



Rauman merialueen rehevöityminen 2000-luvulla



Juha Hyvärinen

Rauman merialueen ja merenlahtien tila -hanke

Rauman kaupunki, ympäristönsuojelu 2025

Rauma

Sisällysluettelo

Rauman merialueen rehevöityminen 2000-luvulla	1
Tiivistelmä.....	4
Johdanto	5
Rauman merialueen veden laadun muuttuminen	6
Selkämeren ulappa.....	6
Rauman ulommat rannikkovedet	19
Rauman sisemmät rannikkovedet	22
Kaupungin edustan suojainen keskisaaristo.....	30
Avoin Kortelanlahti.....	33
Suojainen lähisaaristo, Petäjäs – Syväraumanlahti	40
Haapasaarenvesi	41
Rauman merialueen oma ravinnekuormitus.....	43
Hajakuormitus	44
Jätevesikuormitus.....	46
Typpikuormituksen vähentäminen kaupungin ja metsäteollisuuden jätevesien yhteispuhdistuksella	48
Sisäinen kuormitus	49
Selkämeren virtauksista	51
Suolavesipulssit Itämereen	51
Halokliinin nousu ja päältäan veden virtaus Selkämereen	52
Pintaveden virtaus Saaristomereltä	56
Kumpuaminen ja resuspensio Selkämeren rannikolla	57
Suolapitoisuudesta, lämpenemisestä ja näkösyvyydestä	60
Meriveden suolapitoisuus	60
Meriveden lämpeneminen.....	61
Näkösyvyyden väheneminen.....	62
Kasviplanktonlajiston muutos ja veden sameneminen	65
Rehevöitymiseen, suolapitoisuuteen ja veden lämpenemiseen liittyviä muutoksia eliöstössä.....	66
Sinilevät	66

Markrolevät ja vesikasvit	68
Eläinplankton	70
Pohjaeläimistö	71
Kalasto	75
Merimetsot.....	77
Merialueen tilan paranemisen edellytyksistä.....	78
Selkämeri ja Itämeren pääallas	78
Selkämeren ulommat rannikkovedet	79
Selkämeren sisemmät rannikkovedet	79
Lähdeluettelo.....	81

Tiivistelmä

Rauman lähivesien tila alkoi parantua jätevesikuormituksen vähetessä 1990-luvulla ja Selkämeren aiemman, 1960-luvulla alkaneen, rehevöitymiskehityksen tuolloin taittuessa. Hyvä kehitys jatkui ja huipentui vuosiin 2008-2014, lyhyehköön jaksoon kahden rehevöitymiskauden välissä.

Selkämeren ravinnevaranto oli ollut jo vuosia kasvussa, mutta alkoi nähtävästi vasta vuoden 2014 tienoilla vaikuttaa Rauman merialueen tilaan lisäämällä fosforipitoisuutta. Levätuotanto alkoi kasvaa ja vesi samentua. Rauman edustalla ulapan vaikutus ulottuu aivan avoimiin rantavesiin saakka.

Käänne Rauman merialueella liittyi ensisijaisesti omaksi episodikseen jääneeseen, poikkeukselliseen veden lämpenemiseen heinä-elokuussa 2014.

Rauman ja merialueen tila näyttää heikentyneen yhä nopeammin 2020-luvulla. Rehevöitymisen kiihtyminen viime vuosina saattaa olla osin näennäistä, johtua jakson lämpimyydestä. Viimekädessä sää tekee sinileväkesän.

Rantavesissä on päivittäisen vedenlaadun vaihtelussa suuri vaikutus tuulisuudella, sillä miten aallokon kasvaessa pohjan aineksia sekoittuu samentaen veteen ja taas tyynellä laskeutuu pohjaan. Kovilla pohjoisen puoleisilla tuulilla aiheutuvalla kumpuamisella näyttää sen sijaan olevan Selkämeren rannikolla laajempi merkitys, ei vain akuutisti veden samentajana, vaan systeeminä, joka siirtää Selkämeren ulapan ravinnepitoista syvävettä rannikolle.

Rauman merialueen avoimilla rannoilla myös tulevaisuus kytkeytyy ensisijaisesti Selkämeren ulapan tilan kehitykseen. Itämeren pääaltaalta kulkeutuvan ravinnevuon loppuminen, Selkämeren ravinnevarannon kasvun pysähtyminen on yleisesti ottaen perusedellytys Rauman edustan merialueen tilan kääntymiselle taas parempaan. Asiaan ei voi mitenkään vaikuttaa.

Ravinteiden tulo Itämerestä vähenee merkittävästi vasta, kun halokliini laskee alle Ahvenanmeren kynnysten. Tätä ei voine luotettavasti ennustaa. Taustakuormitus on alkanut jo kolmisen vuosikymmentä sitten, mutta Rauman merialueella vaikutus on ollut huomattava vasta 5-10 vuotta.

Edelleen Rauman edustalla voi varsinkin alkukesällä olla veden laadun suhteen vaativaankin virkistyskäyttöön hyvät edellytykset, mutta Rauman merialueen tarkkailualueen ulko-osien tilaa voi nyt luonnehtia yleisesti ottaen seurantahistorian huonoimmaksi. Jos jätevesikuormituksen vaikutuksia onkin aikanaan helpottanut Selkämeren ulapan rantavesiin ulottuva vaikutus, on tilanne kääntynyt päinvastaiseksi. Ulapan huono tilanne heikentää nyt myös lähivesien tilaa.

Johdanto

Rauman kaupungin edustan merialueen tila on ollut malliesimerkki jätevesien käsittelyn tehostumisen tuloksellisuudesta. Rauman edustalle ei laske jokea, jonka tuoma hajakuormitus olisi kumonnut jätevesikuormituksen vähenemisen tulokset. Merialueen tilan myönteinen kehitys huipentui vuosina 2008-2014. Helle-elokuussa 2014 koitti jyrkkä käänne huonompaan. Jätevesikuormituksessa ei tapahtunut oleellista muutosta. Kyse on muusta.

Rauman merialueen tilan huononemiseen johtaneiden tekijöiden ymmärtäminen on edellytys merialueen tilan ja sen tulevan kehityksen arvioinnille ja mahdollisten merensuojelutoimien vaikuttavalle kohdentamiselle. Kiinnostavin kysymys on, onko kirkkaisiin vesiin vielä paluuta.

Rauman merialueen tilaa on tässä taustoitettu Suomen ympäristökeskuksen tuottamalla tiedolla Selkämeren ulapan tilan muuttumisesta nykyiselleen. Itse Rauman merialueen tarkastelu perustuu pitkälti Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy:n, Rauman metsäteollisuuden ja Rauman kaupungin toimeksiannosta jo vuodesta 1969 alkaen, tekemään jätevesivaikutusten tarkkailututkimukseen. Raportteja on seurattu syyskuuhun 2025 saakka tarkentaen Kylmäpihlajan, Rounakarin, Kortelanlahden, Kaurasten ja Haapasaarenveden havaintopaikoihin. Lisäksi on tarkasteltu erikseen Rauman merialueen kuormitusta ja yleisemmin muita rehevöitymiskehityksen ja sen syiden arvioinnissa huomioon otettavia tekijöitä sekä eliöstössä tapahtuneita muutoksia.

Rauman merialueen veden laadun muuttuminen

Selkämeren ulappa

Viime vuosiin saakka ajateltiin, että Selkämeri on turvassa Itämeren päältä suola- ja ravinnepitoiselta syvävedeltä Ahvenanmeren kynnysten ja Saaristomeren takana. Selkämeren suolaisuuskerrostuneisuus on heikko – vesi kiertää vertikaalisuunnassa pohjaan asti. Itämeren päältä ja Suomenlahden ongelma, sisäinen kuormitus hapettomilta pohjilta ei ole ollut Selkämeren ongelma.

Tieto Selkämeren ulapalta on peräisin useilta näytteenottopaikoilta, keskeisin on SR 5, 125 metriä syvä kohta keskellä eteläistä Selkämeren. Merentutkimuslaitoksen vuosikirjat ja sittemmin tiedotteet Suomen ympäristökeskuksen r/v Arandan seurantamatkoista Selkämerelle ja sinileväennusteet ovat tarjonneet siitä popularisoitua ja tiivistettyä tietoa.

Selkämeren avomerialue rehevöityi hitaasti 1990-luvun alkupuolelle saakka. Nitraatti-, nitriitti- ja ammoniumtyypen määrä Selkämeressä lähes kaksinkertaistui 1960-luvulta, fosfaattifosforin pitoisuus kasvoi 30 prosenttia. Ravinteiden pitoisuus lähti 1990-luvun lopulla laskuun. Vastaavasti klorofylli a:n pitoisuus kasvoi 1970-luvun lopulta 1990-luvun lopulle 180 prosenttia ja sen jälkeen aleni (Fleming-Lehtinen ym. 2008). Tämän jälkeen kehitys tasaantui (Pitkänen 2008). Itämeren stagnaatiokausi johti vähittäiseen makeutumiseen. Halokliini vajosi syvemmälle ja heikkeni.

Vuonna 1993 Itämereen tuli suuri suolapulssi, jopa 350 km³ vettä Pohjanmerestä. Seuraavana kesänä 1994 sinileväkukinnat peittivät heinä-elokuussa lähes koko Itämeren. Elokuussa hajanaisia levälauttoja nähtiin myös Selkämerellä. Uudenkaupungin saaristoon ajautui levää, mutta pääasiassa sinilevä pysyi avomerellä. Vuonna 2001 Merentutkimuslaitos totesi Selkämeren veden olevan pohjaan asti hapekasta, fosfaatti sedimentoitui tehokkaasti. Happipitoisuus oli pysynyt melko vakaana, joskin se oli kyllä 1990-luvulta alkaen jatkuvasti hieman pienentynyt.

Sinilevän pintakukintoja oli kesällä 2001 lähes koko Itämeren alueella Perämeren lukuun ottamatta. Kesän 2002 sinileväkukinnat olivat hyvin samankaltaisia kuin oli ollut ennätyskesänä 1997. Selkämerellä havaittiin ensimmäiset sinilevälautat aivan heinäkuun lopussa, valtalajina *Nodularia spumigena*.

Vuonna 2002 Pohjanlahden happiolot arvioitiin edelleen hyviksi. Ravinnetilanne on pysynyt Pohjanlahdella hyvin vakaana. Selkämerellä meneillään ollut vähittäinen suolapitoisuuden pieneneminen oli hidastumassa

Pohjanmereltä syksyllä 2002 ja tammikuun lopulla 2003 tullut vesi purki vuonna 2003 varsinaisella Itämerellä vuodesta 1994 jatkuneen suolaisuuden kerrostuneisuuden. Samaan aikaan havaittiin Selkämeren eteläosassa Merivalkokatkan (*Pontoporeia femorata*) lisääntymistä 10 vuoden tauon jälkeen. Tätä pidettiin kuitenkin jo vuonna 1993 tulleen suolavesipurkauksen ansiona; vaikutus alkoi vasta vuosien viiveen jälkeen näkyä Pohjanlahden pohjaeläinyhteisöissä.

Pohjanlahdella ravinnepitoisuudet pysyivät syvävedessä edelleen ”tyypillisesti” vakaina ja pieninä. Happitilanne oli hyvä. Loppukesästä pohjanläheisten vesien suolaisuus kasvoi jonkin verran.

Sinileväkukinnat Suomen merialueilla olivat paria edellistä vuotta selvästi heikompia.

