hylkeiden runsauden, levinneisyyden, elintapojen ja hyljekantojen vaikutusten tieteellinen tutkimus. (www.rktl.fi)

Hylkeet ovat ravintoketjun huipulla ja siksi kaikki ravintoketjussa tapahtuvat muutokset vaikuttavat niihin. Ilmastonmuutos vaikuttaa myös sekä hallin että norpan lisääntymisolosuhteisiin, sillä molemmat lisääntyvät ensisijaisesti jäällä. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos vastaa

hyljepopulaatioiden seurannoista ja tutkimuksista. Riista- ja kalatalouden hyljetutkimuksen päätehtäviä ovat Itämeren hylkeiden runsauden, levinneisyyden, elintapojen ja hyljekantojen vaikutusten tieteellinen tutkimus. Itämeren hallin ja norpan nykyiset pääesiintymisalueet ovat pohjoisessa. Erityisesti hallikanta on kasvanut voimakkaasti koko 2000-luvun, mutta tällä hetkellä kasvu on ehkä tasaantumassa. Vuoden 2010 hallilaskennoissa vuonna 2007 koko Itämerellä havaittiin noin 22 000 ja vuonna 2010 noin 23 100 hallia. Selkämerellä vastaavat luvut ovat 131 ja 523.

Vesi- ja rantakasvillisuudesta on Selkämeren alueella tehty lähinnä paikallisia kartoituksia. Vesikasvillisuus reagoi niin rehevöitymiseen kuin hydrologisiin ja ilmastovaihteluihinkin ja muutokset ovat paikoitellen hyvin nopeita ja suuria. Ilmaversoisen ja kelluslehtisen vesikasvillisuuden seurantaan voidaan käyttää erilaisia ilmakuvausmenetelmiä. Selkämeren kasvillisuuden seurantaa voisi kehittää valitsemalla muutaman kohde-alueen, jossa ilmakuvaukset toteutettaisiin muutaman vuoden välein.

Kasvillisuuden seuranta on myös vedenalaisen luonnon muutosten toteamisessa erityisen tärkeää. Sitä toteutetaan tällä hetkellä VELMU:n puitteissa. Vedenalaista kasvillisuutta on tutkittu linjasukelluksin tietyillä alueilla myös YVA-selvitysten yhteydessä sekä velvoitetarkkailuihin liittyen. Jatkuvaan seurantaan olisi syytä valita edustavat sukelluslinjat eri puolilta Selkämerta.

Velvoitetarkkailun osalta on syytä muistaa, että sen tavoitteena on seurata ympäristöluvan mukaisesti päästöjen, rakentamisen tms. vaikutuksia ympäristöön: veden laatuun, pohjaeliöstöön, kalastoon ja kalastukseen, ei niinkään tuottaa tietoa vesistön yleistilasta. Tarkkailuvelvoitteet tuottavat käytännössä tietoja ympäristöstä niillä alueilla, joilla on ympäristölupaa edellyttävää kuormitusta tai muuta vesiluontoa muuttavaa toimintaa.

Selkämeren muutoksen indikaattoreita pohdittaessa em. indikaattorit ovat hyvänä pohjana, mutta luonnon-tila-sivustoon verrattuna alueellista näkökulmaa tulee tarkentaa. Selkämeren kansallispuiston osalta Metsähallitus laatii oman seurantaohjelman.

Kuva 22. Rauman edustan Isokrunni (kuva: Juha Hyvärinen)

CASE: Selkämeren kansallispuisto – ilmastonmuutoksen tutkimusalusta

Juhani Korpinen, Rauman kaupunki

Eduskunta on 8.3.2011 hyväksynyt lain Selkämeren kansallispuiston perustamisesta. Laki tulee voimaan 1.7.2011. Kansallispuistolla suojellaan pohjois-eteläsuunnassa noin 160 kilometrin pituinen Selkämeren aavan meren alue, siihen liittyvää saaristoa sekä eräitä rannikon manneralueita. Kansallispuiston alueet koostuvat valtaosin valtion yleisistä vesialueista, joista osa sisältyy Euroopan yhteisön Natura 2000 -verkostoon. Kansallispuiston maa-alueet kuuluvat puolestaan sekä Natura 2000 -verkostoon että kansallisiin luonnonsuojeluohjelmiin, lähinnä valtakunnalliseen rantojensuojeluohjelmaan.

Selkämeren kansallispuiston omistaa valtio ja sen pinta-ala on noin 91 200 hehtaaria. Pinta-alasta on valtion omistuksessa olevia maa-alueita noin 1 542 hehtaaria, valtion omistamia yksityisiä vesialueita noin 4 748 hehtaaria ja valtion yleisiä vesialueita noin 84 910 hehtaaria. Kansallispuiston perustamisen jälkeen siihen on tarkoitus liittää noin 2500 hehtaaria Rauman kaupungin omistamaa vesi- ja saarialuetta. Lisäksi noin 1200 hehtaaria Rauman kaupungin omistamaa aluetta liitetään kansallispuistokokonaisuuteen yksityisten alueiden suojelumenettelyllä (YSA).

Pohjois-eteläsuuntainen pituus tekee alueesta tieteellisesti mielenkiintoisen ja erityisen merkittävän ilmasto- ja muiden ympäristövaikutusten seurannassa. Kasvillisuusvyöhyke vaihtuu alueen sisällä hemiboreaalisesta boreaaliseksi. Myös veden suolapitoisuus muuttuu laskien etelästä pohjoiseen. Kuvaavaa on, että rakkolevällä on Selkämerellä kaksi eri lajia. Eteläisellä Selkämerellä esiintyy suurikokoisempi rakkolevä (*Fucus vesiculosus*) ja pohjoisempana myös rinnakkain vuonna 2005 omaksi lajikseen luokiteltu pienempikokoinen pikkuhauru (*Fucus radicans*). Jälkimmäistä pidetään kotoperäisenä eli endeemisenä lajina.

Eteläinen ja pohjoinen lajisto kohtaavat kansallispuiston sisällä. Siellä kohtaavat monen eteläisen lajin pohjoisimmat ja monen pohjoisen lajin eteläisimmät esiintymät. Tammivyöhyke ulottuu vain osaan Vakka-Suomen puoleista aluetta. Uposkasvi meriajokas esiintyy harvinaisena niin ikään vain kansallispuiston eteläosissa, toistaiseksi ainakin Rihtniemen edustalla, luultavasti vielä Yyterinkin edustalla. Kaloista muun muassa mustatokko, isotuulenkala, teisti, piikkisimppu ja vaskikala elävät Selkämeressä levinneisyytensä pohjoisrajalla. Toisaalta merikutuista harjusta tavataan vasta Selkämeren keskivaiheilta pohjoiseen. Pohjaeläimistä muun muassa hietakatkaravun ja leväkatkaravun esiintymisen pohjoisraja on Selkämerellä, ja sinisimpukka käy harvinaiseksi alueen pohjoisosassa.

Puistoon on tältä alueelta rajattu pääsääntöisesti alle 20 metrin syvyiset merialueen osat. Nämä Selkämeren mereiset osat ovat vähemmän rehevöityneitä kuin etelämpänä sijaitsevalla Saaristomerellä ja Itämerellä yleensä. Valo yltää Selkämerellä syvemmälle kuin Itämeren rehevöityneemmissä osissa. Tällä on merkitystä levien esiintymiselle ja siten myös biologiselle tuotannolle. Vuosittain toistuva syyskierto mahdollistaa Selkämeren eliöyhteisöjen hyvinvoinnin, sillä sen myötä hapekasta vettä saadaan syvillekin vesialueille. Tätä syvemmälle muodostuu sedimenttipohjia, joiden liejukoissa kasvit ja levät eivät enää menesty.

Kansallispuistoon sisältyvät pinnasta syvemmälle lukien kaikki levävyöhykkeet: sinilevävyöhyke, rihmalevävyöhyke, rakkolevävyöhyke (noin 0,5–5 m) sekä punalevävyöhyke (yli 5 metriä). Rajaus kattaa myös kaikki rantavyöhyketyypit rantaviivasta sisämaata kohti. Aavan meren alue on pääosin ulappaa eli pelagista aluetta, joka on tärkeä elinympäristö pieneliöstölle eli planktonille sekä monelle muulle eliölajille, muun muassa kaloille, elinkierron tietyssä vaiheessa.

Yli 20 metrin syvyydestä kansallispuistoon on esitetty rajattavaksi muutamia tunnettuja vedenalaisia särkkiä ja osia tiedossa olevista vedenalaisista harjumuodostumista. Näillä ja monilla muilla kansallispuiston pohja-alueilla on erityistä merkitystä luonnonkalakantojen lisääntymisalueina.

Selkämeren kansallispuisto on siten vedenalaisten luontotyyppien, kuten riuttojen ja särkkien sekä näillä esiintyvien luonnonkalakantojen ja muiden eliölajien suojelun kannalta Suomen kansallispuistoverkossa erityinen alue. Kansallispuiston arvioidaan olevan koko Itämerellä vedenalaisen luonnon suojelussa yksi kaikkein merkityksellisimmistä suojelualueista.

CASE: Vedenalaisen luonnon monimuotoisuuden kartoitus (VELMU) Selkämerellä

Tapio Suominen, Varsinais-Suomen ELY-keskus

Selkämeren vedenalainen luonto on Itämerenkin mittakaavassa vähälajinen ja luonnontilainen ympäristö karu. Vedenlaatu on säilynyt kohtalaisella tasolla, mikä ilmenee etenkin avomerialueella Saaristomerta ja Suomenlahtea parempina näkösyvyyksinä ja matalampina ravinnepitoisuuksina. Suomen puoleisella rannikolla on tosin myös laajoja rehevöityneitä mannerlahtia, joiden pohjukoihin laskee jokia ja puroja. Alueen suurimman joen, Kokemäenjoen tuoman makean ja samean veden vaikutus näkyy useita kymmeniä kilometrejä rannikkoa pitkin pohjoiseen.

Rannikko on pitkälle matala ja sitä suojaa vain kapea saaristovyöhyke, jos lainkaan. Avoimet ja matalat alueet ovat aallokon vaikutuksesta pohja-ainekseltaan karkeampia kuin suojaiset saaristoalueet, joille sedimentoituu hienompaa ainesta. Kallio-, kivikko- ja hiekkapohjat ovat alueella sedimenttipohjien ohella yleisiä. Selkämerellä on laajoja vedenalaisia alueita, joilla valoisa, yhteyttämiseen riittävä kerros ulottuu pohjaan asti. Alueelle sijaitseekin edustava otos mm. särkiksi ja riutoiksi luokiteltavia elinympäristöjä.

Meriympäristön suojelun kannalta on tärkeää, että yleisessä käytössä on vedenalaisia luontoarvoja kuvaavia karttoja kattavasti Suomen rannikoilta, jotta mm. meriympäristöön sijoittuvia toimintoja voidaan suunnata niille soveltuville alueille. Vedenalaisen luonnon monimuotoisuuden inventointiohjelman (VELMU) tavoitteena on tuottaa paikkaan sidottua tietoa meriympäristön lajeista, vedenalaista luontotyypeistä ja geologisista ominaisuuksista. Tiedon tarve onkin suuri, sillä pinta-alalla mitaten vedenalaisista luontoarvoista on häviävän vähän tietoa. VELMU-ohjelma alkoi usean ministeriön sekä niiden alaisten tutkimuslaitosten ja virastojen yhteistyönä vuonna 2004. Varsinaisten kartoitusten edistyminen ja laji- ja elinympäristöä esittävien karttojen tuottaminen on kuitenkin ollut hidasta. Vastaavia inventointiohjelmia on toteutettu ympäri maailmaa, mutta niissä käytettyjä menetelmiä ei ole suoraan voitu soveltaa pohjoisella Itämerellä. Vedet ovat rannikoillamme sameita, mikä rajaa pois ilma- ja satelliittikuvien laajamittaisen hyödyntämisen. Huono näkyvyys vaikeuttaa myös veden alla tehtävää kartoitustyötä. Rannikkomme ovat topografialtaan vaihtelevia ja saaristoisia, pohjanlaadultaan pienipiirteisiä ja vedenlaadultaan mosaiikkimaisia. Itämerelle tyypillinen vuodenaikaisvaihtelu tuo oman värinsä inventointien suorittamiseen, mm. monet lajit ovat määritettävissä vain loppukesällä. Toisaalta vedenalaisen luonnon suojeluun kiinnitetään jatkuvasti enemmän huomiota ja meriympäristön asiantuntemus on Suomessa hyvällä tasolla. Erityistä huomiota on kuitenkin kiinnitettävä työn tehokkaaseen suunnitteluun ja entistä parempaan yhteistyöhön alan toimijoiden välillä.

VELMU-ohjelmassa aineistoja kerätään monin menetelmin. Lajiston ja luontotyyppien kartoituksissa pääpaino on edelleen sukeltamalla tehtävissä inventoinneissa, joissa kirjataan ylös lajisto ja pohjan ominaisuudet rannasta ulospäin vedetyn linjan varrella. Merenpohjan lajistoa kartoitetaan myös pinnalta lasketun videokameran avulla ja pohjaeläinnäytteitä ottamalla. Geologisessa kartoituksessa akustiset menetelmät ovat kehittyneitä ja laajassa käytössä.

Sukellusinventointien, videointien ja luotausten tavoitteena on tuottaa aineistoa suoraan alueen elinympäristöistä, mutta aineistoa käytetään myös lajien ja elinympäristöjen mallinnuksen tarpeisiin. Mallinnuksessa tietoa kerätään lajien esiintymisestä erilaisissa fysikaalis-kemiallisissa elinympäristöissä ja määritetään lajien esiintymisalueita pelkkien välillisten tietojen avulla. Fysikaalis-kemiallisilta ominaisuuksiltaan erilaisia elinympäristöjä esiintyy Suomen rannikoilla useita mm. saliniteetin ja sameuden vaihettumien myötä. Olosuhteiltaan vaihtelevilta alueilta tarvitaan alueellisesti tiheämmin tietoa, joten luotettavan mallinnuksen takana pitää olla havaintoja tuhansista havaintopaikoista. Kartoitettiinpa vedenalaista lajistoa millä menetelmällä ja mitä käyttöä varten tahansa, aineisto tulee siis kerätä järjestelmällisesti ja aikaisempaa tietovarantoa kartuttaen.

3.1 Kasvillisuus

Teija Kirkkala, Pyhäjärvi-instituutti

Ilmastonmuutoksen vaikutuksia kasvillisuuteen on tutkittu enemmän terrestrisissä ympäristöissä kuin vesiekosysteemissä Sillä on ennustettu olevan valtavia vaikutuksia biodiversiteettiin. Terrestrisistä lajeista 15–37 %:n on ennustettu kuolevan sukupuuttoon ilmastonmuutoksen takia seuraavan 50 vuoden aikana (Thomas ym. 2004) ja synkkää tulevaisuutta on ennustettu ainakin makean veden lajistolle tulevien vuosikymmenten aikana (mm. Xenopoulos ym. 2005). Sekä mereiset että makean veden ekosysteemit ovat herkkiä erilaisille muutostekijöille kuten maankäytölle, ravinteiden ja haitallisten aineiden kuormitukselle, vieraslajeille sekä ilmastonmuutokselle. Pohjoisten (boreaalisten) alueiden vesistöt ovat erityisen herkkiä ilmastonmuutoksen vaikutuksille mm. lämpöolojen muuttumisen takia. Suorien lämpötilamuutosten lisäksi kasvukauden pituus sekä jääolojen muutos vaikuttaa vesieliöstöön. Sademäärien ja sateen vuodenaikaisjakauman muutokset vaikuttavat vesistöjen ravinnekuormitukseen ja sitä kautta rehevöitymiseen. Vaikutukset saattavat ilmetä esimerkiksi vesikasvillisuusvyöhykkeiden leviämisenä tai kalaston rakenteen muutoksina.

Kuva 23. Järviruoko (*Phragmites australis*) on lisääntynyt monilla alueilla (kuva: Henna Ryömä)

Muutokset jääpeitteisyydessä saattavat vaikuttaa merkittävästi kasvillisuuteen erityisesti matalilla vesialueilla. Jää vaikuttaa kasvillisuuteen joko sedimentin jäätymisen tai pohjan hankauksen kautta. Matalilla vesialueilla jää saattaa irrottaa vesikasveja juurineen ja näin ollen hidastaa tai jopa estää niiden leviämistä. Jos jääpeitteen kuluttava vaikutus vähenee tai häviää, se suosii kasvillisuuden leviämistä. Toisaalta jääpeiteajan lyheneminen aiheuttaa sen, että tuotantokausi pitenee ja kasvillisuudella on aiempaa paremmat edellytykset lisääntyä. Sekä järvillä että merialueella on lyhyiden jäätalvien jälkeen ollut viitteitä kasvillisuuden lisääntymisestä matalilla alueilla.

Vedenpinnan vaihtelulla on suuri merkitys kasvillisuuden esiintymiselle. Vedenpinnan nousu luo uusia kasvualueita ja lasku puolestaan paljastaa ravinteikasta sedimenttiä kasvillisuuden käyttöön. Myös laidunnuksen väheneminen merenrantaniityillä on voinut vaikuttaa kasvillisuuden runsastumiseen tietyillä rannoilla.

Selkämeren alueen kasvillisuus on erityislaatuinen. Selkämeren eteläosassa Kustavin ja Uudenkaupungin seudulla esiintyy reheviä jalopuumetsiköitä ja pähkinäpensaslehtoja. Eurajoen ja Rauman seudulla lehtoalueita löytyy myös rannikolta ja saaristosta. Kesäaikana maisemaa värittävät

kalliorantojen keltamaksaruoho ja ruoholaukka sekä hiekka- ja kivikkorantojen erikoisuus morsinko ja keto-orvokki. Rantaniityillä esiintyy rentukkaa ja ketohanhikkia sekä paikoin merinätkelmäkasvustot peittävät rantaniittyjä. Dyynirannoilla tavataan rantavehnää ja suola-arhoa (Manninen 2005). Monet kasvilajit elävät Selkämeren alueella levinneisyytensä pohjois- tai etelärajalla. Selkämeren alueelta on tiedossa noin 40 putkilokasvilajia, joiden levinneisyyden raja on Satakunnan alueella (Lampolahti, suull. tieto 2010). Esimerkiksi tammi, kurjenpolvi ja käärmeenpistoyrtti eivät menesty pohjoisempana. Kasvien levinneisyysalueet voivat muuttua ilmastonmuutoksen myötä.

Rannikolla ja saaristossa esiintyy myös useita uhanalaisia lajeja. Erittäin uhanalaisiksi on luokiteltu mm. saarni, keltalehdokki, nelilehtivesikuusi ja suolayrtti. Suolayrtti kasvaa hiekkaisilla merenrantaniityillä paljastuneilla maanpinnoilla. Nelilehtivesikuusi kasvaa ainoastaan niukasti suolaisessa merivedessä. Molemmat lajit ovat merkittävästi taantuneet meren rehevöitymisen ja laidunnuksen vähenemisen myötä. Pitkällä tähtäimellä myös meriveden suolapitoisuuden väheneminen saattaa olla uhka niille.

Selkämeren vesikasvillisuuden yleispiirteitä ja kehitystä on selvitetty mm. ilmakuvauksin (Alahuhta 2008). Yksityiskohtaisia kasvillisuuskartoituksia on tehty vain tietyillä osa-alueilla kuten Kokemäenjoen suistossa (mm. Ahlman 2008). Koko Selkämeren tasolla tarkasteltuna veden ravinnetason nousu on lisännyt myös kasvillisuutta yleisesti, etenkin suojaisissa merenlahdissa. Maankohoamisesta johtuva umpeenkasvu on todennäköisesti ollut päätekijä kasvillisuuden runsastumisessa matalilla merialueilla. Erityisesti järviruoko (*Phragmites australis*) on lisääntynyt monilla alueilla. Rehevöitymisen myötä ruovikot ovat laajentuneet myös monilla järvillä.

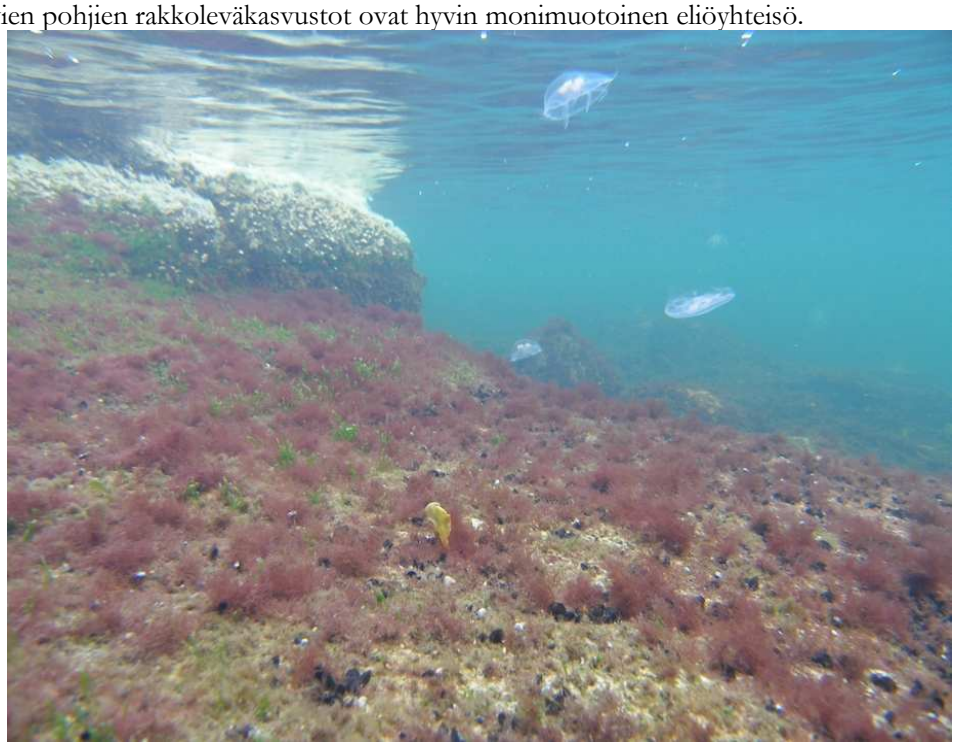
Selkämeren vedenalainen kasvillisuus on runsas ja monipuolinen. vaikkakin tutkimustietoa on toistaiseksi varsin vähän. Kartoitusta tehdään parhaillaan VELMU[9]:n puitteissa (ks.s. 38) Vedenalaista kasvillisuutta on tutkittu joillain alueilla myös tapauskohtaisesti, esim. Olkiluodon edustalla.

Kuva 24. Rakkolevää (Fucus vesivulosus) (kuva: Metsähallitus 2005)

Rakkolevää (*Fucus vesiculosus*) esiintyy runsaana paikoitellen jopa kahdeksan metrin syvyyteen asti. Rakkolevä vaatii 3–4 promillen suolapitoisuuden lisääntyäkseen suvullisesti. Esiintymisalueen ääriosassa rakkolevät lisääntyvät myös suvuttomasti paloittumalla. Rakkolevän esiintymisen

[9] VELMU on vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuuden inventointiohjelma. Lisätietoa osoitteesta www.ymparisto.fi/velmu

pohjoisraja kulkee suolapitoisuuden mukaan Merenkurkun pohjoisosissa ja itäraja Suomenlahdessa Seiskarin ja Koiviston tienoilla. Rakkolevän esiintyminen kertoo merialueen hyvästä tilasta, sillä se tarvitsee runsaasti valoa eikä menesty sen vuoksi sameissa vesissä. Rakkolevä on Itämeren avainlaji, sillä kasvustot tarjoavat ravintoa ja suojaa monille selkärangattomille ja lisääntymisalueita kaloille. Kovien pohjien rakkoleväkasvustot ovat hyvin monimuotoinen eliöyhteisö.



Kuva 25. Ulkosaariston punalevävyöhykettä. (kuva: Metsähallitus 2007)

Rakkolevän esiintymistä säätelevät veden suolapitoisuuden lisäksi veden kirkkaus, ravinteisuus ja rehevöityminen, jääpeite, päällyslevien kasvu ja selkärangattomien aiheuttama laidunnuspaine. Rehevöityminen siis heikentää sen elinmahdollisuuksia Lämpötilan nousun vaikutuksista rakkolevään on varsin vähän tutkimustietoa. Olkiluodon edustalla tehdyissä tutkimuksissa selvitettiin ydinvoimalaitoksen lämpökuorman vaikutuksia alueen kasvillisuuteen ja kasviplanktoniin (Keskitalo 1988). Voimalaitoksen perustamisen jälkeen rakkolevä hävisi lähialueelta ja vajaan kahden kilometrin päässä rakkoleväkasvustot olivat heikohkoja. Jääpeitteen hankaava vaikutus puhdistaa pohjia orgaanisesta aineksesta ja edesauttaa siten kovia pohjia suosivan rakkolevän kiinnittymistä. Jääpeitteen väheneminen saattaa siten heikentää rakkolevän lisääntymistä ja leviämismahdollisuuksia.

Selkämerellä esiintyy runsaana myös toinen rakkolevälaji pikkuhauru (*Fucus radicans*). Kapealehtinen pikkuhauru on ilmeisesti syntynyt jääkauden jälkeen sopeutumalla Pohjanlahden erityisolosuhteisiin. Tiettävästi sitä ei esiinny missään muualla maailmassa. Se on läheistä sukua yleiselle rakkolevälle, josta kapealehtisen levän uskotaan kehittyneen. Se muodostaa tiheitä pensastoja kivi- ja kalliopohjille ja kasvaa suurimmallaan noin 30 cm:n korkuiseksi. Pikkuhaurua esiintyy Selkämeren rannikolla aina Merenkurkkuun saakka. Yleinen rakkolevä sen sijaan harvinaistuu Selkämeren pohjoisosaa kohti mennessä eikä menesty enää Merenkurkussa.

Monet punalevät viihtyvät Selkämeren ulkosaariston aallokkoisilla rannoilla. Tällaisia ovat mm. monivuotiset haarukkalevä, liuskapunalevä ja röyhelöpunalevä. Myös kirkkaanpunaista ruusulevää ja nukkamaista samettipunalevää esiintyy Selkämerellä. Suojaisissa, matalissa lahdissa kasvaa näkinpartaisleviä, kuten punanäkinpartaa ja mukulanäkinpartaa. Myös merinäkinruohoa esiintyy paikoin runsaasti. Tyypillisiä kasveja ovat myös ahvenvita, ärviät, sätkimet ja karvalehti.

CASE: Olkiluodon merialueen monipuolinen kasvillisuus

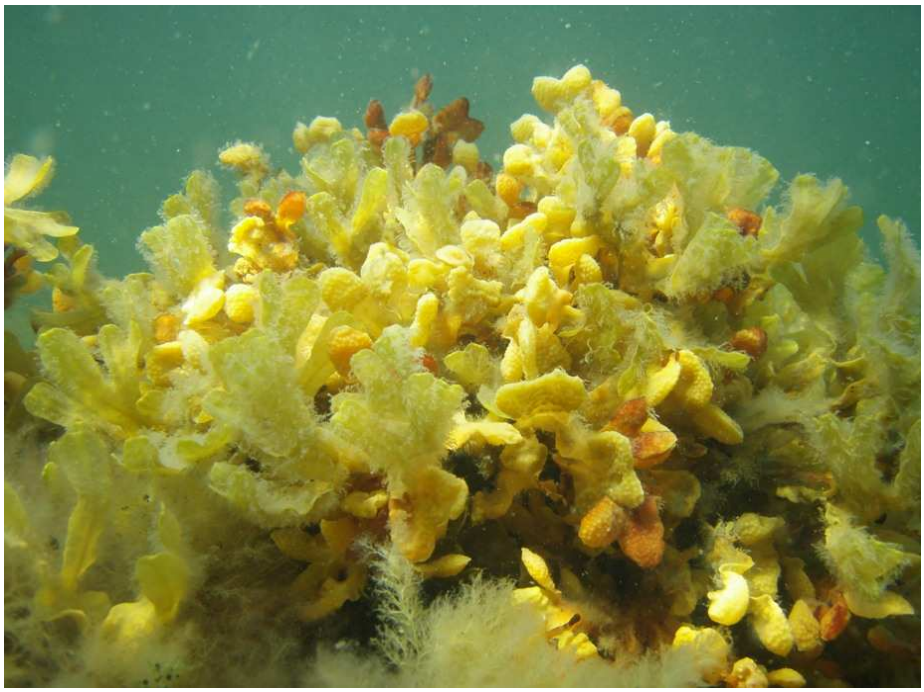
Teija Kirkkala, Pyhäjärvi-instituutti

Olkiluodon merialueen kasvillisuutta on tutkittu osana Teollisuuden Voima Oy:n velvoitetarkkailua ja YVA-selvityksiä sekä Posiva Oy:n biosfääritutkimusten yhteydessä. Ensimmäiset seurantalinjat perustettiin alueelle Säteilyturvakeskuksen toimesta 1975. Näitä linjoja seurataan edelleen määrävuosina.

Olkiluodon merialueen olosuhteet ovat hyvin vaihtelevat, sillä se on suojaisen Lapijokisuun sekä lähes avoimen meren välissä. Sekä matalia pehmeitä savi-, muta- ja silttipohjaisia alueita että syviä kovapohjaisia alueita esiintyy. Löyhän sedimentin esiintyminen Olkiluodon merialueella on jonkin verran lisääntynyt. Olkiluodon litoraalialueet muuttuvat erityisesti maankohoamisen seurauksena. Vesikasvillisuus valtaa alueita, joissa valo riittää fotosynteesiin. Kasvillisuuden koostumus riippuu pohja-aineksen laadusta, rannan avoimuudesta, topografiasta ja ilmastotekijöistä. Matalilla ja suojaisilla rannoilla esiintyy hienojakoisia sedimenttejä ja niille tyypillisiä ovat järviruoko ja muuta putkilokasvit. Niistä alueista saattaa ajan mittaan kehittyä soita. Hiekkarantoja Olkiluodon ympäristössä ei juuri ole. Sorarannoille muodostuu lähinnä rantaniittyjä.

Vuonna 2007 perustettiin osana YVA-selvityksiä pysyvät kasvillisuuslinjat nykyisten ja tulevien ydinvoimalayksiköiden jäähdytysvesien vaikutusten seuraamiseksi. Tarkoituksena on seurata lämpökuormituksen vaikutuksia Rauman saariston Natura 2000 -alueen luontotyyppeihin. Kasvillisuuslinjoja on yhteensä seitsemän, joista eteläinen vertailulinja sijaitsee 5,5 km nykyisestä jäähdytysvesien purkupaikasta lounaaseen (Pihlavakari) ja pohjoinen vertailulinja noin 9 km päässä Luvialla (Hanski ja Lintinen 2007).

Johtopäätöksenä vuonna 2007 toteutetussa kartoituksessa todettiin että ydinvoimalan jäähdytysvesien aiheuttamat muutokset ovat selviä purkupaikan lähellä. Rehevöityminen näkyy rihmalevien voimakkaana kasvuna. Mataliin rantavesiin kulkeutunut hajoava levämassa on aiheuttanut pohjan hapettomuutta. Paikoin oli havaittavissa muutossuunta kohti pehmeiden pohjien putkilokasvivaltaista yhteisöä. Ulompana sijanneilla tutkimuslinjoilla sekä vertailulinjoilla valtalajeina esiintyivät useimmin kovien pohjien lajit ja diversiteetti oli runsaampaa. Niilläkin oli kuitenkin havaittavissa merkkejä Itämeren yleisestä rehevöitymiskehityksestä (Hanski ja Lintinen 2007).



Kuva 26. Päällyslevistä huolimatta hyväkuntoista rakkolevää. (kuva: Juha Hyvärinen)

Vuonna 2008 kartoitettiin sukeltamalla kuusi kasvillisuuslinjaa, joista kolme sijaitsi Olkiluodon pohjois- ja koillispuolella ja kolme eteläpuolella (Ilmarinen ym. 2009, Haapanen ym. 2009). Varsinainen vesikasvillisuus vaihtelee ulkomeren levävaltaisista kovien pohjien yhteisöistä suojaisiin pehmeiden pohjien putkilokasvivaltaisiin yhteisöihin. Vesikasvien lajilukumäärä on kartoitusten perusteella ollut 24–27 (Kinnunen ja Oulasvirta 2004, Ilmarinen ym. 2009). Eri lajien runsaussuhteet ovat 1970-luvulta muuttuneet: yksivuotiset lajit, lähinnä rihmalevät ovat syrjäyttäneet monivuotiset levät ja muut kasvit. Järviruoko (*Phragmites australis*) muodostaa lähes jatkuvan vyön Olkiluodon rannoilla. Ruovikon ja leppä- tai tyrnivyöhykkeen välissä on monin paikoin niittyä.

Rihmamaiset levät (mm. *Cladophora glomerata*, *C. fracta* ja *Ulva* sp.) peittävät matalien rantojen kiviä ja lohkareita. Putkilokasvien ja vesisammalien maksimikasvusyvyys on noin 2 m. Myös rakkolevää (*Fucus vesiculosus*) esiintyy noin kahden metrin syvyyteen asti. Syvemmillä alueilla (4-8 m) punalevät (esim. *Polysiphonia fucoides*) ja ruskolevät (esim. *Spachelaria arctica* ja *Pseudolithoderma* sp.) ovat vallitsevina (Ilmarinen ym. 2009).

Järviruoko on vallannut suojaiset muta- ja liejurannat. Tyypillisiä ovat myös matalan kasvillisuuden dominoimat niityt, joista yleisimmin esiintyy *Eleocharis uniglumis-Agrostis stolonifera* ja *Juncus gerardii-Festuca rubra-Carex glareosa* -kolonioita. Soistuvilla rannoilla sarat ovat myös yleisiä.

Vuonna 2008 toteutetun sukellustutkimuksen yhteydessä tutkituilta suojaisten rantojen linjoilta löytyi 7-19 vesikasvilajia. Yleisimpinä esiintyy vitoja, mm. hapsivitaa (*Potamogeton pectinatus*) ja ahvenvitaa (*P. perfoliatus*). Myös tähkä-ärviä (*Myriophyllum spicatum*), kalvasärviä (*M. sibiricum*), karvalehti (*Ceratophyllum demersum*) ja merinäkinruoho (*Najas marina*) olivat yleisiä, mutta niiden peittävyys oli pienempi. Joillakin linjoilla esiintyi näkinpartaisia (*Chara aspera* ja *C. tomentosa*) kuten myös merihaura (*Zannichellia palustris*), pyörösätkin (*Ranunculus circinatus*), ristilimaska (*Lemna trisulca*) ja uposvesitähti (*Callitriche hermaphroditica*).

Vuonna 2010 inventoitiin kasvillisuus kuudelta linjalta, joista kolme sijaitsee alle kilometrin päässä jäähdytysveden purkupaikasta. Linjoilta löytyi yhteensä 37 lajia, joista 24 oli leviä, 12 putkilokasveja ja yksi vesisammal. Lajien määrä oli selvästi suurempi kuin samoilta linjoilta edellisen kerran tehdyssä inventoinnissa, jolloin lajeja havaittiin 24. Uudet lajit olivat rihmaleviä, putkilokasveja ja näkinpartaisia. Rihmamaisten levien peittävyys oli kasvanut jäähdytysveden vaikutusalueella sijaitsevien linjojen matalissa osissa, mutta samaa kehitystä ei havaittu vertailualueen linjoilla. (Laaksonen ja Oulasvirta 2010)

CASE: Kasvillisuuden muutoksia Kokemäenjoen suistossa

Anna Hakala, Pyhäjärvi-instituutti, Kalinainen 1983 ja Ahlman 2008 pohjalta

Jokisuistoissa havaittavat ympäristömuutokset ovat nopeita. Suistoalueella kasvillisuuden muutokset kytkeytyvät ennen muuta suiston etenemiseen mantereelta ulospäin, mutta myös potentiaalisia ilmaston muuttumisen vaikutuksia voidaan havaita.

Muutokset voidaan jakaa luontaisiin maankohoamisesta ja sedimentaatiosta seuraaviin muutoksiin ja toisaalta ihmisen toiminnasta aiheutuviin muutoksiin. Jokisuistossa kasvillisuuden nopea sukkessio on luonnollista kehitystä, jossa alueelle tyypilliset kasviyhdyskunnat ja vyöhykkeet seuraavat toisiaan vesialueen madaltuessa. Ihmistoiminta voi nopeuttaa sukkessiota tai katkaista sen etenemisen ja tuottaa näin alueelle vieraita elinympäristöjä. Kokemäenjoen suiston Natura 2000 -alueen tarkoitus on suojella suiston nopeaa kasvillisuustyyppien vaihettumista eli luontaista suistomaan sukkessiota. Aiemmin mm. ruoppauksin on rikottu kasvillisuuden luontaista dynamiikkaa.

