

ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUKSET ARKTISIIN VALAISIN

Nita Tuomi

LuK-tutkielma

Biologian tutkimusohjelma, ekologia

Oulun yliopisto

Joulukuu 2018

Sisällysluettelo

Johdanto	1
Ilmastonmuutos ja meret	2
<i>Lämpötila</i>	2
<i>Jäät</i>	3
<i>Happamuus</i>	4
<i>Suolapitoisuus</i>	4
<i>Pinnankorkeus</i>	5
Arktiset valaat ja niiden elinympäristövaatimukset	5
<i>Paikalliset valaat</i>	5
<i>Ympäristötekijät</i>	6
<i>Vaeltavat valaat</i>	7
Muutosten vaikutus	8
<i>Elintila</i>	8
<i>Ravinto</i>	9
<i>Loiset ja taudit</i>	11
<i>Lisääntyminen</i>	11
<i>Ihmistoiminta</i>	12
<i>Meriliikenne</i>	13
<i>Kalastus</i>	13
<i>Öljyn- ja kaasunporaus</i>	14
Johtopäätökset	15
Lähdeluettelo	18

Johdanto

Arktiseksi merialueiksi määritellään kaikki pohjoisen pallonpuoliskon meret, jotka ovat yli 30 metriä syviä ja suurimmassa osassa merta on vähintään osan vuodesta jääkansi (kuva 1). Myös lähihistoriassa jäässä olleet, mutta nykyään sulana pysyvät meret laskeetaan arktiseksi meriksi. Merten osat, jotka ovat alle 30 metriä syviä, mutta muuten kuuluvat arktiseen alueeseen lasketaan myös arktiseksi meriksi. (Gill ym., 2011)

Ihmistuottoisella ilmastonmuutoksella tarkoitetaan fossiilisten polttoaineiden käytön aiheuttamaa kasvihuonekaasujen kerääntymistä ilmakehään. Kasvihuonekaasut pidättävät energiaa ilmakehässä, eivätkä päästä lämpösäteilyä palaamaan avaruuteen, kuten normaalisti. Ilmakehän lämpenemisestä 1990-luvun jälkeen noin 90% arvioidaan olevan ihmisten aiheuttamaa. (Williams, 2012)



Kuva 1: Arktiset meret väreillä merkittynä. Arktisen alueen raja punaisella viivalla merkittynä. (Arctic Biodiversity Data Service (ABDS), (2018))

Arktiset alueet ovat maapallolla suurimman uhan alla ilmastonmuutoksen takia, sillä niillä lämpötila nousee suhteessa eniten muuhun maapalloon verrattuna. Koko pohjoinen diversiteetti on vaarassa. Eteläiset hyönteiset leviävät pohjoiseen, muuttolinnut joutuvat muuttamaan uusille alueille pohjoisemmaksi, ja samanaikaisesti pohjoiset lajit joutuvat ahtaalle kilpailun ja muuttuneiden elinolosuhteiden, kuten sulavan jään, takia. (Williams, 2012)

Ilmaston lämpenemisen seurauksena arktisten merialueiden jääpeite on kesäisin sulanut entistä laajemmalla alueella. Arktisilla alueilla on paljon öljyä ja maakaasua, johon aiemmin jään takia ei ole päästy käsiksi. Nyt teollisuus ja suuret yhtiöt haluaisivat hyödyntää paljastuneet resurssit. Kanadan ja Yhdysvaltojen rannikoilla poraustoimintaa jo jonkin verran on, mutta erityisesti Euraasian pohjoispuoleisille merialueille pyritään laajentamaan. (Huntington, 2009)

Merinisäkkäät ovat hyviä indikaattorilajeja koko ekosysteemin hyvinvoinnille. Koska arktisilla alueilla elää sekä pysyvästi että kausittain useampia valaslajeja, joilla on erilaiset elinkierrot, näkyvät arktisten merien muutokset valailla laajalla skaalalla. Arktiset vaalat ovat myös suojelun kannalta otollisia avainlajeja, sillä niille tärkeitä elinympäristöjä suojelemalla saadaan suojeltua monille muillekin lajeille tärkeitä alueita. (Huntington, 2009)

Ilmastonmuutos ja meret

Lämpötila

Arktiset alueet lämpenevät noin kaksinkertaisella nopeudella muuhun maapalloon verrattuna. Lämpötilan nousu aiheuttaa muun muassa jääkatoa, jäiden heikkenemistä ja elinympäristöjen ja levinneisyysalueiden muuttumista. Viimeisen 50 vuoden aikana ilman lämpötila arktisilla alueilla on noussut 1-3 celsiusastetta. (Williams, 2012)

Pintaveden lämpötilannousu vaikuttaa meriekosysteemien perustuotantoon (Huntington, 2009), eli kasviplanktoniin, joka tuottaa lähes kaiken merien trofiatasolta toiselle siirtyvän energian. (Sigman & Hain, 2012) Perustuotanto todennäköisesti hyötyy pintaveden lämpenemisestä (Huntington, 2009). Erityisesti pieni kasviplankton saa etua lämpimämmästä ympäristöstä, kun taas suuri kasviplankton voi kärsiä muutoksesta (Li ym., 2009).

Merien lämpötilojen nousu voi vaikuttaa radikaalisti eläinlajistoon. Jatkuvat korkeat lämpötilat voivat aiheuttaa ekolokeroltaan pienille lajeille massakuolemia tietyillä alueilla, mikäli ne eivät kykene sopeutumaan muuttuneisiin olosuhteisiin. Lämpötilan nousu vaikuttaa myös taudinaiheuttajien levinneisyyteen ja voi altistaa joillekin taudeille lajeja, joilla ei ole vastustuskykyä niitä vastaan. (Lejeusne ym., 2010)

Lämpötilan muutos merivedessä vaikuttaa myös merivirtojen kulkuun. Ne siirtyvät ja niiden kuljettaman vesimassan määrä muuttuu. (Lett ym., 2010) Erityisesti eläinplanktonin toukkavaiheiden on tutkittu häiriintyvän merivirtojen ja meren täyskierron muutoksista. Merivirtojen muutokset johtavat myös muutoksiin rannikkoalueiden ilmastossa. Esimerkiksi Golfvirran on havaittu pitkällä aikavälillä muuttaneen sijaintiaan ja tämän vaikuttaneen Euroopan rannikkoalueiden hydrografisiin ominaisuuksiin. (Southward ym., 1995)

Jäät

Jään väheneminen lisää ilmastonmuutoksen vaikutuksia syklisesti. Kun jää vähenee, myös auringonvaloa heijastavat pinnat vähenevät, ja vaihtuvat valoa absorboiviksi tummiksi pinnoiksi (vesi). Tämä taas sulattaa jäätä lisää ja lämmittää vettä. (Williams, 2012) Jäiden väheneminen lisää myös rannikoiden aaltoisuutta ja aiheuttaa muutoksia rannikoiden ekologiassa ja nettotuotannossa. Myös jäätä tarvitsevien nisäkkäiden elinympäristö muuttuu. (Williams, 2012)

Jään sulaessa suoran auringonvalon määrä meressä lisääntyy ja makeaa vettä tulee jäätiköltä meriveteen enemmän. Makean veden lisääntyminen vaikuttaa osaltaan merivirtojen kulkuun. Merivirrat kuljettavat energiaa maailman ympäri. Merivirtojen kulku ja kerrokset johtuvat veden lämmön ja suolapitoisuuden eroista. Normaalisti pohjoisesta kylmää ja makeaa vettä valuu meren pohjalle, ja etelästä lämmintä ja suolaista vettä nousee pintaan. Jäätiköiden sulaessa pohjoisten alueiden vesi lämpenee, jolloin kierrot vaimenevat. (Williams, 2012)