Vuosina 2004-2005 Selkämerellä vallitsi edelleen, ”normaaliin tapaan”, hyvä happitilanne, eikä Pohjanlahden avomerialueilla ei havaittu ravinnepitoisuuksissakaan merkittäviä muutoksia. Selkämerellä syvän veden suolaisuus oli kyllä suurempi kuin viiteen vuoteen, mutta tämä ei näkynyt kerrostuneisuuden vahvistumisena ja hapen vajeen vajeen, vaan happipitoisuus syvällä oli erinomainen. Selkämeren syväveden pääteltiin olevan peräisin Itämeren pääaltaan pintakerroksista.

Poikkeavaa vuoden 2005 leväkesässä olivat varsinaisen Itämeren sinileväkukintojen voimakkuuden lisäksi Selkämeren laajat kukinnat. Heinäkuun loppupuolella Selkämerellä havaittiin harvinaisen laajoja, yhtenäisiä sinileväkukintoja. Laajimmillaan ne olivat heinä-elokuun vaihteessa ja jatkuivat elokuun puoliväliin asti - pääosin *Nodulariaa*. Suhteellisen fosfaattipitoisen veden tulo oli muuttanut typpi-fosfori - suhdetta Selkämeren ulapalla kasvavan typpirajoitteisuuden suuntaan typensidontaan kykenevien sinilevien eduksi (Rolf & Elfving 2005).

Pohjaeläinseurannoissa 2000-luvun alussa kiinnitettiin huomiota valkokatkan (*Monoporeia affinis*), taantumiseen, joka näkyi koko pohjaeläimistön tasolla. Toisaalta sitten tulokaslaji, amerikanmonisukasmadon, *Marenzelleria viridixen*, yksilömäärät olivat eteläisellä Selkämerellä nopeasti kasvaneet ja laji oli levinnyt Pohjanlahden avomerialueilla. Pohjaeläimistön valtalaji vaihtui. Vuonna 2006 oli eteläisellä Selkämerellä paikoin jo 80 prosenttia pohjaeläimistä *Marenzellerioita*.



Pintavesien yleisessä käyttökelpoisuusluokituksessa vuosina 2000-2003 kaakkoisen Selkämeren ulommat rannikkovedet ovat vielä parhaassa, erinomainen-laatuluokassa. Ero Suomenlahteen on selvä (alueelliset ympäristökeskukset & Syke 2005).

Pohjanlahdella happitilanne oli vuonna 2006 edelleen hyvä, mutta Selkämerellä mitattiin aiempaa alhaisempia happipitoisuuksia. Pohjanlahden ravinnepitoisuuksissa ei havaittu "oleellisia muutoksia" ja alhaisella ravinnetasolla pysyttiin edelleen vuonna 2007.

Vuosina 2007 kielteisissä kehityskuluissa oli tapahtunut heilahdus parempaan. Selkämerellä hieman huonontunut happitilanne oli ilahduttavasti parantunut. Happea oli runsaasti kaikilla tutkimuspisteillä. Pohjanlahden valkokatkayhteisöt olivat palautumassa kymmenien vuosien taantumisen jälkeen. Rauman merialueen pohjaeläintutkimuksessa vuonna 2007 valkokatkaa (*Monoporeia affinis*) ei tosin tavattu. Lähilajia, merivalkokatkaa (*Pontoporeia femorata*) löytyi laajassa tarkkailussa yksi yksilö (Turkki 2008). Amerikanmonisukasmatojen leviäminen oli jatkunut Selkämerellä, joskin niiden yksilömäärät olivat hieman vähentyneet.

R/v Arandalta Suomenlahden suulta otetusta planktonnäytteestä löytyi -kampamaneetin toukka, joka tunnistettiin amerikankampamaneetiksi (*Mnemiopsis leidy*) ja pian todettiin, että myös Selkämerelle laji oli jo levinnyt laajalti. Suurimmat tiheydet tavattiin Selkämeren pohjoisosan yli 200 m syvänteistä. Lajin tiedettiin horjuttaneen Mustanmeren ekosysteemiä, sardellikantaa, joten löydöistä huolestuttiin.

Molekyylibiologisin tutkimuksin osoittautui kuitenkin, että maneetit ovatkin saman näköisiä *Mertensia ovum* arktisia kampamaneetteja. Selkämeressä ei ole haitallisia amerikankampamaneetteja.

Arandan kesämatkan tiedotteessa 27.8.2007 Selkämeren ravinnepitoisuuden kasvu nostetaan esille ensikertaa todeten, että alkavan rehevöitymiskehityksen merkit ovat Pohjanlahdellakin näkyvissä.

Edelleen vielä Arandan talvimatkalla 2008 näytti kuitenkin hyvältä, mutta Selkämeren teemavuoden avajaisissa 5.6.2008 Syken johtava tutkija Heikki Pitkänen jo tiesi pitää ainoana uhkana Selkämerelle pääaltaalta tulevan ravinnevirtaaman kasvua.

Vaikka Selkämeri oli suhteellisen hyvässä kunnossa, Satakunnassa kaivattiin tutkimusta ja seurantaa lisää.

Koettiin, että Selkämeri jäi sivuun Itämeri-keskustelusta, niputettiin väärin muun Itämeren ongelmien yhteyteen ja jäi kohtuuttomasti Saaristomeren ja Suomenlahden seurannan varjoon. Näillä merialueilla ongelmat olivatkin kyllä jo käsillä. Pitkälti satakuntalaisin voimin tehtiin vuonna 2005 "Miten voit, Selkämeri?" -kirja ja vielä muutamia muitakin julkaisuja ja järjestettiin Selkämeren teemavuosi "Kesästä kesään 2008-2009". Selkämeren teemavuoden julkaisun "Säilytetään Selkämeri sinisenä" (Savola ym. toim. 2009) –nimi kuvaa jonkinlaista tyytyväisyyttä Selkämeren silloiseen tilaan ja sen pitämistä vaalimisen arvoisena. Nimen keksijä ajatteli sinisinä lähinnä Selkämeren ulompia rannikkovesiä.

Kesämatkalta (Suomen ympäristökeskus 22.8.2008) olikin jo huonompaa kerrottavaa: Selkämeren syvänteissä näkyy pientä suolapitoisuuden kasvua ja vastaavasti happipitoisuuden alenemista.

Selkämeren syvänteiden fosforipitoisuudet ovat hiukan tavanomaista suuremmat, viitaten "joko ravinnekuormituksen vaikutukseen tai Itämeren syväveden pääsyyn Ahvenanmeren kynnyksen yli". Enää Selkämeri ei ollutkaan turvassa Ahvenanmeren kynnyksen takana. Tällä tiellä ollaan edelleen.

Arandan ja Muikun elokuun seurantamatkoilla 2008 kampamaneetteja löydettiin aiempaa vähemmän.

Epäiltiin, etteivät ne selviäkään Itämeren ankarissa oloissa. Nousussa olivat petovesikirppu (*Cercopagis pengoi*) ja tulokasvesikirppu *Evadne anonyx*. Sinilevää tavattiin kohtalaisesti myös Selkämerellä - avomeren planktonissa esiintyi runsaasti myös panssarsiimaleviä.

Käännö huonompaan ei ollut kovin jyrkkä. Edelleen 2009 Selkämerellä happitilanne oli hyvä ja valkokatkakannat ovat ilahduttavasti jatkaneet elpymistään. Syväveden suolapitoisuus oli Selkämerellä - ja jopa Perämerellä - kuitenkin edelleen kasvanut ja vastaavasti happipitoisuus oli alentunut. Selkämeren ravinnepitoisuuksien havaittiin edelleen olevan kasvussa. Arandan matkan tiedotteessa (Suomen ympäristökeskus 25.8.2009) ei enää otaksuttu mahdolliseksi aiheuttajaksi ravinnekuormitusta, vaan ravinnepitoisuuksien kasvun arveltiin johtuvan "mahdollisesti Itämeren syväveden virtaamisesta Ahvenanmeren kynnyksen yli Pohjanlahdelle".

Talviset ravinnepitoisuudet olivat 2010 Selkämerellä edellisen talven kaltaiset. Typpipitoisuus ylitti Itämeren suojelukomission (HELCOM) meren hyvälle tilalle asettaman tavoitearvon. Fosforipitoisuus oli tavoitearvon tasolla. Kesämatkalla Selkämeren happitilanne todettiin hyväksi. Pohjaeläimistö oli runsas, mutta aiempina vuosina havaittu valkokatkayhteisöjen elpyminen ei enää jatkunut.

Arandan talvimatkan tiedotteessa (16.2.2011) ei oltu huolissaan: "Pohjanlahdella ei juuri ole muutoksia viime talven tilanteeseen verrattuna. Pohjanlahdelle ei pääse Itämeren pääaltaan suolaista ja vähähappista syvävettä sen ja Itämeren pääaltaan välillä olevan kynnyksen ansiosta. Pohjanlahti on myös

vähäravinteinen fosforin osalta ja koska syvävesi ei kärsi happikadosta, ei fosforia pääse vapautumaan pohjasta kuten Itämeren pääaltaalla ja Suomenlahdella.”

Kesämatkan tiedotteessa (30.8.2011) palattiin virtaukseen Itämerestä todeten, että pääaltaalta on virrannut suolaisempaa vettä Ahvenanmeren ja Saaristomeren kautta Selkämerelle loppuvuoden 2010 jälkeen. Happipitoisuus Selkämerellä ja Perämerellä oli kuitenkin edelleen hyvä ja näytti jopa parantuneen vuodentakaisesta.

Pohjanlahden ulapan levämäärä oli edelleen selvästi muuta Itämerta alhaisempi. Mitatut pitoisuudet olivat kuitenkin paikoin edellisvuosien pitoisuuksia suurempia. Selkämeren ulappa-alueiden kasviplanktonissa runsaimpina olivat sinilevät.

Vuoden 2012 ja 2013 Arandan talvimatkoilta tiedotteet (29.3.2012, 19.2.2013) pysyivät vanhoilla linjoilla: Koko Pohjanlahden systeemi, Ahvenanmeri, Selkämeri ja Perämeri ovat Salpausselän kynnyksen takana suojassa Itämeren pääaltaan hapettomalta syvävedeltä, eikä siellä ole havaittavissa merkittäviä muutoksia. Selkämeren ja Ahvenanmeren vesi on hapekasta pohjaan asti kaikissa syvänteissä, eikä suolaisemman, vähähappisen veden valumista alueelle ole juuri havaittavissa aiempiin vuosiin verrattaessa. Selkämeren happitilanne oli edelleen hyvä.

Kesämatkojen tiedotteissa kerrotaan taas Itämeren pääaltaalta virranneen suolaisempaa vettä Ahvenanmeren ja Saaristomeren kautta Selkämerelle loppuvuoden 2010 jälkeen Vuoden 2012 aikana se sekoittui ylempiin vesikerrokseen syväveden happitilannetta häiritsemättä. Virtausta oli Selkämerelle myös talven 2012 - 2013 aikana. Ahvenanmerellä happipitoisuus oli elokuussa aiempaa alempi, kohtalainen. Selkämerellä happipitoisuus ja pohjaeläinyhteisöjen tila oli edelleen hyvä.

Raateoja (2013) arvioi, ettei happitilanteen heikkeneminen Selkämeren syvillä pohjilla kärjisty sisäisen kuormituksen aloittavaksi hapettomuudeksi. Edelleenkin tämä ei ole välitön uhka.