Jokisuistossa umpeenkasvavien alueiden tilalle tulee uutta kasvualaa suiston ulko-osista. Vesikasvillisuusalueet umpeutuvat ilmaversoiskasvillisuudeksi, jotka edelleen soistuvat luhdiksi ja pensoittuvat. Pensaikon paikalle nousee vähitellen lehtimetsä, joka taas kehittyy lehdoksi tai kuusikankaaksi.

Muutoksia 1900-luvulla

Vuosisadan vaihteessa vallinneeseen tilanteeseen verrattuna merkittäviä muutoksia on tapahtunut yli 50 kasvilajin kohdalla. Vähäisempiä runsaudenmuutoksia voidaan nähdä ainakin 30 kasvilajin osalta. Kokonaan suistosta kadonneista lajeista (yhteensä 15 lajia) suurin osa on nk. merenrantareliktejä. Suiston mutayrttilajistosta on kolme lajia kadonnut. Uposkasvillisuus on Kokemäenjoen suistoalueella lajistoltaan ja kattavuudeltaan edustava ja useimmat lajit ovat lisääntyneet. Uposkasvilajisto on vuosisadan aikana muuttunut merkittävästi kun järvisätkimen, tähkä-ärviän ja punertava-ärviän tilalle ovat runsastuneet mm. tylppälehtivita, kiehkuraärviä, karvalehti ja vesirutto.

Irtokellujien osuus lajistossa on merkittävästi runsastunut ja ovat jakson lopulla paikoitellen yleisiä, jopa runsaslukuisia. Irtokellujat hyötyvät rehevöitymisestä ja ovat siksi vuosisadan tulokkaita. Kelluslehtinen kasvillisuus (ulpukka, lumme ja uistinvita) ovat säilyneet suurin piirtein ennallaan. Kun taas ilmaversoiskasvillisuudessa on tapahtunut suurehkoja ja merkittäviäkin muutoksia. Eniten ovat lisääntyneet molemmat osmankäämilajit. Myös järvikaisla on selvästi runsastunut. Kalmojuuri on vuosisadan uudistulokas.

Muutoksia 1975–1982

Sparganium-Sagittaria kasvillisuus sekä ahvenvita ovat vahvasti runsastuneet. Kiehkuraärviän havaittiin vähentyneen pääuoman eteläpuolella, mutta miltei säilyttäneen asemansa pohjoispuolella. Tylppälehtivita on lisääntynyt pääuoman eteläpuolella ja pohjoispuolen suojaisissa lahdissa. Mutayrttikasvillisuus, hapsiluikka, vesirikot, vesitähdet ja lietetatar ovat runsastuneet ja laajentaneet kasvualueensa moninkertaiseksi vuoteen 1975 verrattuna. Vesirutto on tuntuvasti runsastunut ja näkinpartaiset ovat lisääntyneet alueen ulko-osissa. Isovesiherne on lisääntynyt alueen yläpäässä ja suojaisilla paikoilla, mutta taantunut alueen ulko-osissa ja raa'an jokiveden vaikutuspiirissä.

Vesisammaleiden levinneisyys saattaa olla laajentunut, mutta niiden biomassa on vähentynyt kun yksittäisen alueen kasvusto on taantunut. Uistinvita näyttää vähentyneen. Lumme-esiintymät ovat taantuneet ja vesitatarkasvustot runsastuneet pääuoman pohjoispuolella alueen ulko-osissa.

Kuva 27. Kokemäenjoen suistossa kasvillisuus muuttuu jatkuvasti. (kuva: Anna Hakala)

Muutoksia 1982–2008

Osana Kokemäenjoen suiston ja Kolpanlahden kasvillisuusselvitystä (Ahlman 2008) on tarkasteltu kasvillisuuden muutoksia ajanjaksolla 1982–2008. Laajoilla alueilla keskeisintä suistoa kapeaosmankäämi, järviruoko ja järvikaisla ovat runsastuneet. Nämä suuret ilmaversoiskasvit ovat syrjäyttäneet muita kasvilajeja ja vesikasvillisuus on monin paikoin yksipuolistunut ja on syntynyt kahden-kolmen valtalajin kasviyhdyskuntia. Sedimentaation myötä suiston kasvillisuus peittää nykyään laajoja alueita, jotka 1980-luvun alussa olivat avovettä. Deltan etenemisestä kertovat sekä järvikaisla- että ulpukkakasvustot. Monet sivu-uomat ovat kasvaneet nopeasti umpeen, mihin ihminen on puolestaan omilla toimillaan puuttunut ja muuttanut alueen virtausoloja.

Kokemäenjoen veden puhdistumisesta kertoo järvisätkimen ja vaalealahnaruohon paluu jokisuistoon vuosikymmenten jälkeen. Kokonaisuutena lajistomuutoksia luonnehtii eteläisten ja vaateliaiden kosteikkolajien vahva esiinmarssi, jota lienevät hyödyttäneen myös pidentyneet ja lämmenneet kesät.

Merkittävin yksittäistä kasvilajia koskeva muutos on kapeaosmankäämin voimakas runsastuminen. Mikään muu laji ei ole suistossa runsastunut yhtä merkittäväsi viimeisen neljännesvuosisadan aikana. Nykyään kapeaosmankäämiä tapaa kaikkialla jokisuistosta ja se kilpailee elintilasta järviruoon kanssa. Isoista ilmaversoisista on merkittävästi runsastunut myös kalmojuuri ja haarapalpakko, myös isosorsimo ja piuru ovat runsastuneet 2000-luvulla. Uposkasveista eteläiset ja vaateliaat vesikasvit, kuten karvalehti, otalehtivita ja litteävita ovat runsastuneet selvästi.

Monet lajit ovat taantuneet selvästi, osa ilman selvää havaittavaa syytä. Tällaisia lajeja ovat mm. pystykeiholehti, järvikorte, sarjarimpi, ja uistinvita. Uomanvarsia luonnehtinut ulpukka-uistinvita-keiholehtikasvillisuus on miltei kadonnut suistosta. Myös sammalet ovat selvästi taantuneet tai kadonneet kokonaan.

3.2 Perhosfaunan muutokset Selkämeren saaristossa

Juhani Itämies, hyönteistutkija (emeritus), Oulun yliopisto

Johdanto

Viimeisinä vuosikymmeninä ilmaston keskilämpötila on maailmanlaajuisesti noussut, mikä näkyy myös meillä Suomessa. Hyönteismaailmassa tämä on ilmennyt uusien lajien ilmaantumisena maamme lajistoon. Se, että voimme väittää jonkun lajin olevan maallemme uuden, edellyttää, että perustiedot ovat riittävän hyvällä tasolla. Suomen hyönteislajiston, erityisesti perhosten, osalta voimme hyvällä syyllä näin sanoa (ks. esim. Rassi 2010).

Selkämeren saarten perhosfaunasta ei ole kattavaa tietoa. Rauman edustan saaristosta on kuitenkin 1970-luvulla tehty selvitystyö (Itämies 1982, 1983). Siinä kartoitettiin lähinnä päivällä löydettäviä perhosia. Sen lisäksi on käytettävissä kahtena vuonna (1974 ja 1975) kerättyjen valopyydysten (malli jalas, joissa oli 160 W sekavalolamput Jalas 1969), toistaiseksi julkaisemattomat saalistiedot kaikkien perhosten osalta. Näitä pyydyksiä oli Kylmäpihlajan majakkasaarella, Kuuskajaskarin linnakesaarella, Pidesluodossa aivan meren rannan tuntumassa ja Kortelassa pari kilometriä sisämaahan päin.

Muutosten tarkka todentaminen vaatisi samoin menetelmin tehtävää jatkuvaa seurantaa. Valitettavasti tähän ei ole ollut mahdollisuutta. Koska kirjoittaja on edelleen viettänyt kesiä Rauman edustan saaristossa ja harjoittanut valopyyntiä aluksi Kalattilan saarella ja viimeiset vajaa kymmenen vuotta Eurajoen Olkiluodossa, voidaan kirjoittaa auki joitakin näkemyksiä alueella tapahtuneista perhosfaunan muutoksista. Viime vuosina kirjoittaja on lisäksi harrastanut syöttipyyntiä mm. Nurmeksen ulkorannalla, mikä osaltaan auttaa muodostamaan käsitystä tapahtuneista lajiston muutoksista.

3.2.1 Tapahtuneita muutoksia

Päiväperhoset

Tavallisten luontoharrastajien on helpoin todeta päiväperhosissa tapahtuvia muutoksia, varsinkin uuden lajin ilmaantuminen, koska ne näkyvinä, päiväaktiivisina ja usein puutarhoissa ja pihoilla kukilla vierailevina, ovat jokaisen nähtävissä. Lajien häviäminen on jopa asiantuntijoillekin vaikeampaa, ilman jatkuvaa seurantaa. Yksi kaikkein näkyvimpiä tulokkaita Rauman saaristoon on ollut neitoperhonen (*Nymphalis io*, Kuva 28). 1970-luvulla se oli suurharvinaisuus, josta sain vain pari satunnaishavaintoa, niistäkin toinen vanhempieni tekemänä Rounakarissa. Lajihan oli pitkään sellainen, että se ei pystynyt talvehtimaan Manner-Suomessa, vaan ainoastaan Ahvenanmaalla (Marttila ym 1990). Sitten lajista kehittyi kantaja tai ilmaston lämpenemisen myötä sen kyky talvehtia mantereella muuttui. Nyt se on Selkämeren saarilla yksi tutuimpia ilmestyksiä. Toukan ravintokasveja ovat ohdakkeet ja nokkonen, joten tästä puolesta esiintyminen saaristossa ei ole kiinni.

Heinäperhonen (*Hipparchia semele*) muodostaa hieman erityyppisen, mutta hyvin mielenkiintoisen esimerkin. Tämä perhonen ei ole yhtä näyttävä. Lisäksi sillä on nopean lentonsa ohella erinomainen suojaväri, kun se istuu jäkäläiselle kalliolle tai hiekkaiselle maalle ja se jää monelta havaitsematta. Lajin esiintymishistoria Raumalla on sellainen, että 1950-luvun lopulta on havainto yhdestä yksilöstä lajille luonteenomaisella paikalla Kolmannessa Petäjäksessä (nykyään sataman alla). Tästä ehti kulua 50 vuotta, kunnes kesällä 2010 havaittiin jälleen yksittäinen yksilö Nurmeksen ulkonokan maisemissa, jälleen lajille hyvin tyypillisessä habitaatissa, eli kuivalla, osittain avoimella kalliokedolla. Yksittäinenkin havainto voisi mahdollisesti viitata siihen, että olisi palaamassa Selkämerelle.

Kuva 28. Neitoperhonen (*Nymphalis io*), kuva: Juhani Itämies

Lajien ilmaantuminen tietylle alueella on huomattavasti helpompi havaita kuin niiden väheneminen tai lopullinen häviäminen. Tässä suhteessa rinnehopeatäplä (*Argynnis niobe*) on oiva esimerkki. Laji kuuluu hopeatäpliin, joita meilläkin saaristossa on vakituisesti ainakin ollut noin viidestä kuuteen lajia. Toisin sanoen, kun niityillä ja kedoilla kuitenkin lentelee hopeatäpliä, ei sieltä seasta helposti huomaa jonkun lajin puuttumista. Rinnehopeatäplän kohdalla on tästä huolimatta selvää, että sen kannat ovat taantuneet ja koko ajan tilanne huononee. Laji vaatii hyvin lämpimiä niittyjä ja ketoja, joilla kasvaa metsä- ja aho-orvokkia (*Viola canina, V. riviana*). Tällaiset paikat ovat vähenemässä, tosin eivät välttämättä ilmastonmuutoksen takia, vaan saaristossa retkeilijöiden muuttuneiden tapojen seurauksena. Ennen oli tapana leiriytyä saareen ja telttailla siellä, jolloin tietyt paikat pysyivät jatkuvasti avoimina. Nykyään korkeintaan rantaudutaan kalliolle syömään eväät ja nukutaan veneessä. Eli ilmaston lämpeneminen voisi hyödyttää tätä lajia, mutta ihmisten käyttäytymisen muutokset taas haittaavat sen menestystä. Kesällä 2009 tehtiin selvitys Rauman edustalla rinnehopeatäplän tilanteesta, ja lajista tehtiin kyllä havaintoja, mutta umpeenkasvu oli kovaa vauhtia tuhoamassa sen elinympäristöjä (Koskinen 2009).

Eräs päiväperhosten ryhmä, joka saaristossa ilmentää ilmaston lämpenemistä, ovat vaeltajat. Nämä ovat lajeja, jotka eivät meillä pysty (ainakaan toistaiseksi) talvehtimaan, mutta joita nykyään tavataan lähes joka kesä. Erityisesti tämä koskee kahta komeaa lajia, amiraalia (*Vanessa atalanta*) ja ohdakeperhosta (*Vanessa cardui*). Kolmas ainakin osittain vaellusten varassa Selkämeren alueella esiintyvä lajiin on helmihopeatäplä (*Issoria lathonia*). Tämän orvokeilla elävän kauniin perhosen on nähty Rauman edustalla liihottelevan muutaman kerran viime vuosina.

Mittarit

Mittariperhosten lajirikkaasta heimosta, voidaan poimia muutama selvä tulokaslaji. Ensimmäisenä tapauksena, jossa tosin voi olla vielä vasta kyseessä ensimmäinen tunnustelija, mainittakoon vuotamittari (*Rhodostrophia vibicaria*). Kymmenisen vuotta kestäneen Rauman edustan saariston perhoskartoituksen yhteydessä kyseistä lajia ei tavattu kertaakaan. Kuitenkin pitkän kartoituksen jälkeen satunnaisella retkellä Kallikajaskarissa laji havaittiin. Samalla retkellä havaittiin myös eräs pikkuperhonen (*Apotomis sauciana*), jota ei aiemmin ollut oltu tavattu koko saaristossa. Vuotamittari elää pääasiassa kanervalla ja on levinnyt Ahvenanmaalle, Turun saaristoon ja Suomenlahdelle (Mikkola ym 1985). Tätä taustaa vasten se voisi hyvin elää Selkämerenkin saarilla.

Pari mittarilajia sen sijaan on sellaisia, että ne ovat selvästi jo asettuneet Rauman saaristoon. Näistä varsin komea on jättiharmomittari (*Hypomecis roboraria*), jota ainakin Nurmeksen syöttirysistä ja Eurajoen Olkiluodosta tulee vuosittain. Koska laji elää mm. koivulla ja tuomella (Mikkola ym 1989), ei ole estettä sen esiintymiselle muillakaan isoimmilla saarilla.

Yökköset

Yökkösissä (Noctuidae) on useita lajeja, jotka ovat levittäytyneet ja muutamat runsastuneet jopa uskomattoman nopeasti myös saariston alueella. Keltajaloyökkönen (*Pyrrhia umbra*) on yksi parhaimmista esimerkeistä. 1970-luvulla se oli suurharvinaisuus, johon kirjoittaja törmäsi kerran Kuuskajaskarin rysäaineistossa. Nyt lajista on tullut jokavuotinen tuttavuus, jota on löytynyt jopa toukkana Ruuhiluodosta. Laji on hyvin moniruokainen, joten leviäminen ei ole ollut ravintokasveista kiinni. Aivan viime vuosina saaristoon on levinnyt uusi yökkönen, maltsayökkönen (*Trachea atriplicis*). Sen leviäminen on ollut todella tehokasta, sillä tällä hetkellä sitä esiintyy joka vuosi erityisesti syöttipyydyksissä. Vaikka nimi viittaakin toukan ravintokasviin maltsoihin, elää se myös hierakoilla ja tatarlajeilla, joten silläkään ei ravinto aseta esteitä saaristoon levittäytymiselle. Takiaisyökkönen (*Gortyna flavago*) poikkeaa edellisistä siinä, että sen pääravintokasviksi ilmoitetaan takiaiset, joita ei saaristossa pahemmin kasva. Vaihtoehtoista ravintoa, seljapensasta on viime vuosina levinnyt saarillekin, ilmeisesti lintujen levittämänä, mutta perhosen runsaus antaisi ounastella, että sillä täytyy olla joku muu ravintokasvivaihtoehto. Tällaiseksi voisivat osoittautua esimerkiksi ohdakkeet, joita saariston eri vyöhykkeissä on runsaasti. Malikaapuyökkönen (*Cucullia absinthii*, Kuva 29) on oiva esimerkki siitä, kuinka nopeasti muutos voi tapahtua. Vielä Suomen uhanalaiset perhoset (Somerma 1997) -kirjan valmistumisen aikoihin lajia pidettiin vaarantuneena, mutta uusimmassa uheks-tarkastelussa sitä ei ole enää luokiteltu edes silmällä pidettäväksi (Rassi ym. 2010). Rauman saaristossa toukkia voi loppukesästä löytää tätä nykyä helposti, paikoin jopa runsaasti pujoa kasvavilta rannoilta.

Kuva 29. Malikaapuyökkönen (*Cucullia absinthii*)

3.2.2 Mitä tulevaisuudessa?

Perhoslajiston tulevaisuuden ennustaminen on äärettömän vaikeaa, eiväthän säätieteilijätkään aina osaa ennustaa edes tulevan viikon säätä oikein. Mikäli ilmastonmuutos edelleen jatkuu, on aivan selvää, että saariston perhos- ja muukin hyönteislajisto tulee muuttumaan. Mitä nämä muutokset ovat ja kuinka laajoja muutoksia havaitaan, onkin sitten jo toinen kysymys. Seuraamalla, mitä tapahtuu Etelä-Ruotsissa ja Virossa, voidaan jo aika luotettavasti lähteä arvailemaan tulevia muutoksia. Itse asiassa seuraavista mahdollisista Selkämeren saarten valloittajista on jo vihjeitä olemassa. Parina vuonna on löytynyt aivan vasta kuoriutuneen oloisia yksilöitä aaltoritariyökkösestä (*Catocala sponsa*). Kesällä 2010 saavuttivat ensimmäiset pietaryrttiyökköset (*Eucarta virgo*) Rauman saariston. Ovatko nämä seuraavat pysyvämmin alueelle asettuvat perhoset, selvinnee aivan lähivuosina. Ne jotka ovat parinkymmenen vuoden päästä tekemässä ainutlaatuisessa saaristoluonnossa havaintoja, voivat kertoa, mitä muuta sinne on siinä aikajaksossa ilmaantunut.

3.3 Kalasto indikoi monenlaista muutosta

Juha Hyvärinen ja Marjut Rajasilta (2011) pohjalta koonnut Anna Hakala

Suomen 68 vakituisesta kalalajista noin 50 esiintyy Selkämeressä (Lehtonen 2005). Näistä 22 lajia on peräisin makeista vesistä ja yhtä monella on mereinen alkuperä. Selkämeren kalastossa tavataan jokseenkin kaikki pohjoisella Itämerellä esiintyvät kalalajit, mutta kaikki eivät lisäänny Selkämerellä. Lisääntymistä rajoittaa yleensä alhainen suolapitoisuus, mutta myös lämpötilalla on vaikutusta useimpien lajien lisääntymiseen.

Velvoitetarkkailuista vaihtelevasti tietoa kalastosta ja kalaston muutoksista

Selkämeren kalastoa on paikallisesti seurattu mm. velvoitetarkkailuin[10]. Tutkimusaineisto Selkämereltä on hajanaista ja perustuu usein yksittäisiin koekalastuksiin. Osana Muuttuva Selkämeri -hanketta selvitettiin missä määrin kalataloudellinen velvoitetarkkailu on tuottanut tietoa Selkämeren kalalajistosta ja siinä tapahtuneista muutoksista (Rajasilta, teoksessa Hyvärinen ja Rajasilta 2011). Selvityksen osa-alueina olivat Uudenkaupungin, Rauman, Olkiluodon ja Porin merialueet, joista kullakin on kalataloudellista velvoitetarkkailua toteutettu 1970-luvulta alkaen.

Kalataloudellisen velvoitetarkkailun tarkoituksena on tuottaa tietoja lupapäätösten tueksi eikä sen voi siten olettaakaan tuottavan tietoja yleisestä kalakantojen kehityksestä koko merialueella. Toisaalta tarkkailujärjestelmä tarjoaa mahdollisuuden myös tähän. Kvantitatiivisten menetelmien käyttö on kuitenkin edellytys sille, että myös kalakantojen elpyminen esimerkiksi jätevesikuormituksen vähentyessä voidaan luotettavasti todeta. Riippumatta kalataloudellisen seurantajärjestelmän olemassaolosta Selkämeren eteläosassa tulisi aloittaa rannikon kalakantojen seuranta verkkokoekalastuksin yleisten muutossuuntien havaitsemiseksi pitkällä aikavälillä. Seurannassa voitaisiin hyödyntää kalataloudellisesta velvoitetarkkailusta saatuja tuloksia esimerkiksi tutkimusalueiden valinnassa.

Vaikka kalataloudellisen velvoitetarkkailun tuottama aineisto on ollut enimmäkseen kvalitatiivista, on tarkkailu tuottanut tietoja esimerkiksi eri kalalajien esiintymisestä ja lajimääristä eri alueilla. Havaittujen lajien määrä vaihteli alueittain ja ajankohdittain, mutta suurin määrä lajeja (30–40) havaittiin niissä tapauksissa, jolloin tutkimuksiin sisältyi verkkokoekalastuksia ja rantanuottauksia. Kalastajien saaliskirjanpito saattoi lisäksi täydentää lajihavaintoja. Aineiston hajanaisuudesta huolimatta kaikilla osa-alueilla havaittuja muutoksia olivat turskan häviäminen, kampelan harvinaistuminen sekä ahven- ja kuhakannan voimistuminen.

Lajikohtaisia muutostrendejä

Turska (*Gadus morhua*) hävisi käytännöllisesti katsoen kokonaan 1980-luvun loppuun mennessä Uudenkaupungin sisäsaaristosta ja 1990-luvun alussa myös Rauman merialueelta. Myöskään Olkiluodon merialueelta ei turskaa saatu koekalastuksissa enää vuonna 1988 edes avomeren läheisyydestä. Todennäköistä on, että turskalla on ollut merkitystä Selkämeren rannikon ekosysteemissä ainoastaan 1980-luvun alkuvuosina, jolloin turskan lisääntyminen Itämeren pääaltaalla onnistui hyvin ja kanta kasvoi. Myös 1970-luvulla oli kuitenkin hyviä turskavuosia.

Kampelaa (*Platichthys flesus*) on saatu koekalastuksissa sekä ammattimaisessa pyynnissä kaikilta alueilta vielä 2000-luvun puolivälissä, mutta määrät ovat selvästi vähentyneet. Uudenkaupungin sisäsaaristosta kampela näyttää hävinneen jokseenkin kokonaan 2000-luvun alkuvuosina ja myös Rauman merialueella kampelasaaliit pienenivät selvästi samoihin aikoihin. Kampela ei ollut vielä kokonaan hävinnyt Rauman edustalta vuonna 2007, mutta kanta on ollut ilmeisesti varsin heikko 2000-luvun alusta alkaen. Myös Olkiluodon lounaispuolella tehdyissä koekalastuksissa kampelan määrä väheni selvästi vuonna 2002. Porin merialueelta ei tietoja turskan ja kampelan esiintymisestä saatu kalataloustarkkailuista, koska näissä kohdealueena on Pihlavanlahti, jossa mereisiä lajeja esiintyy vain satunnaisesti.

[10] Ympäristöluvassa toiminnanharjoittaja velvoitetaan velvoitetarkkailuilla tarkkailemaan vesistöön päästetyn kuormituksen määrää ja laatua sekä kuormituksen aiheuttamia vaikutuksia vesistöissä. Kalataloustarkkailut sisältävät kalaston seurantaa.

Ahvenen (*Perca fluviatilis*) kanta on kasvanut Uudenkaupungin sisäsaaristossa, Rauman merialueella, Porin Pihlavanlahdella ja todennäköisesti myös Olkiluodon merialueella. Muutos on siten samansuuntainen kuin esimerkiksi Saaristomerellä viime vuosina. Kuhakannan (*Sander lucioperca*) voimistuminen alkoi 1990-luvun alkupuolella Uudenkaupungin sisäsaaristossa ja Porin Pihlavanlahdella. Olkiluodon merialueella kuha alkoi runsastua jonkin verran myöhemmin; aluksi yksikkösaaliit kasvoivat sisempänä saaristossa ja tämän jälkeen myös ulommilla alueilla.

Kuva 30. Ahvenen kanta on kasvanut monilla alueilla. (kuva: Juha Hyvärinen)

Paikallisia muutoksia

Muiden lajien kannoissa tapahtuneet muutokset näyttäisivät olevan paikka- tai aluekohtaisia. Esimerkiksi lahnakanta (*Abramis brama*) on alkanut kasvaa Uudenkaupungin sisäsaaristossa 1990 - luvun puolivälin jälkeen, mutta Pihlavanlahdella lahna taas näyttäisi vähentyneen ainakin vuosien 1989 ja 2003 välisenä aikana. Särjen (*Rutilus rutilus*) osuus kalastossa Rauman merialueella pieneni huomattavasti aikavälillä 1972–2006 ja samoin Uudenkaupungin edustalla särjen määrä alkoi vähentyä noin vuonna 1990. Pihlavanlahdella särki on puolestaan runsastunut. Myös hauen (*Esox lucius*) runsausvaihtelussa on alueellisia eroja. Porin Pihlavanlahdella hauen määrä on vähentynyt, kun taas Uudenkaupungin edustalla muutosta ei ole tapahtunut. Madekanta (*Lota lota*) on heikentynyt sekä Uudenkaupungin edustalla että Porin Pihlavanlahdella, mutta todennäköisesti kasvanut Eurajoensalmessa. Säyneen (*Leuciscus idus*) määrässä ei muutosta havaittu niillä alueilla, jossa lajia runsaammin esiintyi.

Rantavyöhykkeen lajisto ja lisääntymisalueet

Kalataloudellisen velvoitetarkkailun yhteydessä on kaikilla tutkimuksen osa-alueilla selvitetty lisäksi rantavyöhykkeessä elävän kalalajiston tilaa sekä kartoitettu kalojen lisääntymisalueita. Ajallisia vertailuja ei kaikilla alueilla voitu tehdä, mutta esimerkiksi Rauman edustalla ja Porin Pihlavanlahdella rantavyöhykkeen kalalajisto on edelleen monilajinen ja murtovesilitoraalille tyypillinen. Puhtaan veden indikaattorilajina pidetty mutu (*Phoximus phoximus*) näyttäisi kuitenkin velvoitetarkkailuaineiston perusteella hävinneen Raumalta jätevesien purkualueen läheisyydestä. Mutu puuttui litoraalin kalalajistosta myös Porin Pihlavanlahdelta vuonna 2007.

Rantavyöhykkeestä tavattiin myös useiden kalalajien poikas- ja nuoruusvaiheita kautta rannikon. Lisääntymisalueiden tilaa ja lisääntymisen onnistumista on pystytty seuraamaan useiden vuosien ajan silakalla, jonka kutupaikat ovat suhteellisen helposti paikannettavissa. Silakka kutee todennäköisesti koko Uudenkaupungin ja Porin välisellä rannikkoalueella, mutta kutupaikat ovat vuodesta toiseen samoja. Silakan lisääntyminen onnistuu poikasmääristä päätellen hyvin, mutta jätevesien kuormittamilla alueilla mädin kuolleisuus on selvästi kasvanut luonnontilaisiin alueisiin verrattuna. Rehevöityneillä alueilla kutupaikkojen kasvillisuudessa on myös tapahtunut selviä muutoksia.

Ilmastonmuutoksen ja muiden uhkien vaikutukset kalastoon
Kalalajista riippuen kannan kokoa säätelevät ja uhkaavat eri tekijät (veden lämpötila, suolaisuus, rehevöityminen tai happitilanne) ja sen vuoksi toisilla lajeilla tulevaisuuden ennusteet ovat paremmat kuin toisilla.

Ilmastonmuutosmallien pohjalta voidaan ennustaa, että lähitulevaisuudessa kalaston muutokset tulevat olemaan suurempia ja nopeampia kuin viime vuosisadalla (Urho ja Lehtonen 2008). Muutosta äärevöi monien kalalajien esiintyminen Selkämeressä suolapitoisuuden ja lämpötilan suhteen levinneisyysalueensa äärirajoilla. Ympäristön muuttuessa kalapopulaatiolla on kolme vaihtoehtoa: kalat voivat muuttaa esiintymisalueeltaan, voivat hävitä tai sopeutua muutokseen geneettisillä muutoksilla.

Veden laadun muutokset
Ilmastonmuutos todennäköisesti lisää vesistöihin tulevaa ravinnekuormitusta ja siten rehevöityminen kiihtyy. Rehevöityminen lisää kalatuotantoa, mutta enimmäkseen vähäarvoisen särkikalan määrää. Lisääntyvä levämäärä haittaa kalastusta heikentämällä verkkopyydysten kalastavuutta ja teettämällä puhdistustyötä. Tulvien ja myrskyjen lisääntyminen voi kasvattaa myös jätevesipuhdistamoiden toimintahäiriöiden määrää tai vapauttaa sedimenttiin varastoituneita haitta-aineita ja lisätä siten haitta-aineiden määrää vesistöissä ja siirtymistä kaloihin.

Jätevesipäästöillä ja ravinnekuormituksella yleensä on voinut olla vaikutusta kalakantojen tilaan tutkituilla alueilla. Särjen määrä on vähentynyt Uudenkaupungin edustalla mereen johdetun fosforikuormituksen alentumisen myötä ja samanlainen muutos on todennäköisesti tapahtunut Rauman edustalla.

Lämpötilan muutokset
Yleisolettamuksena on, että lämpötilan nousu lisää kalojen kasvua ja siten kalantuotantoa. Erityisesti kalojen poikas- ja nuoruusvaiheet hyötyvät. Lämpimän veden särkikalat hyötyvät ja kylmän veden lajit kuten lohikalat kärsivät. Kalastajien arvostamista lajeista hyötyvät mm. kuha ja ahven. Haitta on puolestaan selvempi pienillä sisävesillä kuin merialueella, mutta ehkä heijastuu Satakunnan vähävetisten kutujokien liiallisen lämpenemisen kautta rannikollekin. Toisaaltahan vaelluspoikastuotanto voi parantua poikasten kasvun nopeutuessa. Stabiilien jäätalvien loppuminen voi sotkea syys- ja talvikutuisten lajien mädin kuoriutumisajankohtaa.

Lämpötilan nousu parantaa silakan poikasten kasvua ja selviytymistä (Hakala ym. 2003). Saaristomerellä tehdyn tutkimuksen mukaan havaittiin yhden asteen lämpötilan nousun vastaavan silakanpojilla 0,043mm/d kasvun lisäystä. Tiheimmät silakkaparvet olivat lämpimimmillä alueilla. Toisaalta silakka on Selkämeressä runsaslukuinen ja se on osin ravintokilpailusta johtuen hidaskasvuisin vuosikymmeniin. Aiemmin fileerauskokoon kasvaminen kesti Selkämerellä neljä vuotta, nyt seitsemän (Kuikka 2010). Rinnan silakkakannan biomassan kasvun kanssa silakoiden koko suhteessa ikään onkin pienentynyt 25–45 % (ICES 2008). Isokokoinen silakka on käynyt vähiin (Anon 2008). Lämpimät kesät 1980- ja -90 -lukujen taitteessa todennäköisesti paransivat sekä kuhan että ahvenen lisääntymismenestystä.

Veden suolapitoisuus
Selkämeren veden suolapitoisuuden aleneminen saattaa vaikuttaa eläinplanktonin koostumukseen. Lajisto voi muuttua ravintoarvoltaan heikompaan suuntaan, mikä johtaa mm. silakan kasvavaan poikaskuolleisuuteen ja kasvun hidastumiseen. Tämä heijastuu edelleen lohisaaliisiin. Pohjaeläimistö ei ole tässä suhteessa muuttunut yhtä selvästi.

Pitkällä aikavälillä suolapitoisuuden on ennustettu vähenevän ilmastonmuutoksen myötä. Meriveden suolapitoisuuden muutokset vaikuttavat lähes kaikkien kalalajien kokemaan osmoottiseen stressiin[11] ja edelleen lajien levinneisyyteen, kasvuun ja lisääntymiseen. Turskan ja todennäköisesti myös

[11] Osmoottinen stressi = Osmoosi on veden diffuusiota puoliläpäisevän kalvon, esim. soluseinän läpi. Osmoottista stressiä kohdistuu vesieliöihin kun solujen sisäisen ja ulkoisen nesteen suolapitoisuus eroaa toisistaan.

kampelan kannan vaihtelu selittyy Selkämeressäkin suolapitoisuuden muutoksilla. Selkämeren lajisto muuttuu etelä-pohjoissuunnassa pienenevän suolapitoisuuden ja alenevan lämpötilan mukaan.

Kerrostuneisuuden muutokset
Mikäli jokien tulovirtaama veden pintakerrokseen lisääntyy, lisääntyy Selkämerenkin kerrostuneisuus. Tällöin veden vertikaalinen sekoittuminen vähenee ja ravinteiden sekä hapen kulku pinta- ja pohjakerrosten välillä heikkenee. Virtaamamallinnusten perusteella kokonaistulovirtaaman ei kuitenkaan juurikaan ennusteta muuttuvan jaksolla 2010–2069. Vasta vuosisadan viimeisellä kolmanneksella havaitaan lievää kasvua (ks. luku 2.3, s. 24).

Hallit
Harmaahylkeet eli hallit runsastuivat nopeasti vuosituhannen vaihteessa. Kanta on kasvanut vuodesta 1990 lähtien Selkämerellä lähes 10 % vuosivauhtia, mutta kasvu näyttää hieman tasaantuneen. Tulevaisuudessa hyljekannan kasvu saattaa hyvinkin taittua. Ruotsissa on jo huomattu hylkeiden laihtuminen, kenties heikkolaatuisen ravinnon seurauksena. Itämerellä halleja on noin 20 000, joista Suomen vesillä vajaa 10 000. Norppa taas on Selkämerellä harvalukuinen, eikä ole oleellinen kalastuksen kannalta ainakaan eteläisellä Selkämerellä. Halli ja norppa on rauhoitettu ja niiden ympäristömyrkkypitoisuudet ovat laskeneet.

Silakka on sekä hallin että norpan tärkeintä ravintoa Itämeressä. Aikuinen halli syö keskimäärin noin 5 kiloa kalaa päivässä. Hylkeiden ravinnonkäytöstä ja vaikutuksesta kalakantoihin ei tiedetä kovinkaan paljoa. Jäätalvien väheneminen saattaa vaikeuttaa hylkeiden, etenkin norpan, lisääntymistä. Norpalle pitkään kestävät ahtojäät ovat elinehto. Halli sopeutunee myös jäättömiin talviin, vaikka rannalla poikaskuolleisuus onkin jäitä suurempi. Norppakanta on muutenkin vaarassa. Ympäristömyrkyt vaikuttavat edelleen sen lisääntymiseen ja se on arktisiin oloihin sopeutunut laji.

Merimetsot
Merimetsokanta on kasvanut Suomen rannikolla ensipesinnän jälkeen nopeasti (CASE: Merimetsot s. 56). Merimetso on nähtävästi lämpenevän ilmaston hyötyjä. Merimetsokannan kasvu tasaantunee, mutta linnut ovat tulleet pysyväksi ja näkyväksi osaksi Selkämeren saaristoluontoa. Merimetson on osoitettu syövän kalaa, enimmäkseen kivinilkkaa yms. Varsinaisten taloudellisesti arvokkaiden lajien osuus oli tutkimuksissa pieni, muttei merkityksetön.

Vieraslajit
Selkämeri on muun Itämeren tapaan otollista ympäristöä vieraslajeille. Uusi laji lisää monimuotoisuutta, mutta voi muodostaa riskin koko ekosysteemin toiminnalle. Uusia lajeja havaitaan vuosittain, pääasiassa niitä tulee laivojen painolastivesien mukana. Vieraslajit tai tulokaslajit voivat liian hyvin menestyessään viedä alkuperäislajien elintilan ja ravinnon syrjäyttäen kalataloudellisesti arvokkaita lajeja. Tulokkaina voi olla myös uusia kalatauteja ja loisia.