Arktiset valaat eivät ole suoraan riippuvaisia merijäästä, mutta sen sulaminen silti aiheuttaa niille epäsuoria uhkia. Merijään reuna on arktisen meriekosysteemin eniten energiaa tuottava alue, ja siinä viihtyvät meriekosysteemin tuottajat sekä myös planktonia syövä eliöt. (Chambault ym., 2018) Myös kalapopulaatioiden elinalueet ovat jään reunasta riippuvaisia. Niiden kokoon voi vaikuttaa suuresti levien määrä (ja sen mahdollinen lisääntyminen) sekä petoeläinten levinneisyys. (Williams, 2012)

Arktisen jään häviäminen myös maa-alueilta vaikuttaa meriekosysteemeihin. Erityisesti Grönlannin sulaminen on suuri huolenaihe (Williams, 2012). Grönlannissa on iso osa maailman makeista vesistä jäätyneenä, ja nyt sen sulaminen on kiihtynyt. Vuosien 2002 ja 2009 välillä Grönlannin mannerjään sulamisvauhti on kaksinkertaistunut. (Velicogna, 2009) Ikiroudan sulaessa myös hiilidioksidia pääsee maaperästä ilmakehään enemmän (Williams, 2012).

Happamuus

Merien happamoituminen on meriekosysteemeihin suuresti vaikuttava tekijä (Bautista-Chamizo ym., 2018). Meret happanevat ilmastonmuutoksen seurauksena, koska lämpimämpään veteen liukenee enemmän hiilidioksidia. (Lejeusne ym., 2010)

Happamuuden lisääntyminen yhdessä merien lämpötilannousun kanssa vaikuttaa muun muassa korallien elinkykyyn. Korallien tukiranka koostuu kalkista, ja hapan ja lämmin vesi liuottaa kalkkia veteen koralleista. Tämä aiheuttaa koralliriuttojen kunnan heikkenevistä, mikä vaikuttaa suoraan meriekosysteemien toimintaan. (Lejeusne ym., 2010)

Happamuuden yhdessä suolaisuuden ja lämpötilanmuutoksen kanssa on havaittu vaikuttavan negatiivisesti kasviplanktonin solukokoon, solujen elinvoimaisuuteen ja autofluoresenssiin, joka liittyy suoraan kasvien fotosynteesimetaboliaan. Tämä viittaisi merien primäärituotannon heikkenevän happamoitumisen myötä. Kuitenkin happamoitumisen vaikutukset yhdessä muiden ympäristötekijöiden kanssa ovat erittäin yksilöllisiä lajikohtaisesti, eikä niitä voi suoraan yleistää sopeutumista heikentäviksi tai parantaviksi. (Bautista-Chamizo ym., 2018).

Suolapitoisuus

Suolapitoisuuden kasvaessa happamuuden haitallisten vaikutusten on havaittu tasoittuvan. Suolapitoisuuden nousu voi olla yhteisvaikutusten kannalta siis hyväkin asia merieliöstölle. (Bautista-Chamizo ym., 2018) Toisaalta suolapitoisuuden lisääntyessä jotkin taudinaiheuttajat voivat hyötyä olosuhteista. *Vibrio vulnificus* on simpukoita ja muita nilviäisiä väli-isäntänään käyttävä bakteeri. Se aiheuttaa ihmisille syötynä sekä veriteitse (esimerkiksi haavasta meriveden välityksellä) tartuttuaan vaarallista verenmyrkytystä sekä kuolioita. *V. vulnificus*in on havaittu lisääntyvän pintaveden lämpötilan noustessa sekä meren suolapitoisuuden lisääntyessä. (Deeb ym., 2018)

Pinnankorkeus

Viimeisen sadan vuoden aikana merien pinnankorkeus on noussut keskimääräisesti 10-20 cm. Alueelliset erot ovat suuria, ja riippuvat muun muassa pohjavedestä ja öljynpörräisyydestä. Tulevan 100 vuoden aikana uskotaan meren pintojen jatkavan nousuaan jäätiköiden sulamisen sekä veden lämpölaajenemisen takia. Vuoteen 2100 mennessä merien pinnankorkeuksien uskotaan nousseen nykyisestä keskimääräisesti 31-49 cm. Merien pinnat jatkavat nousuaan, vaikka kasvihuonekaasupäästöt saataisiinkin kuriin, sillä jäätiköillä ja merillä vie aikaa päästä uuteen tasapainotilaan. (Scavia ym., 2002)

Erityisesti laguunit ja kosteikkoalueet ovat ongelmassa merenpinnan noustessa. Laguunit ovat matalan veden elinympäristöjä ja tarvitsevat paljon valoa, joka pinnan noustessa vähenee pohjasta. Kosteikkoympäristöistä mangrovemetsät ovat suuren uhan alla, sillä veden pinnan noustessa sedimenttikerros muuttuu ja vaikeuttaa mangrovepuiden ravinteiden saantia. (Scavia ym., 2002)

Arktiset valaat ja niiden elinympäristövaatimukset

Paikalliset valaat

Arktisilla merialueilla on kolme koko elämänkiertonsa niillä vesillä viettävää valaslajia: maitovalas (*Delphinapterus leucas*), sarvivalas (*Monodon monoceros*) ja grönlanninvalas (*Balaena mysticetus*). Ne kaikki muuttavat kesä- ja talvialueille arktiksen sisällä, mutta eivät poistu arktisilta vesiltä elämänsä aikana. (Huntington, 2009)

Maitovalas on hammasvalas ja yleispeto ja sen avainsaalislaji on jäämerenseiti (*Boreogadus saida*) (Loseto ym., 2018). Maitovalaita on sekä muuttavia että paikallaan pysyviä populaatioita (Anderson ym., 2017). Maitovalaiden ryhmärakenne on dynaaminen ja äitilapsi -ryhmiä lukuun ottamatta maitovalaslaumat muodostuvat ja hajoavat usein. Laumojen keskimääräinen koko on havaittu olevan noin 4-5 yksilöä, mutta sen uskotaan olevan aliarvio, sillä valaslaumojen kokoa havainnoidaan vain pinnalta käsin, ja osa valaista voi käydä hengittämässä eri kohdassa muuhun laumaan verrattuna. Poikasia laumojen yksilömäärästä on noin 14-19% tutkimuksesta riippuen. (Anderson ym., 2017)

Sarvivalaat ovat myös hammasvalaita ja syövät kalaa. Sarvivalaspopulaatiot elävät kukin hieman erillisillä kesä- ja talvialueilla, ja ovat näin eristyksissä toisistaan. Kesäisin (elokuusta lokakuuhun) avoimen veden aikaan ne viihtyvät rannikkoalueilla saalistamassa, ja

talvisin sarvivalaat vaativat elinalueeltaan paksua jääkerrosta. Sarvivalaiden uskotaan talviaikaan saalistavan meren pohjan lähistöllä, ne viihtyvät siis melko matalissa vesissä talvehtimassa. Sarvivalaspopulaatioiden talvinen elintila on hyvin rajattua, sillä ne voivat olla hengittämättä noin 24 minuuttia, joka vastaa noin 3km uintimatkaa, eli niiden on pysyttävä melko lähellä railoja tai muita jään aukkoja päästäkseen hengittämään. (Heide-Jørgensen ym., 2003)