Vuonna 2014 Arandalta raportoidaan (12.3.2014) selvistä muutoksista. Tärkein on fosforipitoisuuden kohoaminen etenkin pääaltaan pintakerroksessa ja Selkämerellä. (12.3.2014). Jäljempänä, arvioitaessa Rauman lähivesien tilaan vaikuttavia tekijöitä vuosi 2014 näyttäytyy taiteajankohtana aiemman merialueen hyvän tilan muuttumisessa nopeasti huonommaksi aivan kaupungin rantavesissä asti. Rauman merialueella kyse näyttää kuitenkin olleen akuutisti veden poikkeuksellisesta lämpenemisestä.

Talvimatkan tiedotteessa arvellaan, että Selkämerellä lievästi kohonnut pohjanläheisen veden suolaisuus viittaa siihen, että Itämeren pääaltaan halokliinin yläosan vettä on päässyt virtaamaan Ahvenanmeren kynnyksen yli Pohjanlahden puolelle. Tämä on hivenen pienentänyt Selkämeren syvän veden happipitoisuutta verrattuna vuoteen 2013.

Kämäri ym. (2013) arvioivat, että Selkämereen virtaa vuosittain noin 316 tonnia fosforia ja 6535 tonnia typpeä, joista 89 prosenttia jää Selkämereen. Sitten esitetyt luvut ovat olleet oleellisesti suurempia (mm. Gustafsson ym. 2017).

Suomen ympäristökeskuksen merikeskus alkoi julkaista leväennustetta ja arvioi ennusteessaan (5.6.2014) ulappa-alueiden sinilevälauttojen muodostumisriskin alkaneena kesänä eteläisimmällä Selkämerellä kohtalaiseksi.

Typipitoisuudet olivat vuonna 2014 sekä Itämeren pääaltaalla, että Selkämerellä sen sijaan hieman alhaisempia kuin edellisenä vuonna. Yhdessä kohonneiden fosforipitoisuuksien kanssa tämä merkitsi aiempaa suurempaa ylijäämäfosforin määrää, joka puolestaan lisää sinileväkukintojen todennäköisyyttä typensitojaleville koituvan edun seurauksena. Selkämeren ulappa oli edeltäneen parinkymmenen vuoden aikana muuttunut aiempaa selvemmin typpirajoitteiseksi Itämerestä tulevan fosforin myötä. Ravinnesuhteen muutos tapahtuu ensin syvävedessä ja etenee pintaveteen. Rolf & Elfwing (2015) eivät pitäneet muutosta akuutisti huolestuttavana, mutta ennakoivat tuolloin, että edetessään muutos saattaisi johtaa rehevämpään Selkämereen.

Loppukesällä Syke (17.7.2014) arvioi Selkämeren happitilanteen hyväksi. Selkämeren veden happipitoisuus oli kuitenkin jonkin verran alhaisempi kuin samaan aikaan edellisenä vuotena. Ravinnepitoisuuksissa ei ollut suuria muutoksia (Suomen ympäristökeskuksen tiedote 9.9.2014).

Talvimatkalla 2015 todettiin, että edelliseen talveen verrattuna fosforipitoisuus on edelleen noussut koko Ahvenanmeren ja Selkämeren pintakerroksessa sekä myös näiden merialueiden syvänteissä, mutta Selkämeren syvänteiden happipitoisuus on suunnilleen samalla tasolla kuin kahtena edellistalvena. Havaintojen pohjalta tuli sinileväennusteeseen: Viime talveen verrattuna fosforipitoisuus on noussut myös koko Ahvenanmerellä ja Selkämerellä. Syynä on fosforipitoisen veden virtaaminen Itämeren pääaltaalta Pohjanlahdelle. Syken merikeskuksen ennusteen mukaan sinilevälauttojen muodostumisriski oli alkamassa olleena kesänä Selkämeren eteläosassa kohtalainen.

Itämerelle joulukuussa 2014 virranneen, mittaushistorian kolmanneksi suurimman suolavesipulssin vaikutukset näkyivät vasta Itäisellä Gotlannin altaalla pohjanläheisen veden happi- ja ravinnepitoisuuksissa.

Talvimatkan 2016 tulosten perusteella katsottiin Pohjanlahden ravinnetilanteen pysyneen kutakuinkin ennallaan, vaikka ylijäämäfosforin määrä on ollut hienoisessa nousussa. Suuria muutoksia Pohjanlahden ulapan rehevyyttilään ei lyhyellä aikavälillä odotettu tapahtuvan.

Joulukuussa 2014 Itämereen tullut suolavesipulssi pysähtyi Itämeren pääaltaan keskivaiheille kevätkesällä 2015, eikä se ollut sen jälkeen enää merkittävästi edennyt. Suolavesipulssi on työntänyt edellään Itämeren pääaltaan suolaista, vähähappista ja runsasravinteista syvävettä Suomenlahden länsiosaan. Tämän seurauksena Suomenlahden länsiosan pohjanläheisessä vedessä oli happea erittäin vähän tai ei ollenkaan.

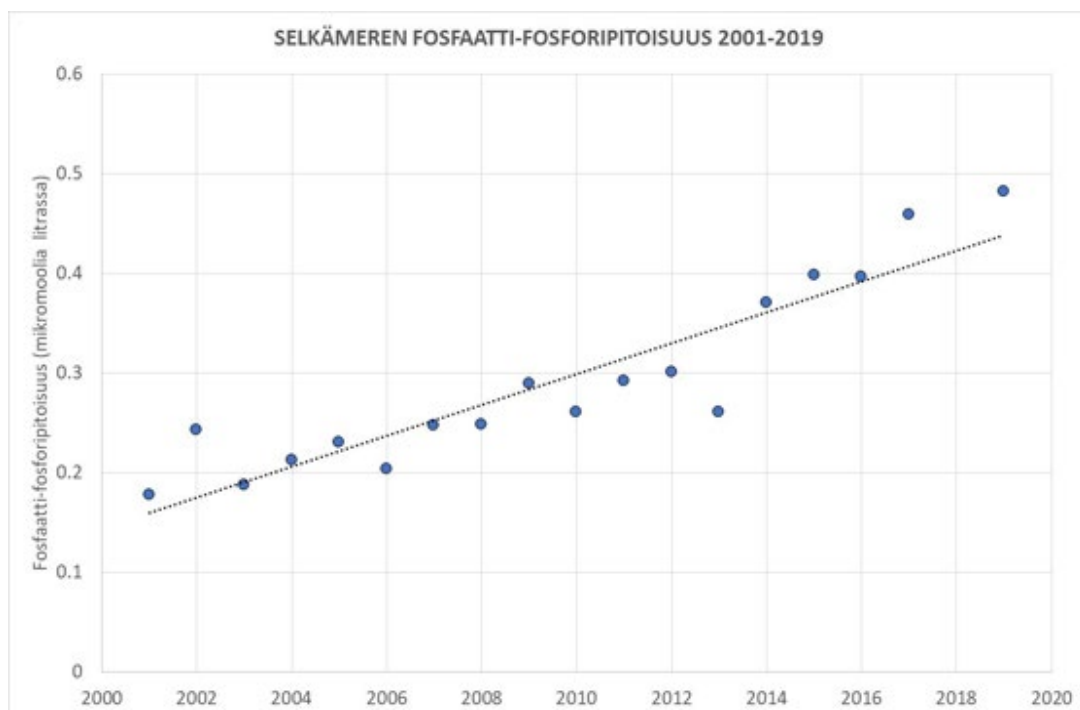
Loppukesän matkalla 2016 havaittiin Ahvenanmeren syvänteessä suolapitoisuuden nousseen suolapulssien vaikutuksesta. Selkämerelle päältäan syvävesi ei merkittävästi ollut päässyt.

Vuonna 2017 raportoitiin suolapulssien kuljettamasta fosforista, joka oli edelleen pintavirtauksena kulkeutunut myös Selkämerelle. Itämeren päältäan huonosta happitilanteesta ja siitä johtuvasta fosforivarannon kasvusta sekä sääoloista johtuen Suomenlahden, Saaristomeren, Itämeren päältäan pohjoisosan ja myös Selkämeren fosforipitoisuus oli kohonnut selvästi. Selkämeren pintaveden fosforipitoisuus oli kohonnut suhteellisesti enemmän kuin Suomenlahdella.

Vuonna 2019 talvimatkalla todettiin Selkämerellä syvien osien happitilanteen edelleen hitaasti heikentyneen. Pintakerroksen fosforipitoisuus on suurempi kuin aiempina vuosina osoituksena Selkämeren hitaasta rehevöitymisestä (Suomen ympäristökeskus 14.2.2019).

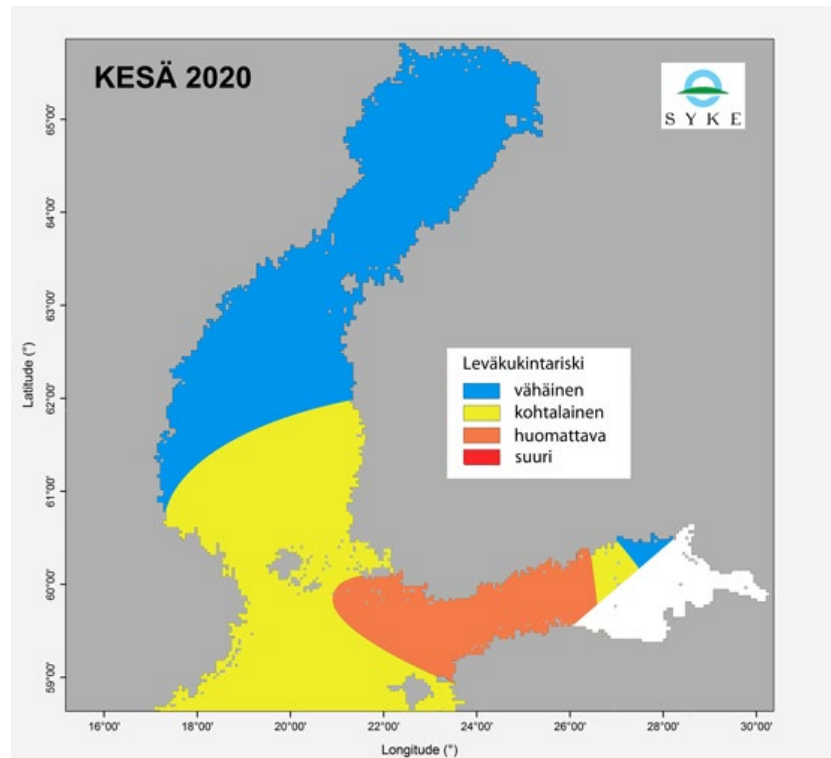
Kesämatkan 2019 tiedotteessa kiinnitettiin huomiota Itämeren lämpenemiseen. Pintalämpötila on kohonnut vuoden 1990 jälkeen lähes 2 °C, ja lämpötilan arvioidaan kohoavan edelleen ilmastonmuutoksen takia merkittävästi.

Selkämerellä pohjanläheisten vesikerrosten suolapitoisuus oli talvella 2020 suurempi kuin aiempina vuosina.



Liukaisen fosforin pitoisuus Selkämerellä oli lähes kaksikertaistunut 10 vuodessa (Syke 31.3.2020).

Vuoteen 2013 saakka nousu on vähäistä, eikä se ole näkynyt Rauman merialueen tilassa. Vasta 2010-luvun puolivälin jälkeen Selkämeren ulapan pohjanläheisen veden fosfaattipitoisuus oli noussut Rauman ulomman rannikkoveden pitoisuuteen ja kumpuavan veden fosfaatti alkoi rehevöittää Rauman merialuetta.