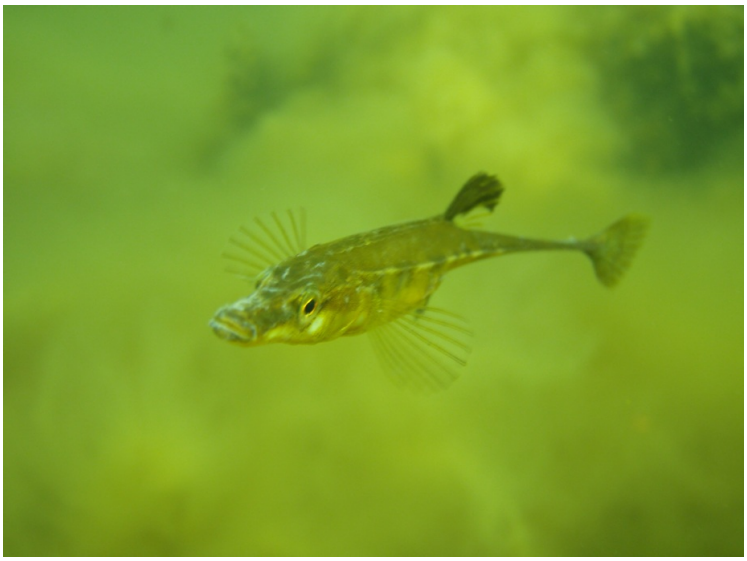
Villasaksirapu on kalastajille jo varsin tuttu tulokaslaji, joka todella runsaana saattaisi haitata verkkokalastusta. Muita tulokaslajeja ovat esimerkiksi amerikansukasmato, kaspianmassiainen, petovesikirppu (*Cercopagis pengoi*), valekirjosimpukka (*Mytilopsis leucophaeata*) ja liejutaskurapu (*Rhithropanopaeus harrisii*). Kalalajiston tulokkaita Suomessa ovat mm. hopearuutana (*Carassius auratus m. gibelio*) ja mustakitatokko (*Neogobius melanostomus*), näitä ei ole kuitenkaan vielä tavattu Selkämereltä. Erilaisten hyytelöeläinten lisääntyminen tulevaisuudessa voi muodostaa uhan silakalle ja kilohailille ravintokilpailun kautta. Meduusat aiheuttavat haittaa myös verkkokalastukselle.

Muut uhat
Vanhastaan Selkämeren haitta-aineongelma on liitetty teollisuuden jätevesissä mereen johdettuihin raskasmetalleihin. Niiden päästöt ovat suuresti vähentyneet. Selkämeren silakoiden ja lohien suuri dioksiinipitoisuus on edelleen ruokakäyttöä rajoittava tekijä, vaikka pitoisuudet ovat viime vuosina laskeneet (Assmuth 2010). Lohella, hauella, mateella ja ahvenella on havaittu lisääntymishäiriöitä, jotka voivat vaikuttaa äärimmillään Selkämerenkin kalakannan rakenteeseen (Lehtonen 2005). Yhdyskuntajätevesissä esim. ehkäisypillereistä peräisin oleva synteettinen estrogeeni feminisoi purkualueen koiraskaloja.

Ajoittain uutisiin nousee myös otsikoita kalojen ympäristömyrkkypitoisuuksista. Nämä uutiset kilpailevat ihmisten mielissä kalojen terveellisyyden kanssa. Monimuotoisilla ranta-alueilla sijaitsevien sopivien kutupaikkojen häviäminen voi olla myös merkittävä uhka. Uuden uhkan tulevaisuudessa saattavat muodostaa avomerialueen rakentaminen (erityisesti tuulivoimarakentaminen) ja hiekannosto. Näiden kalastovaikutuksista ei kuitenkaan ole vielä tietoa.

Kalakantojen tulevaisuus muuttuvassa ilmastossa

Eri kalalajit reagoivat eri tavoilla muuttuvaan ympäristöön. Sopeutuminen lämpötilaan, suolapitoisuuden muutoksiin, hydrologisiin muutoksiin ja rehevöitymiseen vaihtelee lajeittain. Hylkeiden ja merimetsojen nopeasti kasvanutta vaikutusta selvitellään. Kalojen ravinnonkäyttö ja liikkuminen voi muuttua – kala eivät enää löydykään ennestään tutuilta kalapaikoilta. Muutoksen jään tulo- ja lähtöajoissa sekä tuuliolojen muutoksen voivat vaikuttaa kalojen liikkeisiin ja mm. parveutumiseen. Lajikohtaisia vasteita on käsitelty yksityiskohtaisemmin hankkeessa tuotetussa erillisjulkaisussa (Hyvärinen ja Rajasilta 2011).



Kuva 31. Vaskikala (*Spinachia spinachia*) on merikala ja se kärsii suolapitoisuuden laskusta (kuva: Juha Hyvärinen)

3.4 Linnut

Teija Kirkkala, Pyhäjärvi-instituutti

Ilmasto on yksi tärkeimpiä lintujen esiintymiseen vaikuttava tekijä. Talvien kylmyys, kesien lämpimyys ja sateet säätelevät lintulajien elinympäristöjä. Englannissa tehdyssä tutkimuksessa (Climatic Atlas of European Breeding Birds) on ennustettu ilmastonmuutoksen aiheuttamia linnustomuutoksia. Tutkimuksessa on pyritty tunnistamaan lajien nykyisten elinalueiden ilmasto-olojen kanssa vastaavia olosuhteita tulevaisuudessa.

Valtakunnallista saaristolintuseurantaa vetävät Suomessa Luonnontieteellinen keskusmuseo ja Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Seuranta alkoi 1986 ja se pohjautuu pesälaskentoihin. Saaristolintututkimuksen päätavoitteena on seurata merenrannikkomme vesi- ja rantalintujen (uikku-, sorsa-, kahlaaja-, lokki-, ruokki- ja eräät varpuslinnut) pesimäkantojen muutoksia sekä selvittää niihin vaikuttavia tekijöitä.

Seurantojen perusteella ilmastonmuutos on jo vaikuttanut lintujen elintapoihin ja levinneisyyteen. On kuitenkin muistettava, että pesimäalueiden ilmasto-olot eivät välttämättä yksin ole muuttolintujen elintapojen muutoksen syy. Elinympäristöjen muutokset muuttomatkan varrella ja erityisesti talvehtimisalueilla voivat myös selittää muutoksen.

Englantilainen ilmastoatlastutkimus perustuu malliin, jonka mukaan Euroopan keskilämpötila nousee keskimäärin kolme astetta verrattuna esiteolliseen aikaan. Ennustamisessa käytetään muuttujina kesän ja talven lämpötiloja ja veden määrää. Ennusteiden mukaan eurooppalaisen pesimälinnuston levinneisyys laajenee yli 500 km koilliseen samalla, kun levinneisyysalue pienenee viidenneksellä. Euroopan linnustollisesti rikkaimmat alueet siirtyisivät Puolan seudulta Suomeen ja lähialueille. Suomen linnuston ennustetaan monipuolistuvan, mutta samalla moni Etelä-Suomessa tällä hetkellä pesivä laji saattaa hävitä sieltä kokonaan. Tutkimus ei kuitenkaan ota huomioon mm. maankäytön muutoksia, talvehtimisalueiden muutoksia, lajien sopeutumista eikä lajien välisiä vuorovaikutuksia. Tiettyjä ennustusten mukaisia ilmiöitä on jo Suomessa havaittavissa. Tutkimus ennustaa mm. harmaahaikaran, kaulushaikaran ja kyhmyjoutsenen levinneisyyden laajenevan ja näiden pesimälajien onkin todettu Suomessa lisääntyneen. Talvilinnusto on niin ikään monipuolistunut ja talvehtivien vesilintujen määrä on kasvanut, esimerkkinä laulujoutsen. (Birdlife 2011)

Ilmastonmuutoksen ja lintujen kytkentää tutkittaessa on kiinnitetty huomiota erityisesti muuton ja pesinnän ajoittumiseen, pesinnän onnistumiseen ja levinneisyyteen. On havaittu, että useimmat muuttolinnut saapuvat lämpiminä keväinä aiemmin kuin kylminä keväinä. Myös pohjoisten lintujen pesinnän ajoittuminen on riippuvainen kevään lämpötilasta, mutta tutkimukset osoittavat, että pesimäaikojen muutokset vaihtelevat samankin lajin eri populaatioiden välillä. Pesintä ei välttämättä aina aikaistu samassa suhteessa kuin muutto. Voi käydä myös niin, että pesäpoikasaika ei sovikaan yhteen ravinnon hyvän saatavuuden kanssa, mikä voi huonontaa pesimistuottoa. Muutokset pesimäajoissa ja poikastuotossa vaikuttavat luonnollisesti lajien levinneisyyteen. Suomessakin monien eteläisten lajien esiintymisen pohjoisrajan on todettu siirtyneen pohjoisemmaksi (Rainio 2007).

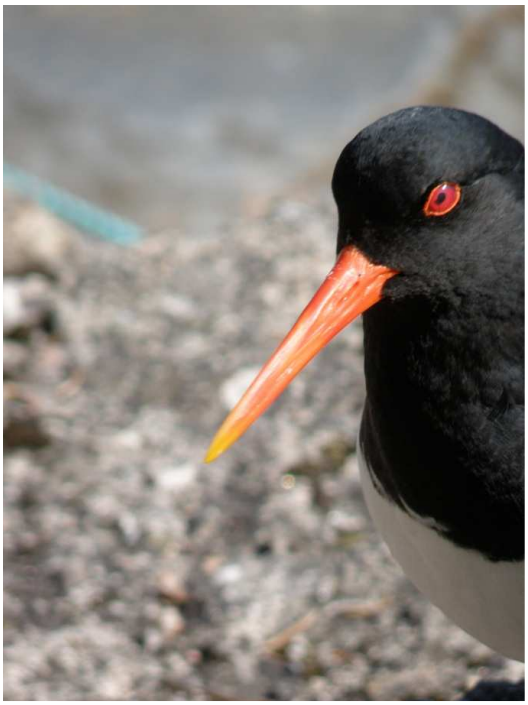
Muuttolintujen ensisaapumisajankohtia alettiin käyttää ilmastonmuutoksen tutkimisessa 1990-luvulla. Lehikoinen ja Rainio (2009) raportoivat 13 alueellisen lintuyhdistyksen ja kahden havainnoitsijaryhmän aikasarjat lintujen ensisaapumisajoista. Satakunnassa aikasarjat alkavat jo vuodesta 1950, mutta vertailtavuuden vuoksi tutkimuksessa käytettiin kaikille yhteisesti jaksoa 1984–2003. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia lintujen muuttoon on tutkittu käyttäen saapumisaikojen vaihtelun selittämiseen erilaisia säämuuttujia, joko paikallisia tai muuttoreitin varren lämpötiloja muuttoaikatauluun sovitettuina ajanjaksoina sekä NAO-indeksiä. Tutkimuksissa on havaittu, että suurin osa muuttolinnuista on tullut Suomeen aikaisin, kun NAO on ollut positiivinen ja Pohjois-Euroopan talvi on ollut leuto ja sateinen (Vähätalo ym. 2004, Rainio ym. 2006). Suurin osa Suomen muuttolinnuista pystyy sopeuttamaan muuttoaikaa suhteessa ilmastoon hyvin nopeasti. Klassisen käsityksen mukaan linnut etenevät kevätmuutossa lämpötilan mukaan kohtisuoraan

jotakuinkin saman lämpötilan käyrien siirtymistä seuraten (Lehikoinen ja Rainio 2009) Suomessa muutto etenee useilla lajeilla suurin piirtein leveyspiirejä vastaan.

Suurin osa Suomen muuttolintulajeista on aikaistanut muuttoaan ensisaapujahavaintojen perusteella lähes koko maassa (Lehikoinen ja Rainio 2009). Suurimmalla osalla lajeista aikaistuminen oli tilastollisesti merkitsevää. Varhain saapuvien lajien muutto on aikaistunut enemmän kuin myöhään saapuvien. Lintumaakunnittain tehdyn lajikohtaisen tarkastelun perusteella erityisesti vesilintujen kevätmuutto on 20 vuoden aikana aikaistunut, mikä selittynee ainakin osittain jäiden lähdön aikaistumisella.

Porin lintutieteellisen yhdistyksen havaintosarjojen perusteella myös päiväpetolintujen saapumisajat ovat aikaistuneet vuosina 1950–99 (Ahlman 2006). Satakunnassa 14 säännöllisesti tavattavasta päiväpetolinnusta vain muuttohaukan saapumisajat ovat siirtyneet myöhäisemmäksi (5 vrk). Eniten (13–25 vrk) kevätmuutto aikaistui mehiläishaukalla, merikotkalla, hiirihaukalla, piekanalla ja kalasääskellä. Kalasääsken ensihavaintojen varhaistuminen liittyy jäiden lähdön aikaistumiseen: Mitä aiemmin järvet vapautuvat jäistä, sitä paremmin on kalaa saatavissa. Kevätmuutto on selkeästi varhentunut (7-10 vrk) myös ruskosuo- ja varpushaukalla, maakotkalla sekä tuuli-, ampu- ja nuolihaukalla. Talvialueiden muutokset (niiden siirtymiset pohjoisemmaksi) näkyvät joidenkin lajien kohdalla hyvinkin selkeästi. Esimerkiksi merikotkan talvehtimiskannan jääminen Ahvenanmaalle on muuttanut ensihavaintoja huomattavasti varhaisemmaksi. Myös lajien kannankehitykset vaikuttavat muuttoajankohtiin. Mitä runsaslukuisempi laji on, sitä varhaisemmin havaitaan ensisaapujat. Keskeinen syy päiväpetolintujen saapumisen aikaistumiseen on keväiden varhentuminen.

Ilmastonmuutoksen myötä Selkämerenkin alueen linnusto tulee muuttumaan. Lajit sopeutuvat, muuttavat muualle tai tuhoutuvat. Linnuston rikkaus tulee ehkä lisääntymään useiden lajien levinneisyyden painopisteen siirtyessä muualta Euroopasta koilliseen. Samalla kuitenkin jotkut lajit vähenevät tai häviävät. Koska samanaikaisesti ilmastonmuutoksen kanssa tapahtuu lukuisia muita muutoksia, on vaikea ennustaa ilmastonmuutoksen aiheuttamia ilmiöitä. Lintuharrastajien kokoama aineisto on seurannassa hyvin tärkeä, mutta siihen liittyy epävarmuuksia. Aikojen kuluessa harrastaja- ja havainnointimäärät ovat muuttuneet, samoin välineistön laatu.



Kuva 32. Meriharakka (Haematopus ostralegus) on äänekäs merenrantojen ja -saariston kahlaaja (kuva: Juha Hyvärinen)

CASE: Selkämeren merimetsot

Anna Hakala, Pyhäjärvi-instituutti

Merimetsojen heimo (*Phalacrocoracidae*) kuuluu pelikaanilintujen (*Pelecaniformes*) lahkoon. Merimetso on kookas, tumma ja näyttävä saariston vesilintu. Merimetso hävisi Itämeren pesimälajistosta 1800-luvun lopulla sitä kohtaan suunnatun vainon takia. Kesti kymmeniä vuosia ennen kuin se palasi takaisin. Tammisaaren saaristossa laji alkoi pesiä vuonna 1996. (Suomen ympäristökeskus 2010a)

Nykyään Selkämerellä esiintyy kaksi merimetson alalajia. Myös Selkämeren alueella, mutta tavallisemmin eteläisemmällä Itämerellä talvehtiva *Phalacrocorax carbo carbo* pesii jäämerellä. *Phalacrocorax carbo sinensis* on se alalaji joka pesii Itämerellä ja jonka voimakas lisääntyminen on aiheuttanut ongelmia. (Ympäristöministeriö 2010, Suomen ympäristökeskus 2010a)

Merimetsokannan kehitys

Ensimmäinen merimetson pesinnän vahvistaminen jälkeen merimetso on levittäytynyt lähes koko Suomen rannikkoalueelle. Vuodesta 2005 vuoteen 2009 kanta on erityisesti Saaristomerellä ja Selkämerellä kasvanut voimakkaasti. Vuotuinen kannan kasvu 2000-luvulla on ollut 17–109 % (keskimäärin 62 %) (Asanti 2010). Kasvu on kuitenkin hidastunut huomattavasti koko 2000-luvun kannan tiheydestä riippuvista syistä. (Suomen ympäristökeskus 2010b)

Vuonna 2010 Suomessa pesivien merimetsojen määrä väheni ensimmäistä kertaa. Kesän 2010 laskennoissa Selkämerellä havaittiin 5186 pesivää paria, mikä oli 8 % vähemmän kuin edellisenä vuonna. Täysin tyhjentyneitä yhdyskuntia löytyi Selkämereltä yksi. Euroopan poikkeuksellisen kylmän talven on arveltu heikentäneen Itämeren pohjoisosien pesivää merimetsokantaa. Yhdyskunnat ovat voineet autioitua kovan talven, edelliskesäisen tai pesimäkauden alun aikaisen häirinnän tai merikotkan lisääntyneen saalistuksen johdosta. (Suomen ympäristökeskus 2010b)

Kuva 33. Merimetso pesii yhdyskuntina puuttomilla luodoilla (kuva: © RKTL)

Pesintä

Merimetso pesii ulkosaariston lähes puuttomilla luodoilla, joitakin yhdyskuntia on havaittu myös puissa. Pesimäkausi on pitkä, naaras aloittaa muninnan jo huhtikuun puolivälissä ja myöhäisimmät saavat poikaset lentoon vasta heinäkuun loppupuoliskolla. Haudonta kestää vajaan kuukauden ja poikaset ovat lentokykyisiä noin kahden kuukauden ikäisinä. Yksi pari tuottaa lentopoikasia keskimäärin 1–2, kun munia pesää kohden on keskimäärin 3–4. (Suomen ympäristökeskus 2010a)

Ravinnonkäyttö
Merimetson ravintoa on tutkittu ja tutkitaan Riista ja kalatalouden tutkimuslaitoksessa (RKTL). Merimetso käyttää ravinnokseen yksinomaan ruokailualueellaan runsaana esiintyviä sopivan kokoisia kaloja (pääsääntöisesti 10–25 cm pitkät kalat). Aikuisen merimetson ravinnontarve on noin 350–500 g kalaa vuorokaudessa. Merimetsot pyydystävät saaliinsa sukeltamalla 10–20 metrin syvyydestä. (Auvinen 2010, RKTL 2010a, RKTL 2010b)

Vuoden 2010 ravintotutkimuksissa Selkämerellä massaltaan merkittävimmät saalislajit olivat kivinilkka, silakka, särki, kiiski ja ahven ja kappalemääräisesti tärkeimmät kalalajit olivat kivinilkka, kiiski, kolmipiikki ja silakka. (RKTL 2010b)

Merimetson aiheuttama haitta
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen alustavien selvitysten perusteella merimetson käyttämällä ravinnolla voi olla alueellista vaikutusta taloudellisesti hyödynnettävien kalakantojen kehitykseen. Puolet rannikkokalastajista katsoi selvityksessä merimetson vaikeuttavan elinkeinonharjoittamista aiheuttamalla saaliin vähenemistä sekä pyydys- ja kalavaurioita. Kalastajista 42 % katsoi merimetson aiheuttaneen taloudellisia menetyksiä. Merimetso on luonnonsuojelulain 38 §:n nojalla ympäri vuoden rauhoitettu. Pesivä yhdyskunta saattaa paikallisesti aiheuttaa vakavaa vahinkoa myös muille kuin taloudellisille arvoille, kuten virkistys- ja maisema-arvoille. (Ympäristöministeriö 2010, 2005)

Merimetson aiheuttamaa haittaa tiedustelevien kyselyjen vastauksissa ilmenee selvästi huoli kannan voimakkaasta runsastumisesta ja sen vaikutuksista kalastoon ja kalastukseen. Merimetson aiheuttamien haittojen vähentämiseksi on ehdotettu kannan koon rajoittamista.

Ympäristöministeriö on keväällä 2010 julkaissut ohjeen (Ympäristöministeriö 2010) poikkeuksien myöntämiseksi lajirauhoitussäännöksiin merimetsojen osalta. Rauhoitussäännöksistä poikkeaminen voidaan sallia mikäli ohjeen ehdot täyttyvät. Poikkeuksista päättää alueellinen viranomainen (ELY-keskus). Kantaa voidaan rajoittaa perustuen paikalliseen tarpeeseen häätää merimetsot tietyltä alueelta tai laajempaan tarpeeseen rajoittaa koko rannikon kantaa. Varsinais-Suomen ELY-keskus myönsi poikkeuslupia merimetsojen ampumiseen ja munien tuhoamiseen kesällä 2010 (RKTL 2010a). Myöhemmin vuonna 2010 Turun hallinto-oikeus kumosi päätöksen laittomana.

3.5 Pohjaeläimet

Ville Kangasniemi, Pyhäjärvi-instituutti

Pohjaeläimet ovat selkärangattomia eläinlajeja, jotka ovat ainakin jossain elinkiertonsa vaiheessa sidoksissa vesiympäristöön (Särkkä 1996). Pohjaeläimet ovat tärkeä osa Selkämeren ekosysteemiä: ne muokkaavat merenpohjan pintasedimenttiä ja hajottavat siinä olevaa orgaanista ainesta parantaen samalla sedimentin happiolosuhteita (HELCOM 2009). Pohjaeläimet ovat myös monien kala-vesilintulajien ravintoa. Monet pohjaeläinlajit ovat herkkiä elinympäristön muutoksille ja ne menestyvät vain tietyissä olosuhteissa, joten pohjaeläinyhteisön rakenne kertoo osaltaan vesialueen ekologisesta tilasta.

Selkämeren pohjaeläinyhteisöt ovat murtoveden alhaisen suolapitoisuuden vuoksi vähälajisia ja koostuvat sekä sisävesille että merialueille tyypillisistä lajeista. Alueella yleisesti tavattavia kuorellisia pohjaeläimiä ovat liejusimpukka (*Macoma Balthica*) ja monet kotilot, kuten sukkulakotilot (*Hydrobia* sp.) ja vaeltajakotilo (*Potamopyrgus antipodarum*). Matomaisista pohjaeläimistä yleisimpiä ovat lukuisat harvasukasmatolajit (Oligochaeta), monisukasmatoihin kuuluva Amerikansukasjalkainen (*Marenzelleria* sp.) sekä makkaramato (*Halicryptus spinulosus*) ja viherlimamato (*Cyanophthalma obscura*). Muita valtalajeja ovat kilkki (*Saduria entomon*), valkokatka (*Monoporeia affinis*), surviaissääsken toukat (Chironomidae) ja merirokko (*Balanus improvisus*).

3.5.1 Selkämeren pohjaeläimistö jäähdytysvesien vaikutusalueella

Ville Kangasniemi, Pyhäjärvi-instituutti

Olkiluodon merialueella on tehty ydinvoimalaitoshankkeiden vuoksi biologista näytteenottoa ja tutkimusta vuodesta 1972 lähtien (Ilus 2009). Pohjaeläimet ovat rajoittuneen liikkuvuutensa vuoksi alttiita vedenlaadun muutoksille (Bäck ym. 2006), joten pitkäaikaisilla pohjaeläintutkimuksilla saadaan tietoa sekä vesialueen senhetkisestä tilasta että siinä tapahtuneista muutoksista. Tarkastelin Pro gradu -tutkielmassani (Kangasniemi 2010) Olkiluodossa lähes 40 vuotta jatkuneiden vedenlaatu- ja pohjaeläintutkimusten tuloksia ja vertasin niitä Rauman ja Pyhämaan merialueiden vastaaviin tuloksiin.

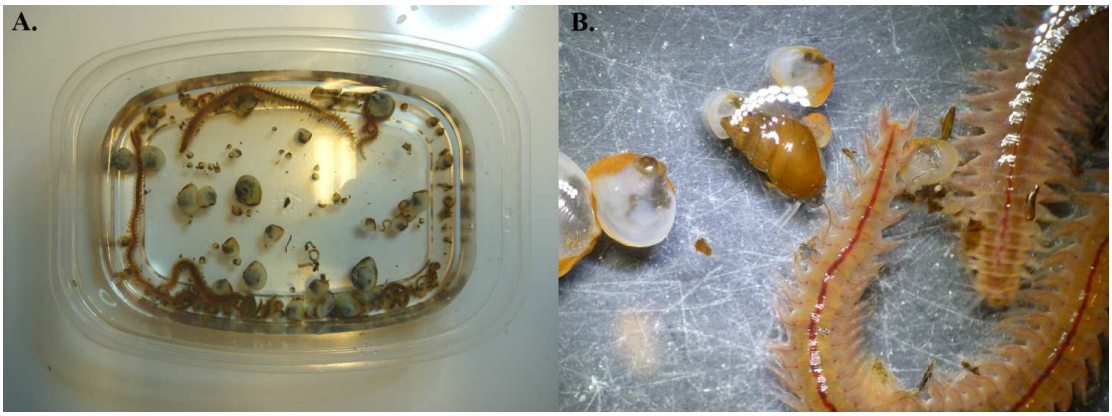
Olkiluodon merialue on harvan saariston ja kivikkoisen rantaviivan rajaama vesialue Rauman pohjoispuolella. Alueen keskisyvyys on alle 10 metriä ja merenpohja vaihtelee suojaisten lahtien ja Olkiluodon saarta rajaavien salmien pehmeistä savi- ja liejupohjista merenpuoleisten alueiden hiekkaa ja kiviainesta sisältäviin koviin eroosiopohjiin (Keskitalo & Ilus 1987). Merialueen tila on EU:n vesienhoidon seurantaohjelman mukaan luokkaa hyvä (Ympäristöhallinto 2010) ja merenpohjan tila vaihtelee terveen, puoliterveen ja likaantuneen välillä (Kirkkala & Turkki 2005). Alueelle laskevat Eurajoki ja Lapinjoki kuljettavat mukanaan ravinteita ja kiintoainetta ja vaikuttavat osaltaan merialueen vedenlaatuun.

Teollisuuden voima Oy (TVO) rakensi Olkiluotoon 1970- luvulla kaksi ydinvoimalaitosyksikköä, jotka otettiin käyttöön vuosina 1978 ja 1980. Voimalaitosten jäähdytykseen käytetään merivettä keskimäärin 60 m^3/s (Turkki 2011). Jäähdytysveden lämpötila nousee prosessin aikana noin 13 °C ja lämmennyt vesi johdetaan purkukanavan kautta takaisin mereen. Jäähdytysvedet nostavat Olkiluodon lähivesien pintalämpötilaa ja estävät jääpeitteen muodostumista Olkiluodon edustalle. Tutkimuksissa on havaittu, että jäähdytysvedet pidentävät kasviplanktonin ja pohjalevien kasvukautta (Mattila ym. 2003) ja vaikuttavat vesikasvilajiston rakenteeseen (Keskitalo & Ilus 1987) purkualueen läheisyydessä.

Huomattavia muutoksia neljän vuosikymmenen saatossa

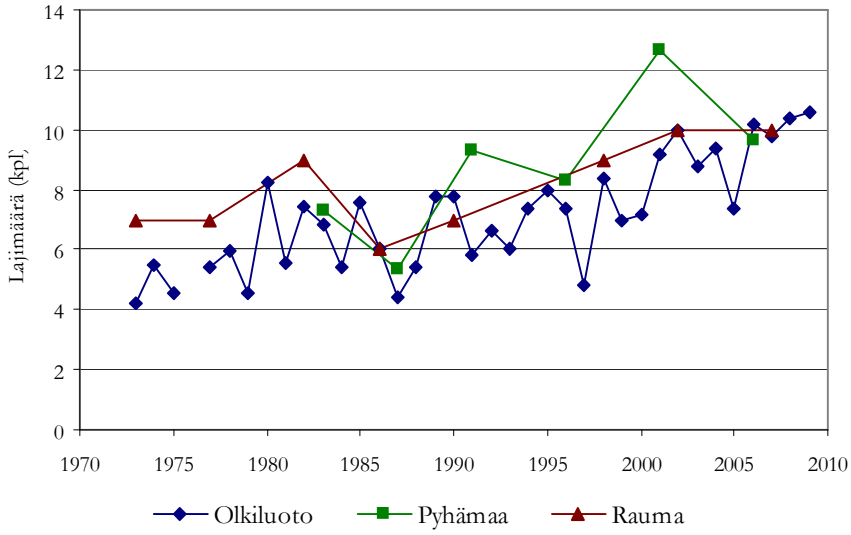
Olkiluodon merialueen pohjaeläintutkimuksissa on tavattu vuodesta 1973 lähtien yhteensä 81 eri pohjaeläinlajia tai -lajiryhmää. Merialueen ylivoimaisesti yleisin laji on liejusimpukka (*Macoma balthica*) (Kuva 34), jonka populaatiotiheys on ollut pääsääntöisesti 50 % pohjaeläinyhteisön kokonaistiheydestä. Alueen muita valtalajeja ovat amerikansukasjalkainen (*Marenzelleria* sp.), *Tubificidae*-heimon harvasukasmadot, vaeltajakotilo (*Potamopyrgus antipodarum*) ja suojaisemmilla

pohjilla *Chironomus*-suvun surviaissääsket. Rauman ja Pyhämaan vertailualueiden pohjaeläinyhteisöt vastaavat joitain poikkeuksia lukuun ottamatta Olkiluodon pohjaeläinyhteisöä.

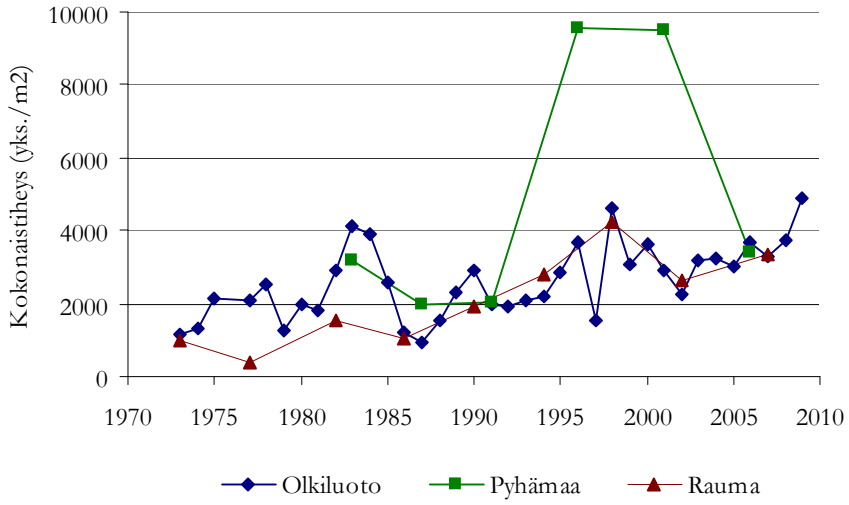


Kuva 34 A. Olkiluodon pohjaeläimiä. B. Yleisimpiä lajeja vasemmalta oikealle: liejusimpukka (*Macoma balthica*), vaeltajakotilo (*Potamopyrgus antipodarum*) ja amerikansukasjalkainen (*Marenzelleria* sp.). Kuvat: Posiva Oy.

Olkiluodon pohjaeläinyhteisössä on havaittavissa selviä pitkäaikaismuutoksia, jotka ovat olleet samanaikaisia ja -suuntaisia vertailualueilla tapahtuneiden muutosten kanssa. Sekä pohjaeläinyhteisön lajimäärä että kokonaistiheys ovat kaksinkertaistuneet neljän vuosikymmenen aikana (Kuva 35 ja Kuva 36). Valkokatkaa (*Monoporeia affinis*) ei ole tavattu merialueilla 1990-luvun alun jälkeen (Kuva 37) ja myös muiden katkalajien ja kilkin (*Saduria entomon*) määrät ovat vähentyneet selvästi. Amerikansukasjalkainen on tulokaslaji, joka levisi Itämeren alueelle 1980-luvulla (Zettler ym. 2002). Laji havaittiin ensi kertaa Olkiluodossa ja vertailualueilla 1990-luvun alkupuolella, jonka jälkeen se on noussut yleiseksi lajiksi kaikilla alueilla (Kuva 37). Myös toisen Itämeren tulokaslajin, vaeltajakotilon, määrät ovat kasvaneet merkittävästi 2000-luvun aikana. Liejusimpukan populaatiokoko on vaihdellut huomattavasti koko 2000-luvun ja viimeisimpien tutkimustulosten mukaan lajin yksilömäärät ovat pienentyneet huomattavasti Olkiluodossa (Turkki 2011).



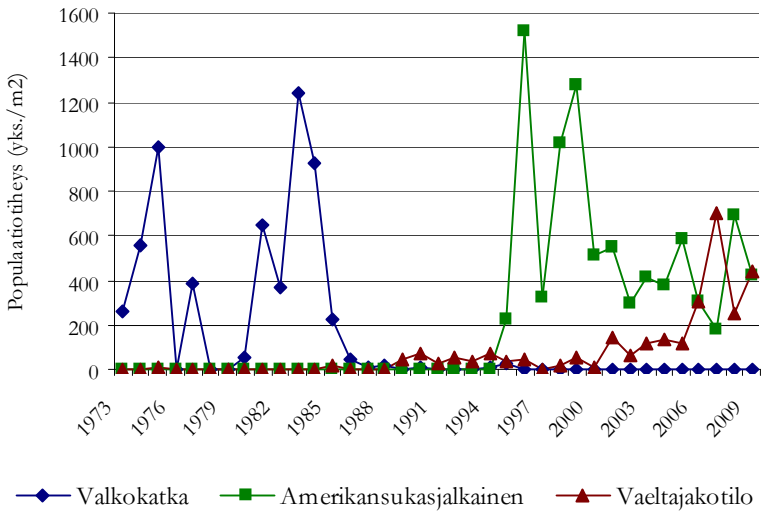
Kuva 35. Pohjaeläinyhteisön lajimäärä Olkiluodossa ja vertailualueilla vuosina 1973–2009.



Kuva 36. Pohjaeläinyhteisön kokonaistiheys Olkiluodossa ja vertailualueilla vuosina 1973–2009. Pyhämaan huomattavan suuret tiheydet 1990- ja 2000-luvulla johtuvat amerikansukasjalkaisen runsastumisesta.

Muutosvoimana yleinen rehevöitymiskehitys

Käytössä olleiden tutkimustietojen ja -menetelmien mukaan ydinvoimalaitoksen jäähdytysvedet eivät ole vaikuttaneet merkittävästi Olkiluodon merialueen pohjaeläinyhteisöön. Jäähdytysvesien lämpövaikutus kohdistuu Olkiluodossa pääasiassa veden pintakerrokseen, joten pohjaeläimiin kohdistuva suora lämpöstressi jäänee vähäiseksi. Mikäli jäähdytysvedet ovat muuttaneet epäsuorasti alueen pohjaeläinyhteisöä, niin muut alueella vaikuttavat tekijät estävät näiden muutosten havainnoinnin.



Kuva 37. Olkiluodon pohjaeläinlajien populaatiotiheyksien muutoksia vuosina 1973–2009

Pohjaeläinyhteisössä havaittujen muutosten suurimpana yksittäisenä syynä voidaan pitää Itämeren yleistä rehevöitymiskehitystä. Etenevä rehevöityminen on lisännyt kasviplanktonin sekä vesikasvien ja -levien kasvua, mikä on parantanut pohjaeläinyhteisön elinolosuhteita ja johtanut yhteisön lajimäärän ja kokonaistiheyden kasvuun (Vuorinen & Hänninen 2001, Karlsson ym. 2002). Kohonnut perustuotannon taso on lisännyt kuolleen kasvi- ja levämassan kasautumista merenpohjille, mikä on johtanut bakteerien hajotustoiminnan kiihtymiseen ja pohjanläheisen veden happipitoisuuden laskuun (Karlsson ym. 2002). Happipitoisuuden laskua ilmentävät liejusimpukan populaatiokoon vaihtelut (Turkki 2011) sekä muuttuvia olosuhteita sietävien *Tubificidae-*

harvasukasmatojen ja *Chironomus*-surviaissääskien (Vuori ym. 2009) ajoittainen runsastuminen Olkiluodon merialueella.

Selkämeren pohjaeläinyhteisöjen tulevaisuus

Pohjaeläinyhteisöjen tulevaisuuden tila Olkiluodossa ja muualla Selkämerellä on monen tekijän summa. Yleinen rehevöitymiskehitys määrää muutossuunnan ja siihen tulee vaikuttamaan myös ilmastonmuutos, jonka on ennustettu kiihdyttävän Itämeren rehevöitymistä ja nostavan meriveden pintalämpötilaa keskimäärin 2–4 °C vuoteen 2100 mennessä (HELCOM 2007). Sekä etenevä rehevöityminen että ilmastonmuutos edistävät vieraslajien leviämistä Itämeren alueelle (Leppäkoski & Olenin 2001) ja Olkiluoto on kasvavan jäähdytysvesimäärän vuoksi erityisen otollinen alue uusille tulokkaille.