Grönlanninvalas on ainoa arktisilla vesillä pysyvästi elävä hetulavalaslaji (Borchman ym., 2017). Grönlanninvalaiden pääasiallista ravintoa ovat planktoniin kuuluvat pienet äyriäiset, erityisesti hankajalkaiset (Finley, 2001). Vaikka merijään reuna-alueet ovatkin erittäin planktonrikkaita alueita, merijää itsessään toimii grönlanninvalaille enemmän kulkuesteenä kuin ravintokeitana. Grönlanninvalas ruokailee kaikissa vesipatsaan korkeuksissa, ja näin ollen siihen vaikuttaa myös laajasti eri korkeuksissa elävien hankajalkaiskantojen elinvoimaisuuden muutokset. (Chambault ym., 2018)

Grönlanninvalaita on yhteensä viisi populaatiota, kolme pohjoisella Atlantin valtamerellä ja kaksi pohjoisella Tyynellä valtamerellä. Se on reliktilaji ja sen elinalueen kutistuminen johtuu lähinnä ympäristöllisistä syistä. Grönlanninvalaat muuttavat kausittain lyhyitä matkoja, populaatiosta riippuen 500-5000km. Talvella ne ovat eteläisimmilläänkin 60-70 pohjoisen leveysasteen tuntumassa. Grönlanninvalaiden muuton uskotaan johtuvan sekä miekkavalan aiheuttamasta saalistuspaineesta että valaille luontaisesta ravintoon tai lisääntymiseen liittyvästä liikehdinnästä elinkierron mukaan, (Finley, 2001)

Ympäristötekijät

Veden lämpötila on kaikille arktisille valaille tärkeä ympäristötekijä. Maitovalaat viihtyvät kesät lämpimämmässä syömässä ja uusimassa nahkaa, mutta elävät muuten viileässä vedessä. Grönlanninvalaat puolestaan välttelevät lämpimiä vesiä. Grönlanninvalaiden pintaveden optimilämpötila on hyvin kapea, vain -0,5 celsiuksesta +2 celsiusasteeseen. (Chambault ym., 2018)

Arktisilla valaslajeilla ei ole selkävää, mikä hyödyttää niitä jääpeitteen alla uimassa, mutta vähentää haihdutuspinta-alaa niiden kehoista ja altistaa ne hypertermialle. Lisäksi arktisilla valailla on erittäin paljon lämpöä eristävää ihonalaista rasvakerrosta. Näiden takia arktiset valaat ovat herkkiä veden lämpötilanousuille. Esimerkiksi grönlanninvalaalla jo +9 celsiusastetta on pintaveden lämpötilana henkeä uhkaava. Pitääkseen

ruumiinlämpötilansa tarpeeksi matalana, sen pitäisi laskea aineenvaihdunnan toiminnot niin matalalle, ettei se selviäisi elossa. (Chambault ym., 2018)

Jäiden liikkuminen myrskyjen seurauksena voi aiheuttaa valaille ongelmia. Erityisesti lahdissa tai muilla rajatuilla vesialueilla jäät voivat kasaantua ja vangita pieniä valaslaumoja, tai peittää niiden ilmanottoaukot. Valaiden jäädessä jäiden saartamaksi, pääsevät pedot, kuten jääkarhut (*Ursus maritimus*), myös helposti saalistamaan niitä. (Berger ym., 2018) Arktiset valaat ovat sopeutuneet jään kanssa elämiseen hyvin, sillä sen lisäksi että niillä ei ole selkävettä, ne osaavat myös rikkoo ohutta jäätä päällään ja selällään puskemalla. (Kovacs & Lydersen, 2008)

Vaeltavat valaat

Arktisilla alueilla satunnaisesti elinkiertonsa aikana olevia valaita on viisi lajia: harmaavalas (*Eschrichtius robustus*), miekkavalas (*Orcinus orca*), ryhävalas (*Megaptera novaeangliae*), sillivalas (*Balaenoptera physalus*) ja lahtivalas (*Balaenoptera acutorostrata*). Niistä osalle arktiset meret ovat tärkeitä ravintoalueita, osalle taas vain satunnaisia vierailupaikkoja. (Huntington, 2009)

Harmaavalat elävät pääosan vuodesta lämpimillä vesillä Kalifornian läheisyydessä, mutta ne muuttavat kesäisin sulan veden aikaan ruokailemaan arktisille merille (Forney & Barlow, 1998), muun muassa Tšuktšimerelle. Ne ovat hetulavalaita ja syövät näin ollen planktonia ravinnokseen. Tšuktšimerellä on yksi arktisten merien plankton hotspoteista, ja tämän uskotaan olevan yksi syy valaiden paikan valintaan. (Grebmeier ym., 2015)

Miekkavalat ovat laajalla alueella vaeltavia valaita. Ne ovat hammasvalaita, ja niiden pääravintoa ovat muun muassa kalat ja merinisäkkäät, kuten muut valaat. Ne ovat laajentaneet elinaluettaan pohjoisempaan merien lämmitessä ja jääpeitteen vähetessä. Nykyään miekkavalaslaumoja vierailee muun muassa Pohjois-Amerikassa Hudsoninlahdella vuosittain kesäisin. Miekkavalat ovat huippupetoja, ja niiden leviäminen laajemmalle alueelle vaikuttaa suuresti moniin muihin eläinlajeihin. Ne ovat pelottomia saalistajia, ja laumassa saalistaessaan voivat napata suuriakin eläimiä saaliikseen. (Higdon & Ferguson, 2009)

Ryhävalas ja sillivalas viettävät kesäkauden Saint Lawrencen lahdella Kanadan itärannikolla. Molemmilla näillä lajeilla syynä muuttoon on ravinnonhankinta. Molemmilla lajeilla pääravintona on plankton, sillä ne ovat hetulavalaita, mutta ne ajoittavat Saint Lawrencen lahdella olemisensa hieman eri aikoihin planktonhuippuun nähden, joten ne eivät

varsinaisesti kilpaile ravinnosta toistensa kanssa. Ryhävalaat muuttavat huomattavasti pidemmän matkan kuin sillivalaat, ja ne elävät Saint Lawrencen lahdella loppukesästä, kun taas sillivalaat jo alkukesästä. (Ramp ym., 2015)

Lahtivalaat elävät kesäkuukausien aikana koko pohjoisella Atlantin valtamerellä. Niiden levinneisyyden pohjoisrajana toimii ympärivuotisen jään reuna. Talvehtimisympäristöt eivät ole täysin tiedossa, mutta niitä on havaittu trooppisilla merillä lähellä päiväntasaajaa. (Glover ym., 2010) Lahtivalaat ovat myös hetulavalaita, mutta niiden pääravintona ovat pienet kalat muista arktisista hetulavalaita poiketen (Pastene ym., 2007).