Selkämeren sinileväkukinnat ovat laajentuneet pohjoisemmaksi. Muualla Suomen merialueilla fosforin määrä on ollut vakaa, mutta Selkämerellä se on 2000-luvulla kaksinkertaistunut.” (Suomen ympäristökeskus 4.6.2020)



Elokuun 2020 alussa sinilevähirviö valtasi Selkämeren – ”Kraken” täyttää satelliittikuvassa melkein koko ulapan (Jokinen 2020, 2021). Tarkka-palvelun tosivärikuvat sisältävät muokattua Copernicus Sentinel – dataa, Syke 7.8.2020.

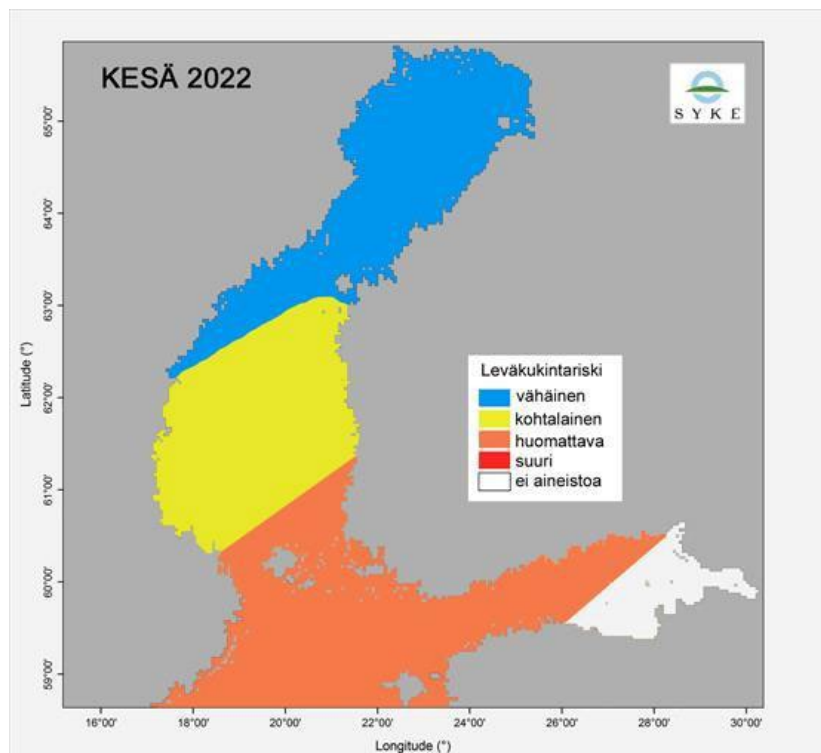
Hapen määrä syvänteissä oli syksyllä 2020 edellisvuotista alempi, fosfaattifosforin määrä koko vesimassassa oli pitkän ajanjakson kesäaikaisten pitoisuuksien suurimpia ja kesällä havaittiin tavanomaista runsaampia leväkukintoja Merenkurkussa saakka. Vuonna 2014 ulapan tilassa havaitun heikkenemisen tapaan myös 2020-luku näkyy jäljempänä Raumakin merialueella huonon kehityksen kiihtymisenä.

Talvimatkalta 2021 raportointiin (4.3.2021): ”Itämeren vesi lämpenee ja syvän veden lämpötilat ovat paikoin ennätysellisen korkeita. Saaristomeren keskiosan ja Selkämeren fosforipitoisuudet kasvavat. Fosforipitoisuudet Selkämerellä olivat viime vuosien tapaan korkeita, ja vaikuttaa siltä, että kyse on pysyvästä muutoksesta. Merialueen syvänteiden happitilanne on entisestään heikentynyt aiempiin vuosiin verrattuna. Viime kesinä yleistyneet Selkämeren sinileväkukinnat ovat yhteydessä fosforipitoisuuden nousuun”

Keväällä 2021 havainnoitiin (18.5.2021) myös kevätukintaa. Selkämerellä (matka **20–30. huhtikuuta**) pintavedessä oli edelleen suhteellisen paljon ravinteita ja kevätukinta oli vasta alkamassa. Ahvenanmerellä ja Selkämerellä kevätukinta tapahtuu yleensä pari viikkoa myöhemmin kuin Suomenlahdella ja ajoittuu toukokuun puoleen väliin.

Elokuussa 2021 tilanne Selkämerellä oli huolestuttava: Selkämeren syvänteissä happitilanne näytti edelleen huononevan. Selkämeren syvänteissä tavataan happea edelleen, mutta happipitoisuuden laskeva suuntaus on huolestuttava varsinkin, kun saman aikaan fosforipitoisuudet ovat nousseet ja laajat sinileväkukinnat yleistyneet. Selkämerellä happitilanne oli tänä kesänä varsin samanlainen kuin kesällä 2019 ja 2020. Selkämeren pohjan happipitoisuus arvioitiin kuitenkin riittävän hyväksi, jotta leväbiomassan mukana pohjalle laskeutuva fosfori pääsee sitoutumaan pohjasedimenttiin toisin kuin Itämeren päältaan hapettomissa oloissa.

Talvimatkalta 2022 raportoitiin (18.2.2022) fosforipitoisuuksien Suomen merialueilla nousseen edelleen. Happitilanne oli joului-tammikuussa hyvä Saaristomerellä ja Selkämerellä, mutta Itämeren päältaan pohjoisosan ja läntisen Suomenlahden syväveden happiongelmat jatkuvat. Kaikkien Suomen merialueiden fosforipitoisuudet olivat suuria. Havaitut pitoisuudet olivat Perämerellä mittaushistorian korkeimpia ja Selkämerelläkin poikkeuksellisen suuria. Selkämerellä happitilanne oli kuitenkin taas parempi kuin edellisenä vuonna. Rauman merialueen tila huononi edelleen 2020-luvun alkupuoliskolla, muttei kuitenkaan erityisesti juuri vuonna 2022.



Sinileväennusteessa 2.6.2022 Suomen ympäristökeskus piti sinilevälauttojen muodostumisriskiä eteläisellä Selkämerellä huomattavana. Alueellinen esiintymisriski eteläisellä Selkämerellä oli kasvanut, eikä sinileväkukinta välttämättä rajoittuisi vain eteläosaan, vaan yltäisi Merenkurkkuun.

Kesällä 2022 mitattiin keskimääräistä suurempia fosforipitoisuuksia erityisesti Perämerellä. Tämä johtui ilmeisesti alkujaan pääaltaalta tulleen, ravinteikkaamman veden virtaamisesta edelleen Selkämereltä Perämerelle, ehkä osin myös maalta tulevasta ravinnekuormituksesta. Vuonna 2023 pohdittiin, olisiko pitoisuuden nousun syynä mahdollisesti merialueen pohjien fosforinsidontakyvyn heikkeneminen.

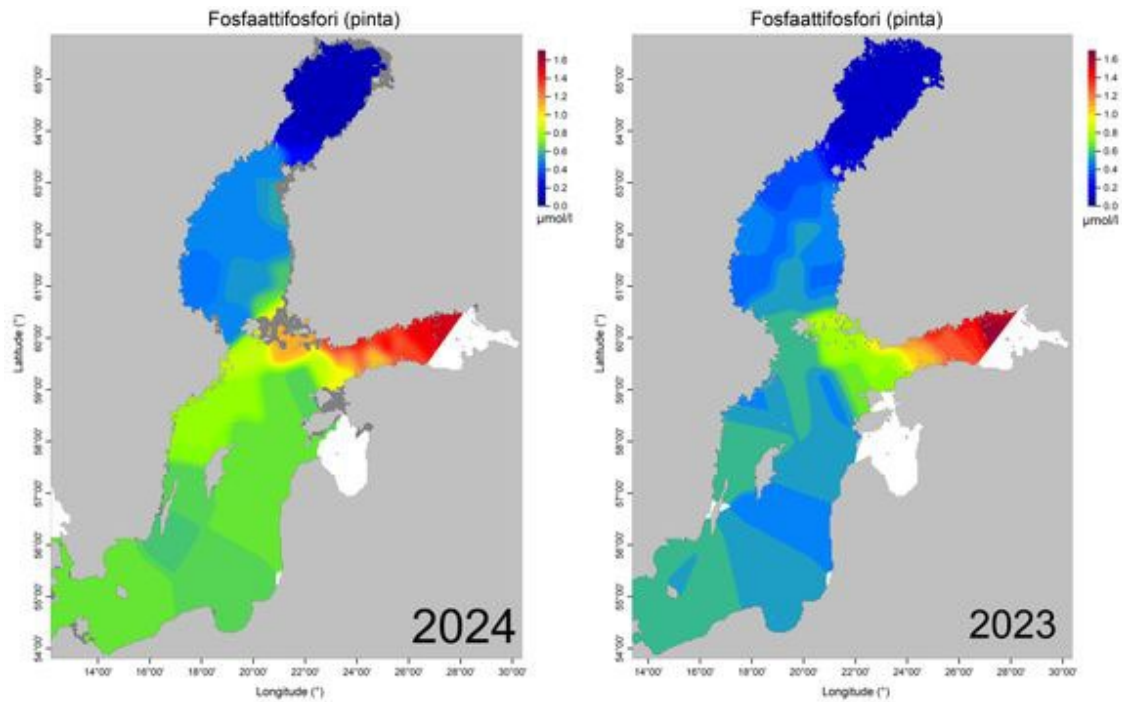
Avoimen Selkämeren a-klorofyllipitoisuus oli vuosina 2017-2022 pysynyt suunnilleen samana, kuin edellisenä merialueen tilanarviokaudella oli ollut (Piepponen ym. 2024).

Talvella 2023 (Syke 8.3.2023) Selkämeren, Merenkurkun ja Perämeren avomerialueilla pintakerroksen fosfaattipitoisuudet olivat tavanomaista suurempia. Epäorgaanisen typen pitoisuus oli näillä alueilla lähellä edellisvuosien tasoa. Selkämeren syvänteissä happipitoisuuden todettiin olevan edellistä talvea alhaisemmalla tasolla. Pohja ei Selkämeren syvänteissä ole kuitenkaan hapeton, johtuen osin vähäisestä hapenkulutuksesta ja osin rajallisesta hapettoman syväveden virtaamasta varsinaiselta Itämereltä Selkämerelle.

Sinilevälauttojen muodostumisriskin arvioitiin kesällä 2023 olevan eteläisellä Selkämerellä huomattava (Syke 1.6.2023).

Syksyllä 2023 pohjanläheinen happitilanne oli Selkämerellä hyvä. Pohjaeläinyhteisöt voivat alueella hyvin. Pohjan hapettomuutta ei Selkämerellä todettu. Pohjaeläinyhteisöt olivat alueella runsaita ja hyvässä tilassa, mutta pohjien hyvästä kunnosta huolimatta merialueiden rehevöitymistila arvioitiin välttäväksi pintakerroksen kohonneiden fosfori- ja leväpitoisuuksien takia. Merialueen omalta valuma-alueelta tuleva ravinnekuormitus ei ollut kasvanut.