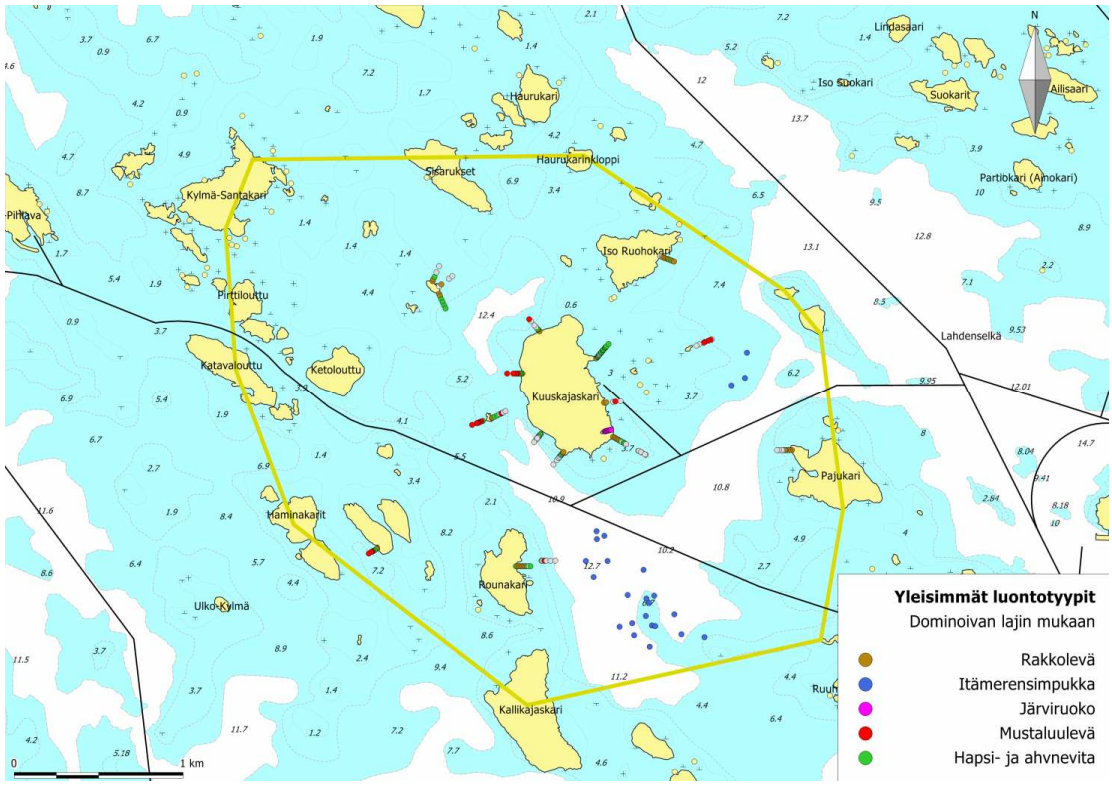
Tulevaisuudessa jäähdytysvesien lämpövaikutus tulee suurella todennäköisyydellä korostumaan, sillä ydinvoiman lisärakentaminen vähintään kaksinkertaistaa jäähdytysveden käytön Olkiluodon merialueella (TVO 1999, 2008). Mahdolliset muutokset Olkiluodon vedenalaisessa luonnossa heijastelevat ilmastomallien ennustamaa, tulevaisuuden Selkämeren tilaa. Uuden tutkimustiedon yhdistäminen kansainvälisesti merkittävään Olkiluodon näytteenottohistoriaan avaa monia mahdollisuuksia ja ydinvoiman lisärakentaminen voidaan nähdä mahdollisuutena Selkämeren ilmastonmuutostutkimukselle.

CASE: Tutkimussukeltajat Rauman edustalla

Mikko Toivola, Suomen riistakeskus Varsinais-Suomi

Pinnan alla oleva kasvillisuus muodostaa peruslähtökohdan monien meressä elävien eliöiden elämän alkuvaiheelle. Kalat, kalojen poikaset ja selkärangattomat muodostavat yhdessä vedenalaisen kasvillisuuden kanssa eliöyhteisön, joka on pääosin ihmisen silmiltä piilossa. Usein myös tähän yhteisöön kohdistuvat muutokset jäävät ihmisiltä huomaamatta. Muuttuva Selkämeri -hankkeen yhtenä toimenpiteenä tehtiin alustava luontotyyppikartoitus Rauman edustalla sijaitsevan Kuuskajaskarin saaren ympärillä. Kartoitus tehtiin yhteistyössä Alleco Oy:n kanssa, jolla on pitkä kokemus vedenalaisen kasvillisuuden kartoitustyöstä. Kartoituksen tuloksena huomattiin, että Selkämerenkin vedenalaisissa elinympäristöissä on havaittavissa rehevöitymisen merkkejä. Havaittiin, että Selkämerikin on tiiviisti kytkeytynyt Itämeren yleiseen kehitykseen, jonka myötä elinympäristöjen tila on muuttumassa heikommaksi.

VELMU:ssa eli vedenalaisen monimuotoisuuden inventointiohjelmassa kartoitetaan Suomen rannikon vedenalaista luontoa. VELMU:n tavoitteena on kuva merialueillamme esiintyvistä luontotyypeistä ja tietoperusta meriympäristön suojelulle. Työssä ovat mukana monet viranomaistahot, kuten Syke, Metsähallitus, RKTL ja Geologian tutkimuslaitos. Kortensa kekoon kantavat myös pienemmät yritykset ja yhteisöt erilaisten hankkeiden avulla. Resursseja varsinaiseen inventointityöhön on ollut jaossa varsin vähän ja esimerkiksi Selkämeren alueella inventointityö on vasta alussa. Tästä syystä hankkeiden tuomat lisätiedot ovat arvokas lisä. Tässä kirjoituksessa esiteltävä työ onkin esimerkki varsin pienellä budjetilla toteutetusta Velmu-osatyöstä. Ajatus Rauman edustalla tehtävästä kartoituksesta syntyi Muuttuva Selkämeri -hankkeen ja Alleco Oy:n yhteistyönä. Alleco Oy:n konsultoiman tutkimussukelluskurssin kenttätyöjakso sopi hyvin yhteen hankkeen tavoitteiden kanssa. Kartoituksen ajankohdaksi valikoitui elokuun puoliväli vuonna 2009.



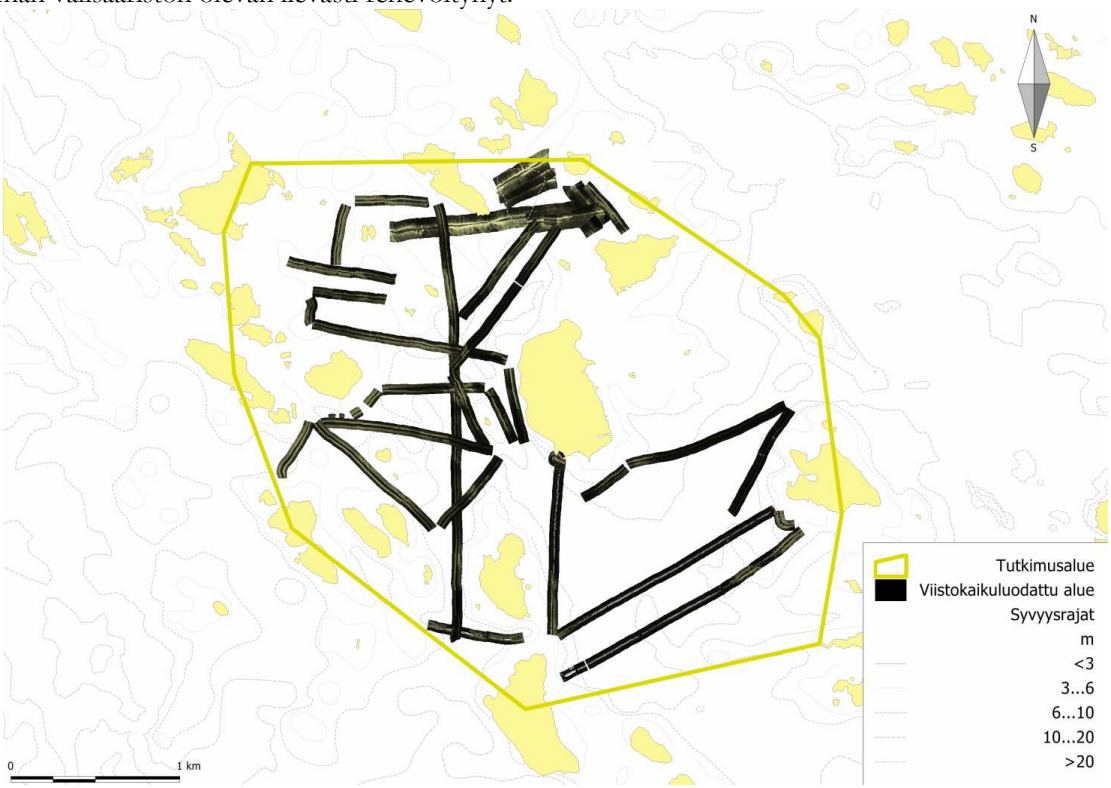
Kuva 38. Kuuskajaskarin ympäristön tutkimusalue ja sen ympäriltä löytyneet luontotyypit (pohjakartta © Merenkulkulaitos lupa nro. 1118/721/2009).

Kuuskajaskarin luontotyyppikartoitukset toteutettiin saaren lähiympäristössä. Osa tutkimusalueesta kuuluu Natura-2000 verkostoon. Luontotyyppikartoitus perustui tutkimussukelluskurssin opiskelijoiden sukeltaen tekemiin kasvillisuuskartoituksiin ja heidän ottamiinsa pohjaeläinnäytteisiin. Lisäksi tutkimusalueella tehtiin viistokaikuluotausta, jolla erilaisia pohjanlaatuja on mahdollista erotella toisistaan. Biologisen perustan

elinympäristöjen luokittelulle tarjosi Balmar-työkalu (Baltic Marine classification tool) (Alleco Oy 2005), jota soveltaen määriteltiin tutkimuslinjoilta ja pohjaeläinpisteistä löydetyt elinympäristöt. Varsinaisen tutkimustyön ohella kurssi tarjosi tuleville tutkimussukelluksen ammattilaisille mahdollisuuden tutustua Selkämereen ja sen vedenalaiseen maailmaan. Myös tulevan kansallispuiston kannalta on arvokasta, että yhden puiston merkittävimmän matkailukohteen ympäriltä on olemassa tietoa vedenalaisista elinympäristöistä.

Kartoitukset osoittivat lajiston Kuuskajaskarin ympäristössä jakaantuvan selvästi vyöhykkeisiin syvyyden mukaan. Kartoituksen yleisin laji oli rakkolevä. Sitä löytyi syvimmillään yli 4 metrin syvyydestä pääasiallisen kasvusyvyyden ollessa n. 2 metrin syvyydessä. Muita yleisiä näytelinjoilta löytyneitä lajeja olivat ahvenvita, hapsivita, mustaluulevä ja jouhilevä. Harvinaisempia lajeja kuten näkinpartaisleviä ei kartoituksissa löytynyt. Kartoituksissa ei myöskään havaittu uhanalaiseksi määriteltyjä luontotyyppejä, kuten meriajokasniittyjä. Pohjaeläimistä runsain laji oli ylivoimaisesti Itämeren simpukka. Kartoituksessa löydetyt luontotyypit koottiin kartalle (Kuva 38).

Irtonaisen rihmalevän määrä oli suurta usealla tehdyllä kasvillisuuslinjalla. Lisäksi viistokaikuluotauksissa havaittiin irtonaisia kuolleita levämattoja (Kuva 39). Suuri kuolleen rihmalevän määrä on merkki alueen rehevöitymisestä tai virtausten mukana alueelle muualta kertyvästä aineksesta. Kartoituksissa tehdyt havainnot vedenalaisen kasvillisuuden tilasta tukevat vedenlaatuarvojen kertomia tietoja, jotka kertovat Rauman välisaariston olevan lievästi rehevöitynyt.



Kuva 39. Kuuskajaskarin ympäristössä suoritetut viistokaikuluotaukset (pohjakartta pohjakartta © Merenkulkulaitos lupa nro. 1118/721/2009).

Yhtenä kurssipäivänä tehtiin sukelluksia myös ulompana saaristossa Absalonin matalikolla, joka osoitti alueella olevan upeita punalevävyöhykkeitä. Ulompana Rauman saaristossa elinympäristöt ovatkin kasvillisuuden osalta välisaaristoa paremmassa kunnossa. Syynä tähän voivat olla alueen avoimuus, valon parempi saatavuus ja sitä myöten paremmat kasvuolosuhteet. Tulevassa Selkämeren kansallispuistossa on siis vedenalaisten elinympäristöjen osalta sekä huolen että ihailun aiheita.

4 ELINKEINOT

Ilmastonmuutoksella tiedetään olevaan merkittäviä vaikutuksia elinkeinoihin, jotka perustuvat luonnonvarojen käyttöön. Satakunnan elintarvikealan kehittämisohjelmassa 2007–2013 ilmastonmuutokseen varautuminen on kirjattu tärkeänä alan kehittämiseen vaikuttavana tekijänä. Muuttuva Selkämeri -hankkeessa elinkeinotarkasteluun valittiin peltoviljely, ammattikalastus sekä merenkulku.

4.1 Maatalous ja ilmastonmuutos Satakunnassa

Kaija Hakala ja Tapio Salo, MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus

Ilmastonmuutos parantaa kasvintuotannon edellytyksiä, mutta saattaa lisätä ympäristöongelmia Satakunnan alueella

Ilmasto muuttuu lämpimämmäksi koko maailmassa, erityisesti pohjoisilla alueilla
Lisääntyvät kasvihuonekaasupäästöt nostavat maapallon lämpötilaa ja vaikuttavat sen ilmastoon. Riippuen päästöjen määrästä ilmaston on ennustettu lämpenevän seuraavien 100 vuoden aikana 1-6 ºC. IPCC:n päästöskenaario B1, jonka mukaan päästöjä voidaan hillitä, ennustaa keskimäärin noin 1,2 ºC lämpenemistä 2050-luvulle ja keskimäärin noin 1,8 ºC lämpenemistä 2090-luvulle. Kasvavien päästöjen skenaario A2 ennustaa vastaaviksi luvuiksi noin 1,8 ja 3,4 ºC (IPCC 2007b ja 2007c). EU:n tavoite pysäyttää lämpötilan nousu 2 ºC:een esiteolliseen aikaan verrattuna tarkoittaa, että päästöjen hillinnän on onnistuttava erityisen hyvin. Jaksoon 1980–1999 verrattuna lämpötilan nousun pitäisi olla vain noin 1,5 ºC jaksoon 2090–2099 mennessä. Vaikka kaikki päästöt säilytettäisiin vuoden 2000 tasolla, ilmasto jatkaisi lämpenemistään 0,1 ºC vuosikymmenessä, jolloin vuonna 2100 lämpötila olisi noussut keskimäärin 0,6 ºC nykytilaan verrattuna ja noin 1 ºC esiteolliseen aikaan verrattuna (IPCC 2007b). Jotta päästöjen rajoitukset toteutuisivat, elämäntavan muutosten olisi oltava huomattavia, sillä vielä 1990-luvulta 2000-luvulle tultaessa vuosittaiset CO2-päästöt kasvoivat noin 12–13 % eli 6,4 gigatonnista 7,2 gigatonniin hiiltä.

Korkeilla leveysasteilla, kuten meillä täällä pohjoisessa, lämpötilan nousun on ennustettu olevan noin 1,5 kertaa suurempaa kuin maapallon keskimääräiset lukemat. Lämpötilan nousun ohella myös maapallon sademäärän on ennustettu kasvavan. Tämäkin muutos riippuu kuitenkin alueesta. Sademäärä nousee eniten korkeimmilla leveysasteilla, kun taas matalilla leveysasteilla sademäärä todennäköisimmin laskee (IPCC 2007b). Sekä sademäärän että lämpötilan muutokset vaihtelevat myös vuodenajoittain: korkeilla leveysasteilla, kuten Suomessa, sekä lämpötilojen että sademäärän on ennustettu nousevan eniten talvella ja syksyllä, mutta hiukan myös kasvukaudella (Jylhä ym. 2004, IPCC 2007b). Matalillakin leveysasteilla, kuten Välimeren maissa, sademäärät hiukan nousevat talvella, mutta laskevat rajusti kesällä.

Suomessa ja muualla Pohjois-Euroopassa kasvintuotanto voi hyötyä kohonneesta lämpötilasta ja siten pidentyneestä kasvukaudesta, mutta lämpötilan noustessa yli 3 ºC myös pohjoisten alueiden maatalouden tuottavuus alkaa heikentyä. Varsinkin kuivuusongelmien on ennustettu lisääntyvän ilmaston muuttuessa. Jo nyt kuivuudesta kärsivillä alueilla kuten Välimeren alueet ja Afrikan kuivuusalueet jo pienikin 1–2 ºC keskilämpötilan muutos voi johtaa maataloustuotannon laskuun (IPCC 2007c). Paitsi pienempi sademäärä, myös ilmaston lämpeneminen, josta kuivuuskin osaltaan johtuu, lisää kasvien kokemaa kuivuusstressiä lisääntyvän haihdunnan kautta.

Ilmasto lämpenee ja sateisuus muuttuu Satakunnassa
Satakunnassa on sekä mereisiä että mantereisempia alueita. Jo nykypäivänä näiden alueiden ilmastot poikkeavat toisistaan melko tavalla (Taulukko 3 ja 4). Tehoisa lämpösumma[12] on sekä Satakunnan mereisillä[13] että mantereisilla alueilla[14] noin 1200 astepäivää. Talvi on pari viikkoa pidempi ja kasvukausi noin viikon lyhempi Satakunnan sisäosissa kuin rannikolla. Kasvukausi tosin alkaa

[12] päivän keskilämpötiloista koko kasvukaudelle summattu astemäärä, kun joka päivän keskilämpötilasta on ensin vähennetty 5 ºC
[13] Rauman-Porin alue, 61–61,5ºN, 21–21,5ºE
[14] Euran-Kauttuan alue, 61–61,5ºN, 22–22,5ºE

sisämaassa noin viikkoa aiemmin, mutta myös päättyy noin kahta viikkoa aiemmin kuin rannikolla. Sademäärä on Satakunnan sisäosissa suurempi kuin rannikolla. Varsinkin kasvukauden aikana (kesä-elokuu) sademäärien ero on suuri, 35 mm. Vaikka koko kasvukauden lämpösumma on suurin piirtein sama molemmilla alueilla, sisämaassa realistisen kasvintuotannon lämpösumma kylvöstä korjuuseen (T sum kylvö–15.9. Taulukossa 3 ja 4) on sisämaassa huomattavasti korkeampi kuin rannikolla. Tämä tarkoittaa sitä, että kesä on sisämaassa lämpimämpi kuin rannikolla, vaikka kasvukausi onkin rannikolla pidempi.

Taulukko 3. Kasvukauden säätekijöitä Satakunnassa nyt ja tulevaisuudessa[15]. Rauma-Pori (mereinen alue, 61–61,5ºN, 21–21,5ºE)

Vuosi	Talvi pv	Kasvuk. pv	Kasvuk. alkaa	Kasvuk. päättyy	T sum kasvuk. ºC	T sum kylvö-15.9., ºC	sade syys mm	sade talvi mm	sade kevät mm	sade kesä mm
1986	123	178	2.5.	26.10	1204	1079	178	118	96	174
2025										
B1	88	192	26.4.	3.11.	1391	1226	185	125	100	181
A2	92	192	26.4.	3.11	1393	1229	185	124	100	179
2055										
B1	59	201	22.4.	8.11	1524	1325	190	131	103	180
A2	35	208	19.4.	12.11.	1612	1387	193	133	104	184
2085										
B1	38	209	19.4.	13.11.	1627	1401	195	133	105	188
A2	0	237	5.4.	27.11.	1922	1589	205	146	109	190

Taulukko 4. Kasvukauden säätekijöitä Satakunnassa nyt ja tulevaisuudessa. Eura-Kauttua (mantereinen alue, 61–61,5ºN, 22–22,5ºE)

Vuosi	Talvi pv	Kasvuk. pv	Kasvuk. alkaa	Kasvuk. päättyy	T sum kasvuk., ºC	T sum kylvö–15.9., ºC	sade syys mm	sade talvi mm	sade kevät mm	sade kesä mm
1986	136	172	26.4.	14.10	1212	1122	179	121	103	209
2025										
B1	117	185	21.4.	22.10	1391	1279	186	128	107	218
A2	117	184	21.4.	21.10.	1394	1282	186	128	107	215
2055										
B1	102	193	18.4.	27.10.	1518	1385	191	134	110	215
A2	87	199	15.4.	30.10.	1602	1446	194	137	111	222
2085										
B1	89	202	14.4.	1.11.	1617	1469	197	137	112	227
A2	8	223	3.4.	11.11.	1896	1654	206	150	117	229

Ilmasto muuttuu Satakunnan alueella samalla tavalla kuin muuallakin Suomessa (Hakala ja Peltonen-Sainio 2008). Kasvukausi alkaa aikaisemmin ja päättyy myöhemmin, lämpösumma kasvaa, talvet lyhenevät ja sateisuus lisääntyy. Riippuen globaalien päästöjen hillinnän onnistumisesta, muutokset voivat jäädä suhteellisen pieniksi (B1-skenaario) tai ne voivat olla melko suuria (A2-skenaario) (Taulukko 3 ja 4). Kasvukausi aikaistuu ja pitenee ja kasvukauden lämpösumma nousee nopeammin

[15] Talvi pv = niiden päivien lukumäärä, joiden keskilämpötila on alle 0 ºC.
Kasvuk. pv = kasvukauden pituus, eli niiden päivien lukumäärä, joiden keskilämpötila ylittää 5 ºC.
T sum = kasvukauden aikaisten päivien keskilämpötilojen summa, kun keskilämpötilasta on ensin vähennetty 5 ºC
T sum kylvö–15.9. = yli 5 ºC lämpötilojen summa kylvöstä todennäköiseen korjuuseen (15.9.). Kylvöt suoritetaan v. 1986 keskimäärin 12.5., v. 2025 5.5., v. 2055 28.4. ja v. 2085 21.4.
Sade syys, talvi, kevät ja kesä = sademäärä yhteensä (mm) syyskuu-marraskuu, joulukuu-helmikuu, maaliskuu-toukokuu ja kesäkuu-elokuu.
B1 = pienten kasvihuonekaasupäästöjen skenaario
A2 = suurten kasvihuonekaasupäästöjen skenaario

Satakunnan rannikon alueella kuin sisämaassa. Sen sijaan realistisen kasvintuotannon eli kylvöstä korjuuseen lasketun ajanjakson lämpösumma kasvaa huomattavasti enemmän mantereisilla kuin mereisillä Satakunnan alueilla (Taulukko 3 ja 4). Kun samalla kasvukauden sademäärä nousee enemmän mantereisilla alueilla, voidaan sanoa, että kasvintuotannon näkökulmasta ilmasto-olot paranevat Satakunnan mantereisilla alueilla enemmän kuin mereisillä, kun ilmasto muuttuu.

Talvi sen sijaan lyhenee enemmän rannikolla kuin sisämaassa. A2-skenaariossa vuosisadan lopulle tultaessa talvipäiviä ei ole Rauman ja Porin alueella keskimäärin lainkaan. Tämä ei tarkoita sitä, ettei pakkaspäiviä olisi enää koskaan tällä alueella, vaan leutojen talvien todennäköisyys lisääntyy niin paljon, että keskimäärin 30 vuoden jaksolla pysytään nollan yläpuolella. Myös sisämaassa talvi lyhenee A2-skenaariossa niin paljon, että alle nollan meneviä päiviä olisi enää runsas viikko. Rannikolla talvi lyhenee B1-skenaariossakin vuosisadan loppuun mennessä miltei Tanskan nykypäivän lukemiin (38 talvipäivää, Tanskassa 1–25), kun sisämaassa B1-skenaariossa talvi on vielä vuosisadan lopullakin 89 päivän pituinen (Taulukko 3 ja 4).

Kuva 40. Ilmastonmuutoksen myötä leutojen talvien ennustetaan lisääntyvän. (kuva: Jos Helmich)

Maatalouden edellytykset Satakunnassa paranevat

Kasvintuotannon edellytykset Satakunnassa vastaavat tällä hetkellä Etelä-Suomen kasvintuotannon edellytyksiä. Ilmaston muutos tuo Satakunnan kasvintuotantoon samanlaisia muutoksia kuin muuallekin Etelä-Suomeen (Peltonen-Sainio ym. 2009b). Kun kasvukausi pitenee, voidaan ottaa käyttöön viljelykasvilajikkeita, jotka tuleentuvat myöhemmin ja tuottavat siten suuremman sadon. Tällä hetkellä Suomen satotasot ovat vain puolet esim. Tanskan satotasosta (FAO 2010). Vuosisadan loppuun mennessä meillä saattavat vallita ilmasto-olot, jotka muistuttavat nykypäivän Tanskan oloja (Hakala ja Peltonen-Sainio 2008, Peltonen-Sainio ym. 2009c).

Nykyisin viljeltävät kevätkylvöiset viljelykasvit saavuttanevat Tanskan satotasot viimeistään vuosisadan puolenvälin jälkeen. Ohralla ja kauralla Tanskan satotasoihin saatetaan päästä jo vuoteen 2040 mennessä (keskiarvoilmasto 2025), kun taas vehnällä ja kevätrapsilla Tanskan satotasot saavutettaneen vasta seuraavan 30-vuotiskauden (2040–2070, keskiarvo 2055) aikana (Peltonen-Sainio ym. 2009b). Satotasojen nousu edellyttää kuitenkin lisääntyviä panoksia lannoituksessa, kasvinsuojelussa ja peltojen vesitalouden hallinnassa. Lisäksi meille on saatava uusia lajikkeita nykyisin viljeltävistä kasveista, jotta parantuneet olot tulisi hyödynnettyä parhaalla mahdollisella tavalla.

Talvien leudontuessa myös syksyllä kylvettävät eri viljelykasvien talvehtivat muodot voivat yleistyä. Tämä toisi vielä lisää satoa ja tuottoa kasvinviljelyyn. Esim. syysvehnän sato on jo nyt talvehtimisen onnistuessa huomattavasti isompi kuin kevätvehnän sato, jota usein verottaa Etelä-Suomessa

alkukesän kuivuus (Peltonen-Sainio ym. 2009b). Syyskylvöiset kasvit voivat käyttää paremmin hyödyksi talvisateiden tuoman maan kosteuden ja aikaistuneen kasvukauden, sillä ne voivat periaatteessa alkaa kasvaa heti kun olot tulevat suotuisiksi. Kevätkylvöjä varten on aina odoteltava maan riittävää kuivumista, jotta maan rakenne ei työkoneiden alla huonontuisi, mistä johtuen kylvö ja kasvuun lähtö tapahtuvat kevätkylvöisillä kasveilla huomattavasti kasvukauden alun jälkeen (Kaukoranta ja Hakala 2008).

Kokonaan uusiakin viljelykasveja voidaan ottaa käyttöön. Esim. rehumaissi saattaa vuosisadan lopulla menestyä yleisesti jo Satakunnassakin, ainakin jos ilmastonmuutos etenee A2-skenaarion mukaan[16]. Eniten maatalous tulee kuitenkin hyötymään nyt vähän viljeltyjen kasvilajien yleistymisestä. Mm. valkuaisomavaraisuutemme kannalta tärkeiden palkokasvien viljely voi laajentua, kun ilmasto lämpenee. Tällä hetkellä satoisan härkäpavun lämpösummavaatimus 1060 astepäivää yli 5 asteen peruslämpötilan on viljelyvarmuuden kannalta liian lähellä Satakunnan mereisen alueen realistisen viljelyajanjakson lämpösummaa 1079 (Tsum kylvö–15.9. taulukossa 2 ja 3). Myös öljyhampun[17] ja rapsin[18] viljelyn edellytykset ovat tällä hetkellä keskimäärin huonot Satakunnan alueella, mutta voivat jo vuoteen 2040 mennessä parantua huomattavasti. Rapsin odotetaankin Etelä-Suomessa korvaavan rypsin jo lähivuosikymmeninä (Peltonen-Sainio ym. 2009a). Rapsin viljely vaikuttaa myös valkuaisomavaraisuuteen. Rapsi on rypsiä huomattavasti satoisampi ja sen jälkeen kun siitä on puristettu öljy, jäljelle jää erinomainen rehun valkuaispitoinen raaka-aine.

Rikkakasvit, taudit ja tuholaiset verottavat maatalouden parantunutta tulosta

Ilmaston muutos näyttäisi lisäävän Satakunnan maanviljelijöiden elinkeinon tuottavuutta. Suuremmat sadot tuovat todennäköisesti maanviljelijöille lisää tuloa, vaikka niitä varten pitäisi lisätä tuotantopanoksia kuten lannoitusta ja kasvinsuojelua. Myös suurempi kasvilaji- ja lajikevalikoima voi auttaa tuottavuuden lisäämisessä. Esim. syyskylvöiset viljat saattavat oikealla tavalla viljelykierrossa käytettyinä auttaa ravinteiden tehokkaammassa otossa ja käytössä ja vähentää ravinnepäästöjä. Kun pellon tuottokyky kasvaa, Suomen elintarvikeomavaraisuus voidaan turvata pienemmällä peltoalalla ja yli jäävää alaa voidaan käyttää esim. bioenergian tuotantoon. Tälläkin tavalla voidaan vähentää ravinnepäästöjä, kun huuhtouma-alttiille alueille voidaan kylvää vaatimattomampia monivuotisia bioenergiakasveja.

Ilmaston muutos ja sen tuomat edut kasvintuotannolle Satakunnassa merkitsevät kuitenkin myös sitä, että samoista kohentuneista kasvuoloista pääsevät nauttimaan myös rikkakasvit, taudit ja tuholaiset (Hakala ym. 2010). Nykyisin meillä olevat tuholais- ja tautilajit ja -kannat voivat runsastua. Alueelle voi tulla uusia tauteja, tuholaisia ja rikkakasveja, jotka eivät viileämmässä ilmastossa ole pystyneet lisääntymään. Kun tähän asti vain vähän viljeltyjen kasvien, kuten härkäpavun, tattarin ja rapsin viljely laajenee, saattavat myös niitä ravintonaan käyttävät tuholaiset, niiden mukanaan tuomat taudit ja niiden seurana viihtyvät rikkakasvit yleistyä. Vielä suurempi haaste on syyskylvöisten kasvien yleistyminen, sillä ne pidentävät kasvinsuojelun tarvetta jopa myöhäiseen syksyyn (Hakala ym. 2010).

Lämpimämmät olot myös sinänsä lisäävät tuholaisten, tautien ja rikkakasvien elinaikaa ja lisääntymismahdollisuuksia. Kasvintuotannon tuloista on jatkossa vähennettävä yhä kasvavat kasvinsuojeluun tarvittavat menot. Lopullinen tuotos maanviljelijällä riippuu kuitenkin markkinoista, kuten tähänkin asti. Jos kasvintuotanto vaikeutuu ilmaston muuttuessa esim. Välimeren alueella, Suomen tuotannolle saattaa syntyä markkinoita näillä alueilla. Myös lisääntyvä lihan kulutus esim. Kiinassa ja Intiassa saattaa nostaa lihatuotteiden ja niiden tuotantopanosten hintaa. Jo nyt Kiina ostaa yhä suuremman osan maailman markkinoilla olevasta soijasta omien eläintensä rehuksi, jolloin soijan hinta on noussut ja Suomenkin maanviljelijöiden tuottamalle rehuvalkuaiselle on syntymässä lisää kysyntää.

[16] lämpötilavaatimus 700–800 astepäivää yli 10 asteen peruslämpötilan
[17] Öljyhampun lämpösummavaatimus 1150
[18] Rapsin lämpösummavaatimus 1090

Biodiversiteetti maataloudessa voi kasvaa
Uusien kasvilajien viljely ja tähän asti vähän viljeltyjen kasvilajien viljelyn laajeneminen voi monipuolistaa maatalouden tuotantokasvi- ja viljelykiertovalikoimaa. Kun peltoviljely muuttuu monipuolisemmaksi, jo pelkästään peltojen kasvilajidiversiteetti kasvaa. Vaikka runsastuvat rikat, taudit ja tuholaiset ovat kasvintuotannossa lähinnä haittaa ja kustannuksia aiheuttavia tekijöitä, monipuolisemman viljelyn mukana lisääntyvät seuralaiskasvit, hyönteiset ja selkärankaiset myös lisäävät maatalousympäristön biodiversiteettiä. Tämän kehityksen edellytys on kuitenkin se, että parantuneita mahdollisuuksia hyödynnetään. EU:n ohjauskeinoilla viljelijöitä voidaan kannustaa mm. monipuolisempiin viljelykiertoihin, jolloin ilmastonmuutoksen mahdollisuuksia voidaan hyödyntää tässäkin mielessä täysimittaisesti.

Ilmaston muutos voi aiheuttaa uusia ongelmia vesistöille
Ilmastonmuutoksen aiheuttama lämpötilan kohoaminen lisää orgaanisen aineksen hajoamista ja samalla ravinteiden vapautuminen nopeutuu. Kasvinjätteissä maahan jäävät ravinteet palautuvat siis kiertoon nopeammin kuin aikaisemmin. Samaten maan hitaasti hajoavan orgaanisen aineksen eli humuksen määrä alkaa hitaasti laskea kohti uutta korkeamman lämpötilan määrittelemää tasapainotilaa.

Sadannan lisääntyminen lähinnä syksyn ja talven aikana tulee lisäämään liukoisten ravinteiden huuhtoutumisriskiä. Tätä vaikutusta korostaa lisäksi lämpötilan nousu, joka vähentää lumisateita, lumen säilymistä ja maan routaantumista. Näin syksyn ja talven sateet johtavat koko talven läpi tasaisena jatkuvaan valuntaan, jossa ei ole havaittavissa nykyisen kaltaista lumien sulamisesta muodostuvaa kevään valumahuippua. Maan läpi suotautuva pohjavalunta lisääntyy pintavalunnan kustannuksella, mikäli ojaverkosto pystyy siirtämään valumavesiä riittävän nopeasti pois pelloilta. Pintavalunnan väheneminen pienentää peltojen eroosiota ja maa-ainekseen sitoutuneen fosforin huuhtoutumista. Pohjavalunnan lisääntyminen puolestaan ”pesee” maaprofiilista aikaisempaa tehokkaammin pois liukoiset ravinteet, joista nitraattityppi on tärkein.

Torjunta-aineiden huuhtoutumiseen lämpötilan ja sadannan muuttumiselle on vastaavat vaikutukset. Keväällä ja kesällä levitetyt torjunta-aineet hajoavat maaperässä nopeammin ennen syysvaluntojen alkamista. Vastaavasti syksyllä levitetyt torjunta-aineet huuhtoutuvat aikaisempaa tehokkaammin valunnan lisäyksen seurauksena.

Kuva 41. Ilmastonmuutos voi lisätä vesistöjen kuormitusta. (kuva: Jos Helmich)

MMM:n rahoittamassa Ilmastonmuutokseen sopeutuminen maa- ja elintarviketaloudessa (ILMASOPU) -hankkeessa arvioitiin typpikuormituksen lisääntyvän erilaisissa skenaarioissa 29–64 %. Huuhtouman lisääntyminen tapahtui marras-helmikuun aikana. Hankkeessa käytettiin kolmea

erilaista mallitarkastelua, joissa kaikissa toteutui lumipeitteen ja kevään lumen sulamisvalunnan väheneminen.

Erilaisten ilmastonmuutosskenaarioiden vaikutuksia valuntaan, lumipeitteeseen ja typen huuhtoutumiseen Satakunnassa testattiin Ruotsissa kehitetyllä COUP-mallilla (Jansson ja Karlberg 2007). Mallin asetuksina käytettiin ILMASOPU-hankkeessa valmistunutta Jokioisten Kotkanojan huuhtoutumiskentän kalibrointi-aineistoa. Skenaarioiden ennustamat muutokset sovitettiin Kokemäen pitkäaikaisen sääaineiston lähtötietoihin. Kokemäen vuosien 2001–2009 päivittäiseen sääaineistoon siirrettiin A2- ja B1-skenaarioiden ennustamat päivittäiset lämpötilan ja sademäärän muutokset. Sademäärän lisääntyminen jaettiin kuukausittaisille sadetapahtumille. Jos esimerkiksi toukokuun sademäärä oli skenaariossa 10 mm nykytilaa suurempi ja alkuperäisessä Kokemäen aineistossa oli 5 sadepäivää, jokaiseen sadepäivään lisättiin 2 mm:n sademäärä.