Muutosten vaikutus

Elintila

Ilmastonmuutos on jo nyt sulattanut arktista jäätä, ja näin pienentänyt jääaluetta. Samalla myös avovesiaika on pidentynyt. Lisäksi lisääntynyt lämpösäteily on nostanut arktisten merien pintaveden lämpötilaa ja muuttanut primaariproduktiota vesiekosysteemeissä. Ilmaston lämpenemisen seurauksena tulevaisuudessa arktiset meret ovat mahdollisesti kestäisin jäättömiä. (Huntington, 2009)

Grönlanninvalaat ja maitovalaat joutuvat tulevaisuudessa ilmastonmuutoksen seurauksena muuttamaan ruokailutapojaan ja muuttoaan. Molemmat lajit ovat hyvin herkkiä saasteille, kuten raskasmetalleille. Sarvivalaiden elintila on edellisiin lajeihin verrattuna huomattavasti pienempi, eikä se ole niin mukautumiskykyinen ravinnonhankinnan ja habitaattiansa suhteen. (Kovacs & Lydersen, 2008)

Muuttavien valaiden kesäalueet sekä muuttoajankohta ovat murroksessa ilmastonmuutoksen takia. Koska ilmasto lämpenee ja kesä aikaistuu, myös planktonin huiput aikaistuvat. Pohjois-Amerikan rannikolla sillivalas ja ryhävalas viettävät kesänsä Saint Lawrencen lahdella, mutta eri aikoina, joten ne eivät kilpaile samasta ravinnosta tai tilasta. Sillivalaiden muuttomatka on huomattavasti ryhävalaita lyhyempi, ryhävalailla muutto voi olla jopa 2000-8000km, kun taas sillivalaat talvehtivat usein heti arktisten merten eteläpuolella. (Ramp ym., 2015) Sillivalaiden onkin havaittu mukautuvan muuttonsa ajankohtaa erityisesti pintaveden lämpötilan ja jäiden lähtemisen mukaan. Ne ovat pidentäneet kesäalueella olemisen aikaa verrattuna aiempiin aikoihin. (Berger ym., 2018; Ramp ym., 2015)

Ryhävalaat puolestaan eivät juuri ole muuttaneet kesäelinalueelle tulonsa ajankohtaa. Ne lähtevät talvehtimisalueiltaan samaan aikaan kuin aiemmin, mutta ovat hieman pidentäneet kesäelinalueella viipymistä. Pitkänmatkanmuuttajina ryhävalaiden on vaikea vaihtaa muuttoaikaansa, sillä ne eivät pysty reagoimaan joustavasti meren muuttuneisiin olosuhteisiin, toisinkuin sillivalaat, jotka havaitsevat muutokset talvehtiessaan lähempänä kesäalueita. Tämä voi aiheuttaa erityisesti ryhävalaille ongelmia ravinnonsaannissa, mikäli plankton on huipussaan jo ennen alueelle saapumista, eivätkä ryhävalaat pysty sopeuttamaan muuttoaikaansa aikaistuneeseen planktoninkukintaan. (Ramp ym., 2015)

Lyhyen matkan muuttajilla on mahdollisuus muuton ajankohdan vaihtamisen lisäksi pidentää muuttomatkaansa hieman kauemmaksi pohjoiseen, päästäkseen tarpeeksi viileille ja ravintorikkaille vesille, mutta pitkänmatkanmuuttajille se on ajallisesti ja fyysisen kuormittavuuden vuoksi mahdotonta. Sillivalaiden levinneisyysalue saattaa tulevaisuudessa muuttua niin, että ne jäävät elämään ympärivuotisesti Saint Lawrencen lahdelta, mikäli lahti pysyy sulana talvenkin läpi. Sillivalaiden tiedetään elävän paikallisena muun muassa Välimerellä, joten ne eivät välttämättä vaadi muuttomatkaa elinkiertoonsa. (Ramp ym., 2015)

Miekkavalaiden tiedetään jo nyt levittäneen elinaluettaan pohjoisemmaksi. Niitä on havaittu Hudsoninlahdella vuosittain sulan veden aikaan hankkimassa ravintoa. Ne ovat huippupetoja, ja syövät myös muita valaita, joten paikallisten valaiden populaatiot voivat olla vaarassa miekkavalaiden takia. (Higdon & Ferguson, 2009)

Ravinto

Arktisten merien valaat syövät hyvin monipuolista ravintoa (Loseto ym., 2018). Antarktiseen verrattuna arktisten merten trofiatasoista erityisesti keskitaso on erilainen, sillä Antarktiksella hallitsee krilli (*Euphausiacea*), kun taas arktisilla merillä keskitrofiatasolla on monipuolisesti planktisia äyriäisiä sekä kalalajeja, kuten jäämerenseitiä. Myös petoja on arktisilla merillä monipuolisemmin kuin Antarktiksella. Boreo-subtrooppisia pääjalkaislajeja on havaittu muuttaneen yli 2000km pohjoisempaan niiden normaaleilta asuinvesiltä. Valaat käyttävät pääjalkaisia yhtenä ravinnonlähteenään, joten uusien lajien tulo alueelle muuttaa ravintoverkkoja. Arktisille merille tulleissa uusissa pääjalkaislajeissa on sekä levinneisyysaluettaan laajentaneita lajeja, että kokonaan uudelle alueelle siirtyneitä lajeja. Arktisten merien ravintoverkot ovat perinteisesti olleet pitkiä, ja

niissä on ollut paljon kalaa, sillä krilliä ja muita äyriäisiä ei ole ollut paljoa. (Xavier ym., 2018)

Maitovalaiden kudoksenäytteistä on havaittu elohopeapiikki 1990-luvun lopulta 2000-luvun alkuun. Se ei selity ruokavalion muutoksella tai ilmakehän elohopean nousulla. Koska maitovalas on huippupeto, on selittäväksi tekijäksi ehdotettu elohopean rikastumista ilmakehästä sen saaliskaloihin. (Loseto ym., 2018) Maitovalaiden hampaiden perusteella on havaittu kudoksissa elohopeapiikki myös ennen vuotta 1960. Silloin teollisuudessa on käytetty paljon elohopeaa, joten tämän uskotaan olevan yhteydessä piikkiin. Noin 75% kaikesta silloisesta elohopeasta on ollut ihmisen tuottamaa, nykyään jo yli 92%. (Dietz ym., 2009)

Maitovalaiden yleiskunnon on myös havaittu olleen pitkän seurannan aikana heikoimmillaan vuosina 2012 ja 2014, jotka ovat myös talvikauden suurimman sulavesialueen vuosia. Näinä vuosina myös maitovalaiden vatsalaukuissa havaittiin olevan vähemmän niiden pääsaalista jäämerenseitiä kuin normaalisti, ja vatsalaukun sisältö oli monipuolisempi muihin vuosiin verrattuna. Maitovalaiden tiedetään vaihtavan muutto- ja saalistusreittejään jään reunan mukaan, joten avoimemman veden talvina jäämerenseiti on mahdollisesti eri alueilla, kuin missä maitovalaat saalistavat. Tämä myös saa maitovalaat syömään muutakin ravintoa, kun seitiä ei ole saatavilla. (Loseto ym., 2018)

Maitovalaiden koko on tutkitun kahdenkymmenen vuoden aikana (1989-2008) pienentynyt. Tämäkin voi viitata muutokseen saaliin määrässä tai laadussa. Myös muilla eläinlajeilla, muun muassa norpalla (*Pusa hispida*) ja riskilällä (*Cepphus grylle*), on havaittu vastaavanlaista ruumiinkoon pienenemistä. Suorien johtopäätösten vetämiseen syy-seuraussuhteista kuitenkin tarvittaisiin lisää aineistoa. (Loseto ym., 2018)

Grönlanninvalaille tärkein ravinnonlähde on äyriäislaji *Calanus*. Merien lämpenemisen myötä sen määrän uskotaan kasvavan, mutta näin ei välttämättä ole. Baffininlahdella, missä yksi grönlanninvalaspopulaatioista asuu, on havaittu jään määrän lisääntyneen muuttuneiden merivirtojen seurauksena. Tästä johtuen *Calanus*in määrä on vähentynyt, sillä laji vaatii avovettä menestyäkseen. Ilman avovettä kasviplankton ei pääse yhteyttämään ja lisääntymään, ja ilman kasviplanktonia eläinplankton, mihin *Calanus* kuuluu, ei pärjää. (Finley, 2001)