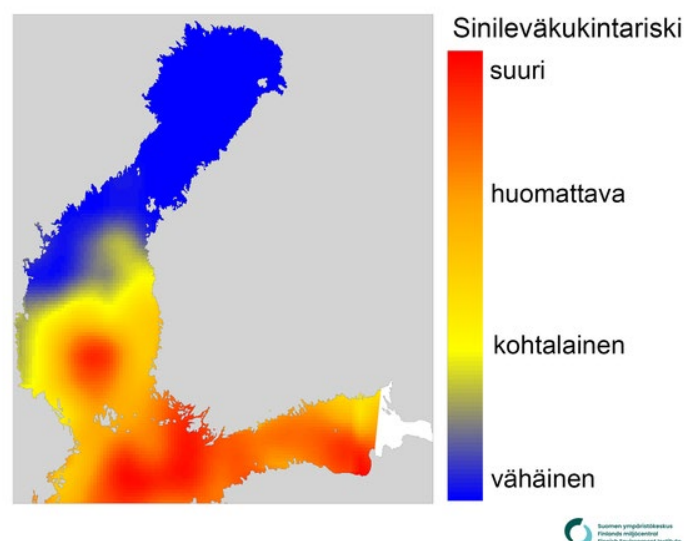
Maaliskuussa 2024 Selkämeren fosfaattifosforin pitoisuudet olivat paikoin ennätyslukemissa. Syvänteiden happipitoisuus on alentunut ja syväveden ravinnepitoisuudet ovat paikoin suuria. Selkämeren ravinnepitoisuuksien 2000-luvun alussa alkanut nousu jatkui edelleen. (Suomen ympäristökeskus 10.3.2024)



Fosfaattifosforipitoisuus vuonna 2024 ja 2023 (Suomen ympäristökeskus 10.3.2024)

Tanskan salmien kautta Itämereen tuli joulukuussa 2023 kooltaan kohtalainen, noin 80 km³ suolapulssi. Sen volyymi ja vaikutukset pääaltaalla jäivät merkittävästi pienemmiksi kuin vuonna 2014 tulleen, tilavuudeltaan 300 km³, suolapulssin vaikutukset

Kesä 2024



Suomen ympäristökeskuksen leväennuste (10.6.2024) kesälle 2024: **Selkämerellä sinileväriski on kasvanut merkittävästi. Muilla merialueilla se on pysynyt pääpiirteissään ennallaan.**

Syksyllä 2024 (Syke 30.10.2024): Pohjanlahden tila on edelleen eteläisiä merialueita parempi, eikä Selkämeren syvänteiden happi- ja ravinnetilanteessa ei havaittu merkittäviä muutoksia. Syvänteiden happipitoisuudet ovat 2000-luvulla alentuneet, mutta ovat edelleen suhteellisen hyvällä tasolla. Selkämeren fosforipitoisuudet ovat sen sijaan nousseet koko 2000-luvun.

Suomen meriympäristön tila 2024 -arviossa (Piepponen ym. 2024 todetaan edelliseen luokittelukauteen 2011-2016 (Korpinen ym. 2018) verrattuna typpeä sitovien sinilevien kukintojen runsastuneen tai laajentuneen, mutta parannusta Selkämeren ulapalla on ollut näkösyvytydessä.

Selkämeren syvänteissä happitilanteen heikkeneminen näytti kevättalvella 2025 jatkuvan edelleen (Syke 2.4.2025): Selkämeren syvänteiden happitilanne on edelleen kohtalaisen hyvä, mutta vähitellen heikkenevä.

Pohjanlahdelle virtaa fosforia pääaltaalta, ja se näkyy merialueella pitoisuuksien kohoamisena. Selkämerellä fosfaattifosforin pitoisuudet ylittävät paikoin Saaristomerellä havaitut pitoisuudet. Kevättalvella 2025 myös fosfaattifosforin pitoisuuden nousu näytti Selkämeren ulapan syvävedessä jatkuvan edelleen (Suomen ympäristökeskus 2.4.2025).

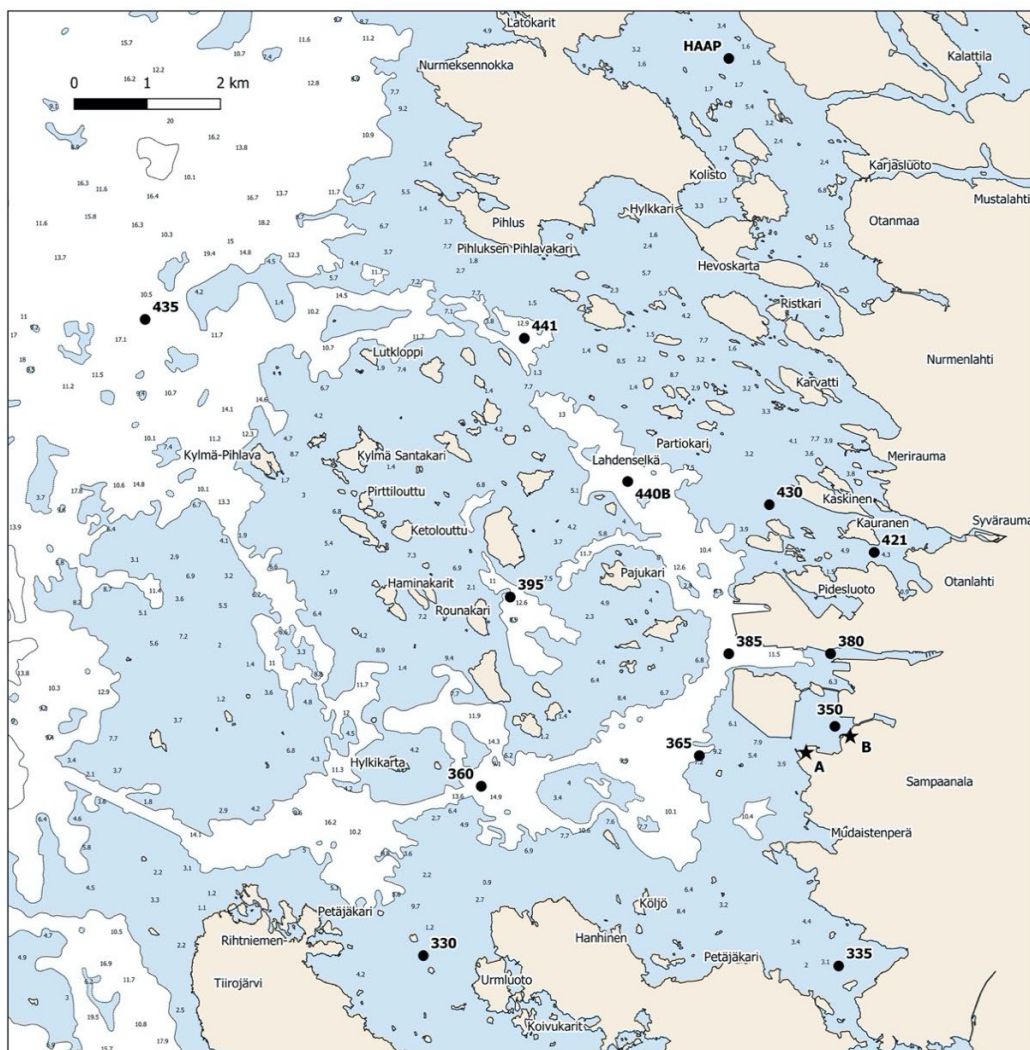
Kesällä 2025 Suomen ympäristökeskus ennusti avomerien sinileväkukintojen esiintymisen riskin jatkuvan Selkämeren etelä- ja keskiosassa suurena. Selkämerellä sinileväkukintojen esiintymisen riski vaikutti muuttuneen pitkäkestoiseksi. Kasviplanktonin kevätukinta oli taas kuluttanut pintakerroksesta lähes kaiken käyttökelpoisen typen, kun taas fosforia jäi pintaveteen runsaasti, luoden hyvät olosuhteet ilmasta veteen liuennutta typpeä hyödyntämään pystyville sinileville.

Loppukesällä 2025 Arandalla (Syke 28.8.2025) todettiin fosforipitoisuuden kasvavan edelleen.

Selkämeren ulapan rehevöityminen näyttää jatkuvan, jopa kiihtyneen edelleen. Ainakin Rauman ulomman rannikkoveden voi otaksua seuraavan ulapan tilan kehitystä. Ulapan fosfaattifosforipitoisuuden selvää kasvua vuonna 2014 ja 2020-luvulla vastaa samaan aikaan myös sisemmän rannikkoveden tilan huononeminen. Rauman merialueella muutokseen on samansuuntaisesti vaikuttanut myös veden lämpimyyden. Ulapan veden laadulla on vaikutusta Rauman kaupungin edustalla rantavesiin saakka.

Rauman ulommat rannikkovedet

Ulommilla rannikkovesillä tarkoitetaan pintavesiluokittelussa merialuetta mantereeseen sen edustan saariston ja Selkämeren ulapan välissä, ulkorajana meripeninkulma sisäistä aluevesirajaa ulompana. Rauman merialueen tarkkailussa alueella on jätevesikuormituksen vaikutusten vertailuun käytetty taustahavaintopaikka Kylmäpihlaja 435.



Karttopohja: Väylävirasto / latauspalvelu, lisenssi CC 4.0 BY, Maanmittauslaitos / avoimet aineistot CC 4.0 BY.

- havaintopaikat
- ★ jätevesien purkupaikat
- A = Rauman kaupunki
- B = yhteiskäsitellyt jätevedet (metsäteollisuus ja Rauman kaupunki)

Rauman merialueen tarkkailututkimuksen vesinäytteenottopaikat

Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy

Kylmäpihlajan edustalta alettiin merialueen tarkkailussa ottaa näytteitä vuonna 1973 (Jumppanen 1974). Havaintopaikoista Kylmäpihlaja 435 avomeren laidalla kuvaa parhaiten ulapan vaikutusta. Aikasarjat ovat puutteellisempia kuin saariston suojassa olevien havaintopaikkojen sarjat. Maaliskuun näytteenoton on estänyt usein jää, joko heikkouttaan tai vahvuuttaan. Syksyllä taas paikalle pääsyn on voinut estää kova merenkäynti.

Kylmäpihlajan ulkopuolella suolapitoisuus vaihtelee enimmäkseen välillä 5,7-6,0 ‰. Vaikka pääsääntöisesti ollaan alle kuuden promillen lukemissa, on suolapitoisuus Rauman merialueen tarkkailualueella välillä laajaltikin yli kuuden promillen ilmentäen ulapan vaikutusta. Vuoden 2011 syyskuussa Kylmäpihlajan havaintopaikalla veden suolapitoisuus oli pinnasta pohjaan asti 6,4 promillea (Turkki 2012). Vuonna 2014, jolloin ulapalla fosfaattifosforipitoisuus nousi selvästi ja elokuussa käänne Rauman merialueen tilassa huonompaan tapahtui, oli maaliskuun näytteen suolapitoisuus 6,2 ‰, mutta heinäkuussa taas 5,7 ‰ (Turkki 2015).

Kovin selvää, pitkäaikaista suolapitoisuuden nousua, joka ilmentäisi Itämeren pääaltaalta tulevaa suolapitoisempaa vettä, ei Rauman merialueella 2000-luvulla näy. 2020-luvulla talviaikaan on kyllä mitattu aiempaa useammin kuuden promillen lukemia ja lähes samoihin vuosiin sattuvat myös aikasarjan suurimmat fosforipitoisuudet (Turkki 2025a).

Vuoteen 1983 saakka fosforipitoisuus Kylmäpihlajan edustalla pysyi 10 µg/l vaiheilla. Sitten alkoi kasvu. 1990-luvun alkupuoliskolla taso vakiintui 14 µg/l tasolle (mm. Hyvärinen 1996). Pitoisuuksia nosti Itämereen tullut suolapulssi, joka tuotti Raumanmerelle myös ”turskavuodet” jollaisia ei sen koommin ole nähty.

Lundberg ym. (2009) tarkastelivat Selkämeren rannikon vedenlaatutietoja vuosilta 1980-2007 pannen merkille selvät rehevöitymisen merkit. Trendi oli jo selvä.