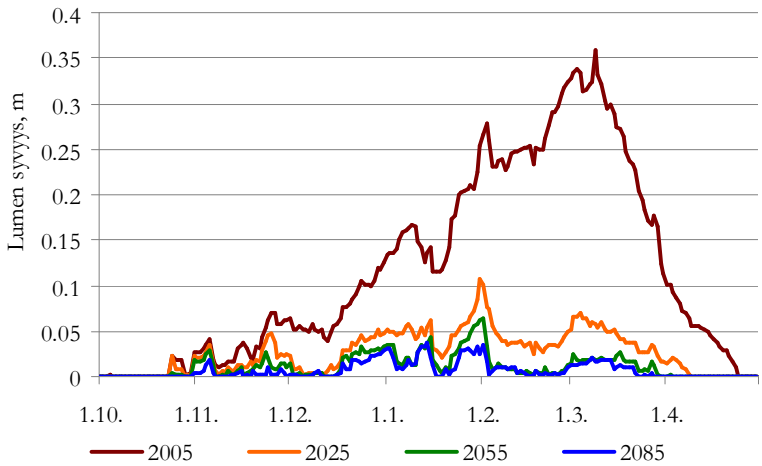
Mallitettu viljelykasvi tavoitteli 100 kg/ha typen ottoa ja typpilannoitustaso oli 90 kg/ha. Kylvöaika ajoitettiin toukokuun ensimmäiselle viikolle ja jyväsato oli valmistunut elokuun loppuun. Simuloinnit ajettiin yhdeksän kasvukauden ajalle alkaen 1.5 ja päättyen 31.10 (esimerkiksi nykytilaa kuvaavassa simuloinnissa 1.5.2001–31.10.2009).

Taulukko 5. Vesitaseen osien vuosittaiset muutokset verrattuna nykyiseen tilanteeseen.

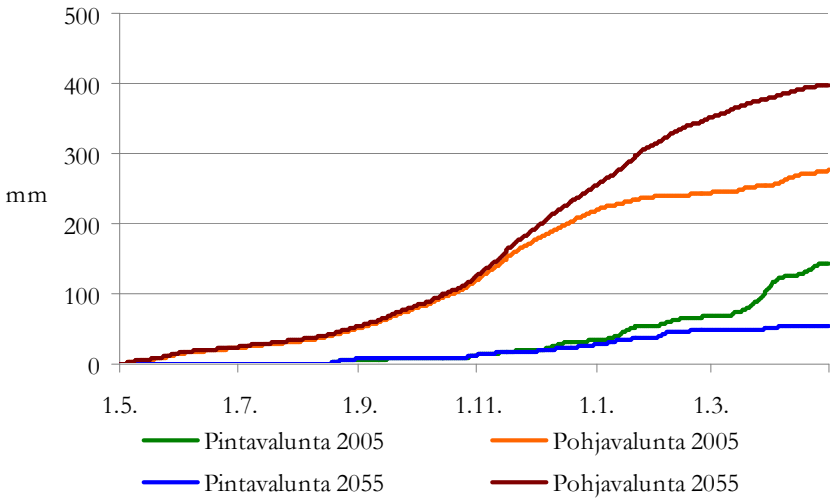
		Vuosisadanta	Haihdunta	Kokonaisvalunta	Pintavalunta	Salaojavalunta
Skenaario		**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**
2025	B1	23	8	15	-42	56
	A2	20	8	12	-48	60
2055	B1	34	11	24	-70	93
	A2	46	16	30	-85	115
2085	B1	54	18	36	-86	121
	A2	81	33	48	-99	147

Valunta maaperän läpi lisääntyy

Taulukossa 5 on esitetty mallin laskemat skenaarioiden keskimääräiset vesitaseen muutokset vuotta kohden verrattuna mallitukseen 2000–2009 säätiedoilla. Lisääntynyt sadanta jakautuu haihdunnan ja valunnan välille. Sademäärän noustessa haihdunta ei kuitenkaan enää kasva vaan suurin osa sadannan lisäyksestä päätyy valuntaan. Kokonaisvalunnan lisäyksen sisällä on hyvin suuri muutos pintavalunnasta salaojavaluntaan, joka johtuu lumipeitteen vähenemisestä (Kuva 42) ja sen seurauksena kevään pintavaluntahuipun jäämisestä pois lämpötilan noustua (Kuva 43).



Kuva 42. Mallitetut lumen syvyydet A2-skenaarioissa (2025, 2055 ja 2085) verrattuna mallitettuun nykytilanteeseen (2005)



Kuva 43. Pinta- ja pohjavalunnan muutokset vuoden 2055 A2-skenaariossa verrattuna nykytilaan.

Typen huuhtoutuminen lisääntyy

Kasvuston typenotto laski kaikissa skenaarioissa ja vastaavasti typen huuhtoutuminen lisääntyi. Typenoton vähenemisen syynä oli talven ja kevään aikana lisääntynyt pohjavalunta, joka huuhtoi tehokkaasti maan epäorgaanisen typen. Sadannan ja pohjavalunnan lisääntyminen heikentääkin typen käyttötehokkuutta.

Taulukko 6. Kasvuston typenoton ja typen huuhtoutumisen vuosittaiset muutokset skenaarioissa verrattuna nykytilanteeseen[19].

		Typenotto kg/ha	Typen huuhtoutuminen kg/ha
2025	B1	-2	3
	A2	-3	4
2055	B1	-4	6
	A2	-6	7
2085	B1	-6	8
	A2	-9	12

Maatalouden sopeutumisen vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen

Viljelykasvien kasvuajan pidentämisellä on huuhtoutumista vähentävä vaikutus. Mitä tehokkaammin monipuoliset kasvilajit ja -lajikkeet ottavat niille annettuja lannoitteita ja maasta vapautuvia ravinteita, sitä vähemmän kasvukauden ulkopuolella ravinteita on alttiina huuhtoutumiselle. Syyskylvöisten lajien ja lajikkeiden yleistyminen vähentää typen huuhtoutumista, koska ravinteiden ottoa voidaan jatkaa syksyä kohti. Talviaikainen kasvipeitteisyys suojaa maan pintaa myös talven sateiden liettävältä vaikutukselta.

Viljelytekniikoissa syksyllä maaperään ravinteita jättäviä menetelmiä olisi vältettävä. Jos nykyisin arvioidaan syksyllä levitettävästä lannan tai orgaanisten lannoitevalmisteiden liukoisesta typestä 75 % vaikuttavan seuraavan kevään typpilannoitukseen, on ilmastonmuutoksen seurauksena syksyllä levitetyn liukoisen typen hyödyntäminen selvästi pienempi. Maan kuivatuksen merkitys ja suunnittelu korostuu talviaikaisten vesisateiden lisääntyessä. Talven sateiden varastointi kastelualtaisiin on myös huomioitava, koska kasvukauden aikainen sadanta lisääntyy varsin vähän.

[19] Nykytilanteen mallinnettu typenotto oli 81 kg/ha ja typen huuhtoutuminen 18 kg/ha vuodessa

CASE: Kasvintuotannon mahdollisuudet muuttuvassa ilmastossa - seminaari ja työpaja

Anita Karppinen ja Anna Hakala, Pyhäjärvi-instituutti

Kutsutyöpajan tavoitteena oli pohtia ilmastonmuutoksen merkitystä ja sen tuomia tulevaisuuden haasteita kasvien tuotantoketjussa. Työpaja pidettiin 28.9.2010 Turussa Forum Marinumin tiloissa. Työpajaan kutsuttiin alkutuottajia, jalostajia, kaupan ja markkinoiden edustajia ja ympäristöväkeä. Työpajassa pohdittiin ilmastonmuutoksen myötä kasvisketjuun kohdistuvia uhkia ja niiden torjuntaa ja toisaalta mahdollisuuksia ja niiden hyödyntämistä.

Uhat ja niihin varautuminen

Uhkia pohdittaessa esiin nousi erityisesti suunnitelmallisuus kaikessa toiminnassa. Kun tuotanto suunnitellaan huolellisesti, niin erilaisiin ja yllättäviinkin uhkiin on paremmat mahdollisuudet varautua. Mikäli toiminta rakennetaan ns. yhden kortin varaan, voi pienikin yllättävä muutos pilata koko vuoden sadon. Monimuotoinen ekosysteemi tuottaa paremmin ja kestää paremmin ääriolosuhteita.

Esimerkiksi heikkona vuonna perunaa saatetaan saada vain puolet ennakoidusta satotasosta kun toisaalta sellaisilla tiloilla, joilla on monipuolinen viljelykierto ja maan rakenteesta on huolehdittu suunnitelmallisesti, niin päästään lähemmäs satotavoitetta. Kun perusasiat ovat tilalla ja lohkoilla kunnossa, niin viljelijällä (ja muillakin toimijoilla) on paremmat valmiudet vastata ääriolosuhteisiin. Jos ääri-ilmiöitä ei olisi, perusasiat eivät korostuisi. Varautumista tarvitaan kaikenlaisiin olosuhteisiin.

Maaperän kunnon rooli korostuu ilmastonmuutoksen myötä. Riskiksi nähtiin, että maata hyödynnetään liikaa, ja maa ei kestä. Erityisesti maan orgaanisen aineksen pitoisuuden ylläpito ja lisäys nousevat isoon rooliin jos rankkasateiden tulevaisuudessa lisääntyvät.

Monipuolinen viljelykierto ylläpitää pellon kasvukuntoa, johon kuuluvat oleellisina osina vesitalous, ravinnetalous ja maan rakenne. Monipuolisella viljelykierrolla voidaan vähentää myös kasvitautien esiintymistä. Vesitaloutta tulisi säädellä valuma-aluekohtaisesti esimerkiksi hyödyntämällä valtaojien pohjapatoja ja kehittämällä vesistöjen säännöstelyä. Pellon vesitalouden kunnossapidosta huolehtii toimiva ja oikein suunniteltu ja mitoitettu salaojitus. Salaojien tehokkuus voidaan optimoida oikealla ojatiheydellä ja -syvyydellä sekä suodatinmateriaaleilla.

Maatalouskoneita on todennäköisesti tulevaisuudessa tarpeen kehittää, jotta ne toimisivat optimaalisesti myös muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa. Haasteena tuotekehitykselle ovat kuitenkin Suomen pohjoinen sijainti sekä erityiset olosuhteet suhteessa vallitsevien markkinoiden tilanteeseen (esim. Keski-Euroopassa).

Uudet kasvitaudit ja tuholaiset nähtiin merkittäväksi uhaksi. Kasvitauteja on tunnettava nykytilannetta paremmin ja uusia tauteja on ennakoitava käytännön viljelytyössä. Tiedonhankinnan ja jakamisen haasteet kasvitautien osalta nousevat tärkeiksi. Tuholaisten muodostamia uhkia on voitava arvioida ennalta. Tämä edellyttää tuholaisseurannan lisäämistä ja tehostamista. Vihannesten varastointiolosuhteita on parannettava, jotta varastotauteja voidaan ehkäistä nykyistä paremmin.

Kasvin- ja lajikejalostuksessa tarvitaan kansainvälistä tutkimusyhteistyötä, jotta meillä on parhaat mahdolliset edellytykset löytää ja kehittää oloihimme sopivia uusia lajikkeita. Muuttuvat ilmasto-olosuhteet edellyttävät lisääntyvää panostusta tutkimukseen ja ennen kaikkea olemassa olevan tiedon hyödyntämistä käytännössä nykyistä tehokkaammin. Tiedonvälityksen roolin arvioitiin kasvavan, jotta tieto uusista haasteista ja uhkista jalkautuisi käytäntöön. Lounais-Suomen vahvuuksien markkinointia voisi myös tehostaa. Oikeaa tietoa uusista kasveista ja viljelymenetelmistä on välitettävä myös kuluttajille.

Kasvinsuojelua ja lannoitustasoja säädellään poliittisilla päätöksillä. Yhtenä keskeisenä uhkana nähtiin säädösten joustamattomuus olosuhteiden muuttuessa. Poliittiseen päätöksentekoon on tarpeen vaikuttaa tältä osin, jotta satotasot voidaan säilyttää myös tulevaisuudessa.

Resurssien, kuten ravinteiden tai kasteluveden, saatavuus saattaa tulevaisuudessa olla merkittävä tuotantoa rajoittava tekijä. Ravinteista esimerkiksi fosfori alkaa globaalissakin mittakaavassa ehtyä ja näin ollen ravinteiden talteenoton ja kierrätyksen tarve lisääntyy. Uhkana ovat myös lisääntyvät talviaikaiset valumat ja sitä myöten lisääntyvä tarve talviaikaiselle kasvipeitteisyydelle. On pohdittava, mitkä nurmilajit soveltuisivat vihannes- tai juurikastuotannon yhteyteen talviaikaisen kasvipeitteisyyden aikaansaamiseksi erityisesti runsasravinteisilla lohkoilla. Myös lannoituksen filosofiaa olisi pohdittava kokonaisuutena uudelleen. Olisiko tulevaisuudessa tarpeen yhä enemmän jakaa lannoitusta kasvukaudelle, jotta ravinteiden kysyntä ja tarjonta kohtaisivat paremmin.

Kastelutarvetta voidaan joutua määrittelemään uudestaan. Mielenkiintoista olisi kehittää ratkaisuja, joilla tulva-ajan valumavesiä kerätään kastelualtaisiin. Kastelumenetelmiä on tarpeen kehittää ja tässä voidaan hyödyntää uutta teknologiaa. Kasteluvesien laatuun tulee kiinnittää nykyistä enemmän huomiota.

NAP- ja IP -viljelyä on sovellettava oikeaoppisesti ja innovatiivisesti, jotta päästään hyvään sadon laatuun ja määrään vaikka olosuhteet muuttuisivat nykyistä haastavammiksi. Tilakohtaiset energiaratkaisut mahdollistavat energian saatavuuden ja energiatehokkuuden parantamisen.

Globaalit uhat ovat uusia uhkia myös alueellisella ja paikallisella tasolla. Puhtaan ja turvallisen ympäristön sekä veden perässä liikkuviin ”kansainvaelluksiin” on varauduttava.

Mahdollisuudet ja niiden hyödyntäminen

Ilmaston muuttuessa voidaan saavuttaa nykyistä korkeampia satotasoja. Satotasojen nousu voidaan saavuttaa usein eri keinoin ja/tai keinoyhdistelmin, kuten parantamalla maan rakennetta, uusilla lajikkeilla, ravinteiden ja veden tarpeen mukaisella käytöllä ja maan happamuuden säädöllä optimaaliseksi. Joillain kasveilla saatetaan tulevaisuudessa korjata jopa kaksi satoa kasvukauden aikana. Korkeammat satotasot voivat lisätä myös vientimahdollisuuksia. Viennin kasvuun ja satomäärien tehokkaampaan hyödyntämisen ja uusien viljelykasvien tuloon olisi varauduttava.

Tulevaisuudessa Suomessa on mahdollisuus saada lisää mahdollisuuksia viljelykasvien jatkojalostukseen. Kasvinjalostustoimintaa voidaan tehdä joko itse tai yhteistyössä lähialueiden kanssa. Uudet lajikkeet voivat tuoda kustannussäästöjä. Kuluttajat voidaan opettaa käyttämään uusia kotimaassa tuotettuja kasviksia.

Kasvukauden pidentyminen mahdollistaa monipuolisemman viljelykasvivalikoiman, erityisesti myöhäisempien ja satoisampien lajikkeiden viljely voi lisääntyä ja tuotanto sitä myöten kasvaa. Pidempi kasvukausi tuo myös joustoa tilan töiden suunnitteluun.

Ilmastonmuutoskeskustelu ruokkii arkielämän ympäristöinnovaatioita sekä kotitalouksissa, tiloilla että yrityksissä. Suurena ilmastonmuutoksen ja ilmastonmuutoskeskustelun tuomana mahdollisuutena nähtiin tulevat muutokset asenteissa ja toiminnassa yleisen ympäristötietoisuuden lisääntymisen myötä. Tulevaisuudessa sesonkiajattelu yleistyy ja sesonkituotteita hyödynnetään nykyistä paremmin sekä yksittäisissä talouksissa että ammattikeittiöissä. Myös lähellä tuotetun ruoan käyttö lisääntyy. Yhä isompi osa kuluttajista haluaa käyttää monipuolisesti kasviksia ja lihan kulutus tulee vähenemään. Kasvisperäisiä proteiinilähteitä käytetään nykyistä enemmän ja niiden markkinat kehittyvät.

Lähiekonomian ja uudentyyppisten klusterien avulla voidaan saada uusia yhteistyömalleja, joissa eri alojen toimijat saavat yhteistyöstä etua, esimerkkinä uudentyyppisestä klusteritoiminnasta voisi olla kasvihuoneyrittäjä ja energiayrittäjä.

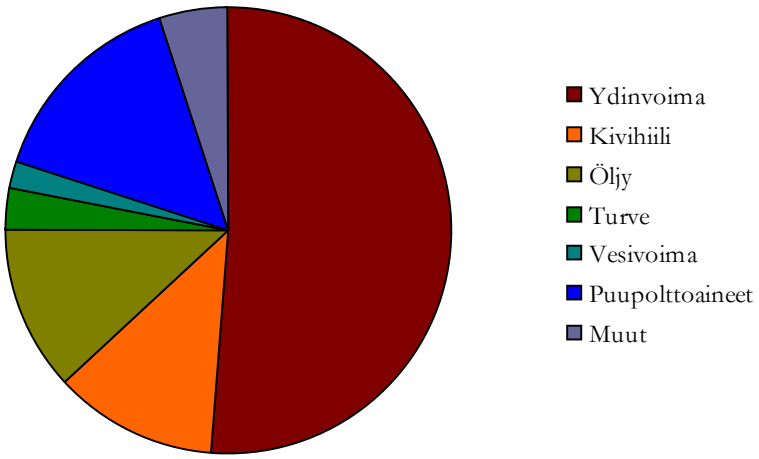
Ilmastonmuutoksen myötä suomalaisilla on hyvät edellytykset vahvistaa osaamista vihreästä viljelystä, varmistaa tiedonsiirtoa, vahvistaa koulutusta ja tutkimusta. Veden puhtaudesta on huolehdittava ja hyödynnettävä puhtaan veden tuoma kilpailuetu. Puhtaalla vedellä tuotetuilla tuotteilla on tulevaisuudessa markkinat.

4.2 Energiantuotanto ja ilmastonmuutos Satakunnassa

Katja Laitinen, Satakuntaliitto

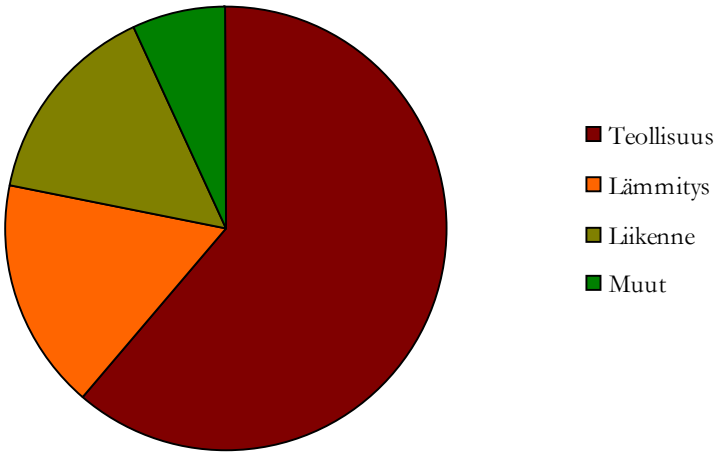
Satakunta on monipuolinen energiatuotannon keskittymä, jossa tuotetaan sähköä noin kolminkertaisesti kulutukseen maakunnan tarpeisiin nähden. Perusenergian tuotanto on keskittynyt Olkiluotoon ja Tahkoluotoon. Energiantuotanto näkyy myös maakunnan maisemassa esimerkiksi voimansiirtoverkkona. Perusenergiantuotannon ohella Satakunnassa panostetaan myös monipuoliseen uusiutuvien energiamuotojen käyttöön, esim. paikallisessa energiantuotannossa.

Satakunnan Energiatoimiston (2009) mukaan Satakunnan energiantuotanto vuonna 2007 oli 28 300 GWh. Tilastokeskuksen mukaan Suomen energiantuotanto vuonna 2007 oli 77 817 GWh. Satakunnassa energiaa tuotetaan monipuolisesti eri polttoaineista, joista uusiutuvien energiamuotojen osuus vuonna 2007 oli 22 %.



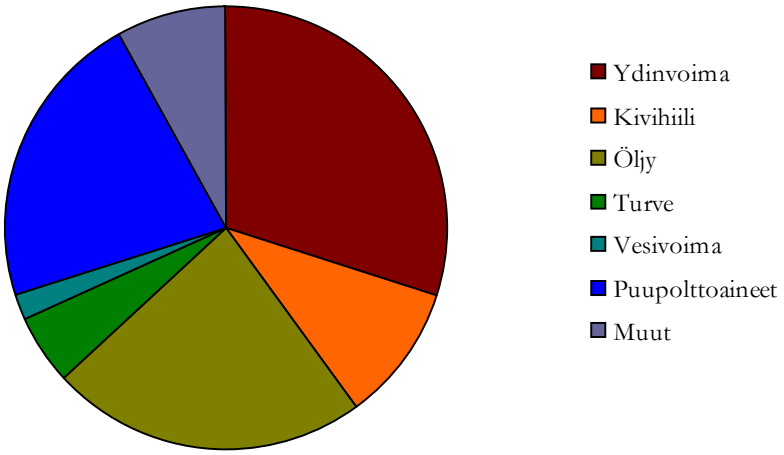
Kuva 44. Energiantuotanto energialähteittäin 28 300 GWh v. 2007 (Lähde: Satakunnan Energiatoimisto 2009)

Energiankulutus Satakunnassa (16 600 GWh) vuonna 2007 on Satakunnan Energiatoimiston (2009) mukaan jakautunut teollisuuden, liikenteen, rakennusten lämmityksen sekä muuhun energiankulutukseen. Satakunta on energiaintensiivinen alue, jossa teollisuuden prosessit kuluttavat suurimman osan energiasta (Kuva 45).



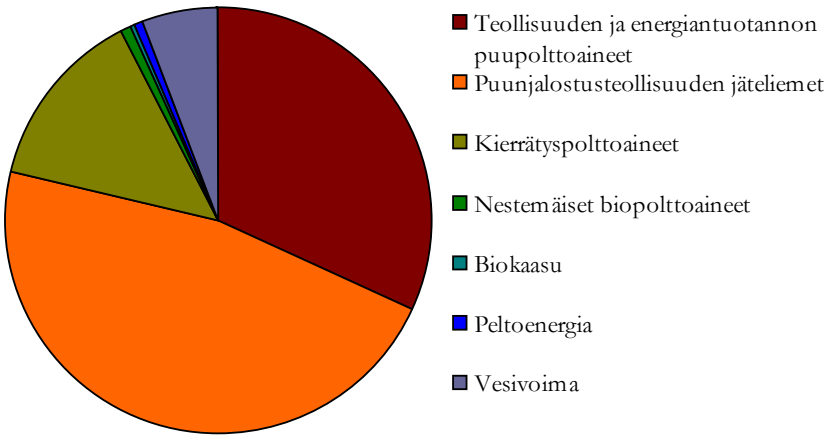
Kuva 45. Energian loppukäyttö Satakunnassa 16 600 GWh v. 2007 (Lähde: Satakunnan Energiatoimisto 2009)

Ydinvoiman osuus Satakunnan energiankulutuksesta vuonna 2007 oli 30 % (Kuva 46).



Kuva 46. Energian kulutus tuotantolähteittäin Satakunnassa 16 600 GWh vuonna 2007 (Lähde: Satakunnan Energiatoimisto 2009)

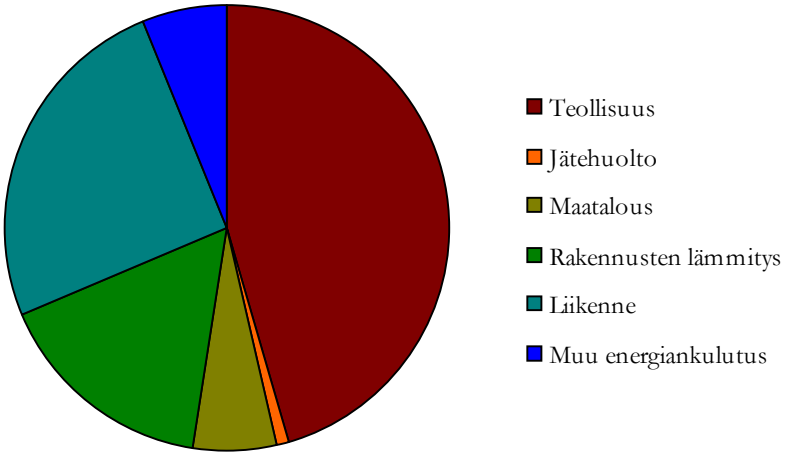
Uusiutuvien energiamuotojen osalta suurimman uusiutuvan energian osuuden muodostivat vuonna 2007 puupolttoaineet, joissa on mukana myös esim. puunjalostusteollisuuden jäteliemet. Muita uusiutuvan energian lähteitä olivat mm. kierrätyspolttoaineet ja nestemäiset biopolttoaineet (Kuva 47)



Kuva 47. Uusiutuvien energiamuotojen käyttö Satakunnassa vuonna 2007 (Lähde: Satakunnan Energiatoimisto 2009)

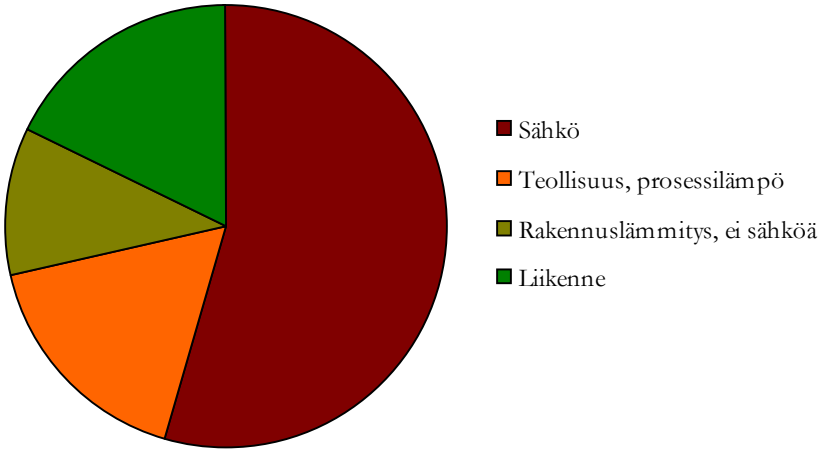
Energiantuotannon ja -kulutuksen kasvihuonekaasupäästöt Satakunnassa

Satakunnan Energiatoimiston (2009) mukaan vuonna 2007 Satakunnassa syntyi kasvihuonekaasupäästöjä 4,1 milj. tonnia (Kuva 48). Satakunnan omista päästölähteistä merkittävimmät ovat suurimmat teollisuus- ja energiantuotantolaitokset, jotka sijaitsevat Harjavallassa, Porissa ja Raumalla sekä liikenne. Raskaan teollisuuden, energiantuotannon sekä maatalouden Satakunnassa on kuitenkin saatu aikaiseksi merkittäviä edistysaskeleita mm. uusiutuvien energiamuotojen käytön lisäämisellä energiantuotannossa.



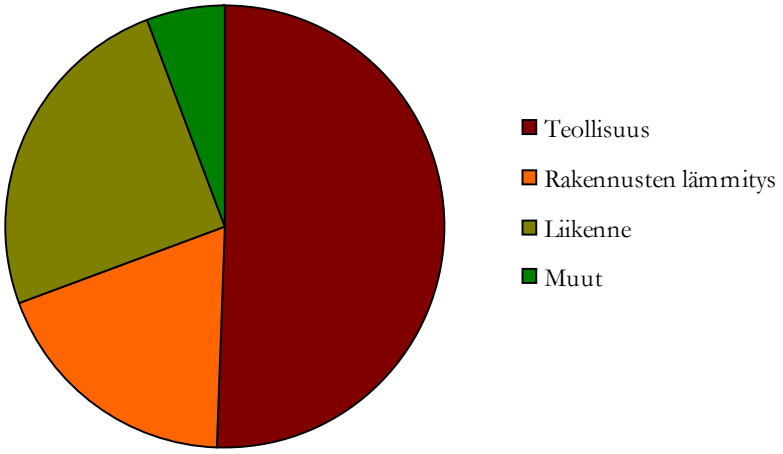
Kuva 48. Kasvihuonekaasupäästöt Satakunnassa 4,1 milj. tonnia vuonna 2007 (Lähde: Satakunnan Energiatoimisto 2009)

Energiantuotannon hiilidioksidipäästöt olivat Satakunnassa vuonna 2007 3,9 milj. tonnia (Kuva 49). Suurimmat hiilidioksidipäästöt liittyvät sähköntuotantoon, jossa fossiiliset polttoaineet ovat merkittävässä roolissa. Sektorit, joiden mukaisesti hiilidioksidipäästöt on määritelty, ovat sähkö, liikenne, teollisuuden prosessilämpö sekä rakennusten lämpö ilman sähköä.



Kuva 49. Energiantuotannon hiilidioksidipäästöt Satakunnassa 3,9 milj. tonnia vuonna 2007 (Lähde: Satakunnan Energiatoimisto 2009)

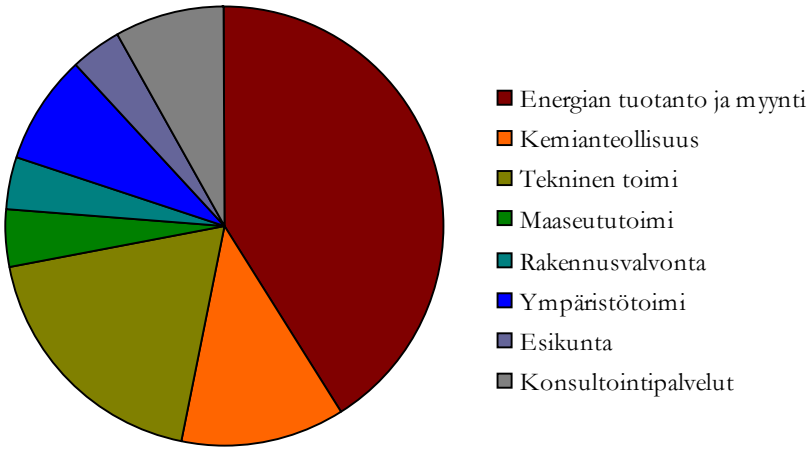
Satakunnassa tuotetaan sähköä koko maan kulutukseen ja noin kolminkertaisesti maakunnan tarpeisiin nähden. Satakunnan Energiatoimisto (2009) onkin laskenut Satakunnalle myös kulutusperusteiset hiilidioksidipäästöt, jolloin hiilidioksidipäästöt ovat alhaisemmat (Kuva 50).



Kuva 50. Kulutusperusteiset hiilidioksidipäästöt Satakunnassa 2,4 milj. tonnia vuonna 2007 (Lähde: Satakunnan Energiatoimisto 2009)

Energiantuotannon kehitysnäkymiä Satakunnassa

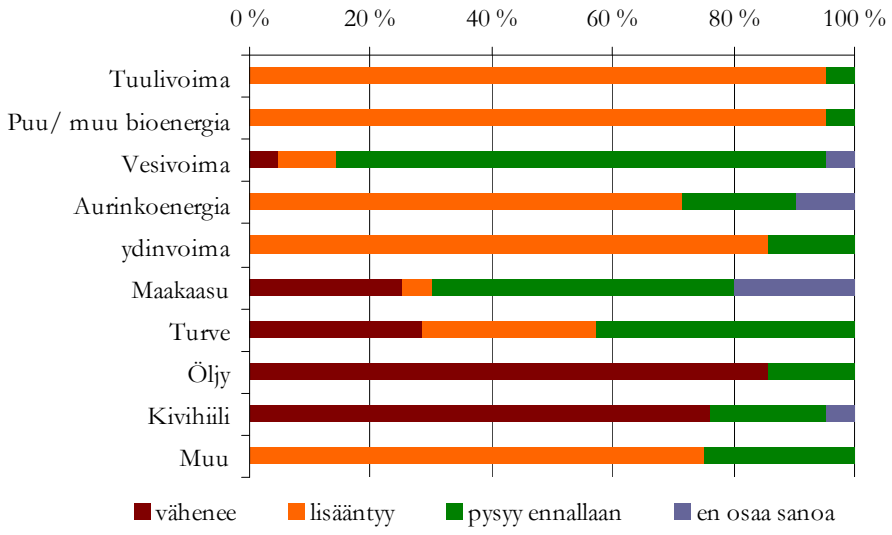
Satakunnan ilmasto- ja energiastrategian laadinta -hankkeessa toteutettiin helmi-maaliskuussa 2011 energiahuollon nykytilanteen ja kehitysnäkymien osalta Energiakysely, jonka kohderyhmänä olivat Satakunnan alueen yksityisen ja julkisen sektorin energiaratkaisuiden parissa työskentelevät henkilöt (N=81, Kuva 51). Kysely toteutettiin internetkyselynä ja vastausprosentiksi muodostui 32 %.



Kuva 51. Energiakyselyyn vastanneiden toimialat

Energiakyselyssä tiedusteltiin näkemyksiä siitä, mitkä ovat ilmastonmuutoksen merkittävimmät oletetut vaikutukset energiantuotantoa koskeviin ratkaisuihin. Ilmastonmuutoksen hillinnän katsotaan vahvasti ohjaavan energiantuotantoa fossiilisten polttoaineiden käytöstä kohti uusiutuvia energiamuotoja. Vastaajien enemmistön (95 %) mukaan sekä tuulivoiman että bioenergian käyttö Satakunnan energiantuotannossa kasvaa vuoteen 2020 mennessä. Myös ydinvoiman ja aurinkoenergian käyttö vastaajien mukaan lisääntyy energiantuotannossa vuoteen 2020 mennessä. Muihin energiamuotoihin, joiden käyttö energiantuotannossa vastaajien mukaan myös lisääntyy, kuuluvat esim. kierrätyspolttoaineet ja maakaasu.

Kyselyssä tiedusteltiin myös näkemyksiä siitä, mitkä asiat mahdollistavat uusiutuvien energiamuotojen käytön lisääntymisen Satakunnassa vuoteen 2020 mennessä. Esille nousivat mm. alueiden käytön suunnittelun merkitys sekä asenteiden vaikutus. EU:n päästökauppavelvoitteiden koetaan heikentävän fossiilisten polttoaineiden kilpailukykyä energiantuotannossa, mikä osaltaan lisää vastaajien mukaan uusiutuvan energian käyttöä. Suomen uusiutuvan energian velvoitepaketin sitoumuksien sekä siihen liittyvien uusiutuvan energian investointitukien ja tuulivoiman syöttötariffin koetaan vastaajien mukaan myös selkeästi vaikuttavan myönteisesti uusiutuvan energian investointeihin.



Kuva 52. Energiamuotojen käyttö energiantuotannossa Satakunnassa vuoteen 2020 mennessä.

Satakunnan ilmasto- ja energiastrategia -hankkeen tavoitteena on suhteuttaa Satakunnan lähtökohdat ilmasto- ja energiatavoitteiden osalta kansallisen ilmasto- ja energiastrategian tavoitteiden lisäksi myös valtakunnallisiin alueidenkäyttötavoitteisiin ja Lounais-Suomen ympäristöstrategian linjauksiin. Strategiahankkeen tarkoituksena on tuottaa tietoa myös Satakunnan energiahuoltoa käsittelevään vaihemaakuntakaavaprosessiin. Maakunnallisessa strategiatyössä tarkastellaan ilmastonmuutoksen hillintää sekä siihen varautumista ja sopeutumista Satakunnan lähtökohdista.

CASE: Satakunnan ilmasto- ja energiastrategian laadinta

Katja Laitinen, Satakuntaliitto

Johdanto

Valtioneuvoston vuonna 2008 hyväksymän Kansallisen ilmasto- ja energiastrategian mukaan kuntien toiminnalla on suuri merkitys ilmastomuutoksen hillitsemisessä erityisesti alueidenkäytön ja liikenteen suunnittelussa, energian tuotannossa ja käytössä sekä yhdyskuntien jätehuollon järjestämisessä. Ilmastomuutoksen hillinnän ja ilmastonmuutokseen sopeutumisen kannalta on merkityksellistä tarkastella yhtä kuntaa laajempaa, kaupunkiseudun tai maakunnan kokonaisuutta. Valtioneuvoston strategiassa edellytetäänkin, että maakunnat ja kaupunkiseudut laativat omat ilmasto- ja energiastrategiansa sekä niiden toteutusohjelmat valtakunnallisen ilmasto- ja energiastrategian pohjalta.