Loiset ja taudit

Teollisuuden aiheuttavat päästöt muuttavat valaiden immunologisia ja neurologisia toimintoja sekä solujen sisäisiä ja solujen välisiä reaktioita. Tämä voi aiheuttaa herkemmän altistumisen erilaisille sairauksille, joita vastaan eläinten keho on ennen osannut puolustautua. (Huntington, 2009)

Sinilevää on esiintynyt arktisilla merillä lähes aina. Sinilevä kuitenkin hyötyy suuresti lämpenevästä pintavedestä ja lisääntyvästä auringonvalon määrästä. Sinilevä erittää haitallisia neurotoksiineja, muun muassa domoiinihappoa ja saksitosiinia. Eteläisillä merillä elävillä valaslajeilla on havaittu myrkytysoireita sinilevästä johtuen jo aiemmin, ja nyt myös arktisilta valailta on niitä havaittu. Erityisesti hetulavalaat ovat riskiryhmässä sinilevämyrkytyksiin, sillä ne syövät planktonia, johon myös sinileväkeijusto kuuluu. (Lefebvre ym., 2016)

Toksoplasmoositartuntojen (*Toxoplasma gondii* -alkueläimen aiheuttama sairaus) pohjoisrajan on havaittu siirtyneen entistä pohjoisemmaksi. Kanadan inuiteilla on havaittu viime aikoina ensimmäistä kertaa toksoplasmoosia, jonka kantajaksi on epäilty heidän ruokavalionsa kuuluvaa maitovalasta. Tutkimustulokset asiasta ovat kuitenkin olleet risiiritäisiä, eikä maitovalaan kantajuudesta olla päästy varmuuteen. (Dolgin, 2017)

Lisääntyminen

Teollisuuden aiheuttamat meriin liuenneet saasteet, kuten raskasmetallit ja POP-yhdisteet, vaikuttavat valaiden lisääntymiseen muun muassa muuttamalla niiden hormonitasa-painoa. Osalla sarvivalaspopulaatioista on jo nyt tutkittu olevan kudoksissaan niin korkeat PCB-tasot, että se vaikeuttaa lisääntymistä. (Huntington, 2009)

PCB-153 on ympäristömyrky, jonka on havaittu kerääntyvän maito- ja grönlanninvalaiden kudoksiin. Imettävillä naarailla se siirtyy kudoksista maitoon ja sen myötä poikasille. Imettävien valaiden PCB-tasot pysyvät imetysajan tasaisena, kun muilla (uroksilla ja lisääntymättömillä naarailla) PCB-arvot kasvavat koko elämän ajan. Imetysajan jälkeen lisääntyvien naaraidenkin PCB-tasot kääntyvät taas nousuun. (Binnington & Wania, 2014)

POP-yhdisteet vaikuttavat valaiden hormonitoimintaan, kuten muidenkin nisäkkäiden. Erityisesti sukupuolihormoneihin testosteroniin ja estrogeeniin vaikuttaessaan POP-yhdisteet voivat häiritä valaiden lisääntymistä sekä hormonaalisten ongelmien kautta että myös seksuaalisen aktiivisuuden vähenemisen takia. Estrogeeni ja testosteroni ohjaavat

myös sukupuoliviettä. Yleisesti ottaen ilmastonmuutoksen lisäämä stressin määrä voi myös sekoittaa valaiden hormonitoimintaa lisääntymiskäyttäytymiseen vaikuttavasti. (Letcher ym., 2010)

Ihmistoiminta

Valaisiin vaikuttavia ihmistoimia on paljon. Esimerkiksi meriliikenne, kalastus, öljyn- ja kaasunporaus sekä teollisuuden aiheuttamat saasteet tuottavat valaiden elämään hankaluuksia. Saasteisiin kuuluvat edellä mainittujen yhdisteiden lisäksi muun muassa radionuklidit, PHC-yhdisteet sekä monet uudet yhdisteet, joiden pitkäaikaisvaikutuksia ei vielä edes tiedetä. Nykyisistä saastetasoista on vaikeaa ennustaa tulevia saastemääriä, sillä ilmastonmuutoksen vaikutukset ovat vaikeasti ennakoitavissa. Suurimmat uhat ilmastonmuutoksen ja ihmistoiminnan yhteydessä liittyvät jääpeitteen pienenemiseen. Jääpeitteen vähetessä ihmiset pääsevät arktisilla merillä alueille, jonne ennen ei ole päästy. Tämä aiheuttaa riskejä uusiin ja erilaisiin kohtaamisiin paikoissa, jotka ovat ennen olleet valaille turvallisia. (Huntington, 2009)

Arktisilla merialueilla on myös havaittu muovisaastetta. Myrskyläitäjien (*Fulmarus*) elimistöön on havaittu kertyneen muoveja. Muovisaastetta on kuitenkin tähän mennessä ollut vähemmän arktisilla merillä kuin muissa merissä. Myös stellerinmerileijonia (*Eumetopias jubatus*) on löydetty takertuneena muun muassa pakkausnauhoihin ja kalastusvälineisiin. Näiden uskotaan olevan ongelma myös valaille. (Raum-Suryan ym., 2009)

Kaikkia arktisilla merillä pysyvästi eläviä valaita metsästetään. Metsästys tapahtuu lähinnä rannikkoalueilla. Grönlanninvalaan kanta on pudonnut 1900-luvun alkupuolella rajusti metsästyksen takia, mutta sittemmin sen metsästystä vähennettiin. Maitovalaspopulaatiot Alaskan Kotzebue Soundissa ja Cook Inletissa sekä Grönlannin länsirannikoilla ovat vähentyneet viime aikoina metsästyksen seurauksena. (Huntington, 2009) Pohjois-Grönlannissa Siorapalukissa sarvivalaiden pyynti on lisääntynyt vuoden 2002 jälkeen, koska veneillä pääsee sarvivalaiden elinalueille aiempaa aikaisemmin (Nielsen, 2009).

Erityisesti ammattimetsästäjät ovat ongelmallisia, sillä he eivät huolehdi kannan vastuullisesta pienentämisestä. Inuitien perinteinen metsästyskulttuuri ei aiheuta suurta uhkaa valaiden populaatioille, varsinkin koska inuitit myös vaalivat ympäristön puhtautta ja vastustavat yliteollistumista alueillaan. (Huntington, 2009)

Metsästysmäärät sekä -alueet ovat hyvin dokumentoituja ja tiedossa, kun taas metsästyksen vaikutuksia ei niinkään ole tutkittu. Valaskantojen koko ja niiden vaihtelut olisi

saatava tietoon, että voitaisiin hyödyntää parhaiten myös metsästyksen hyvät puolet. (Huntington, 2009) Jäiden väheneminen ilmaston lämpenemisen seurauksena aiheuttaa metsästyspaineen lisääntymisen ihmisten taholta, sillä inuitit joutuvat metsästämään enenevässä määrin valaita korvatakseen vähenevän hyljesaaliin. Hylkeitä pyydetään vain merijäällä, joten jään vähetessä myös metsästysmahdollisuudet vähenevät. (Anderson ym., 2017)

Meriliikenne

Merien laivaliikenne on suurin yksittäinen melun aiheuttaja. Mikäli melua on paljon valaiden elinkierron kannalta tärkeissä paikoissa, kuten lisääntymisalueilla tai ravinnonhankinta-alueilla, voi muutoksesta aiheutuva habitaatinmuutos heikentää lajien elinkykyä. (Huntington, 2009) Maitovalaiden on havaittu reagoivan jopa 80km päässä oleviin laivoihin välttämällä alueelle menoa, ja muiden valaiden voidaan olettaa toimivan samoin (Loseto ym., 2018). Lisäksi laivaliikenteessä uhkana valaille ovat yleensä kuolettavat korarit ja laivojen saastuttaminen sekä merijään rikkominen. (Huntington, 2009)