Tuotantokerroksen kokonaisfosforipitoisuus kesä-syyskuussa on 2000-luvulla noussut hitaasti, vasta 2020-luvulle tultaessa kiihtyen ja on nyt luokkaa 20 µg/l. Pohjanläheisessä vedessä maaliskuussa Kylmäpihlajan edustalla lähestytään kolmeakymmentä mikrogrammaa (Turkki 2025a).

Vuodesta 2014 lähtien on kokonaisfosforipitoisuus, maaliskuussa pohjanläheisessä vedessä, ollut useana vuonna hieman suurempi kuin saaristossa Rounakarin havaintopaikalla (Turkki 2025b ym.). Tämä ilmentänee Itämereltä, ei valuma-alueelta, kulkeutunutta fosforia.

Vaikka kokonaistyyppipitoisuus on samaan aikaan noussut kahden ja puolensadan mikrogramman tasolta yli kolmensadan mikrogramman litrassa, on typpi-fosfori –suhde pienentynyt noin kahdestakymmenestä kuuteentoista (Turkki 2011, 2025a ym.).

Perustuotannossa ravinnemäärän lisääntyminen näkyy 2000-luvulla klorofylli a:n määrän 50 prosentin kasvuna alle kahdesta mikrogrammasta litrassa kolmeen (Turkki 2011, 2025a ym.).

Kesä-syyskuisen näkösyvyyden kehitys Kylmäpihlajan takana on merialuetarkkailun tulosten perusteella yllättävän epä johdonmukainen. Nykyisin ollaan taas samoissa 1990-luvun rehevöitymisjakson jälkeisissä neljän ja puolen metrin lukemissa (Jumppanen 1999), mutta 2010-luvun alkupuolen keskimäärin 5,4 metristä on hävinnyt metri (Turkki 2025a ym.). Heinä-elokuussa 2025 näkösyvyys Kylmäpihlajan havaintopaikalla oli vain 2,7-3,0 metriä (Turkki 2025b, 2025c).

Kumpuamistilanteet muuttavat näkösyvyyttä nopeasti. Ravinnepitoisuuden kasvu on tilanteessa toissijainen. Näkösyvyys pienenee pohjan aineksien aiheuttamasta samenessa.

Näkösyvyysindeksi, saariston ulkolaidalla tehtyt mittaukset

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Huh				0,91		0,82					1,14	1,55	0,95		0,70	1,18	0,75				
Tou			1,14		1,46		0,55			1,14	1,05	1,22	0,80	1,15	1,22	0,91	0,71	0,61	1,02	1,02	
Kes	0,97		1,01	1,01	1,21	1,02	1,09	1,05	1,17	1,25	0,92	1,06	0,87	1,03	0,85	1,09	0,96	0,79	1,00	0,92	0,73
Hei	0,99	0,88		0,81	1,13	1,22	1,08	1,27	0,93	1,42	1,19	0,83	0,63	1,15	1,32		0,86	0,86	1,08	0,55	0,81
Elo	0,98	1,16	1,01			1,06	0,89	1,21	1,08	1,01	1,17	1,14	0,97	0,99	0,81	1,17		0,71	1,28	0,69	0,69
Syy				1,05					1,25	1,07	0,93		0,76				0,85	0,80	1,05	1,23	
Lok								1,35		1,18	1,20			0,52		0,79	0,96	0,98			
Mar							1,45	1,19				1,22				0,49	0,61	1,03			
x	0,98	1,02	1,05	0,95	1,26	1,03	1,01	1,22	1,11	1,18	1,09	1,17	0,83	0,97	0,98	0,94	0,82	0,83	1,08	0,88	0,75
V-IX	0,98	1,02	1,05	0,96	1,26	1,10	0,90	1,18	1,11	1,18	1,05	1,06	0,81	1,08	1,05	1,06	0,85	0,75	1,08	0,88	0,75
VI-VIII	0,98	1,02	1,01	0,91	1,17	1,10	1,02	1,18	1,06	1,23	1,09	1,01	0,82	1,05	0,99	1,13	0,91	0,79	1,12	0,72	0,75

Näkösyvyyden muutos vuosina 2005-2025 saariston

ulkoreunassa, aavan ulapan äärellä, Nurmeksenmatalan ja Rihtniemen edustan Laitakarin välillä tehtyjen mittausten perusteella (n =183). Taulukossa on kuukauden näkösyvyysmittausten keskiarvon suhde koko ajanjakson kyseisen kuukauden keskiarvoon, siniset solut ovat kuukausia, joina näkösyvyysmittausten keskiarvo on ollut suhdeluvun mukaisesti yli keskiarvon ja punaiset alle keskiarvon.

Näkösyyvyys taittui pienenemään vuonna 2017. Tässä on ainakin kesäajalla laivaväylän ruoppauksesta aiheutuneen samennuksen vaikutusta. Heinäkuun 20. päivänä näkösyvyys oli Välipudan luona ruoppausalueelta kulkeutuneessa vedessä vain 2,0 metriä. Vuonna 2017 vedet olivat ajanjakson viileimpiä. Tämän olisi voinut odottaa näkyvän ennemminkin veden kirkkautena. Rauman merialuetarkkailun tuloksissa (Turkki 2025a) kesäkauden 2017 näkösyvyys ei ole poikkeuksellisen huono.

Vasta 2020-luvulla näkösyvyys on pysyvämminkin pitkän ajan keskiarvoa pienemmissä lukemissa, joista taas vuosi 2023, erityisesti elokuun mittaustulokset, on selvä poikkeus. Myös Rauman merialuetarkkailun tuloksissa (Turkki 2025) kesäkauden 2023 näkösyvyys oli 20-luvun suurin.

Suurimmat näkösyvydet (10,0-10,1 m) vuosien 2005-2025 avovesikauden aineistossa ovat kesä-heinäkuulta 2014, 2018 ja 2019. Mittauksiin ei 2020-luvulta ole sattunut enää yhtään kahdeksan metrin ylitystä. Vuosina 2009, 2012 ja 2014 avovesikauden aikana tehtyjen mittausten keskiarvo oli vähintään seitsemän metriä. 2020-luvun mittausten keskiarvo jäi 5,1 metriin. Koko seurantajakson 2005-2025 mittausten keskiarvo oli 5,8 metriä. Vuoden 2025 (n=8) mittausten keskiarvo oli 4,4 metriä.

Tuotantokauden aikainen sameus (FNU) on 2010-luvulta kaksinkertaistunut, kasviplanktonbiomassa kolminkertaistunut (mm. Turkki 2025a).

Kylmäpihlajan pohjanläheisen veden happikyllästysasteessa on 2000-luvulla joidenkin prosenttiyksiköiden vähenemää (Turkki 2025a ym.).

Rauman ulomman rannikkoveden rehevöityminen näyttää selittyvän Selkämeren ulapan ravinnevarannon kasvulla. Vuosien välillä on eroja, mutta rehevöitymiskehitys on selvä, eikä se näytä olevan taittumassa.

Rauman sisemmät rannikkovedet

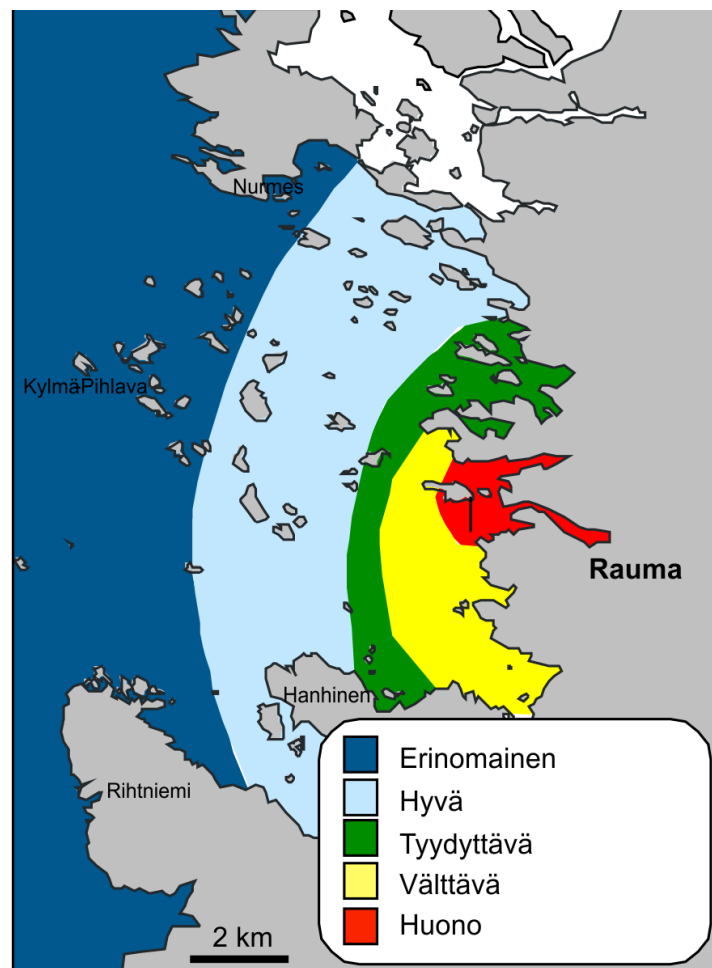
Sisemmät rannikkovedet tarkoittavat pintavesiluokituksessa vesialuetta mannerrannasta pisimmälle merelle työntyvien niemien kärkien tasalle, Rauman kaupungin edustalla siis osapuilleen Nurmeksennokka - Rihtniemi ulkorajaa.

Merentutkimuslaitos ja Turun maanviljelysinsinööripiiri olivat tehneet selvityksiä jo aiemmin, mutta Rauman merialueen nykymuotoinen tarkkailu alkoi muotoutua ensimmäisen vesilain velvoittamana

tehdyllä perusselvityksellä vuosina 1965-1966 (Seppovaara 1967). Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistyksen ensimmäinen Rauman kaupungin ja Rauma-Repola Oy:n toimeksiannosta tehty tarkkailututkimus on vuodelta 1969.

Jo tuolloin oli selvää, että suojaavan saariston vähäisyyden vuoksi avomeren vaikutus tuntuu voimakkaana rannikon lähivesissä asti. Koska makeita vesiä purkautuu Rauman merialueelle vähän, jää luontainen maa-alueilta tuleva kuormitus suhteellisen pieneksi. Olosuhteet jätevesien sekoittumiselle ja laimenemiselle ovat huomattavan edulliset suojaista merenlahtia lukuun ottamatta (Jumppanen 1969). Rauman merialue kuvataan edelleen hyvin samoin sanoin. Luonnonhuuhtouman oheen Turkki (2025a) täsmentää, että hajakuormituksena huuhtoutuvat ainemäärät ovat pieniä.