Satakuntaliitossa parhaillaan valmisteilla olevassa maakunnallisessa ilmasto- ja energiastrategiassa tavoitteena on määritellä maakunnan toimijoiden tavoite- ja tahtotila ilmasto- ja energia-asioiden osalta. Strategiatyön aikana kootaan asiantuntijoita teemayöpajoihin pohtimaan Satakunnan nykytilaa, potentiaalia sekä strategisia tavoitteita, lisäksi hankkeessa toteutetaan kyselyitä esimerkiksi Satakunnan energiantuotannon tulevaisuudennäkymistä ja yhdyskuntarakenteen merkityksestä ilmastonmuutokseen sopeutumisen ja varautumisen näkökulmasta. Maakunnallinen strategiatyö valmistuu vuoden 2011 loppuun mennessä.

Energia maakunnan kehittämisessä

Satakunnan pidemmän aikavälin strategiassa eli Maakuntasuunnitelmassa 2030 (Satakuntaliitto 2003) on maakunnan menestyksen perustekijöiksi määritelty teollisuus, satamat, energiantuotanto, elintarvikeketju ja korkeakoululaitos. Keskeisiksi tavoitteiksi on asetettu mm. maakunnan kilpailukyvyn ja osaamisen vahvistaminen ja hyvän elämän turvaaminen satakuntalaisille. Satakunnan maakuntaohjelman sekä maakuntakaavan tarkoitus on ohjata maakunnan kehittämistoimintaa eli asettaa kehittämiselle tavoitteita ja tärkeitä toimenpiteitä pitkän aikavälin (maakuntasuunnitelman) tavoitteiden toteuttamiseksi. Maakuntaohjelmaa toteutetaan yksityiskohtaisemmin maakuntaohjelman toteuttamissuunnitelmilla, jollainen laaditaan joka vuosi syksyllä.

Maakuntaohjelma 2011–2014 linjaa energiaosaamista yhdeksi Satakunnan veturiksi. Maakuntaohjelmassa nostetaan esille erityisesti uudet energiainnovaatiot, teknologian kehittäminen sekä tuotekehitys ja energiatehokkuuden edistäminen.

Satakunta nähdään kehittyvänä kansainvälisenä energiaosaajana. Eurajoen Olkiluotoa kehitetään käytetyn ydinpolttoaineen turvallisen loppusijoittamisen alueena. Uusiutuvan energian tuotannon osuutta kasvatetaan. Satakunnan asemaa ympäristöä säästävän ja monipuolisen energiaosaamisen ja -tuotannon keskittymänä vahvistetaan entisestään. Energiantuotannon kehittämisedellytyksiä vahvistetaan turvaamalla energiantuotannolle, -huollolle sekä -jakelulle toteuttamismahdollisuudet. Valtakunnallisen energianhuollon kannalta merkittävät voimajohtojen linjaukset turvataan suunnittelussa.

Maakuntaohjelmassa 2011–2014 on myös kuvattu toimenpiteitä ohjelman tavoitteiden saavuttamiseksi. Tavoitteita ovat mm.:

- Energiaa ja ympäristöä säästävien teknologisten ratkaisujen sekä uusiutuvan energian tuotannon ja käytön edistäminen
- Ympäristöä säästävän teknologian hyödyntäminen perinteisissä energiamuodoissa
- Ydinvoima-alan kansainvälisen osaamisen edistäminen
- Säteilyturvakeskuksen (STUK) ydinturvallisuuteen liittyvien toimintojen alueellistaminen
- Jätteiden innovatiivinen hyödyntäminen
- Energia-alan koulutuksen edistäminen maakunnassa
- Satakunnan ilmasto- ja energiastrategian laatiminen ja toteuttamisen edistäminen
- Energianeuvonnan edistäminen
- Puurakentamisen edistäminen
- Turvetuotannon huomioiminen merkittävänä työllistäjänä

• Uusiutuviin luonnonvaroihin pohjautuvan energiantuotannon edistäminen sekä hallituksen energiapaketin hyödyntäminen
• Monipuolisen energia-alan koulutuksen sekä koulutuksen ja yritysten välisen yhteistyön lisääminen

Satakunnan maakuntaohjelman toteuttamissuunnitelma 2011–2012 rakentuu Satakunnan maakuntavaltuuston 7.6.2010 hyväksymän maakuntaohjelman mukaisesti kolmeen teemaan:
1) Osaava Satakunta painottaa erityisesti energiaa, yrittäjyyttä sekä koulutus- ja tutkimusjärjestelmän vahvistamista.
2) Saavutettava Satakunta korostaa maakunnan liikennejärjestelmän kehittämistä.
3) Energinen ja hyvinvoiva Satakunta korostaa monipuolisia asumismahdollisuuksia, monikulttuurisuutta, kunta- ja palvelurakennetta, terveyttä ja hyvinvointia sekä luonnon ja ympäristön kestävää käyttöä.

Maakunnan tasapainoinen kehittäminen on myös maankäytön suunnittelun lähtökohtana. Satakunnan maakuntavaltuuston vuonna 2009 (17.12.2009) hyväksymän maakuntakaavan keskeisenä tavoitteena on toiminnallisesti ja sosiaalisesti tasapainoinen väestörakenne sekä toiminnallisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja ekologisesti kestävä alue- ja yhdyskuntarakenne. Maakuntakaava on yleispiirteinen suunnitelma alueiden käytöstä maakunnassa tai sen osa-alueella. Siinä esitetään alueiden käytön ja yhdyskuntarakenteen periaatteet sekä osoitetaan maakunnan kehittämisen kannalta tarpeellisia alueita. Maakuntakaavan tehtävänä on ratkaista valtakunnalliset, maakunnalliset ja seudulliset alueiden käytön kysymykset. Maakuntaliiton maankäytön suunnittelun keskeisenä tavoitteena on Satakunnan vetovoiman lisääminen. Maankäytön suunnittelulla pyritään yhdyskuntarakenteeseen, joka parhaiten tukee ilmastonmuutoksen hillintää, ympäristön kestävää kehitystä sekä kaupunki- ja maaseutukulttuuria.

Kuva 53. Ydinvoimaa tuotetaan Olkiluodossa (kuva: TVO 2011)

CASE: Olkiluoto – teollisuutta ja luonnontutkimusta

Riitta Dersten, Teollisuuden voima Oyj ja Jani Helin, Posiva Oy

Eurajoen Olkiluodossa on toiminnassa kaksi Teollisuuden Voima Oyj:n (TVO) ydinvoimalaitosyksikköä. Yksiköt, joiden tehot ovat tällä hetkellä 860 MWe ja 880 MWe, käynnistyivät 1978 ja 1980, ja kolmas yksikkö on rakenteilla. Lisäksi Posiva Oy rakentaa saarelle käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitosta. Ydinvoimateollisuus on tarkoin säädeltyä ja toimintaan liittyy luonnollisesti paljon tutkimustoimintaa, jolla seurataan ympäristön tilaa. Kun TVO:n 1970-luvulta alkaen keräämään tutkimustietoon yhdistetään Posivan loppusijoituksen valmisteluun liittyvät sekä syvällä kallioperässä että maanpinnalla tehtävät tutkimukset, voidaan sanoa harvan alueen olevan niin perusteellisesti tutkittu kuin Olkiluoto lähiympäristöineen on.

Olkiluodon ydinvoimalaitoksen ympäristötarkkailu

Ympäristötutkimukset ydinvoimalaitosten käyttöön liittyen aloitettiin Olkiluodossa noin kuusi vuotta ennen ensimmäisen voimalaitosyksikön käynnistämistä tavoitteena luoda pohja tulevien radioaktiivisten aineiden ja lämminvesipäästöjen ympäristövaikutusten seurannalle ja arvioinnille vastaanottavissa vesistöissä. Näin ollen käytettävissä on 40 vuoden aikasarjat hydrografisten, biologisten ja radioekologisten tutkimusten tuloksista kyseisillä alueilla (Ilus 2010).

Vesistötarkkailussa seurataan jäähdytys- ja jätevesien johtamisen vaikutuksia ympäröivän merialueen tilaan. Tarkkailu kattaa fysikaaliset ilmiöt, veden laadun seurannan sekä vesistön biologisen tilan tarkkailun. Tutkimusohjelmat tarkistetaan aika ajoin uuden tiedon ja olosuhdemuutosten perusteella. Myös uuden voimalaitosyksikön ympäristölupamenettelyn yhteydessä ohjelma tarkistetaan vastaamaan uutta tilannetta. Kuormitus- ja vesistötarkkailu tehdään alueellisen ympäristöviranomaisen eli Varsinais-Suomen ELY-keskuksen hyväksymällä tavalla ja tutkimukset suorittaa julkisen valvonnan alainen vesitutkimuslaitos hyväksytyillä standardimenetelmillä. (TVO 2008)

Vesialueen fysikaalisten ilmiöiden tarkkailuun kuuluvat muun muassa merialueen lämpötilan seuranta jatkuvatoimisin mittarein ja kartoitusluonteisin selvityksin sekä jäätilanteen seuranta. Veden laadun tarkkailussa taas seurataan laajasti vesistön tilaa kuvaavia muuttujia, muun muassa happamuutta, happipitoisuutta, sähkönjohtavuutta ja suolaisuutta, väriä, sameutta, näkösyvyyttä sekä ravinne- ja kiintoainepitoisuuksia.

Jäähavaintoja tehdään talvikuukausina jäätilanteesta riippuen 1–3 viikon valein. Alueelta piirretään jäähavaintokartta, johon on merkitty kiintojään reuna, sohjovyöt, ahtojäävyöhykkeet ja jään rikkoutuminen ja ajautuminen. Jäähdytysveden heikentämästä jääalueesta varoitetaan yleisesti alueella ilmestyvissä sanomalehdissä ja alueelle johtavien teiden varsiin sijoitetaan heikoista jäistä varoittavia tauluja.

Merialueen biologista tilaa seurataan muun muassa rehevyystason klorofylli-*a*:n sekä kasviplanktonin lajijakauman määrityksillä, vesikasvillisuuden lajistoa ja runsautta selvittävillä tutkimuksilla sekä pohjaeläintutkimuksin. Jäähdytys- ja jätevesien johtamisen vaikutuksia Olkiluotoa ympäröivän merialueen kalastoon, kalastukseen ja saaliisiin seurataan kalataloudellisen tarkkailuohjelman mukaisesti Varsinais-Suomen ELY-keskuksen kalatalousyksikön hyväksymällä tavalla. Kalataloudelliseen tarkkailuohjelmaan kuuluu muun muassa kalojen ikä- ja kasvumäärityksiä, kalastustiedusteluja ja haastatteluja ammatti-, kotitarve- ja virkistyskalastajille sekä kalastajien pitämään yksityiskohtaiseen kalastuskirjanpitoon perustuvia selvityksiä.

Ympäristötutkimukset liittyen käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitushankkeeseen

Posiva Oy huolehtii omistajiensa TVO:n ja Fortum Power & Heat Oy:n käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksesta ja eri puolilla Suomea tehtyjen tutkimusten perusteella loppusijoituspaikaksi on valittu Olkiluoto. Olkiluodon kallioperää on tutkittu syväkairauksin 1980-luvulta lähtien ja kallioperän tutkimusten lisäksi Olkiluodossa on käynnissä laaja tutkimusohjelma kattaen tutkimusalueen pintaympäristön kalliopinnan yläpuolella. Posivan toimesta tehtyjen tutkimusten lisäksi ohjelmassa hyödynnetään TVO:n tarkkailuohjelmien keräämää tietoa erityisesti vesialueilla.

Olkiluodon pintaympäristön tutkimuksiin kuuluu monitorointiohjelma, jolla selvitetään loppusijoitukseen liittyvän rakennustoiminnan vaikutuksia lähiympäristöön. Tähän ohjelmaan kuuluvat muun muassa kiven murskaamisesta syntyvän pölyn vaikutusten havainnointi metsäympäristössä, melumittaukset, pintavesien laadun seuranta ja maanalaisen rakennustoiminnan mahdollisten vaikutusten seuraaminen lähialueen porakaivoissa (Haapanen 2010).

Osana loppusijoitushankkeen turvallisuusperustelua Posivan pitää arvioida mahdollisista radioaktiivisista päästöistä aiheutuvia säteilyannoksia ajanjaksolle, jona ihmisille aiheutuva säteilyaltistus voidaan riittävän luotettavasti arvioida, mutta jonka on oltava vähintään usean tuhannen vuoden mittainen (Hjerpe ym. 2010). Maankohoamisesta ja esimerkiksi ihmistoiminnasta johtuvasta merenpinnan vaihtelusta johtuvat muutokset ympäristössä muokkaavat päästöjen kulkeutumisreittejä kallioperästä ihmisten ja eläinten ravintoverkkoihin, joten Olkiluodon ja sen lähiympäristön maastonpiirteiden ja ekosysteemien kehityskulkujen mallintaminen on välttämätöntä.

Olkiluodon alueen maastonpiirteiden ja ekosysteemien mallinnuksen lähtötietoina hyödynnetään sekä TVO:n ja Posivan ympäristötutkimusten tuloksia että valikoitua muuta tieteellistä tutkimustietoa. Osa tästä Posivan tutkimustoiminnasta saa tietoa pintaympäristön monitorointiohjelmasta ja toisaalta osa mallinnuksen vaatimasta tutkimuksesta hyödyttää myös ympäristön tilan seurantaa. Kattavin tutkimusverkosto on metsäekosysteemissä (Aro ym. 2010), jossa Olkiluodossa on lähes 500 havaintoalaa. Havaintoaloista on mitattu vähintään puustotunnukset ja noin 90 alalla tutkimukset kattavat myös muun muassa maaperän ja kasvillisuuden ominaisuuksien kuvaamisen. Lisäksi neljällä niin sanotulla intensiivikoealalla havainnoidaan esimerkiksi sadantaa, maahan suotautuvia vesiä sekä puiden kasvua ja tehdään automatisoidusti tunnittaisia havaintoja metsikkösäästä ja haihdunnasta.

Vesiekosysteemissä on TVO:n tekemien tutkimusten lisäksi tehty useita tarkentavia tutkimuskampanjoita, joissa on muun muassa kartoitettu Eurajoensalmen vedenlaatua (Lindfors ym. 2008) ja sedimentaatio-olosuhteita sekä pohjaeläimiä ja vesikasvillisuutta (Ilmarinen ym. 2009). Vuonna 2010 Olkiluodosta ja muutamasta sen läheisyyteen tulevaisuudessa muodostuvia kohteita vastaavasta järvestä Satakunnassa (Haapanen ym. 2010) kartoitettiin ja kerättiin näytteiksi vesi- ja rantakasveja, sedimenttiä ja pohjaeläimiä. Eurajoen Lastensuolla toteutettiin elokuussa turvekerroksen ja kasvillisuuden yhdistetty kartoitus täydentämään Olkiluodosta olevia suokohteiden tietoja.

Pintaympäristön tutkimusohjelmaan kuuluvat myös maaperätutkimukset, joita Olkiluodossa on tehty erilaisilla tutkimuskaivannoilla ja kaivinkonekuopilla (Lahdenperä ym. 2005). Merisedimenttejä eli tulevaa maaperää on tutkittu akustisseismisin menetelmin ja näytteenotoin vuosikymmen alussa ja uudelleen vuonna 2008 (Rantataro & Kaskela 2010). Eläimistöstä on tutkittu säännöllisesti mahdollisia muutoksia lintu- (Yrjölä 2009) ja riistaeläinkannoissa (Nieminen 2010) sekä kampanjaluonteisesti muun muassa piennisäkkäitä, hyönteisiä ja muita selkärangattomia (Nieminen ym. 2009, Santaharju ym. 2009). Lisäksi tutkimusohjelmaan kuuluvat ilmakuvaukset ja muut kaukokartoitusmenetelmät, joilla havainnoidaan maankäytön muutoksia ja saadaan aineistoa maankohoamisen mallintamiseen.

4.3 Ammattikalastus muutoksessa

Juha Hyvärinen, Rauman kaupunki ja Anne-Mari Ventelä, Pyhäjärvi-instituutti

Kalastus kuuluu ammatteihin, joihin ilmastonmuutos vaikuttaa voimakkaasti. Kalatalous on viime vuosikymmeninä jo ollut monenlaisten muutospaineiden alla. Näihin nähden ilmastonmuutos on ehkä vielä lähivuosikymmeninäkin toissijainen. Ajanoloon ilmastonmuutos näyttää kuitenkin aiheuttavan kalastukselle enemmän haittaa kuin hyötyä.

Kalastus seuraa kalakantojen ja meriympäristön muutosta. Kalaston lisäksi muuttuu kalastuksen fyysinen ympäristö. Jäätalvien katoaminen lopettaisi jäältä tapahtuvan kalastuksen nykymuodossaan. Rannikkokalastuksen osalta merkittävintä olisi talviaikaisen troolikalastuksen helpottuminen, mutta lisääntyvä avovesiaika ei ainakaan yksiselitteisesti helpota kaikkea kalastusta. Tulevaisuuden leuto jäätalvi ei ole kalastajan kannalta välttämättä suotuisa, koska myös tuulisuus ilmeisesti lisääntyy. Kelirikko aika voi pidentyä. Jääoloista tulee nykyistä arvaamattomampia.

Ammattikalastusta säädellään, kalastuksen kannattavuus on huono ja verkkokalastus on vaikeutunut hyljevahinkojen takia. Ympäristön ja kalakantojen muutos on ammattikalastuksen kannattavuuden kannalta kriittistä aikaa. Kalastuksen kohteen ohella muuttuu kalastusympäristö.

Satakunnan rannikolla erityisesti siian verkkokalastus on ollut tunnusomaista, mutta se on vähenemässä. Toinen selvä muutos on ollut kalojen ja kalastuksen keskittyminen aivan rantavesiin. Kalastuksen ohjaus, erityisesti ajoverkkokalastuksen kieltäminen, on vähentänyt kalastusta ulkomerellä, mutta suuntaus saaristovesille alkoi jo aiemmin. Osaltaan tätä mahdollisti jätevesien vaivaamien alueiden puhdistuminen. Syyksi on arveltu muutosta kalojen käyttäytymisessä. Kalat ilmeisesti pakenevat hylkeitä. Suurin muutos on ollut siian pintaverkkokalastuksessa, joka on siirtynyt ulapalta aivan rantavesiin ja myöhentynyt loppukesästä syksyyn. Jo hylkeiden runsastuminen vaikeutti avomeripyyntiä, mutta ajoverkkojen kieltäminen pyöriäisten suojelemiseksi lopetti Satakunnan rannikon perinteikkään loppukesäisen rääkipyynnin kokonaan. Nyt isoa siikaa saadaan parhaiten vasta lokakuussa.

Itämeren vedenkorkeuden vaihtelun äärevöityminen (Launiainen ym. 2004) ja lisääntyvä tuulisuus vaikeuttavat kalastusta ja lisäävät pyydysvaurioita ja -menetyksiä. Jos jääpeite ei suojaa rannikkovesiä tuulten sekoittavalta vaikutukselta, ne jäähtyvät aiempaa kylmemmiksi.

Harmaahylkeet haittaavat erityisesti syksyistä verkkokalastusta, sillä hylkeet repivät verkkoja ja syövät osan saaliista. Hyljeongelma alkoi avomerellä, mutta nykyisin hyljevahingot ovat harmillisen yleisiä aivan rantavesiä myöten. Ammatissaan pysyttelevät kalastajat ovat pyrkineet sopeutumaan muutokseen mm. kehittämällä hylkeiden kestäviä rysiä. Katiskojen tulo ammattimaisen rannikkokalastuksen keinovalikoimaan on ollut joillekin kalastajille osavastaus hyljeongelmaan, tosin katiskat yleistyivät ehkä ennemminkin ahventen runsastuessa.

Selkämeren ammattikalastajista yli 60 prosenttia pitää merimetsoja haitallisina. Linnut repivät sukeltaessaan ja kaloja ottaessaan verkkoja ja vaurioittavat saalista. Merimetsojen arvellaan myös karkottavan kaloja. Haittojen koetaan olevan kasvussa (Salmi ym. 2010). Merimetsot muuttavat kalojen käyttäytymistä. Parvet tiivistyvät, eivätkä kalat liiku enää niillä alueilla, joilta ne on totuttu kalastamaan. Tiedot merimetsokannan runsastumisen vaikutuksista muissa maissa ovat varsin ristiriitaisia. Ruotsin Hjälmarenjärvellä on vahva kuhakanta rinnan runsaslukuisen merimetsokannan kanssa. Pohjois-Amerikassa taas kelta-ahvenkanta romahti nähtävästi merimetsojen runsastumisen myötä (Fielder 2008).

Kalansaaliit

Yleistäen voi todeta, että Selkämeren makeanvedenkalalajien saalis on 2000-luvun ajan vähentynyt. Näin on myös Ruotsin puolella (Fiskeriverket 2009). Selkämeren silakkakanta sen sijaan on ollut oleellisesti parempi kuin muilla rannikkoalueilla, joilla saaliit ovat olleet laskusuunnassa. Selkämerellä kannan on katsottu olevan parhaalla tuottavuutensa tasolla ja hyödyntäminen on järjestetty kestävästi (Pönni 2004). Rannikkokalastajienkaan huonot saaliskokemukset eivät koske silakkaa. Satakunnassa silakan rannikkokalastusta on lähinnä Luvian ja Porin edustalla. Selkämeren

silakkasaalis lähes kaksinkertaistui 1990-luvulla turskien kadottua, jolloin lisääntyminen onnistui ilmeisesti lämpimän jakson ansiosta (BALTEX 2006). Selkämeren kilohailisaalis on kasvanut viimeksi kuluneen vuosikymmen aikana ja oli vuonna 2008 runsaat 5000 tonnia (RKTL 2009). Kilohailit kalastetaan silakan troolipyynnin yhteydessä ulapalla.

Selkämeren haukisaaliissa on laskua, mutta se vaihtelee suuresti vuosittain. Saalismäärä on ollut vuonna 2006 hyvällä, runsaan 800 tonnin tasolla, mutta tilastolukemat putosivat 2008 tästä puoleen. Myös Rauman edustan seurannassa kannanvaihtelu ilmenee yksikkösaaliin suurina vuotuisina eroina (Holsti 2008). Osa haukisaaliin vähenemästä saattaa aiheutua kalastuksen vähenemisestä, ei kannan muutoksista sinänsä.

Selkämeren lohisaaliit ovat laskeneet 1990-luvun alun huippuvuosista murto-osaan kalastusrajoitusten, istutusten vähenemisen, niiden tuottavuuden heikentymisen ja hylkeiden takia (Oravainen 2005). Lohen ajoverkkokalastuksen loppumisen vuonna 2008 odotettiin johtavan Selkämeren rannikolla vaeltavien lohien määrän kasvuun. Puolalaisten ja tanskalaisten ajosiimakalastuksen kasvu eteläisellä Itämerellä lienee kuitenkin kompensoinut kalastuspaineen entiselleen (Kuikka ja Rommakkaniemi 2010). Vuonna 2009 Itämeren lohisaalis oli alle viidennes vuoden 1990 saaliista. Ajoverkkojen kieltäminen jätti ammattimaisen lohenpyynnin rysäpyynnin varaan.

Selkämeren taimenista valtaosa saadaan muun verkkokalastuksen sivusaaliina. Saaliskaloista joka toinen on vasta alle puolikiloinen, joten istutusten kilomääräistä tuottopotentiaalia häviää ja lopulta myös kudulle selviytyvien emokalojen määrä käy vähiin. Istutetut taimenet on yleensä istutettu kalastettaviksi, mutta luonnonvarainen taimenkanta ei kestä nykyistä sekalajikalastusta pienehkösilmäisillä verkoilla (Jutila 2010). Uusimmassa Suomen eliölajien uhanalaisuusarvioinnissa Itämeren luontaisesti lisääntyvät taimenkannat on luokiteltu erittäin uhanalaisiksi. Selkämeren kalastosta meritaimenen asiat ovatkin huonoimmin. Luonnonvarainen lisääntyminen Isojoessa ja Merikarvianjoessa on huvennut sukupuuton kynnykselle. Merkittävä luonnonkanta on näistä vain Isojoessa. Selkämeren luonnonvarainen meritaimen on vaarassa hävitä.

Kuva 54. Meritaimen kalastetaan usein verkkokalastuksen sivusaaliina (kuva: Juha Hyvärinen).

Mikäli meriveden suolapitoisuus laskee tulevaisuudessa oleellisesti, myös muikun elinalue Selkämerellä laajenee ja merkitys kasvaa. Muikku on nykyisellään kalataloudellisesti merkittävä Perämeren perukassa, suurten jokien vaikutusalueella.

Siikasaaliiden huippu oli Selkämerellä vuonna 1991. Rauman edustan merialueella taite huonompaan oli vuonna 1997 (Holsti 2008). Samaan aikaan kääntyivät myös Ruotsinpuoleisen Selkämeren ja Perämeren siikasaaliit laskuun (Fiskeriverket 2009). Saalismäärät ovat sittemmin vakiintuneet ja koko Selkämereltä saadaan vuosittain noin 500 tonnia siikaa (RKTL 2010c). Vaellussiika on toistaiseksi istutusten varassa, joten siikasaaliiden voidaan istutusmäärien perusteella arvioida pysyvän suunnilleen nykyisellä tasolla tai hieman pienenevän (Anon 2008). Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos selvittää parhaillaan Selkämeren vaellussiikaistutusten tuloksellisuutta värimerkintäkokein.

Ahvenen osuus saaliissa kasvoi 1990-luvulta alkaen jopa moninkertaiseksi ja ammattimaisessa rannikkokalastuksessa ahvenesta tuli merkittävä saalislaji (Paapuuri Oy 2005) ja samalla katiskapyynnistä merkittävä pyyntimuoto verkko- ja rysäpyynnin rinnalle - varsinkin Selkämerellä (Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 2010b). Tärkein pyyntialue on ollut pohjoinen Saaristomeri ja eteläinen Selkämeri (Raitaniemi 2004). Kuhasaaliit olivat vuosituhannen vaihteessa Selkämerellä ennätyksellisiä. Kuha jopa korvasi menetettyjä lohenkalastusmahdollisuuksia (Paapuuri Oy 2005).

Kampelan saalismäärät ovat romahtaneet 1990-luvun aikaisesta. Vielä vuonna 2001 Rauman edustan verkkosaaliissa oli runsaasti kampelaa, mutta sittemmin kampela on huvennut lähes olemattomiin (Holsti 2008). Selkämeren ammattikalastuksen kampelasaalis on vuosikymmenessä pienentynyt 20 tonnista noin tonniin vuodessa (RKTL 2009) liittyen ilmeisesti meriveden suolapitoisuuden tuolloiseen vähenemiseen. Kampela on ihan viime vuosina runsastunut jälleen suolapitoisuuden noustua hiukan (Hyvärinen, suullinen tiedonanto 2011).

Kalastuksella on merkitystä vesienhoidon kannalta, sillä tehokas kalastus on ainoa tunnettu kustannustehokas keino puuttua sisävesien ja jopa suljettujen merenlahtien sisäiseen kuormitukseen. Vähempiarvoisten lajien, erityisesti särkikalojen käyttöä elintarvikkeena yritetään edistää mm. maa- ja metsätalousminiteriön toimesta.

Kannattavuus - sopeutuminen

Selkämeren rannikolla ammattikalastus on vähentynyt, Rauman-Eurajoen edustalla miltei loppunut. Ammattikalastajat ikääntyvät, eikä uusia ei juuri tule alalle. Pääammattimainen kalastus vähentyy edelleen ja suuri osa kalastuksesta on sivuansioluonteista. Suurin yksittäinen syy ammattikalastuksen lopettamiseen on harmaahylkeiden aiheuttama haitta. Oleellista on myös saaliiden väheneminen ja kannattavuuden heikkeneminen. Ammattikalastuksen tulevaisuuteen voidaan vaikuttaa valtakunnallisella ohjauksella ja EU:n kalatalouspolitiikalla.

Vapaa-ajan kalastus on vähentynyt ja muuttanut muotoaan menneiden vuosikymmenten kotitarvekalastuksesta virkistyskalastukseksi. Verkkokalastus vähenee ja vapakalastuksen suosio ainakin suhteellisesti kasvaa. Saalishakuisuudesta on suuntauduttu elämyshakuisuuteen. Taloudellinen merkitys ei ole enää niinkään saaliissa, vaan käytetyissä palveluissa.

On ymmärrettävä, että Selkämeri ja ympäröivä yhteiskunta ovat muuttuneet ja muutos jatkuu. Menestyäkseen Selkämeren kalastuksen pitää sopeutua kalakantojen ja kalastusympäristön muutokseen. Paluuta vanhaan ei ole.

CASE: Säkylän Pyhäjärven ammattikalastus

Anne-Mari Ventelä ja Marko Jori, Pyhäjärvi-instituutti

Säkylän Pyhäjärvellä toimii yli 20 I luokan ammattikalastajaa. Kalastajien käytössä on kaksi uudenaikaista kalasatamaa, toinen Säkylässä, toinen Euran Mannilassa. Kuntien omistamia kalasatamia vuokraavat nuottakunnat, joita molemmissa toimii kaksi eli yhteensä neljä nuottakuntaa.

Pääosa Pyhäjärven kalansaaliista saadaan talvinuottauskaudella, mutta myös kevät- ja syysrysäpyynnillä on merkitystä. Kaupallisesti tärkeimmät saaliskalalajit Pyhäjärvellä ovat muikku ja ahven. Muut arvokalat ovat siika ja hauki, lisäksi täpläravulla on merkittävä taloudellinen vaikutus elinkeinokalatalouteen. Vajaasti hyödynnettyjä kalalajeja tulee pääosin varsinaisen kalastuksen sivusaaliina. Muikun kaupallinen pyynti ja vajaasti hyödynnettyjen lajien poistokalastus vaikuttaa positiivisesti Pyhäjärven veden laatuun ja niistä käytetään yhteisnimitystä hoitokalastus. Poistokalastusta on tuettu Pyhäjärven suojeluohjelman ja Pyhäjärven kalastusalueen toimesta vuodesta 1995, lukuun ottamatta vuosia 2007–2008, jolloin myös jääpeite oli poikkeuksellisen lyhyt ja saalis jäi pieneksi. Vuosina 2002–2006 poistokalastuksesta maksettu tuki oli muita vuosia parempi, sillä silloin olivat käynnissä KOR-rahoitteinen Pyhäjärven hoitokalastushanke ja EAKR-rahoitteinen Pyhäjärven kohdennettu hoitokalastus -hanke. Näiden hankkeiden vaikutus näkyy selvästi vähempiarvoisen kalan saaliissa. Poistokalastusta tuetaan myös jatkossa, tällä hetkellä rahoitusta saadaan paikallisten tahojen lisäksi valtion budjettivaroista.

Pyhäjärven ammattikalastus perustuu pitkälti sille oletukselle, että kalastus voidaan toteuttaa talvella, jään päältä. Kalalle mennään autoilla, traktoreilla ja moottorikelkoilla, samoin hoituu saaliin kuljetus kalasatamiin. Pyhäjärvi on ollut vuosina 1958–2009 keskimäärin 141 vuorokautta jääpeitteinen. 2000-luvulla on kuitenkin ollut vuosia, jolloin jääpeite onkin ollut normaalia lyhyempi. Nämä vuodet ovat osoittautuneet haasteeksi koko kalastuselinkeinolle. Nuottakausi on jäänyt lyhyeksi ja sen myötä sekä muikku- että hoitokalastussaalis pieneksi. Jäättömät talvet ovat herättäneet ammattikalastajat, jotka ovat joutuneet miettimään oman elinkeinonsa jatkoa uudesta näkökulmasta.

Kuva 55. Talvinuottausta Säkylän Pyhäjärvellä (kuva: Pyhäjärven suojeluohjelma)

Kalastus ja kalan käsittely

Nuottakunnissa tapahtuva talvinuottaus on erittäin tehokas kalastuksen muoto. Yksittäisen nuottakunnan saalis voi olla jopa 15 000 kg päivässä. Talvinuottaus ei edellytä suuria investointeja järvellä liikkumiseen, moottorikelkka, traktori tai pakettiauto riittää. Myös elintarvikelainsäädännön vaatimukset kalan kylmäketjusta täyttyvät pakkaskelillä ilman suuria investointeja – kala kulkee kelkoilla varustetuissa pytyissä jäiden seassa kalasatamaan.

Kalastusajankohdan muuttuminen kokonaan tai pääosin avovesikaudelle edellyttää suuria muutoksia kalastuskäytäntöihin. Ensimmäiseksi on löydettävä talvinuotan veroinen avovesikauden pyyntitapa. Tällä hetkellä avovesikalastus Pyhäjärvellä tarkoittaa verkko- ja rysäpyyntiä. Kummankaan menetelmän saalismäärät eivät pääse läheskään samalle tasolle kuin talvinuottaus. Pyhäjärvi muistuttaa veneilyolosuhteiltaan merialuetta, aallokko voi olla vielä merialuettakin terävämpää ja hankalasti liikuttavaa. Siksi kalastajien on tehtävä suuriakin investointeja kalastusaluksiin. Kalan tuominen kalasatamaan kylmäketjun vaatimusten mukaisesti edellyttää jääkoneita ja jäittämismahdollisuutta aluksessa.

Kesäkalastukseen liittyy myös paljon kysymyksiä, joihin ei tiedetä vastausta. Pyhäjärven muikunpyynti on sidoksissa muikun elinkiertoon. Muikku kutee syksyllä, poikaset kuoriutuvat keväällä jäiden lähdön jälkeen. Kesä on ollut muikulle kasvurauhan aikaa. Muikun pyyntiaikaa on perinteisesti ollut talvi, jolloin edellisenä keväänä kuoriutuneet kalat ovat sopivan kokoisia ihmisten lautasille ja yli 90 % vuosiluokasta pyydetäänkin talvinuotalla. Jäljelle jää vain pieni kutukanta. Tämän kierron rikkominen kalastuksen ajankohtaa voimakkaasti muuttamalla todennäköisesti vaikuttaisi muikun elinkiertoon. Yleinen käsitys on, että liian voimakas kesäajan kalastus, esim. troolaus, voisi vahingoittaa pieniä muikunpoikasia. Jos tehokas kalastus olisi mahdollista sekä kesällä että talvella, muikkuun kohdistuva kalastuspaine voisi olla liiankin suuri ja mennä ylikalastuksen puolelle.

Kalasto

Lähtökohtaisesti ammattikalastajat tuntevat omat kalavetensä läpikotaisin ja tietävät missä ja milloin kala on pyydettävissä. Jääoloiltaan ja lämpötiloiltaan poikkeukselliset vuodet ovat kalastajien mukaan näkyneet kalojen esiintymisessä: kalat eivät ole enää oikeassa paikassa oikeaan aikaan.

Pyhäjärvellä ilmaston konkreettisia vaikutuksia kalastoon on jo havaittu. Lämpimät kesät suosivat erityisesti ahvenia, joiden määrä on 2000-luvulla lisääntynyt. Toisaalta viileämpiä vesiä arvostavat muikku ja siika kärsivät kuumista kesistä – lämpötilan ja runsaiden ahvenkantojen yhteisvaikutus siikaan ja muikkuun on negatiivinen. Siikakannat ovat istutuksista huolimatta olleet erittäin heikot jo joitakin vuosia, myös muikku on ainakin hetkellisesti kadoksissa nyt 2010-luvun alussa. Toisaalta Pyhäjärven pohjalähteet voivat osaltaan antaa viileän veden kaloille pakopaikkoja kuumuutta vastaan. Pohjalähteiden sijainti ja määrällinen merkitys tunnetaan toistaiseksi huonosti, mutta asiaa tutkitaan parhaillaan.

Taloudelliset vaikutukset

Pyhäjärven kaupallinen kalansaalis on perinteisesti rakentunut muikun ja siian varaan. Siikasaaliit ovat kuitenkin 2000 -luvulla olleet erittäin pieniä, samoin viime vuosina huonojen nuottausolosuhteiden tai muikun kannanvaihtelun vuoksi myös muikkusaaliit. Samaan aikaan ahvenen arvo on kasvanut sekä kotimaan markkinoilla että viennissä. Toisaalta perinteisen kalastuksen rinnalle on kehittynyt vahva raputalous, joka tuo lisätuloja sekä ravustajille että niiden jalostajille ja matkailuyrittäjille.