Talvisen merijään takia laivaliikennettä on aiemmin ollut lähinnä kesäisin, mutta tulevaisuudessa laivaliikenne muuttuu ehkä ympärivuotiseksi. Laivaliikenne pitää vesialueita sulana liikkeellään, joten laivaliikenteen lisääntyminen arktisilla alueilla myös lisää samalla sulan veden aluetta. Erityisesti rahtiliikenne pohjoisen kautta on lisääntymässä, kuten myös risteilyliikennöinti. Risteilyalusten reitit voivat tarkoituksellisesti kulkea valaille tärkeiden alueiden läheltä markkinoidakseen reittiä valasbongaukselle otollisena, mikä taas on ongelmallista, koska valaat pyrkivät välttämään laivoja ja ajautuvat näin pois niille tärkeiltä elinalueilta. (Huntington, 2009)

Meriliikenteen vaikutuksista arktisilla alueilla on vain vähän aineistoa, koska tällä hetkellä liikennöinti ei vielä ole suurta. Niinpä laivaliikenteen vaikutusten arviointi perustuu lähinnä muilta vastaavatyypisiltä alueilta saatuun aineistoon. Erityisesti kohtaamisten tiheyttä ja niiden vaikutuksia on tutkittava vielä, mutta hypoteesina on esitetty varsinkin pienten ja jo valmiiksi häirittyjen populaatioiden olevan suurimman uhan alla. (Huntington, 2009)

Kalastus

Teollinen kalastus aiheuttaa valaille kilpailua saaliista sekä pienempien valaiden jääntiä sivusaaliiksi. Tällä hetkellä arktisilla vesillä ei ole paljoa teollista kalastusta, lähinnä vain Baffininlahdella Grönlannin länsipuolella ja Barentsinmerellä pohjoisella Jäämerellä.

Ilmastonmuutoksen seurauksena kalastuskin tulee kuitenkin lisääntymään arktisilla merialueilla jääpeitteen vähentyessä. (Huntington, 2009) Lisäksi nykyiset taloudelle tärkeät kalalajit voivat laajentaa reviirejään pohjoisemmaksi, mikä ajaa ammattikalastajia pohjoisemmille alueille (Williams, 2012).

Kalastuksen vaikutuksia arktisiin merieläimiin ei ole tutkittu, erityisesti koska kalastuslaivasto ja -välineistö sekä niiden koko vaikuttaa tuloksiin suuresti. Tärkeimpiä tavoitteita kalastuksen saralla valaiden näkökulmasta ovat sivusaaliiden pienentäminen sekä kalastusmäärien sääntely. Kalastusmäärissä loppuun kalastuksen välttäminen on suurin tavoite. (Huntington, 2009)

Öljyn- ja kaasunporaus

Öljyn- ja kaasunporaus aiheuttavat moninaisia uhkia valaille. Tällä hetkellä porausta harjoitetaan arktisista meristä jo Tšuktšimerellä Siperian ja Alaskan välillä, Beaufortinmerellä Alaskan pohjoispuolella, Barentsinmerellä ja Baffininlahdella. Tulevaisuudessa porausta halutaan laajentaa Euraasian pohjoisosiin, erityisesti Venäjän pohjoispuolelle, jonne päästään tulevaisuudessa jäiden sulamisen ansiosta. (Huntington, 2009)

Poraaminen, aineiden seismiset etsinnät ja rahtilaivaliikenne aiheuttavat äänisaastetta, minkä tiedetään olevan valaille haitallista. Grönlanninvalaiden on havaittu vaihtaneen muuttoreittiään Beaufortinmerellä öljyn- ja kaasunporausmelua välttääkseen. Lisäksi myös öljyn- tai kaasunporauslautta aiheuttaa kroonista saastetta ympäröivään mereen sekä mahdollisia öljyvuotoja. (Huntington, 2009)

Öljyvuoto valaiden elinkierron kannalta tärkeällä alueella tai oleelliseen aikaan (kuten lisääntymis- tai muuttoaikaan) voi aiheuttaa suuria ongelmia. Nisäkkäiden tiedetään olevan lintuja pienempi riskiryhmä öljyvuodoissa, mutta arktisten nisäkkäiden öljynsietokyky on tuntematon. Öljyvuotojen rajaaminen arktisilla merillä on myös haaste, sillä vahinkoja ei ole vielä tapahtunut, joten kaikki suojautuminen on hypoteettista. Pitkä pimeä aika sekä jääpeite tuottavat hankaluuksia. (Huntington, 2009) Myös rajut sääolot erityisesti talvimyrskyissä ovat uhka (Jonsson ym., 2010). Pimeässä öljyä voi olla vaikea nähdä (Huntington, 2009) ja sen käyttäytyminen jään alla on tällä hetkellä vielä tuntematonta. Muillakin merialueilla öljyvuotojen talteenotossa saadaan kerättyä vain noin 30% vuotaneesta öljystä, ja arktisilla alueilla määrän uskotaan olevan vielä pienempi. (Torrice, 2009)

Johtopäätökset

Arktisilla merillä on tapahtunut nyt jo paljon muutoksia, ja niitä on tulossa vielä lisää. Vaikka ilmastonmuutos saataisiin pysäytettyä, jatkavat tähän mennessä aiheutetut ongelmat vielä kertaantumistaan. (Huntington, 2009) Erityisesti jääpinta-alan pienenemisen aiheuttama kierre, joka johtaa merien lämpenemiseen ja jään lisääntyneeseen sulamiseen, tulee aiheuttamaan häiriötä vielä vuosien ajan tulevaisuudessa. (Williams, 2012)

Tutkimus arktisista meristä ja niiden ravintoverkoista sekä lajistosta on vielä todella vajavaista, ja sitä tarvitaan paljon lisää (Huntington, 2009; Loseto ym., 2018). Tutkimustulosten avulla voitaisiin priorisoida suojelualueet sekä suojeltavat lajit niiden uhanalaisuuden ja ekosysteemin kannalta välttämättömyyden perusteella. (Huntington, 2009) Tarkkailututkimusten tekemisessä voitaisiin hyödyntää myös aiempaa enemmän inuitien ja muiden alkuperäiskansojen tietotaitoa (Loseto ym., 2018). Inuiteilla on jo ennestään vuosikymmenten tarkkailukokemus ja havainnointitulokset, joiden avulla pitkittäistutkimuksiin saataisiin lisää syvyyttä helposti (Huntington, 2009).