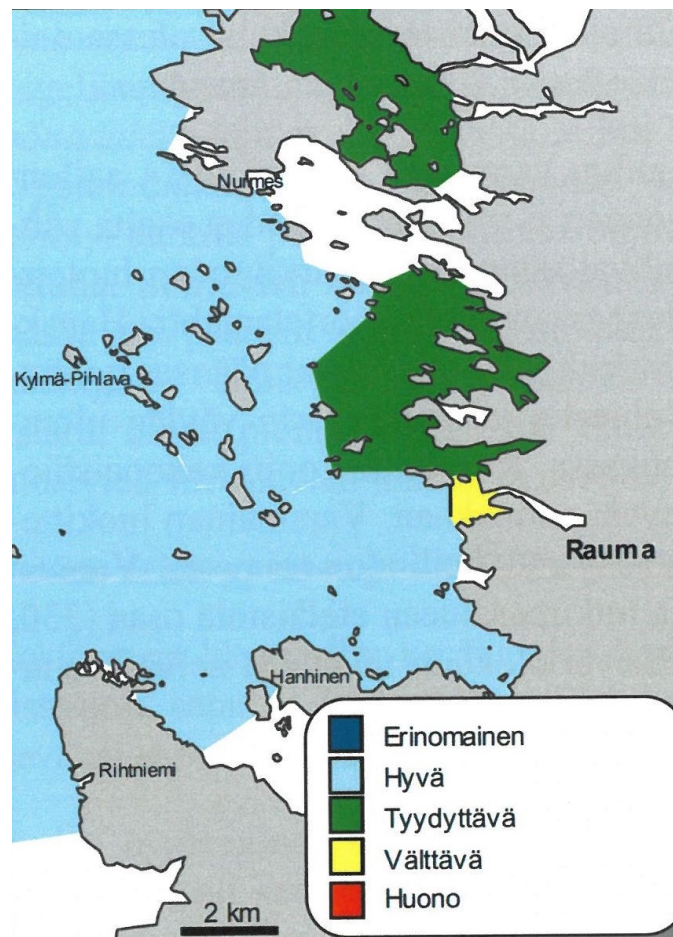
Rauman edustan etuna resipienttinä mainitaan myös pintaveden vaihtuvuus idänpuoleisilla tuulilla. Pintaveden ajautuessa ulos, se korvautuu alemmaa kumpuavalla vedellä. Lämpimän pintaveden vaihtumisen muutamassa tunnissa kylmäksi, syvemmältä nousseeksi vedeksi, voi uimakaudella kokea mieleenpainuvasti.



Rauman merialueen tarkkailuun (mm. Jumppanen 1971) perustuva kuva yleisestä käyttökelpoisuudesta vuosina 1966-1970.

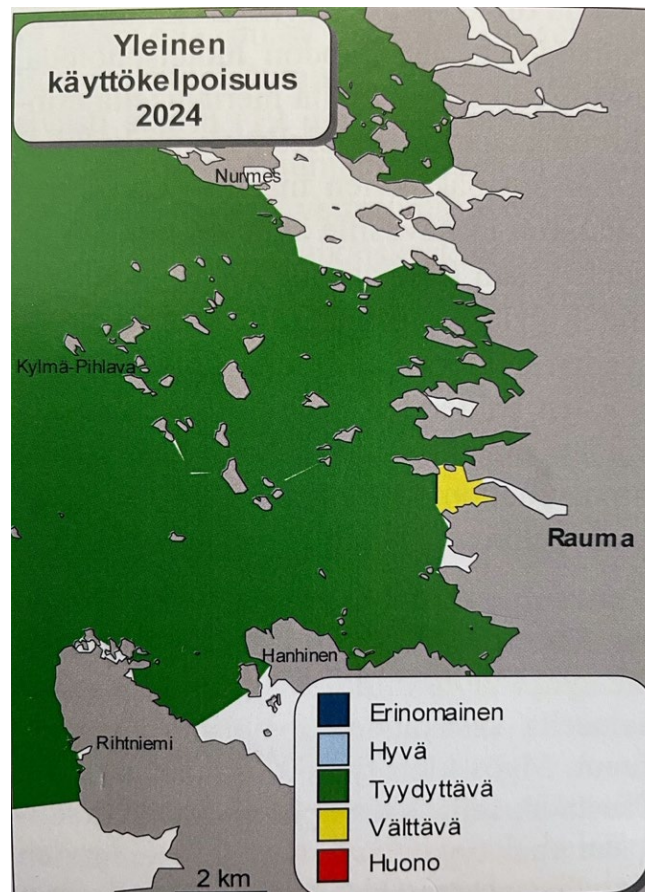
Rauman metsäteollisuuden jätevesiä ei vielä puhdistettu. Kuva jätevesien tuolloin keskeistä vaikutuksesta veden laatuun on selvä. Ulpain erinomaiseksi luokituneen veden vaikutus ei ole riittänyt poistamaan jätevesivaikutusta.

Rauman lähivesien tilaa on sittemmin voinut pitää jopa malliesimerkkinä metsäteollisuuden ja yhdyskuntajätevesien puhdistuksen tuloksellisuudesta. Raumalla ei mereen laske jokea, joka olisi tuonut alueelle jätevedenpuhdistamisen tulokset kumoavan maatalousperäisen kuormituksen.



Rauman merialueen yleinen käyttökelpoisuusluokitus hyvän jakson päättyessä vuonna 2014 (Turkki 2015). Jätevesivaikutus on vähentynyt, mutta toisaalta ulkomeren tila huonontunut erinomaisesta hyväksi (Turkki 2015).

Jätevesivaikutus näyttää rajoittuvan Iso Järviuodon aallonmurtajan rajaamalle purkualueelle. Suojaiset vesialueet ovat pysyneet vain tyydyttävässä tilassa.

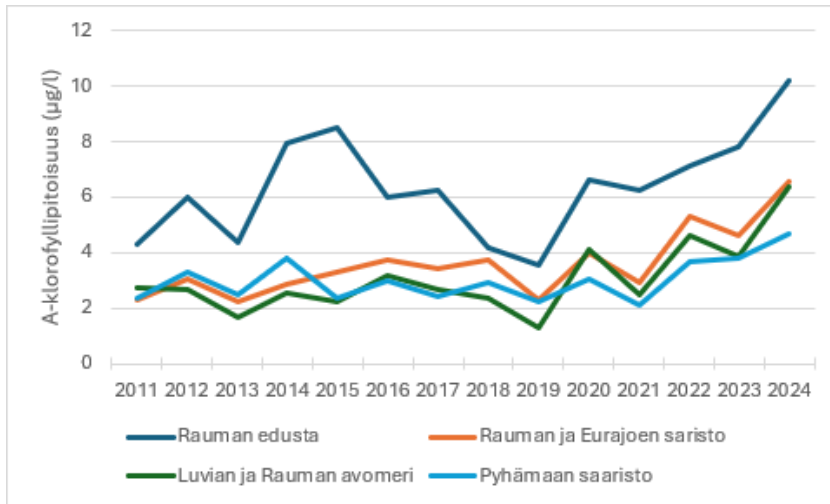


Vuodesta 2015 alkaen Rauman merialueen yleinen käyttökelpoisuus on luokitunut selvästi aiempaa huonommaksi (Turkki 2025a ym.). Hyväksi luokiteltua aluetta ei joka vuosi ole. Tyydyttävä-luokasta poikkeaa vain yhteispuhdistamon jätevesien purkupaikka.

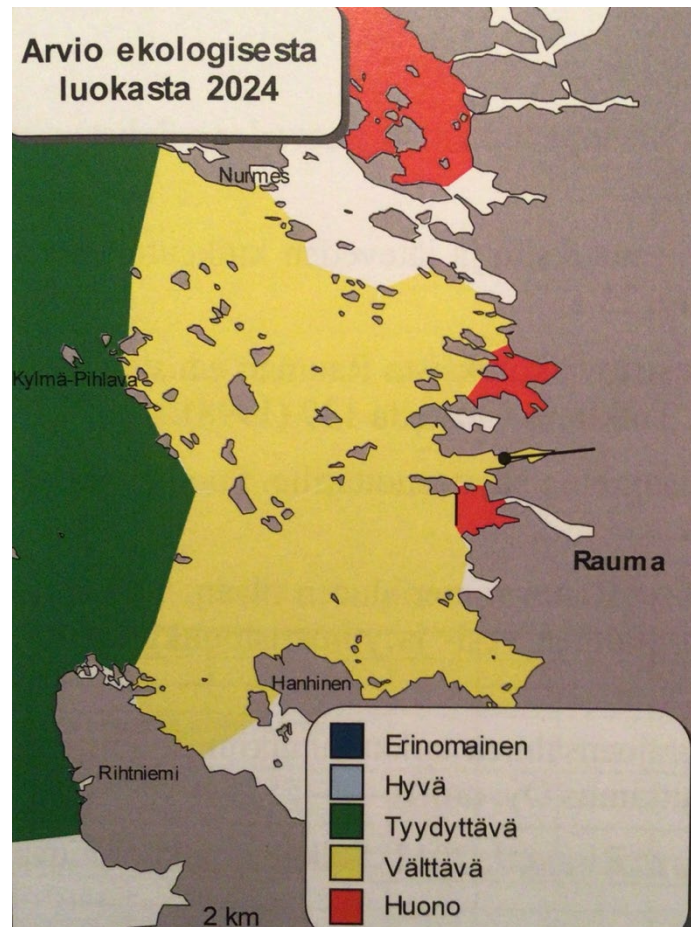
Yleinen käyttökelpoisuusluokitus tehdään kesä-syyskuun tuotantokerroksen fosfori- ja klorofyllipitoisuuksien ja veden pintakerroksen *Eschericia coli* –bakteerin määrän perusteella. Näkösyvyyttä ei siis oteta huomioon.

Vastaavasti Uudenkaupungin edustalla tyydyttäväksi luokiteltu alue laajeni ulospäin ja syrjäytti merialuetarkkailukartalta hyväksi luokitellun alueen yltämällä vuonna 2019 Putsaareen (Turkki 2020).

Tämä sopii ilmentämään samaa muutosta kuin Rauman edustallakin, yhteistä Itämereltä tulevan taustakuormituksen vaikutusta.



Rannikkoa Luvialta Pyhämaahan tarkastellen rehevöityminen näyttää alkavan vasta 2020-luvulla. Kuvassa "Rauman edustan" klorofylli a:n pitoisuus näyttää olevan omilla lukemillaan. Vesimuodostuman nimi on hieman harhaanjohtava. Kyse on lähinnä metsäteollisuuden ja sataman edustan vesialueesta (kuvan lähde ympäristöhallinnon tietojärjestelmä Pisara).



Ekologinen luokitus perustuu pintaveden heinä-elokuun fosfori-, typpi- ja klorofyllipitoisuuksien keskiarvoihin ja näkösyvyyteen (Turkki 2025a).

Taulukko Rauman merialueen klorofylli a -pitoisuuksista kuormituksen suhteen erilaisina ajanjaksoina. Jätevesien purkupaikkaa lähimpänä oleva havaintopaikka taulukossa on Hanskloppi. Pitoisuudet ovat olleet viimeksi kuluneen kymmenen vuoden aikana aiempaa suurempia.