Vielä 90 -luvulla ammattikalastajien päätulo tuli pääsääntöisesti talvinuottasaaliin muikusta, mutta viimeisten 10 vuoden aikana tilanne on muuttunut sellaiseksi, että joka vuosi on tulon muodostuksen osalta erilainen. Jos hyvänä muikkuvuonna jääpeitteisyyden aika ja samalla nuottauspäivien määrä on normaali, niin muikku tuo edelleen pääosan kalastajien tuloista. Mutta huonot talvet, jolloin nuottauspäiviä on vähän, nostavat täplärapusaaliista saadut tulot suurimmaksi tulonlähteeksi, vaikka muikun hintakin on tasaisesti noussut. Vuosina, jolloin muikkusaalis on ollut keskimääräistä pienempi, kalastustuloa on tasannut hoitokalastussaaliista maksettu korvaus.

4.4 Ilmastonmuutoksen vaikutukset Selkämeren satamien toimintaan ja merenkulkuun

Kirsi-Maria Viljanen, Turun yliopiston Merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskus (MKK)

Ilmastonmuutos on globaali ilmiö, joka tulee vaikuttamaan merkittävästi merenkulkuun sekä satamien toimintaympäristöön myös Selkämerellä. Merenkulun kannalta merkittävimmät suorat ilmastonmuutoksen vaikutukset liittyvät jääpeitteen laajuuden ja paksuuden muutoksiin, tuulisuuden ja sateisuuden lisääntymiseen sekä mahdollisiin merenpinnan korkeuden muutoksiin. Myös ilmastonmuutoksesta tai sen hillinnästä johtuvat välilliset vaikutukset, kuten päästövähennyksistä johtuvat toimenpiteet tulevat vaikuttamaan merenkulkuun, kuljetusvirtoihin ja kilpailukykyyn. Jotta ilmastonmuutoksen aiheuttamiin muutoksiin ja ongelmiin pystytään varautumaan, tarvitaan konkreettisia sopeutumistoimia. Myös ilmastonmuutoksen hillintätoimilla on olennainen merkitys ehkäistessä ilmastonmuutoksen voimakkuutta.

Tämän katsauksen tarkoituksena on tarkastella ilmastonmuutoksen vaikutuksia merenkulkuun ja satamien toimintaan, etenkin Selkämeren alueella. Katsauksessa on hyödynnetty alan julkaisuja sekä Suomen merisatamille suunnatun kyselyn vastauksia. Kyselyssä selvitettiin ilmastonmuutoksen vaikutuksia satamien toimintaympäristöön ja merenkulkuun vuoteen 2040 mennessä. Kyselyyn vastasi 11 satamaa, jolloin vastausprosentiksi muodostui 45,8 %.

Kuva 56. Rauman satama (kuva: Port of Rauma 2007)

Jääpeite kutistuu - mahdollisuus merenkululle?

Ilmastonmuutoksen vaikutuksesta talvet leudontuvat ja jääpeitteen laajuus sekä paksuus pienenevät dramaattisesti. Itämeren jääpeitteen laajuuden on arvioitu kutistuvan vuosisadan loppuun mennessä noin 50–80 prosenttia ja jääpeitteisen ajan on arvioitu lyhenevän 1–3 kuukautta (HELCOM 2006). Jäätalvien leudontuminen helpottaa merenkulkua vähentäen jäänmurron tarvetta. Tämän seurauksena merikuljetuksien määrän ja kaupankäynnin uskotaan lisääntyvän. Kuljetukset saattavat myös kohdistua entistä harvempiin satamiin, kiristäen satamien välistä kilpailua. Toisaalta jäätön Itämeri mahdollistaa jääluokaltaan heikompien alusten liikennöintiä Suomen satamissa jopa ympäri vuoden. Tämä parantaisi Suomen kilpailukykyä etenkin irtotavaran kauttakulkukuljetuksissa Venäjältä (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010).

Merikuljetukset Jäämerellä kulkevalla pohjoisella reitillä voivat vaikuttaa positiivisesti sekä läntisen Suomen satamien kilpailukykyyn että niiden kautta kulkevien tavaravirtojen määrään. Aaltosen ja Loescherin (2010) mukaan merikuljetukset pohjoisella meriväylällä tulevat mahdollistumaan jo vuoteen 2020 mennessä. Tällöin kuljetukset Suomen ja Pohjois-Amerikan, Etelä-Amerikan, Itä-Aasian ja Australian välillä muodostuisivat kustannuksiltaan 60 prosenttia edullisemmiksi nykyiseen verrattuna. Aaltosen mukaan pohjoisesta kuljetusreitistä voisi muodostua niin sanottu Suomen uusi

”Nokia” (HS 2010). Etenkin Oulun ja Kemin satamille pohjoinen reitti loisi mahdollisuuden niin taloudellisesti kuin kuljetusketjujen solmukohtana. Satamille teetetyn kyselyn mukaan pohjoisen merireitin vaikutuksia ei osata vielä arvioida tai sen ei nähdä lisäävän satamien merikuljetuksia. Jääpeitekauden helpottuminen koetaan kuitenkin mahdollisuutena, sillä jääpeitteen supistuessa merikuljetuksien kilpailukyvyn suhteessa maakuljetuksiin uskotaan kasvavan. Toisaalta sataman infrastruktuurin ylläpitokustannukset kasvanevat ilmastonmuutokseen sopeutumiseen liittyvien toimenpiteiden seurauksena.

Leudot jäätalvet saattavat aiheuttaa merenkululle myös haittaa, sillä jäätön meri lisää tuulisuutta. Tuulisuuden on arvioitu Itämeren alueella lisääntyvän talvisin jopa 18 prosenttia (HELCOM 2006). Etenkin sään ääri-ilmiöt, kuten myrskytuulet, korkea aallokko, rankkasateet ja lumipyryt voivat aiheuttaa suuria riskejä Suomen merikuljetuksille vaikeuttaen aikataulutusta ja ennakoitavuutta (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010). Tuulisuus edesauttaa myös ahtojäiden muodostumista ja vaikeuttaa näin merenkulkua. Merenkulkua hankaloittavat myös sateisuuden ja kosteuden aiheuttama sumunmuodostus, huono merinäkyvyys sekä alusten rakenteiden jäätyminen (Itämeriportaali 2010). Sateisuuden on arvioitu lisääntyvän vuoteen 2100 mennessä noin 10–20 prosenttia (van der Linden ja Mitchell 2009). Satama-alueilla sateisuus merkitsee lisääntyvää tarvetta katettuihin terminaalitiloihin ja laituripaikkoihin.

Satamille teetetyn kyselyn mukaan lähes puolet vastaajista arvioi ilmastonmuutoksen aiheuttavan riskejä toiminnalleen vuoteen 2040 mennessä. Etenkin sateisuus, tuulisuus ja sään ääri-ilmiöt ja nopeat lämpötilan muutokset koetaan merkittävinä riskeinä. Tällöin laivaliikenteen vaikeutumisen lisäksi karilleajot yleistyvät sekä laivat ja laiturialueet ovat alttiina vaurioitumiselle. Myös taloudelliset menetykset myrskyjen seurauksena ovat mahdollisia. Talvinen sade koetaan ongelmallisena, sillä se aiheuttaa liukkautta laituripaikoilla. Liukkauteen arvioidaan olevan ratkaisu erikoishiekoitus tai laitureiden uudenlaiset materiaalivalinnat. Tuulisuuteen satamien on sopeuduttava, mutta toimivan infrastruktuurin rakentaminen satama-alueille vähentää sään muutoksista aiheutuvia riskejä. Myös osaavalla henkilökunnalla on riskeihin varautumisen kannalta suuri merkitys. Hieman yli puolet vastanneista satamista oli arvioinut ilmastonmuutoksen riskejä liiketoiminnalleen ja ottaneet sen huomioon toiminnassaan.

Merenpinnan korkeuden muutokset merkitsevät riskejä satama-alueille

Itämeren pitkäaikaisiin keskivedenkorkeuden muutoksiin vaikuttavat olennaisesti maanpinnan kohoaminen ja globaali merenpinnan korkeuden muutos. Suurimmassa osassa Suomenlahtea merenpinnan korkeuden nousu tulee kumoamaan maanpinnan kohoamisen vuoteen 2100 mennessä, kun Pohjanlahdella ja Perämerellä merenpinnan lasku jatkuu edelleen (Johansson et al. 2004). Selkämerellä merenpinnan lasku hidastuu vähitellen, mutta ”pahimpien” skenaarioiden perusteella merenpinnan korkeus voi kohota arviolta 20–30 senttiä (Meier et al 2004).

Lyhytaikaisiin merenpinnan korkeuden muutoksiin vaikuttavat merkittävästi paikalliset tuuliolosuhteet sekä Itämeren alueen keskimääräinen vesimäärä (Merenkulkulaitos 2009). Vesimäärän arvioidaan nousevan noin 10–30 senttiä vuoteen 2040 mennessä. Tuulisuudesta johtuva merenkäynti yhdistettynä vesimäärän nousuun lisännee tulvariskiä satama-alueilla. Satamille merenkorkeuden muutokset tulevat aiheuttamaan kustannuksia, sillä laiturialueita joudutaan korottamaan sekä alueviemäröintiä tarkistamaan. Osassa Suomen merisatamista kyseisiin toimenpiteisiin on jo ryhdytty.

Ilmastonmuutoksen hillintätoimenpiteet tuovat muutoksia meriliikenteeseen

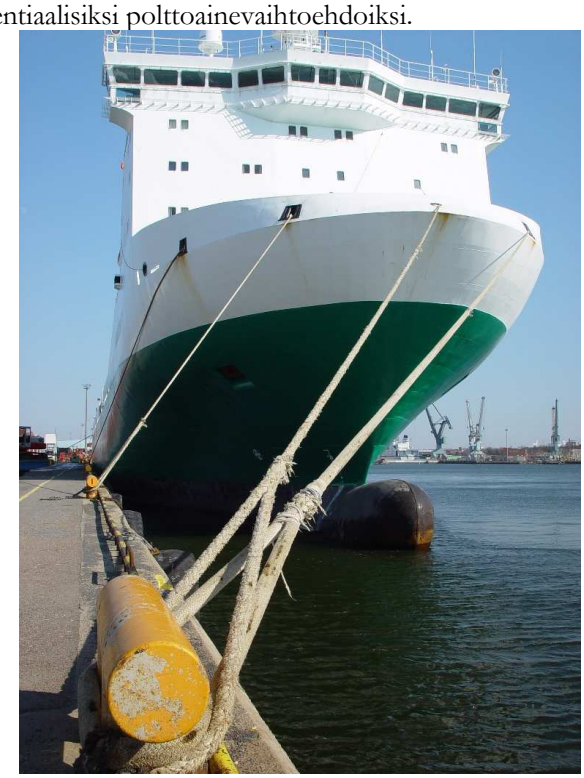
Merenkulussa syntyy ilman laadun sekä ilmastonmuutoksen kannalta epäedullisia kaasuja, kuten hiilidioksidia, typen ja rikin oksideja sekä pienhiukkasia. Nämä päästöt ilmaan vaikuttavat ilmastonmuutokseen joko suorasti tai epäsuorasti. Vaikka meriliikenne on hyvin energiatehokasta muihin liikennemuotoihin verrattuna, on ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi Kansainvälisessä merenkulkujärjestössä (IMO) suunniteltu kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi teknisiä ja operationaalisia toimenpiteitä, joita ovat esimerkiksi uusille aluksille tarkoitettu energiatehokkuuden suunnitteluindeksi sekä kaikille aluksille tarkoitettu energiatehokkuuden hallinnan suunnitelma (IMO 2009). Lisäksi on suunniteltu markkinapohjaisia toimenpiteitä. IMO:n suunnittelemien toimenpiteiden lisäksi EU:n ilmasto- ja energiastrategiassa on asetettu tavoitteita kasvihuonepäästöjen vähentämisestä.

Alusten energiatehokkuuden parantamiseksi sekä päästöjen pienentämiseksi on olemassa monia teknisiä ja operatiivisia mahdollisuuksia. Teknisiä menetelmiä ovat esimerkiksi, uusiutuvien energianlähteiden, vähemmän saastuttavan teknologian sekä vähähiilisten polttoaineiden käyttöönotto (IMO 2009, Harrould-Kolieb 2008). Myös alusten runkorakenteiden ja keulan suunnittelulla voidaan vähentää polttoainekulutusta. Satama-alueilla aluksista aiheutuvia päästöjä voidaan vähentää tarjoamalla aluksille mahdollisuus maasähköön, jolloin alukset voivat sammuttaa moottorinsa laiturissa ollessaan. Operatiivisista toimenpiteistä etenkin reittioptimointi, nopeuden hidastaminen, polttoainesäädökset, kannustimet sekä logistiikan hyötysuhteen parantaminen ovat melko helposti toteutettavissa.

Merenkulusta aiheutuvien ilmansaasteiden vähentämiseksi suunnitellut toimenpiteet tulevat nostamaan polttoaine- ja aluskustannuksia, mikä merkitsee lisäkustannuksia myös Suomen merikuljetuksille. Etenkin IMO:n MARPOL yleissopimuksen Liitteen VI polttoainemääräys, jonka mukaan Itämerellä, Pohjanmerellä ja Englannin kanaalissa purjehtivien alusten polttoaineen rikkipitoisuuden ylärajan on pudottava tämän päivän yhdestä prosentista 0,1 prosenttiin vuonna 2015 tulee aiheuttamaan merkittäviä lisäkustannuksia ja mahdollisesti kilpailun vääristymistä (IMO 2010).

Polttoainesäädöksestä johtuen kuljetusvirrat saattavat muuttua. Esimerkiksi teollisuus voi siirtää rahtikuljetuksiaan meriliikenteeltä muille kuljetusmuodoille tai ääritapauksessa jopa siirtää tuotantoaan pois Suomesta. Merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskuksen Liikenne- ja viestintäministeriölle tekemän selvityksen mukaan polttoainesäädökset lisäisivät polttoainekustannuksia 0,2–1,18 mrd. euroa (Kalli et al. 2009). Saman tutkimuksen mukaan merirahtihinnat nousisivat 30–50 prosenttia.

Satamille tehdyn kyselyn mukaan päästömääräysten koettiin vähentävän merikuljetuksia. Päästömääräysten uskottiin myös vaikuttavan laivojen yksikkökoon kasvuun sekä merikuljetusten ajonopeuksien hidastumiseen. Toisaalta koettiin myös, että ympäristönäkökohtien huomioiminen sataman toiminnassa nousee satamien kilpailuvaltiksi. Ilmastonmuutoksen seurauksena uusiutuvista energianlähteistä maakaasun käyttöönottoon ja kehitykseen alusten polttoaineena uskottiin vakaimmin. Myös biopolttoaineiden, tuulivoiman sekä aurinkoenergian hyödyntäminen koettiin tulevaisuudessa potentiaalisiksi polttoainevaihtoehdoiksi.



Kuva 57. Uusien päästömääräysten uskotaan vaikuttavan alusten yksikkökoon kasvuun (kuva: Port of Rauma 2005)

Ilmastonmuutoksen vaikutukset Satakunnan suurimpien satamien toimintaympäristöön
Selkämeren meriliikenteeseen sekä satamien kilpailukykyyn tulevat tulevaisuudessa vaikuttamaan merkittävästi ilmastonmuutoksen hillintätoimenpiteet sekä niiden tasapuolinen toteuttaminen Euroopan sisällä. Porin ja Rauman satamissa Itämeren ja Euroopan kilpailukyvyn pelätään päästövähennyssäädösten johdosta heikkenevän ja aiheuttavan riskejä satamien toiminnalle. Ilmastonmuutoksen arvioidaan etenkin Porin Satamassa vaikuttavan melko negatiivisesti sataman kilpailukykyyn sekä tuonti- ja vientiliikenteeseen. Rauman Satamassa ilmastonmuutos koetaan melko positiivisesti kilpailukykyyn vaikuttavana tekijänä, eikä ilmastonmuutoksen uskota lisäävän riskejä nykyisestään. Kummankaan sataman investointipäätöksiin ilmastonmuutoksella ei koeta olevan vaikutusta. Ilmastonmuutoksen hillintätoimien seurauksena fossiilisten polttoaineiden kulutus vähenee. Tämä saattaa heijastua negatiivisesti Porin Sataman kivihiilivaltaiseen tuontiliikenteeseen. Toisaalta meriliikenteen osuus öljyn, öljytuotteiden, kivihiilen ja koksin kuljetuksista verrattuna muihin kuljetusmuotoihin saattaa hillintätoimenpiteiden seurauksena lisääntyä (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010). Samoin muiden tavaralajien merikuljetukset tulevat ennusteiden mukaan kasvamaan. Rauman sataman paperi ja sellupainotteisen tavaran lastausta ja purkua voivat haitata lisääntynyt tuulisuus ja sateisuus. Toisaalta tuulisuuden ja sateisuuden ei uskota kumoavan jään murtamisen vähenemisestä saatua hyötyä.

Ilmastonmuutos ja siihen sopeutuminen merkitsevät Selkämeren suurimmille satamille myös mahdollisuuksia. Jääpeitteen väheneminen helpottaa satamien toimintaa, jäänmurtoa ja alusten aikataulutusta sekä vähentää polttoaineenkulutusta. Myös Selkämeren satamien ulkomaan vientikuljetuksien määrä saattaa lisääntyä jääpeiteajan lyhentyessä. Jääpeitteen vähenemisen uskotaan Rauman Satamassa myös lisäävän kotimaan rannikkoliikenteen kilpailukykyä maakuljetuksiin verrattuna. Ilmastonmuutoksen seurauksena aluskoko kasvaa, jolloin syväsatamien merkitys merenkulussa korostuu. Porin Satamassa tämä nähdään merkittävänä mahdollisuutena, sillä Porin satama Pohjanlahden syvimpänä satamana tarjoaa etulyöntiaseman raskaiden lastien kuljetuksissa (Porin Satama 2010). Ilmastonmuutoksen hillinnän seurauksena merikuljetukset voivat keskittyä yhä harvempiin satamiin, jolloin Rauman ja Porin kilpailukyvyn kannalta on tärkeää, että satamat ovat erikoistuneet eri tuotteisiin. Tärkeää on myös huolehtia hyvien yhdistettyjen kuljetusketjujen mahdollisuudesta.

Ilmastonmuutoksen hillintätoimista huolimatta merikuljetukset ovat energiatehokas kuljetusmuoto, johon myös tulevaisuudessa maamme ulkomaankauppa tulee perustumaan. Jotta Selkämeren satamamme voisivat paremmin valmistautua ilmastonmuutoksen tuomiin muutoksiin, tulisi satamien laatia suunnitelma ilmastonmuutokseen sopeutumisesta. Hyvin suunniteltujen sopeutumistoimien ja riskien hallinnan avulla pystytään kustannustehokkaasti varautumaan ilmastonmuutoksen tuomiin haasteisiin.

5 YHTEENVETO

Ilmastonmuutoksen on ennustettu ilmenevän Suomessa lämpenemisenä, sateisuuden lisääntymisenä ja sen vuodenaikaisjakauman muuttumisena. Vesistöjen lämpötila kasvaa, vedenpinta nousee, virtaamat kasvavat ja tulvien todennäköisyys lisääntyy. Selkämeren suolapitoisuus saattaa laskea ja rehevöityminen etenee maa-alueilta tulevien ravinnehuuhtoumien kasvaessa. Eri elinkeinoille tulee toisaalta erilaisia uhkia ja toisaalta mahdollisuuksia. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia ja siihen varautumista ja sopeutumista on pohdittu valtakunnan tasolla, mutta alueellisia eroja tulee kuitenkin olemaan ja sen vuoksi niitä on tarpeen tarkastella maan eri osissa.

Muuttuva Selkämeri -hankkeen keskeisenä tavoitteena on ollut saavuttaa parempi ymmärrys ja tietoisuus ilmastonmuutoksen merkityksestä Selkämerellä ja sen valuma-alueella sekä tunnistaa vesistöjen tilaan ja elinkeinoihin vaikuttavat oleelliset asiat. Hankkeessa on tarkasteltu alueelta kerätyn taustatiedon sekä toisaalta ilmasto- ja ilmastonmuutostutkimusten ja -skenaarioiden valossa Selkämeren ja sen valuma-alueen tilaa, kehitystä ja tulevaisuutta. Nykyisen käsityksen mukaisesti ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan Suomessa voimakkaimmin juuri lounaisissa osissa maata. Paikalliset vaikutukset vaihtelevat riippuen tarkastelun kohteena olevasta ilmiöstä. Eri elinkeinot ovat ilmastonmuutoksen vaikutusten suhteen eriarvoisessa asemassa. Toiset hyötyvät, toisia taas muutokset uhkaavat.

Muuttuva Selkämeri -hankkeen keskeiseksi kohdealueeksi määriteltiin Selkämeren rannikkoalue ulottuen Uudenkaupungin edustalta Merikarvialle ja osin Pohjanmaan eteläosiin saakka. Selkämeren valuma-alueen osalta tarkasteltiin erityisesti Satakuntaa. Tarkimmat selvitykset tehtiin pilottialueilla, joita ovat Eurajoen vesistöalue ja Rauman edustan merialue ja toisaalta Kokemäenjoen vesistön alaosat ja Porin edustan merialue.

Ilmasto muuttuu
Ilmasto on säätilan pitkän ajan keskiarvo. Ilmasto on maapallon historian aikana lämmennyt ja jäähtynyt useaan otteeseen. Viimeisin ilmaston muuttuminen on todennäköisimmin seurausta kasvihuonekaasujen pitoisuuden lisääntymisestä ilmakehässä esiteolliseen aikaan verrattuna. Se nostaa ilmakehän lämpötilaa, mikä vaikuttaa edelleen maapallon keskimääräisen ilman ja meriveden lämpötilojen nousuun, pysyvän jää- ja lumipeitteen sulamiseen ja valtamerien pinnan nousuun. Ongelman globaali luonne ja toisaalta vaikutusten viive ja moninaisuus tuovat merkittäviä haasteita ilmastonmuutoksen torjuntaan liittyvään päätöksentekoon.

Ilmastotutkimuksen työkaluna käytetään ns. ilmastonmuutosskenaarioita, jotka ovat mahdollisia kuvauksia tulevaisuudesta. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia ennustettaessa kasvihuonekaasujen päästöskenaariot muutetaan ilmakehän pitoisuuksiksi. Yleisesti käytetään ns. SRES-skenaarioita, jotka voidaan jakaa kahteen ryhmään: kulutusyhteiskuntaskenaariot (A-skenaariot) ja kestävään kehitykseen tähtäävät skenaariot (B-skenaariot). Ilmastomallien avulla skenaarioista ja niistä johdetuista pitoisuuksista saadaan arvioita tulevasta ilmastosta. Suomen oloihin sovelletaan useimmiten alueellisia ilmastomalleja, jotka ovat alueellisesti sovellettuja ja tarkennettuja versioita maailmanlaajuisista ilmastomalleista. Alueellisiin malleihin liittyy aina paljon epävarmuuksia, kuten päästökehityksen ennustamisen haasteet ja luonnollisen ilmastonvaihtelun erottaminen ihmisen vaikutuksesta.

Ilmastonmuutosta voidaan hillitä vähentämällä kasvihuonekaasujen päästöjä tai lisäämällä hiilen nieluja. Hillitsemistoimet on toteutettava maailmanlaajuisesti. Sopeutumisella puolestaan tarkoitetaan ihmisen tai luonnon sopeutumista muuttuviin olosuhteisiin. Mitä vähäisemmäksi lämpeneminen onnistutaan rajoittamaan, sitä helpompi on sopeutua. Suomi on toistaiseksi ollut ilmastonmuutokseen sopeutumisessa edelläkävijä, mutta kehittämistä riittää edelleen.

Selkämeren alueen ilmasto
Selkämeren alue kuuluu eteläboreaaliseen (pääosa Satakunnasta) ja keskiboreaaliseen ilmastovyöhykkeeseen (suurin osa Pohjanmaasta). Selkämeren alueen ilmastossa on sekä meri- että mannerilmaston piirteitä riippuen etäisyydestä rannikosta ja toisaalta vallitsevien ilmavirtausten sekä korkea- ja matalapaineiden liikkumissuunnista. Selkämeren rannikon saaristoalue on kapea ja mantereisuus kasvaa nopeasti sisämaahan päin.

Vuoden keskilämpötila vaihtelee vajaasta kolmesta asteesta noin viiteen. Vuotuinen sademäärä vaihtelee Satakunnassa alle 600 mm:sta 650 mm:iin ja Pohjanmaalla alle 500 mm:sta 600 mm:iin. Vähiten sataa saaristossa ja eniten sisämaassa. Tehoisa lämpösumma vaihtelee Pohjanmaan saaristoalueiden n. 1000°:sta eteläisen Satakunnan 1250–1300°:een.

Satakunnassa ilmastonmuutoksen merkittävimpiä vaikutuksia tullaan ennusteiden mukaan näkemään talviaikaan. Keskilämpötilan nousun on ennustettu olevan voimakkainta nimenomaan talvikuukausina (jopa 4–8 °C nykyistä korkeampi jaksolla 2071–2100). Talvipäivien lukumäärä laskee nykyisestä runsaasta sadasta alle viiteenkymmeneen (jopa vain muutamaan) nykyisen vuosisadan loppuun mennessä. Talvi lyhenee enemmän Satakunnan rannikolla kuin sisämaassa.

Sademäärän muutoksen ennusteet vaihtelevat. Vuotuinen sademäärä tulee lisääntymään 0-30 % nykyisestä ajoittuen syksy- ja talvikuukausiin. Kesäaikaan sademäärät voivat jopa pienentyä. Talvisissa jääolosuhteissa on jo havaittavissa selvää jäänlähdön aikaistumista. Jään tulo tai ensijäätymisen ajankohta eivät juurikaan ole muuttuneet. Kehityksen ennakoidaan jatkuvan tulevaisuudessa.

Virtaamien kasvua erityisesti talviaikaan
Selkämereen ja siihen laskeviin jokiin sekä Satakunnan järviin kohdistuu ilmastonmuutoksen myötä uusia uhkia. Pitkäaikaisista seurannoista on jo nyt havaittavissa, että talviaikaiset virtaamat ovat kasvaneet ja kasvavat ilmastonmuutosennusteiden mukaan edelleen. Talviaikaisten virtaamien ennustetaan kasvavan nykyisestä jopa 60 % vuoteen 2100 mennessä. Kevään ja kesän virtaamien ennustetaan puolestaan pienenevän nykyisestä 20–40 %.

Talvien muuttuminen leudommiksi lisää vesistöjen ravinnekuormitusta, mikä kiihdyttää vesistöjen rehevöitymistä. Tämä aiheuttaa suuria haasteita vesiensuojelulle. Ravinnekuormituksen kurissa pitämiseksi tarvitaan uusia menetelmiä, jotka ovat tehokkaita myös talviolosuhteissa.

Kaiken kaikkiaan ilmastonmuutoksen myötä havaittavien muutosten voimakkuus riippuu siitä, miten kasvihuonekaasujen päästöjen hillinnässä onnistutaan kansainvälisesti.

Kuva 58. Talvien muuttuminen leudommaksi lisää vesistöjen ravinnekuormitusta (kuva: Pyhäjärvi-instituutti)

Eri eliöryhmät muutoksessa

Selkämeri on eteläisen ja pohjoisen lajiston kohtaamisaluetta, minkä vuoksi se on erityisen herkkä ilmastonmuutoksen vaikutuksille. Kasvien ja eläinten kannalta oleellisempia muutoksia ovat ilmaston keskilämpötilan nousu, kasvukauden piteneminen, tilapäisten kuivuuskausien ja toisaalta rankkasateiden yleistyminen sekä lumi- ja jääpeiteajan lyhentyminen ja sen muuttuminen epäsäännöllisemmäksi. Muutokset voivat mahdollistaa uusien lajien leviämisen tai nykyisten pohjoisten lajien ajautumista ahdinkoon. Maamme uudet eteläiset perhos- ja lintulajit reagoivat lämpenemiseen nopeasti.

Selkämeren vedenalainen luonto on vielä suurelta osin tuntematonta. Lajisto on vähälukuinen ja siihen kuuluu sekä makean että meriveden lajeja. Rakkolevää on alueella kahta eri lajia: yleinen rakkolevä (*Fucus vesiculosus*) ja Selkämeren endeeminen pikkuhauru (*Fucus radicans*). Rakkolevän esiintyminen kertoo merialueen hyvästä tilasta, sillä se tarvitsee runsaasti valoa eikä menesty sen vuoksi sameissa vesissä. Rakkoleväkasvustoilla on tärkeä merkitys kalojen lisääntymisalueina ja suojapaikkoina. Rakkolevän esiintymisen pohjoisraja on Merenkurkussa, meriveden suolaisuuden vähetessä Merenkurkus kynnyksen pohjoispuolella.

Suorien lämpötilamuutosten lisäksi kasvukauden pituus sekä jääolojen muutos vaikuttavat vesieliöstöön. Sademäärien ja sateen vuodenaikaisjakauman muutokset vaikuttavat vesistöjen ravinnekuormitukseen ja sitä kautta rehevöitymiseen. Vaikutukset saattavat ilmetä esimerkiksi vesikasvillisuusvyöhykkeiden leviämisenä tai kalaston rakenteen muutoksina.

Ilmastonmuutoksen myötä tulevaisuudessa kalaston muutokset tulevat olemaan suurempia ja nopeampia kuin viime vuosisadalla. Muutosta äärevöi monien kalalajien esiintyminen Selkämeressä suolapitoisuuden ja lämpötilan suhteen levinneisyysalueensa äärirajoilla.

Ympäristön muuttuessa populaatioilla on kolme vaihtoehtoa: se voi muuttaa esiintymisalueeltaan, hävitä kokonaan tai sopeutua muutokseen.

Muutoksia kasvinviljelyn edellytyksissä
Satakunta on vahvaa kasvinviljelyaluetta. Ilmastonmuutos vaikuttaa Satakunnan ja koko Etelä-Suomen. kasvintuotantoon samalla tavalla: Yleisesti ottaen voidaan todeta kasvintuotannon mahdollisuuksien paranevan korkeampien satotasojen ja uusien lajien tai lajikkeiden myötä. Toisaalta torjunta-aineiden käytön tarpeen ja ravinteiden huuhtoutumisen ennustetaan lisääntyvän. Pellon vesitalouden hallinnan merkitys korostuu tiivistymisen, kuivuuden ja ravinnetalouden vuoksi.

Ilmastonmuutoksen aiheuttama lämpötilan kohoaminen lisää orgaanisen aineksen hajoamista ja samalla ravinteiden vapautuminen nopeutuu. Sadannan lisääntyminen lähinnä syksyn ja talven aikana tulee lisäämään liukoisten ravinteiden huuhtoutumisriskiä. Tätä vaikutusta korostaa lisäksi lämpötilan nousu, joka vähentää lumisateita, lumen säilymistä ja maan routaantumista.

Syksyn ja talven sateet johtavat koko talven läpi tasaisena jatkuvaan valuntaan, jossa ei ole havaittavissa nykyisen kaltaista lumien sulamisesta muodostuvaa kevään valumahuippua. Maan läpi suotautuva pohjavalunta lisääntyy pintavalunnan kustannuksella, mikäli ojaverkosto pystyy siirtämään valumavesiä riittävän nopeasti pois pelloilta. Pintavalunnan väheneminen pienentää peltojen eroosiota ja maa-ainekseen sitoutuneen fosforin huuhtoutumista. Pohjavalunnan lisääntyminen puolestaan ”pesee” maaprofiilista aikaisempaa tehokkaammin pois liukoisia ravinteita.

Maatalouden on mahdollista sopeuttaa toimintaa ja varautua ilmastonmuutoksen tuomiin uusiin haasteisiin kasvinjalostuksella, jolla voidaan tuottaa uusia lajikkeita ja ottaa niitä viljelyyn. Talvien leudontumisen myötä syysmuotoisten lajikkeiden viljelyn ennustetaan lisääntyvän, vaikkakin talvehtimisriskit voivat aluksi kasvaa. Peltojen vesitalouden hallinnan on myös sopeuduttava uuteen tilanteeseen sekä riittävän kuivatuksen että toisaalta mahdollisten uusien kastelutarpeiden turvaamiseksi. Viljelytekniikoita on tulevaisuudessa tarpeen säätää satotason parantamiseksi: lannoitustasoja nostetaan vastaamaan korkeampia satotasoja ja tulokaslajeja vastaan varaudutaan kasvinsuojelussa.

Kalatalous muutoksessa
Kalatalous on viime vuosikymmeninä jo ollut monenlaisten muutospaineiden alla. Näihin nähden ilmastonmuutos on ehkä vielä lähivuosikymmeninäkin toissijainen. Tulevaisuudessa ilmastonmuutos näyttää kuitenkin aiheuttavan kalastukselle enemmän haittaa kuin hyötyä. Yleistäen voi todeta, että Selkämeren makeanveden kalalajien saalis on 2000-luvun ajan vähentynyt. Selkämeren silakkakanta sen sijaan on ollut oleellisesti parempi kuin muilla rannikkoalueilla, joilla saaliit ovat olleet laskusuunnassa. Rannikkokalastajienkaan huonot saaliskokemukset eivät koske silakkaa. Kalastuksella on merkitystä vesienhoidollisesti, sillä tehokas kalastus on ainoa tunnettu kustannustehokas keino puuttua sisävesien ja jopa suljettujen merenlahtien sisäiseen kuormitukseen.

Selkämeren rannikolla ammattikalastus on vähentynyt. Näköpiirissä olevana aikana ainakin pääammattimainen kalastus vähenee edelleen ja jäljelle jääneestä kalastuksesta suuri osa on sivuansioluonteista. Suurin yksittäinen syy ammattikalastuksen lopettamiseen on harmaahylkeiden aiheuttama haitta. Oleellista on myös kannattavuuden heikkeneminen, tässä osaltaan saaliiden väheneminen.

Energiasektori keskeisenä toimijana hillinnässä ja sopeutumisessa
Satakunta on monipuolinen energiatuotannon keskittymä, jossa tuotetaan sähköä noin kolminkertaisesti kulutukseen maakunnan tarpeisiin nähden. Perusenergian tuotanto on keskittynyt Olkiluotoon ja Tahkoluotoon. Perusenergiantuotannon ohella Satakunnassa panostetaan myös monipuoliseen uusiutuvien energiamuotojen käyttöön, esim. paikallisessa energiantuotannossa. Satakunnan omista päästölähteistä merkittävimmät ovat suurimmat teollisuus- ja energiantuotantolaitokset sekä liikenne. Raskaan teollisuuden, energiantuotannon sekä maatalouden osalta Satakunnassa on kuitenkin saatu aikaiseksi merkittäviä edistysaskeleita mm. uusiutuvien energiamuotojen käytön lisäämisellä energiantuotannossa.

Maakunnallisessa kehittämistoiminnassa kiinnitetään erityistä huomiota energiaa ja luontoa säästäviin sekä ilmastonmuutoksen hillintää ja siihen sopeutumista edistäviin ratkaisuihin sekä energiantuotannossa että -kulutuksessa. Uudet teknologiat avaavat mahdollisuuksia luontoa sekä

energiaa säästäviin uusiin ratkaisuihin. Oikealla osaamisella voidaan tuoda saataville monia ekotehokkaita ratkaisuja liikkua tai käyttää palveluja. Merkittävä osuus energiaa ja luontoa säästävien toimien saralla on materiaalitehokkuudella, kierrätyksellä ja energiansäästöllä.

Merenkulkualalla muutoksista on sekä hyötyä että haittaa
Merenkulun kannalta merkittävimmät suorat ilmastonmuutoksen vaikutukset liittyvät jääpeitteen laajuuden ja paksuuden muutoksiin, tuulisuuden ja sateisuuden lisääntymiseen sekä mahdollisiin merenpinnan korkeuden muutoksiin. Jäätalvien leudontuminen helpottaa merenkulkua vähentäen jäänmurron tarvetta. Tämän seurauksena merikuljetuksien määrän ja kaupankäynnin uskotaan lisääntyvän. Leudot jäätalvet saattavat aiheuttaa merenkululle myös haittaa, sillä jäätön meri lisää tuulisuutta. Tuulisuus vaikuttaa edelleen vaikeuttaen mm. liikenteen aikataulutusta ja edesauttaen ahtojäiden muodostumista.

Satamille teetetyn kyselyn mukaan lähes puolet vastaajista arvioi ilmastonmuutoksen aiheuttavan riskejä toiminnalleen vuoteen 2040 mennessä. Etenkin sateisuus, tuulisuus ja sään ääri-ilmiöt ja nopeat lämpötilan muutokset koetaan merkittävinä riskeinä.