Erilaiset uhat arktisille merille luokitellaan merkittävyydeltään eri vahvuisiksi ja niihin kohdistuu siksi myös erisuuruinen suojelupotentiaali (Taulukko 1). Tärkeää olisi hankkia lisää tutkimustuloksia ja tietoa erityisesti uhista, joiden tunnettuus tällä hetkellä on vielä heikkoa, kuten kalastus, laivaliikenne ja saasteet. Lisäksi samalla olisi tärkeää painottaa uhkien minimointia erityisesti niihin uhkiin, joiden voimakkuus on korkea, kuten ilmastonmuutos. Luonnollisesti suuret globaalit uhat, ilmastonmuutos ja saasteet mukaan lukien, ovat vaikeita hallita, sillä uhan aiheuttajana toimii niin laaja joukko ihmisiä ja vaikuttajia, ja tämä aiheuttaa niille vain keskimääräisen suojelupotentiaalin. (Huntington, 2009)

Ympäristöuhkien yhdistetyt vaikutukset ovat kaikkein vakavimpia, sillä osa uhista voi toimia synergisesti, ja kaikkien uhkien yhtäaikainen hallitseminen on erittäin vaikeaa, ellei mahdotonta. Yhteisvaikutuksilla, samoin kuin globaaleilla uhilla, ongelmana on, ettei mikään yksittäinen taho saa uhkaa hallintaan omin voimin, ja kaikki yhtiöt ja valtiot on erittäin vaikeaa saada mukaan rajoituksiin. Jokainen taho kokee, ettei ole ainoa syyppä ongelmassa, eikä halua olla ensimmäisenä rajoittamassa omaa elintasoaan ja ekonomiaansa. Lisäksi osassa uhista yhden ongelman poisto antaa tilaa toiselle ongelmalle kukoistaa. Esimerkiksi metsästäjät tukevat vahvasti teollisuuden rajoittamista arktisilla

alueilla saadakseen pitää oman elinkeinonsa mahdollisimman laajalla skaalalla. (Huntington, 2009)

Arktisten merien suojelemiseksi tarvitaan aloitteita sekä arktisilta mailta kansalliselta tasolta, että kansainvälisesti. Arktisille alueille kerääntyvät saasteet tulevat myös muualta kuin arktisista maista, ja päästöjen hillitseminen kansainvälisesti onkin tärkeä osa myös arktisten alueiden suojelua. Tällä hetkellä on olemassa ympäristösopimuksia, joissa myös arktisuus on huomioituna, mutta yhtään vain arktisten alueiden hyvinvointiin tähtäävää sopimusta ei ole. Tähän on osittain syynä arktisten maiden taloudellisen hyödyn tavoittelu, sillä arktisilla merillä olevat resurssit, kuten öljy ja maakaasu, haluttaisiin valjastaa valtioiden talouden kasvatukseen. (Williams, 2012)

Arktisten maiden omista säännöksistä ja laeista sekä suojelutoimista hyvänä esimerkkinä toimii Kanada. Kanadan yleinen päästötavoite on pienentää päästöjä 17% vuodesta 2005 vuoteen 2020 mennessä. Kanadalla on myös oma riskilajiopas, jossa moni arktinen laji on luokiteltu uhanalaiseksi niiden puutteellisen tunnettuuden takia. Riskilajioppaassa puutteita on kuitenkin merilajien riskihabitaattien tunnistuksessa, vaikka lajit itsessään ovatkin hyvin tunnistettuja. Jos riskihabitaatit tunnistettaisiin paremmin, voitaisiin suojelualueet keskittää niiden mukaan. Kanadalla on myös useampi meriensuojelualue omilla aluevesillään. Lisäksi Kanadan hallitus on alkanut siivoamaan maailmansotien aikaisia merenpohjaan upotettuja sotajätteitä, kuten miinoja, vähentääkseen raskasmetallikuormitusta aluevesillään. (Williams, 2012)

Suojelutoimet arktisilla alueilla olisi tärkeää aloittaa mahdollisimman pian, ennen kuin valtiot ja monikansalliset yhtiöt saavat oikeudet arktisten alueiden resurssien hyödyntämiseen. Suojelualueiden perustaminen on huomattavasti helpompaa erämaa-alueelle, kuin alueelle, jossa esimerkiksi öljynporaus on jo aloitettu. Lisäksi arktisten lajien uhanalaisuusluokitusten tarkentuessa suojelualueita olisi helpompaa perustaa, sillä niitä pyritään yleensä perustamaan uhanalaisten lajien elinkerron kannalta oleellisille alueille. (Huntington, 2009)

Taulukko 1: Arktisten merinisäkkäiden uhkien arviointi ja määrittäminen. (Huntington, 2009)

	Uhan tyyppi	Uhan voimakkuus	Tämänhetkinen tieteilinen ymmärrys	Tämänhetkinen hoito	Suojelupotentiaali
Ilmastonmuutos	Ekosysteemien muutos, sirkumpolaarinen	Korkea	Keskimääräinen	Heikko	Keskimääräinen
Ympäristösaasteet	sirkumpolaarinen	Matala	Keskimääräinen	Tyydyttävä	Keskimääräinen
Teollinen kehitys	Häiriöt, saasteet, alueellinen	Keskimääräinen	Keskimääräinen	Tyydyttävä	Hyvä
Laivaliikenne	Häiriöt, saasteet, reittien mukaan	Matala	Keskimääräinen	Tyydyttävä	Hyvä
Metsästys	Kuolleisuus, sirkumpolaarinen	Matala	Korkea	Hyvä	Hyvä
Kaupallinen kalastus	Kilpailu saaliista, kuolleisuus, alueellinen	Keskimääräinen	Matala	Tyydyttävä	Keskimääräinen

Lähdeluettelo

- Anderson, P. A., Poe, R. B., Thompson, L. A., Weber, N., & Romano, T. A. (2017). Behavioral responses of beluga whales (*Delphinapterus leucas*) to environmental variation in an Arctic estuary. *Behavioural Processes*, *145*, 48-59. 10.1016/j.be-proc.2017.09.007
- Arctic Biodiversity Data Service (ABDS), Conservation of Arctic Flora and Fauna (CAFF) (2018). CBMP Arctic Marine Areas. CAFF/ABDS GeoNetwork catalogue [<http://geo.abds.is/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/54294151-9e15-4457-8a44-df2c0ec5ada5>] (viitattu 3.12.2018)
- Bautista-Chamizo, E., Sendra, M., Cid, Á, Seoane, M., Romano de Orte, M., & Riba, I. (2018). Will temperature and salinity changes exacerbate the effects of seawater acidification on the marine microalga *Phaeodactylum tricornutum*? *Science of the Total Environment*, *634*, 87-94. 10.1016/j.scitotenv.2018.03.314
- Berger, J., Hartway, C., Gruzdev, A., & Johnson, M. (2018). Climate Degradation and Extreme Icing Events Constrain Life in Cold-Adapted Mammals. *Scientific Reports*, *8*, 1156. 10.1038/s41598-018-19416-9
- Binnington, M. J., & Wania, F. (2014). Clarifying Relationships between Persistent Organic Pollutant Concentrations and Age in Wildlife Biomonitoring: Individuals, Cross-Sections, and the Roles of Lifespan and Sex. *Environmental Toxicology and Chemistry*, *33*(6), 1415-1426. 10.1002/etc.2576

- Borchman, D., Stimmelmayer, R., & George, J. C. (2017). Whales, lifespan, phospholipids, and cataracts. *Journal of Lipid Research*, 58(12), 2289-2298.
10.1194/jlr.M079368
- Chambault, P., Albertsen, C. M., Patterson, T. A., Hansen, R. G., Tervo, O., Laidre, K. L., & Heide-Jørgensen, M. P. (2018). Sea surface temperature predicts the movements of an Arctic cetacean: The bowhead whale. *Scientific Reports*, 8(1)10.1038/s41598-018-27966-1
- Deeb, R., Tufford, D., Scott, G. I., Moore, J. G., & Dow, K. (2018). Impact of Climate Change on *Vibrio vulnificus* Abundance and Exposure Risk. *Estuaries and Coasts*, 41(8), 2289-2303. 10.1007/s12237-018-0424-5
- Dietz, R., Outridge, P. M., & Hobson, K. A. (2009). Anthropogenic contributions to mercury levels in present-day Arctic animals-A review. *Science of the Total Environment*, 407(24), 6120-6131. 10.1016/j.scitotenv.2009.08.036
- Dolgin, E. (2017). Climate change: As the ice melts. *Nature*, 543(7647), S55.
10.1038/543S54a
- Finley, K. J. (2001). Natural history and conservation of the Greenland whale, or bowhead, in the Northwest Atlantic. *Arctic*, 54(1), 55-76. 10.14430/arctic764
- Forney, K. A., & Barlow, J. (1998). Seasonal patterns in the abundance and distribution of California cetaceans, 1991-1992. *Marine Mammal Science*, 14(3), 460-489.
10.1111/j.1748-7692.1998.tb00737.x

- Gill, M. J., Crane, K., Hindrum, R., Anreberg, P., Bysveen, I., Denisenko, N. V., . . . Watkins, J. (2011). Arctic marine biodiversity monitoring plan (CBMP-MARINE PLAN). *CAFF Monitoring Series Report*, 3
- Glover, K. A., Kanda, N., Haug, T., Pastene, L. A., Øien, N., Goto, M., . . . Skaug, H. J. (2010). Migration of Antarctic minke whales to the Arctic. *PLoS ONE*, 5(12)10.1371/journal.pone.0015197
- Grebmeier, J. M., Bluhm, B. A., Cooper, L. W., Danielson, S. L., Arrigo, K. R., Blanchard, A. L., . . . Okkonen, S. R. (2015). Ecosystem characteristics and processes facilitating persistent macrobenthic biomass hotspots and associated benthivory in the Pacific Arctic. *Progress in Oceanography*, 136, 92-114. 10.1016/j.pocean.2015.05.006
- Heide-Jørgensen, M. P., Dietz, R., Laidre, K. L., Richard, P., Orr, J., & Schmidt, H. C. (2003). The migratory behaviour of narwhals (*Monodon monoceros*). *Canadian Journal of Zoology*, 81(8), 1298-1305. 10.1139/z03-117
- Higdon, J. W., & Ferguson, S. H. (2009). Loss of Arctic sea ice causing punctuated change in sightings of killer whales (*Orcinus orca*) over the past century. *Ecological Applications*, 19(5), 1365-1375. 10.1890/07-1941.1
- Huntington, H. P. (2009). A preliminary assessment of threats to arctic marine mammals and their conservation in the coming decades. *Marine Policy*, 33(1), 77-82. 10.1016/j.marpol.2008.04.003
- Jonsson, H., Sundt, R. C., Aas, E., & Sanni, S. (2010). The Arctic is no longer put on ice: Evaluation of Polar cod (*Boreogadus saida*) as a monitoring species of oil

- pollution in cold waters. *Marine Pollution Bulletin*, 60(3), 390-395. 10.1016/j.marpolbul.2009.10.014
- Kovacs, K. M., & Lydersen, C. (2008). Climate change impacts on seals and whales in the North Atlantic Arctic and adjacent shelf seas. *Science Progress*, 91(2), 117-150. 10.3184/003685008X324010
- Lefebvre, K. A., Quakenbush, L., Frame, E., Huntington, K. B., Sheffield, G., Stimmelmayr, R., . . . Gill, V. (2016). Prevalence of algal toxins in Alaskan marine mammals foraging in a changing arctic and subarctic environment. *Harmful Algae*, 55, 13-24. 10.1016/j.hal.2016.01.007
- Lejeusne, C., Chevaldonné, P., Pergent-Martini, C., Boudouresque, C. F., & Pérez, T. (2010). Climate change effects on a miniature ocean: the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea. *Trends in Ecology and Evolution*, 25(4), 250-260. 10.1016/j.tree.2009.10.009
- Letcher, R. J., Bustnes, J. O., Dietz, R., Jenssen, B. M., Jørgensen, E. H., Sonne, C., . . . Gabrielsen, G. W. (2010). Exposure and effects assessment of persistent organohalogen contaminants in arctic wildlife and fish. *Science of the Total Environment*, 408(15), 2995-3043. 10.1016/j.scitotenv.2009.10.038
- Lett, C., Ayata, S. D., Huret, M., & Irisson, J. O. (2010). Biophysical modelling to investigate the effects of climate change on marine population dispersal and connectivity. *Progress in Oceanography*, 87(1-4), 106-113. 10.1016/j.pocean.2010.09.005

- Li, W. K. W., McLaughlin, F. A., Lovejoy, C., & Carmack, E. C. (2009). Smallest algae thrive as the arctic ocean freshens. *Science*, 326(5952), 539. 10.1126/science.1179798
- Loseto, L. L., Hoover, C., Ostertag, S., Whalen, D., Pearce, T., Paulic, J., . . . MacPhee, S. (2018). Beluga whales (*Delphinapterus leucas*), environmental change and marine protected areas in the Western Canadian Arctic. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 212, 128-137. 10.1016/j.ecss.2018.05.026
- Nielsen, M. R. (2009). Is climate change causing the increasing narwhal (*Monodon monoceros*) catches in Smith Sound, Greenland? *Polar Research*, 28(2), 238-245. 10.1111/j.1751-8369.2009.00106.x
- Pastene, L. A., Goto, M., Kanda, N., Zerbini, A. N., Kerem, D., Watanabe, K., . . . Palsbøll, P. J. (2007). Radiation and speciation of pelagic organisms during periods of global warming: The case of the common minke whale, *Balaenoptera acutorostrata*. *Molecular Ecology*, 16(7), 1481-1495. 10.1111/j.1365-294X.2007.03244.x
- Ramp, C., Delarue, J., Palsboll, P. J., Sears, R., & Hammond, P. S. (2015). Adapting to a Warmer Ocean-Seasonal Shift of Baleen Whale Movements over Three Decades. *Plos One*, 10(3), e0121374. 10.1371/journal.pone.0121374
- Raum-Suryan, K. L., Jemison, L. A., & Pitcher, K. W. (2009). Entanglement of Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*) in marine debris: Identifying causes and finding solutions. *Marine Pollution Bulletin*, 58(10), 1487-1495. 10.1016/j.marpolbul.2009.06.004

Scavia, D., Field, J. C., Boesch, D. F., Buddemeier, R. W., Burkett, V., Cayan, D. R., . . . Titus, J. G. (2002). Climate change impacts on U.S. coastal and marine ecosystems. *Estuaries*, 25(2), 149-164. 10.1007/BF02691304

Sigman, D. M., & Hain, M. P. (2012). *The Biological Productivity of the Ocean*

Southward, A. J., Hawkins, S. J., & Burrows, M. T. (1995). Seventy years' observations of changes in distribution and abundance of zooplankton and intertidal organisms in the western English Channel in relation to rising sea temperature. *Journal of Thermal Biology*, 20(1-2), 127-155. 10.1016/0306-4565(94)00043-I

Torrice, M. (2009). Science lags on saving the arctic from oil spills. *Science*, 325(5946), 1335. 10.1126/science.325_1335

Velicogna, I. (2009). Increasing rates of ice mass loss from the Greenland and Antarctic ice sheets revealed by GRACE. *Geophysical Research Letters*, 36(19)10.1029/2009GL040222

Williams, T. G. (2012). *The Arctic: Environmental Issues* Library of Parliament.

Xavier, J. C., Cherel, Y., Allcock, L., Rosa, R., Sabirov, R. M., Blicher, M. E., & Golikov, A. V. (2018). A review on the biodiversity, distribution and trophic role of cephalopods in the Arctic and Antarctic marine ecosystems under a changing ocean. *Marine Biology*, 165(5), 93. 10.1007/s00227-018-3352-9