Myös ilmastonmuutoksesta tai sen hillinnästä johtuvat välilliset vaikutukset, kuten päästövähennyksistä johtuvat toimenpiteet tulevat vaikuttamaan merenkulkuun, kuljetusvirtoihin ja kilpailukykyyn. Selkämeren meriliikenteeseen sekä satamien kilpailukykyyn tulevat tulevaisuudessa vaikuttamaan merkittävästi ilmastonmuutoksen hillintätoimenpiteet sekä niiden tasapuolinen toteuttaminen Euroopan sisällä. Ilmastonmuutos ja siihen sopeutuminen merkitsevät Selkämeren suurimmille satamille myös mahdollisuuksia. Jääpeitteen väheneminen helpottaa satamien toimintaa, jäänmurtoa ja alusten aikataulutusta sekä vähentää polttoaineenkulutusta. Myös Selkämeren satamien ulkomaan vientikuljetuksien määrä saattaa lisääntyä jääpeiteajan lyhentyessä.

Jotta ilmastonmuutoksen aiheuttamiin muutoksiin ja ongelmiin pystytään varautumaan, tarvitaan konkreettisia sopeutumistoimia. Hyvin suunniteltujen sopeutumistoimien ja riskien hallinnan avulla pystytään kustannustehokkaasti varautumaan ilmastonmuutoksen tuomiin haasteisiin.

Tulevaisuuden Selkämerellä haasteita ja mahdollisuuksia
Selkämeri on toistaiseksi Suomen rannikon puhtaimpia merialueita. Selkämeren luonto on ainutlaatuinen ja rikas. Rehevöityminen tulee kuitenkin etenemään etenkin rannikkoalueilla kuormituksen ja ennustetun lämpenemisen vuoksi. Selkämeren hyvän tilan säilyttämiseksi tarvitaan uudenlaista vesiensuojeluajattelua ja uusia menetelmiä.

Mikäli emme tunne ekosysteemiä ja sen toimintaa riittävästi, on asiantuntijoidenkin vaikea havaita ja perustella muutoksia ja toisaalta rahoitustarvetta toimenpiteille. Erityinen tiedon tarve kohdistuu vedenalaisen luonnon ominaisuuksiin, eliöstöön ja erityispiirteisiin Selkämerellä. Seurantaa olisi tehtävä kattavasti, jotta muutosten havainnointi olisi mahdollista. Myös tuleviin haasteisiin, kuten tulokaslajeihin, olisi varauduttava. Olisi kyettävä seuraamaan myös sitä, mitä alueella ei vielä ole. Haasteena on tiedon vieminen käytäntöön ja suuren yleisön tietoisuuteen. Verkostoitumisen merkitys tiedon leviämisessä ja levittämisessä on keskeinen. Eri alojen ihmisten, kuten tutkijoiden, asiantuntijoiden ja päätöksentekijöiden kohdatessa kohtaavat myös eri näkökulmat. Selkämeren osalta on hyvä pitää katse suunnattuna myös meren yli Ruotsiin.

Ilmastonmuutoksen myötä uudenlainen päätöksenteon joustavuus ja rohkeus korostuvat. Yhteiskunnallisen päätöksenteon olisi sopeuduttava siihen, että luonnon prosessit ja syy-seuraussuhteet ovat monimutkaisia, eikä asioista löydy aina yhtä oikeaa totuutta.

Selkämeri on ainutlaatuinen ekosysteemi, josta kannattaa ja pitää olla ylpeä ja pyrkiä vaalimaan sitä sellaisena, kuin se nykyisellään on. Vuonna 2011 perustetulla Selkämeren kansallispuistolla on tunnustettu alueen arvo ja se toimii myös alustana tiedon välittämiselle. Parhaimmillaan kansallispuisto luo hyvät edellytykset haasteisiin vastaamiseksi ja mahdollisuuksien hyödyntämiseksi.

6 KATSE TULEVAISUUTEEN

Muuttuva Selkämeri -hankkeen keskeisiä johtopäätöksiä pohdittiin työpajassa Raumalla maaliskuussa 2011. Työpajassa keskeisiksi teemoiksi Selkämeren ja ilmastonmuutoksen kannalta nostettiin viisi kokonaisuutta:

Tiedonhankinta ja popularisointi käyttöön
Tietoa Selkämerestä on olemassa paljon, mutta paljon tarvitaan myös lisää. Mikäli emme tunne ekosysteemiä ja sen toimintaa riittävästi, on asiantuntijoidenkin vaikea havaita ja perustella muutoksia ja toisaalta rahoitustarvetta toimenpiteille. Erityinen tiedon tarve kohdistuu vedenalaisen luonnon ominaisuuksiin, eliöstöön ja erityispiirteisiin Selkämerellä. Monenlaista seurantaa olisi tehtävä kattavasti, jotta muutosten havainnointi olisi mahdollista ja edes jotenkin luotettavaa. Jotenkin olisi varauduttava myös tuleviin haasteisiin, kuten tulokaslajeihin. Olisi kyettävä seuraamaan myös sitä, mitä alueella ei vielä ole.

Haasteena on tiedon vieminen käytäntöön ja suuren yleisön tietoisuuteen. Tutkijoilta vaaditaan erityistä panosta tiedon popularisointiin, jotta kerätty tieto tulee täysimääräisesti hyödynnetyksi. Myös verkostoitumisen merkitys tiedon leviämisessä ja levittämisessä on keskeinen. Eri alojen ihmisten, kuten tutkijoiden, asiantuntijoiden ja päätöksentekijöiden kohdatessa kohtaavat myös eri näkökulmat. Selkämeren osalta Satakunnan ja Pohjanmaan toimijoiden on hyvä verkostoitua ja pitää katse suunnattuna myös meren yli Ruotsiin.

Päätöksentekojärjestelmien joustavuus
Nykyiset päätöksentekojärjestelmämme ovat usein varsin byrokraattisia ja kankeita. Ilmastonmuutoksen myötä uudenlainen päätöksenteon joustavuus ja rohkeus korostuvat. Yhteiskunnallisen päätöksenteon olisi sopeuduttava siihen, että luonnon prosessit ja syy-seuraussuhteet ovat monimutkaisia, eikä asioista löydy aina yhtä oikeaa totuutta. Päätöksenteossa olisi kyettävä nykyistä suurempaan riskinottoon, jotta tehokas varautuminen ilmastonmuutoksen vaikutuksiin olisi mahdollista. Päätöksiltä vaaditaan toisaalta myös pitkäjänteisyyttä. Nykyisen järjestelmän vaalikausi on liian lyhyt ajanjakso, jotta päästäisiin luonnonprosessien kannalta mielekkääseen tulokseen. Tässä keskeisenä työkaluna ovat pitkät ohjelmat ja kansainväliset sopimukset, joiden toteuttamiseen sitoudutaan pitkällä aikajänteellä.

Selkämeren kansallispuisto
Selkämeri on Suomen rannikkovesien puhtaimpia merialueita. Se on ainutlaatuinen ekosysteemi, josta kannattaa ja pitää olla ylpeä ja pyrkiä vaalimaan sitä sellaisena, kuin se nykyisellään on. Vuonna 2011 perustetulla Selkämeren kansallispuistolla on tunnustettu alueen arvo ja se toimii myös alustana tiedon välittämiselle. Selkämeren tila on vielä hyvä, sen arvo tulee nostaa esille.

Rehevöitymisen pysäyttäminen
Selkämeri muuttuu monesta eri syystä. Valuma-alueelta ja toisaalta saaristomereltä tuleva kuormitus aiheuttaa veden rehevöitymistä. Miten rehevöityminen tulevaisuudessa etenee ja miten se tulee vaikuttamaan Selkämeren ekosysteemiin? Kuinka paljon Selkämereen kohdistuva kuormitus tulee muuttumaan ilmaston muuttuessa lämpimämmäksi erityisesti talviaikaan?

Lajistomuutokset
Monien eliöryhmien osalta tiedot lajistosta ja sen viimeaikaisesta kehittymisestä ovat nykyisellään puutteellisia. Tietoa olisi kerättävä pikaisesti, jotta tulevaisuudessa voitaisiin arvioida muutoksia ja niiden syitä ja seurauksia ekosysteemissä. Erityisen merkittävä ja toisaalta nykyisellään puutteellisesti seurattu eliöryhmä on eläinplankton. Eläinplanktonin kehitystä seuraamalla voidaan tehdä arvioita myös muista eliöryhmistä ja niiden välisistä suhteista. Lajistomuutokset indikoivat elinympäristön muutoksia tavalla tai toisella ja siksi ne ovat ensiarvoisen tärkeitä seurattavia.

LÄHTEET

Aaltonen, M. & M. Loescher (2010). The perfect storm. Expert article 543. Baltic Rim Economies, 3.

Ahlman, S. 2008. Porin Kokemäenjokisuiston ja Kolpanlahden kasvillisuusselvitys 2008. Ahlman konsultointi ja suunnittelu. Porin kaupunki. 150 s.

Ahlman, S. 2006. Onko ilmastonmuutos aikaistanut päiväpetolintujen kevätmuuttoa? Satakunnan Linnut 1/2006, s. 15-23.

Alahuhta, J. 2008. Selkämeren rannikkovesien tila, vesikasvillisuus ja kuormitus. Rehevöitymistarkastelu. Lounais-Suomen ympäristökeskuksen raportteja 9/2008. Lounais-Suomen ympäristökeskus. ISBN 978-952-11-3061-8 (nid.) 112 s.

Alleco Oy. 2005. BalMar – Baltic Marine Classification Tool. Key for determining biotope classes. Alleco Oy 20.5.2005. 15 s. www.alleco.fi/Balmar.pdf

Anon. 2008. Kalakantojen tila vuonna 2007 sekä ennuste vuosille 2008 ja 2009.- Tulostavoiteraportti maa- ja metsätalousministeriölle. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 26.6.2008.

Aro, L., Derome, J., Helmisaari, H-S., Hökkä, H. Lindroos, A-J. & Rautio, P. 2010. Results of Forest Monitoring on Olkiluoto Island in 2009. Työraportti 2010-65. http://www.posiva.fi/

Asanti, Timo. 2010. Merimetso Suomessa – ajatuksia kannankehityksestä. Powerpoint-esitys Merimetsoseminaari 18.2.2010.

Assmuth, T. 2010. Myrkkymeren tila ja tulevaisuus: Pahin on ohi, vai onko? Teoksessa: Bäck ym (toim.) Itämeren tulevaisuus. s. 166-171. Gaudeamus. Helsinki

Auvinen, H. 2010. Merimetson ravinnonkäyttö. Powerpoint-esitys Merimetsoseminaari 18.2.2010.

The BACC Author Team. 2008. Regional climate studies. Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. Springer Publications. ISBN 978-3-540-72785-9. 473 s.

BALTEX. 2006. BALTEX Assessment of Climate Change for the Baltic Sea basin. The BACC Project.- International Conference, Göteborg, Sweden 22-23.5.2006.

Bergström, L., Tatarenkov, A., Johannesson, K., Jönsson, R. & Kautsky, L. 2005. Genetic and morphological identification of Fucus radicans sp. nov (Fucales, Phaeophyceae) in the brackish Baltic Sea.- Journal of Phycology 41: 1025-1038.

Birdlife. 2011. Ilmastonmuutos uhkaa Euroopan linnuston tulevaisuutta. www.birdlife.fi 6.6.2011

Bäck S., Kauppila P., Kangas P., Ruuskanen A., Westberg V., Perus J. & Räike A. 2006. A biological monitoring programme for the coastal waters of Finland according to the EU Water Framework Directive. Environmental research, engineering and management 4: 6–11.

Carter, T. (toim.) 2007. Suomen kyky sopeutua ilmastonmuutokseen: FINADAPT – yhteenveto päättäjille. (Kankaanpää, S. (suom.)) Suomen ympäristö 1/2007. Suomen ympäristökeskus. ISBN 978-952-11-2543-0 (pdf) 78 s.

FAO. 2010. http://faostat.fao.org

Fielder, D. 2008. Examination of factors contributing to decline of the yellow perch population and fishery in Les Cheneaux Islands, Lake Huron, with emphasis on the role of double-crested cormorants.- Journal of Great lakes 34(3):506-523.

Fiskeriverket 2009. Fiskbestånd och miljö i hav och sötvatten. Resurs och miljööversikt 2009.- 205s.

Fonselius, S. ja Vanderrama, J. 2003. One hundred years of hydrographic measurements in the Baltic Sea. Journal of Sea Research 49(2003): 229-241.

Gustafsson, B.G. ja Andersson, H.C. 2001. Modeling the exchange of the Baltic Sea from the meridional atmospheric pressure difference across the North Sea. J. Geophys. Res. 106 (C9), 19731– 19744.

Haapanen, R., Aro, L., Helin, J., Hjerpe, T., Ikonen, A. T. K, Kirkkala, T., Koivunen, S., Lahdenperä, A.-M., Puhakka, L., Rinne, M. ja Salo, T. 2009. Olkiluoto Biosphere Description 2009. Posiva 2009-02.

Haapanen, A. (ed.) 2010. Results of Monitoring at Olkiluoto in 2009. Environment. Posiva Oy, Työraportti 2010-45. http://www.posiva.fi/

Haapanen, R., Aro, L., Kirkkala, T., Koivunen, S., Lahdenperä, A-M ja Paloheimo, A. 2010. Potential Reference Mires and Lakes for Biosphere Assessment of Olkiluoto Site. Posiva Oy, Työraportti 2010-67. http://www.posiva.fi/

Hakala, K., Hannukkala, A., Huusela-Veistola, E., Jalli, M ja Peltonen-Sainio, P. 2010. Pests and diseases in a changing climate: a major challenge for Finnish crop production. Agricultural and Food Science 20: 3-14.

Hakala, K. ja Peltonen-Sainio, P. 2008. Tuleeko Suomesta vilja-aitta, kun ilmasto muuttuu? Maataloustieteen Päivät 2008, http://www.smts.fi/mpol2008/index_tiedostot/Esitelmat/es052.pdf

Hakala, T., Viitasalo, M., Rita, H., Aro, E., Flinkman, J. & Vuorinen, I. 2003: Temporal and spatial variation in the growth rates of Baltic herring (Clupea harengus membras L.) larvae during summer.- Marine Biology 142:25-33.

Hanski, A. ja Lintinen, O. 2007. Vesikasvikartoitus Olkiluodon ydinvoimalan edustalla elokuussa 2007. Ramboll Finland Oy. Teollisuuden Voima Oy. Moniste.

Harrould-Kolieb, E. 2008. Shipping Impacts on Climate: A Source with Solutions. OCEANA. 17 s.

HELCOM 2009. Biodiversity of the Baltic Sea- An integrated thematic assessment on biodiversity and nature conservation in the Baltic Sea. Baltic Sea environment proceedings No. 116B. The Helsinki Comission, Helsinki.

HELCOM 2007. Climate change in Baltic Sea area- HELCOM thematic assessment in 2007. Baltic Sea Environment Proceedings No. 11, The Helsinki Comission, Helsinki.

HELCOM 2006. Climate Change in the Baltic Sea area. Traft HELCOM Thematic Assessment in 2006. HELCOM Stakeholder Conference on the Baltic Sea Action Plan Helsinki, Finland, 7 March 2006. 48 s.

HS (=Helsingin Sanomat) 2010. Pohjoinen kuljetusreitti on Suomen uusi Nokia?

Hjerpe, T., Ikonen A.T.K. & Broed, R. 2010. Biosphere Assessment. Posiva Raportti 2010-03.

Holsti, H. 2008. Rauman edustan merialueen kalataloudellinen tarkkailu 2005–2007.- Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. 591:1-49.

Hyvärinen, J. ja Rajasilta, M. 2011. Selkämeren kalakantojen tila ja muutos. Pyhäjärvi-instituutin julkaisuja. Sarja B nro 20. ISBN: 978-952-9682-64-5 (pdf)

ICES. 2008. Report on the Working Group on Integrated Assessment of the Baltic Sea. 25-29 March 2008, Öregrund Sweden. 145s.

IMO. 2010. Sulphur oxides (SOx) – Regulation 14. <http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-%28SOx%29-%E2%80%93-Regulation-14.aspx>. 19.12.2010.

IMO. 2009. Prevention of Air Pollution from Ships. Second IMO GHG Study. Final report covering Phase 1 and Phase 2. MEPC 59/INF.10. 286 s.

Ilmarinen, K., Leinikki, J. ja Oulasvirta, P. 2009. Seafloor mapping at Olkiluoto western coast of Finland. 48 p. Posiva Oy, Työraportti 2009-12. http://www.posiva.fi/

Ilus E. 2010. Environmental effects of thermal and radioactive discharges from nuclear power plants in the boreal brackish-water conditions of the northern Baltic Sea. Academic dissertation. STUK-A238. Helsinki: Radiation and Nuclear Safety Authority; 2009. http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/tiivistelmat/a_sarja/en_GB/stuk-a238/

Ilus E. 2009. Environmental effects of thermal and radioactive discharges from nuclear power plants in the boreal brackish-water conditions of the northern Baltic Sea. Academic dissertation, University of Helsinki, Faculty of Biosciences, Department of Biological and Environmental Sciences, Aquatic Sciences. STUK A-238, Säteilyturvakeskus, Helsinki.

IPCC 2000. Special report on Emission Scenarios. Online versio: < http://www.grida.no/publications/other/ipcc_sr/?src=/climate/ipcc/emission/> 15.9.2010

IPCC 2007a. Ilmastonmuutos v. 2007: luonnontieteellinen perusta, yhteenveto päätöksentekijöille. 24 s. (pdf). www.ilmatieteenlaitos.fi.

IPCC 2007b. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 16 p.

IPCC 2007c. Summary for Policymakers. Teoksessa: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor & H.L. Miller (toim.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 18 p.

Itämeriportaali. 2010. Ilmastonmuutos vaikuttaa Itämereen. <www.itämeriportaali.fi> 15.10.2010.

Itämies, J. 1982. The Lepidoptera succession on the islands off Rauma, SW Finland. –Aquilo Ser. Zool. 21:13-52.

Itämies, J. 1983. Factors contributing to the succession of plants and Lepidoptera on the islands off Rauma, SW Finland. –Acta Universitatis Ouluensis. Ser. A 142: 1-48.

Jansson, P-E. ja Karlberg, L. 2007. Coupled heat and mass transfer model for soil-plant-atmosphere systems. Royal Institute of Technology, Dept of Civil and Environmental Engineering, Stockholm, p. 445. Saatavilla internetissä: ftp://www.lwr.kth.se/CoupModel/CoupModel.pdf.

Johansson, M.M., Kahma. K.K., Boman, H. & Launiainen, J. 2004. Scenarios for sea level on the Finnish coast. Boreal environment research, 9: 153–166.

Jutila, E. 2010: Uhanalaiset kalalajit tarvitsevat lisää suojelua.- Helsingin Sanomat. Vieraskynä 21.4.2010.

Jylhä, K., Tuomenvirta, H. ja Ruosteenoja, K. 2004. Climate change projections for Finland during the 21st century. Boreal Environment Research 9: 127–152.

Kalinainen, P. 1983. Kokemäenjoen suistoalueen vesikasvillisuus ja siinä tapahtuneet muutokset 1900-luvulla. Porin kaupungin tutkimuksia 51/1983. 39 s + karttaliitteet.

Kalli, J., Karvonen, T. ja Makkonen, T. 2009. Laivapolttoaineen rikkipitoisuus vuonna 2015. Selvitys IMO:n uusien määräysten vaikutuksesta kuljetuskustannuksiin. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 20.

Kangasniemi, V. 2010. Pohjaeläinyhteisön pitkäaikaismuutokset Olkiluodon ydinvoimalaitoksen jäähdytysvesien vaikutusalueella. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos, akvaattiset tieteet.

Karlsson K., Rosenberg R. & Bonsdorff E. 2002. Temporal and spatial large-scale effects of eutrophication and oxygen deficiency on benthic fauna in Scandinavian and Baltic waters- a review. Oceanography and Marine Biology. An annual review 40: 427–489.

Kaukoranta, T. ja Hakala, K. 2008. Impact of spring warming on sowing times of cereal, potato and sugar beet in Finland. Agricultural and Food Science 17: 165-176.

Kersalo, J. ja Pirinen, P. (ed.) 2009. Suomen maakuntien ilmasto. Ilmatieteen laitoksen raportteja 2009:8. Yliopistopaino. Helsinki 2009. ISBN–978–951–697–712–9 (pdf). 196 s.

Keskitalo, J. 1988. Lämminvesipäästöjen vaikutukset pohjakasvillisuuteen ja kasviplanktoniin Olkiluodon ydinvoimalaitoksen meriympäristössä. Säteilyturvakeskus. STUK A-71.

Keskitalo J. & Ilus E. 1987. Aquatic macrophytes outside the Olkiluoto nuclear power station. Annales Botanici Fennici 24: 1–21.

Kinnunen, V. ja Oulasvirta, P. 2004. Rantavyöhykkeen suurkasvillisuus Olkiluodon ydinvoimalan edustalla kesällä 2004. Alleco Oy. Raportti. Joulukuu 2004. 28 s.

Kirkkala T. ja Turkki K. 2005. Rauman ja Eurajoen edustan merialue. Teoksessa: Sarvala M. & Sarvala J. (toim.), Miten voit, Selkämeri? Ympäristön tila Lounais-Suomessa 4. Lounais-Suomen ympäristökeskus, Turku, 48–65.

Koskinen, M. 2009. Rauman saaristoalueen perhosselvitys 2009. Rinnehopeatäplän ja pyöröneilikkayökkösen elinvoimaisuus Rauman keskisessä saaristossa.- Rauman kaupunki Ympäristövirasto. 12 ss.

Kuikka, S. 2010. Kalakannat – ihmisen ja luonnon noppapeli. – teoksessa: Bäck ym (toim.) Itämeren tulevaisuus.- s. 134-149. Gaudeamus. Helsinki

Kuikka, S. ja Romakkaniemi, A. 2010: Lohi kalastuksen säätelyn kohteena.- Suomen kalastuslehti 5:20-23.

Laaksonen, R. ja Oulasvirta, P.. 2010. Rantavyöhykkeen suurkasvillisuus Olkiluodon ydinvoimalan edustalla kesällä 2010. Alleco Oy. 26 s.

Lahdenperä, A-M., Palmén, J. & Hellä, P. 2005. Summary of overburden studies at Olkiluoto with an emphasis on geosphere-biosphere interface. Posiva Oy, Työraportti 2005-11. http://www.posiva.fi/

Launiainen,J., Perttilä, M. & Lumiaro, R. 2004: Ilmastonmuutos vaikuttaa Itämereen.- www.itameriportaali.fi

Lehikoinen, E. ja Rainio, K. 2009. Lintujen saapumisajat ja niiden muutokset - harrastaja-aineistot avainasemassa ilmastonmuutoksen vaikutusten tutkimuksessa. - Linnut-vuosikirja 2009: 100-111.

Lehtinen, H. (toim.) 1995. Ympäristön tila Satakunnassa. Alueelliset tilaraportit 5. Suomen ympäristökeskus. Helsinki 1995. ISBN 951-47-9898-8. 112 s.

Lehtonen, H. 2005. Selkämeren kalat.- Sarvala M.& J. (toim.) Miten voit, Selkämeri?.- Lounais-Suomen ympäristökeskus. Ympäristön tila Suomessa 4:102-107.

Leppäkoski E. ja Olenin S. 2001. The meltdown of biogeographical peculiarities of the Baltic Sea: the interaction of natural and man-made processes. Ambio 30: 202–209.

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2010. Ilmastonmuutos ja tavaraliikenne. Selvitys ilmastonmuutoksen ja sen hillintätoimien vaikutuksista tavaraliikenteeseen. Helsinki. 98 s.

van der Linden, P. ja Mitchell, J.F.B. 2009. ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, United Kingdom. 160 s.

Lindfors, A., Huttunen, O. ja Mykkänen, J. 2008. Vedenlaadun alueellinen jakauma Olkiluodon edustalla heinäkuussa 2008. Posiva Oy, Työraportti 2008-86. http://www.posiva.fi/

Luonnontila. 2011. www.luonnontila.fi

Länsi-Suomen ympäristökeskus 2009a. Rannikkovesien ja pienten vesistöjen vesienhoidon toimenpideohjelma vuoteen 2015. Moniste 109 s + liitteet. Vaasa 27.11.2009.

Länsi-Suomen ympäristökeskus 2009b. Isojoen – Teuvanjoen vesienhoidon toimenpideohjelma vuoteen 2015. Moniste 104 s + liitteet. Vaasa 25.11.2009.

Länsi-Suomen ympäristökeskus 2009c. Närpiönjoen vesienhoidon toimenpideohjelma vuoteen 2015. Moniste 93 s + liitteet. Vaasa 29.11.2009.

Manninen, J. 2005. Rannikkoluonnon monet kasvot. Teoksessa: Sarvala, M. & Sarvala, J. (toim.) Miten voit, Selkämeri? Ympäristön tila Lounais-Suomessa 4. Lounais-Suomen ympäristökeskus. Turku. S. 108-113.

Marttila, O., Haahtela, T., Aarnio, H. ja Ojalainen, P. 1990. Suomen päiväperhoset. Kirjayhtymä Helsinki. 362 ss.

Mattila J., Räisänen R. ja Turkki H. 2003. Water environment off Olkiluoto in 1990–2001. Teoksessa: Ikonen A.T.K., Kaapu J., Lehtonen K., Mattila J., Räisänen R., Turkki H. & Sauvonsaari J. (toim.), Environment studies in the Olkiluoto area. Working report 2003-15, Posiva Oy, Olkiluoto, 25–50.

Meier, M., Broman, B. ja Kjellström, E. 2004. Simulated sea level in past and future climates of the Baltic Sea. Climate Research, 27: 57–79.

Merenkulkulaitos 2009. Ilmastonmuutoksen vaikutukset Merenkulkulaitoksen toimintaan ja ilmastonmuutokseen sopeutumisen edellyttämät toimenpiteet. Helsinki. 50 s.

Mikkola, K., Jalas, I. ja Peltonen, O. 1985. Mittarit 1. Tampereen Kirjapaino Tamprint Oy. 260 ss.

Mikkola, K., Jalas, I. ja Peltonen, O. 1989. Mittarit 2. Hangon Kirjapaino. 280 ss.

MMM 2005. Ilmastonmuutoksen kansallinen sopeutumisstrategia. MMM:n julkaisuja 1/2005. Maa- ja metsätalousministeriö. ISBN 952-453-200-X. 272 s.

Nieminen, M. 2010. Game Statistics for the Island of Olkiluoto in 2009-2010. Posiva Oy, Työraportti 2010-68. http://www.posiva.fi/

Nieminen M., Ikonen, H. ja Koivunen, A. 2009. Small Mammals, Ants, Snails and Earthworms on the Island of Olkiluoto in 2009. Posiva Oy, Työraportti 2009-112. http://www.posiva.fi/

Oravainen, R. 2005. Kemira Pigments Oy. Kalataloustarkkailu 2000-2003.- Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. Julkaisu 517:1-76.

Paapuuri Oy. 2005. Rannikkokalastuksen nykytila Selkämerellä.- Sampi II –projekti. Kalatalouden ja merenkulun koulutussäätiö. Suomen kalatalous- ja ympäristöinstituutti. 36s.

Peltonen-Sainio, P., Hakala, K., Jauhiainen, L. ja Ruosteenoja, K. 2009a. Comparing regional risks in producing turnip rape and oilseed rape - Impacts of climate change and breeding. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil and Plant Science 59: 129-138.

Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Hakala, K. ja Ojanen, H. 2009b. Climate change and prolongation of growing season: changes in regional potential for field crop production in Finland. Agricultural and Food Science 18: 171-190.

Peltonen-Sainio, P., Rajala, A., Känkänen, H. ja Hakala, K. 2009c. Improving farming systems in northern European conditions. In: V. O. Sadras and D. F. Calderini (toim.) Crop Physiology. Applications for Genetic Improvement and Agronomy. Elsevier, Amsterdam. pp. 71-97.

Porin Satama. 2010. Satamainfo. <http://www.pori.fi/port/info.html>. 20.12.2010

Pönni, J. 2004: Silakka. Kalavarat 2004.-Riistan- ja kalantutkimus 60:6-15.

Rainio. K. 2007. Ilmasto muuttuu – pysyvätkö lintumme perässä? Linnut -lehti 1/2007, s. 18–21.

Rainio, K., Laaksonen, T., Ahola, M., Vähätalo. A.V. and Lehikoinen, E. 2006. Climatic responses in spring migration of boreal and arctic birds in relation to wintering area and taxonomy. _ J. Avian Biol. 37: 507_515.

Raitaniemi, J. 2004: Merialueen ahven. Kalavarat 2004.-Riistan- ja kalantutkimus 60:51-52.

Rantataro, J. & Kaskela, A. 2010. Acoustic seismic studies in the sea area close to Olkiluoto, 2008. Posiva Oy, Työraportti 2009-122. http://www.posiva.fi/

Rassi, P., Hyvärinen, E., Juslén, A. & Mannerkoski, I. (toim.) 2010: Suomen lajien uhanalaisuus - Punainen kirja 2010- Ympäristöministeriö ja Suomen ympäristökeskus. 685 s.

Rautio, L-M. ja Ilvessalo, H. (toim.) 1998. Ympäristön tila Länsi-Suomessa. Miljös tillstånd i Västra Finland. Länsi-Suomen ympäristökeskus, Pohjanmaan liitto ja Etelä-Pohjanmaan liitto. 296 s.

RKTL 2010a. Merimetson ravinto ja kalastovaikutukset. http://www.rktl.fi/kala/itameritutkimukset/harmaahylje_merimetso_kalastus/merimetson_ravinto_kalastovaikutukset/ (viitattu 5.1.2011)

RKTL. 2010b. Merimetson ravinto Saaristo- ja Selkämerellä vuonna 2010. http://www.rktl.fi/kala/itameritutkimukset/harmaahylje_merimetso_kalastus/merimetson_ravinto_kalastovaikutukset/merimetson_ravinto_saaristo.html (viitattu 5.1.2011)

RKTL 2010c: Kalakantojen tila vuonna 2009 sekä ennuste vuosille 2010 ja 2011, silakka, kilohaili, turska, lohi, siika, kuha ja ahven.- Tulostavoiteraportti maa- ja metsätalousministeriölle. 64s.

RKTL 2009: Ammattikalastus merellä 2008.-Tilastoja 3/2009

Salmi, J., Salmi, P ja Moilanen, P. 2010. Ammattikalastus ja merimetso. Merestä elantoaan hankkivien näkemyksiä.- Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Selvityksiä 1:1-18.

Santaharju, J., Helminen, S-L. ja Yrjölä, R. 2009. Eurajoki Olkiluoto Study on Species of Ground Beetles and Ants 2008. Posiva Oy, Työraportti 2009-18. http://www.posiva.fi/

Sarvala, M. ja Sarvala, J. (toim.) 2005. Miten voit Selkämeri? Ympäristön tila Lounais-Suomessa 4. Lounais-Suomen ympäristökeskus. Turku. 144 s.

Satakuntaliitto 2010. Säilytetään Selkämeri sinisenä. Satakuntaliitto julkaisusarja Sarja A:296 . ISBN 978-952-5862-02-7. 113 s.

Satakuntaliitto 2003. Satakunnan Maakuntasuunnitelma 2030: Karhun kämmen lyö. Sarja A:268.

Satakunnan Energiatoimisto 2009. Satakunnan energiatase ja kasvihuonekaasupäästöt 2007 sekä indikaattorit. Prizztech.

Schneider, P. ja Hook, S.J. 2010. Space observations of inland water bodies show rapid surface warming since 1985. Geophys. Res. Lett. 37.

Somerma, P. 1997. Suomen uhanalaiset perhoset. Viestipaino Tampere, 336 ss.

Stigebrandt, A. ja Gustafsson, B.G. 2002. Response of the Baltic Sea to climate change−theory and observations. Journal of Sea Research 49 (2003): 243-256.

Suomen ympäristökeskus. 2010a. Merimetsoseuranta. Sisältödokumentti. http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=15912&lan=fi (viitattu 30.11.2010)

Suomen ympäristökeskus. 2010b. Pesivien merimetsojen määrä väheni ankaran talven seurauksena. Tiedote 12.8.2010. http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=366198&lan=fi (viitattu 30.11.2010)

Särkkä J. 1996. Järvet ja ympäristö, limnologian perusteet. Tammer-Paino Oy, Tampere.

Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.F.N., De Siqueira, M. F., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., Van Jaarsveld, A. S., Midgley, G. F., Miles, L., Ortega-Huerta, M. A., Peterson, A. T., Philips, O. L. & Williams, S. E. 2004. Extinction risk from climate change. Nature 427, 145–148.

Turkki H. 2011. Olkiluodon lähialueen fysikaalis-kemiallinen ja biologinen tarkkailututkimus vuonna 2010, vuosiyhteenveto. Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy, Turku.

TVO 2008. Olkiluodon ydinvoimalaitoksen laajentaminen neljännellä laitosyksiköllä, YVA-selostus, Teollisuuden Voima Oyj, 2008. http://www.tem.fi/files/18558/YVA_selostusraportti_FI_Secured.pdf

TVO 1999. Olkiluodon ydinvoimalaitoksen laajentaminen kolmannella laitosyksiköllä: ympäristövaikutusten arviointiselostus. Teollisuuden Voima Oy, Helsinki.

Urho, L. ja Lehtonen, H. 2008. Kalalajit Suomessa. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Selvityksiä 1. 36 s.

Valtioneuvosto 2010. Kohti vähäpäästöistä Suomea. Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta. Tiivistelmä. ISBN (pdf) 978-952-5807-72-1.

Valtioneuvosto 2009. Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta: kohti vähäpäästöistä Suomea. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 28/2009. ISBN (pdf) 978-952-5807-66-0. 180 s.

Veijalainen, N. 2010. Suomen ympäristökeskuksen Vesistömallijärjestelmän käyttö ilmastonmuutoslaskelmissa. Moniste. SYKE. 5 s.

Ventelä, A.-M., T. Kirkkala, A. Lendasse, M. Tarvainen, H. Helminen ja J. Sarvala. 2011. Climate-related challenges in long-term management of Säkylän Pyhäjärvi (SW Finland). Hydrobiologia 660:49-58.

Vuori KM., Mitikka S. ja Vuoristo H. 2009. Pintavesien ekologisen tilan luokittelu. Ympäristöhallinnon ohjeita 3, Suomen ympäristökeskus, Helsinki.

Vuorinen I. ja Hänninen J. 2001. Macrozoobenthos structure in relation to environmental changes in the Archipelago Sea, Northern Baltic Sea. Boreal environmental research 6: 93–105.

Xenopoulos, M. A., Lodge, D. M., Alcamo, J., Märker, M., Schulze, K. ja Van Vuuren, D. P. (2005). Scenarios of freshwater fish extinctions from climate change and water withdrawal. Global Change Biology 11, 1557–1564.

Zettler M.L., Darius D., Kotta J. ja Bick A. 2002. History and success of an invasion into the Baltic Sea: the polychaete Marenzelleria CF. viridis, development and strategies. Teoksessa: Leppäkoski E., Gollach S. & Olenin E. (toim.), Invasive aquatic species of Europe: distribution, impacts and management, Kluwer academic publishers, Dordrecht, The Netherlands, 66–75.

Ympäristöhallinto 2011. OIVA - ympäristö- ja paikkatietopalvelu. Huhtikuu 2011. http://wwwp2.ymparisto.fi/scripts/oiva.asp

Ympäristöhallinto 2010. OIVA- ympäristö- ja paikkatietopalvelu. Joulukuu 2010. http://wwwp2.ymparisto.fi/scripts/oiva.asp

Ympäristöhallinto 2009. Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitsuunnitelma vuoteen 2015 – Yhteistyöllä parempaan vesienhoitoon. 290 s. (pdf) www.ymparisto.fi/lantinenvesienhoitoalue

Ympäristöministeriö. 2010. Ohjekirje luonnonsuojelulain 49 §:n säännöksen soveltamisesta merimetsoa koskeviin poikkeuksiin lajirauhoitussäännöksistä. Ympäristöministeriö YM 1/5713/2010. 5 s.

Ympäristöministeriö. 2005. Merimetson kannanhoitosuunnitelma. Ympäristöministeriön moniste 161. http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=154688&lan=fi&clan=fi (pdf) 40 s.

Yrjölä, R. 2009. Eurajoki Olkiluoto Birdlife Survey 2008. Posiva Oy, Työraportti 2009-14. http://www.posiva.fi/