	KORTELANLAHTI	HANSKLOPPI	ROUNAKARI	KAURANEN	KYLMÄPIHLAJA	HAAPASAAARENVESI
1981 -1986 ¹⁾	2,4	1,7	2,0	2,9	1,7	2,5
1987 -1991 ²⁾	3,3	2,5	2,2	3,8	1,8	
1992 -1994 ³⁾	2,2	2,7	2,1	2,3	2,5	1,6
1993 -1995 ⁴⁾	2,9	2,6	2,2	3,1	2,0	2,5
1995 - 2001 ⁵⁾	3,8	3,6	2,3	4,1	1,9	
2002 - 2014 ⁶⁾	3,8	3,3	2,7	4,9	2,5	4,9
2002 - 2003 ⁷⁾	2,8	2,4	2,1	4,2	1,7	
2009 ja 2014	2,6	2,1	1,5	2,9	1,4	4,0
2014 - 2025	4,8	4,1	3,4	7,2	2,7	6,7
2020 - 2025	4,5	4,0	3,5	7,6	3,1	8,0

¹⁾ Metsäteollisuuden mekaaninen jätevedenpuhdistus

²⁾ Metsäteollisuuden jätevesien biologinen puhdistus alkaa jätevesikuormitus suurimmillaan

³⁾ Sulfiittiselutehdas lopetettu, paperitehtaan jätevedet puhdistettu biologisesti

⁴⁾ Maanpääniemen puhdistamon typenpoistokeilu

⁵⁾ Sulfaattiselutehtaan aika ennen yhteispuhdistuskokeilun aloittamista

⁶⁾ Metsäteollisuuden ja kaupungin jätevesien yhteiskäsittelyä alusta merialueen tilassa poikkeukselliseen vuoden 2014 elokuuhun saakka

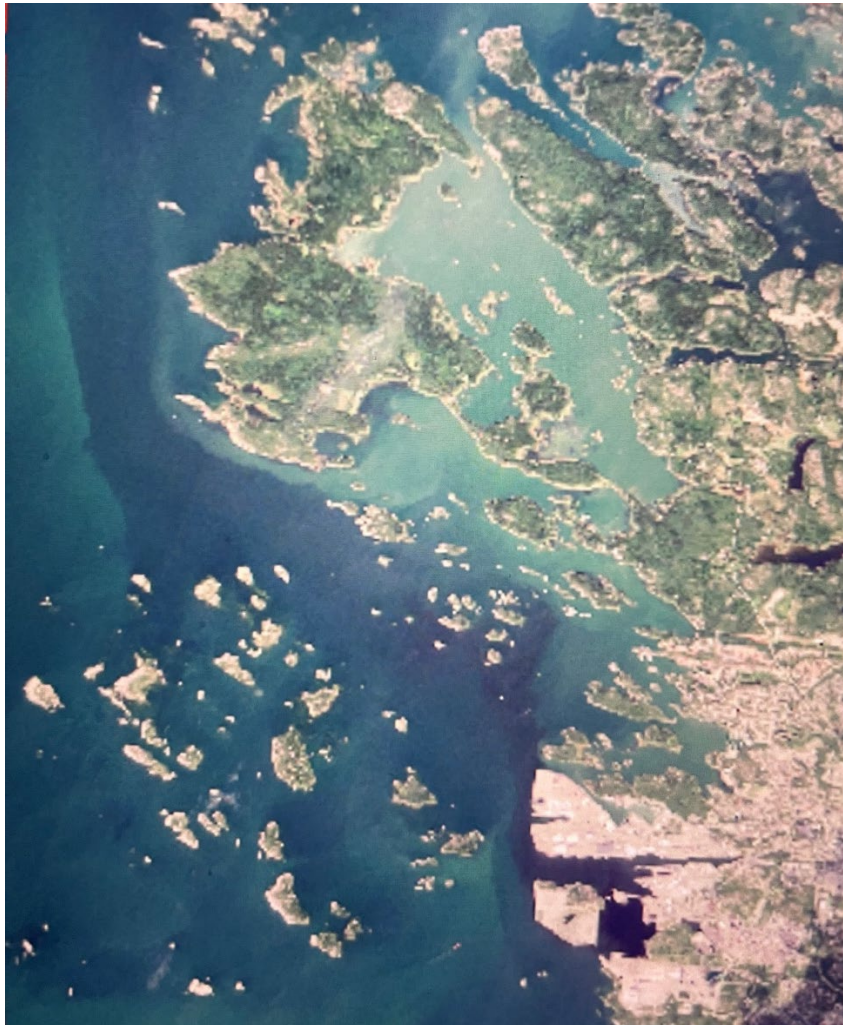
⁷⁾ Poikkeuksellisen pieni ravinnehuuhtouma vähäsateisuuden ansiosta

⁸⁾ Käyttökelpoisuusluokitus parhaimmillaan vuosina 2009 ja 2014 (VI-VII)

⁹⁾ Rauman edustan merialueen tilan heikkeneminen elokuusta 2014 alkaen

¹⁰⁾ Suhteellisen lämmen jakso 2020-luvulla

Rauman merialuetarkkailun tutkimustuloksia (Turkki 2025a ym.)



Suomen ympäristökeskuksen Tarkka-palvelun satelliittikuvissa (11.8.2021) voi nähdä levistä samean pintaveden virtauksen Puuvallin eteläpuolella ulos saaristosta. Samean veden vuo kulkee Pihluksen sivuitse ulkomereen Nurmeksennokkaa niistäen. Tämä vaikuttaa olevan yleinen reitti kesäaikaisilla tuulilla. Yhteispuhdistamon jätevesi kulkee kuvassa ulompana Valkeakaran väylän suunnassa. (Tarkka-palvelun tosivärikuvat sisältävät muokattua Copernicus Sentinel –dataa, Syke 11.8.2021.)

Jätevesien kulkeutuminen hahmottuu Suomen ympäristökeskuksen Tarkka-palvelun satelliittikuvista. Pihluksen kallioille rantautuva veneilijäkin saattaa kiinnittää huomiota ulkomeren äären sijaintiin nähden veden suhteettomaan sameuteen sattuessaan paikalle kaupungin edustan pintaveden virratessa ulkomereen.

Taulukossa on samoihin tai lähipäivään sattuneet näkösyvyysmittaukset (dm) Pihluksesta ja tästä meripeninkulman etelämpänä, Valkeakaran väylän toisella puolella olevasta Loutklopista (Lutkloppi). Yhtä mittausta lukuun ottamatta näkösyvyys on ollut Loutklopin luona parempi kuin Pihluksen kallioiden edustalla. Ainoa Loutkloppia hienokseltaan parempi näkösyvyys on huhtikuulta. Rauman merialueen eteläreunasta näkösyvyysmittauksia ei ole samoilta päiviltä. Lähipäivien näkösyvyyskeskiarvo Rihtniemen sivulla, Clion reunamerkin luona tehdyistä mittauksista vastaa näkösyvyyttä Loutklopin luona.

Pihlus	61° 10,5	21 20,9	Loutklopp	61° 09,5	21 19,0
2007	31.5.	45	2007	27.5.	69
2008	6.9.	39	2008	6.9.	52
2014	27.6.	41	2014	27.6.	85
2016	26.6.	31	2016	26.6.	68
2018	19.5.	41	2018	10.5.	55
2019	1.6.	25	2019	1.6.	46
2021	17.4.	38	2021	17.4.	34
2021	8.5.	25	2021	8.5.	32
2022	22.5.	32	2022	22.5.	40
2025	16.7.	32	2025	16.7.	50
	keskiarvo	3,5 m		keskiarvo	5,3 m

Kaupungin edustan suojainen keskisaaristo

Virtauksille avointen Valkeakaran ja Rihtniemen väyliä suuntaisten reittien ja avomerien väliin jää suojainen keskisaaristo. Alueella on laajasti yli 10 metrin syvyistä vesialuetta. Merialuetarkkailun havaintopaikka on Rounakari (395) Kuuskajaskarin eteläpuolella.

Rounakarin havaintopaikka, yli 10 syväne, erottuu ajoittain muusta Rauman merialueesta vain välttävän happitilanteen vuoksi (Turkki 2025a ym.). Pohjaeläintutkimuksessa (näytteenottopaikka 20) syvänteiden pohjan on havaittu olevan lähialueita huonommassa kunnossa, puolilikaantunut, jo vuoden 1977 pohjaeläintutkimuksessa (Mattila 2003).

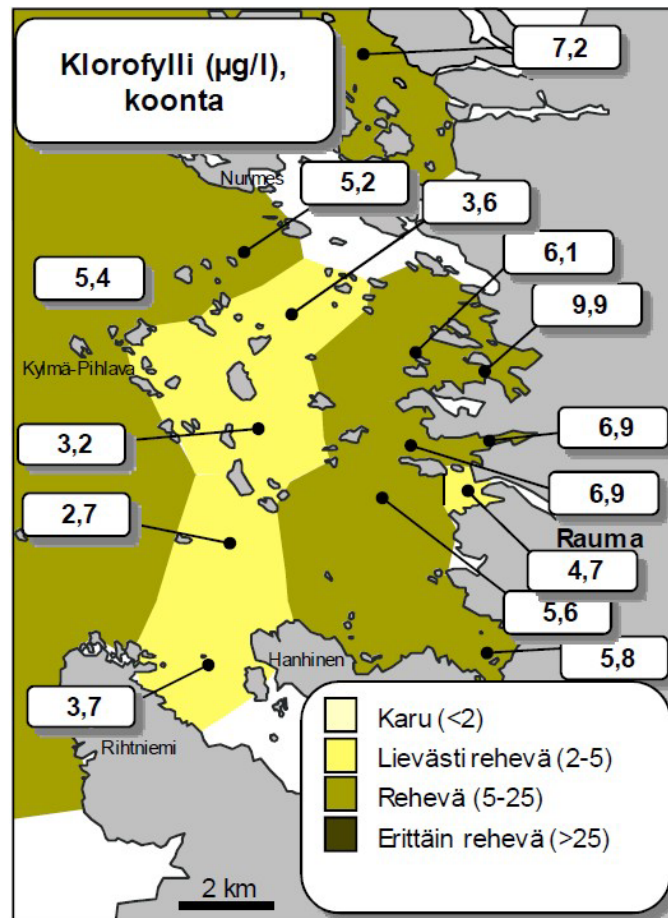
Viimeisimmässä tutkimuksessa syksyllä 2022 näytteessä oli selvä rikkivedyn haju, vuonna 2019 haju oli ollut vain lievä. Rounakaran asemalla, kuten ei muillakaan pohjaeläinasemilla, ei kuitenkaan todettu vuonna 2022 selvästä hapettomuudesta kertovia sulfidiliejupohjia (Turkki 2022), ei myöskään vuoden 2025 tutkimuksessa.

Rounakaran syvänteessä talvinen suolapitoisuus vaihtelee pääsääntöisesti samoissa 5,8-6,1 ‰ lukemissa kuin Kylmäpihlajan edustallakin. Selvää suolapitoisuuden nousutrendiä, joka ilmentäisi Itämeren pääaltaalta tulevaa suolapitoisempaa vettä, ei 2000-luvulla näy, vaikka 2020-luvulla onkin mitattu kuuden promillen lukemia. Erot ovat pieniä, promillen kymmenyksiä. Suurimmat pitoisuudet osuvat kuitenkin ulapan tilan huononemisen vuosiin. Vuonna 2014, jolloin käänne Rauman merialueen tilassa huonompaan tapahtui, Rounakaran maaliskuinen suolapitoisuus kävi 6,1 promillessa (Turkki 2015).

Tuotantokerroksen kokonaisfosforipitoisuus kesä-syyskuussa on 2000-luvulla noussut hitaasti, vasta 2020-luvulle tultaessa kiihtyen ja on nyt luokkaa 20 µg/l pohjanläheisessä vedessä. 2020-luvulla on lopputalvella lähestytty, jopa ylitetty, kolmekymmentä mikrogrammaa litrassa (Turkki 2025a ym.)

Vastaavasti kokonaistyyppipitoisuus on samaan aikaan noussut 280 mikrogramman tasolta, tasolle 330 mikrogramman litrassa, typi-fosfori -suhde on kuitenkin hieman pienentynyt (Turkki 2025a ym.).

Klorofylli a:n määrä on kasvanut suhteellisesti enemmän kuin Kylmäpihlajan havaintopaikalla, kaksinkertaistunut vuosien 2005-2009 kesä-syyskuun aikaisen tuotantokerroksen 1,8 mikrogrammasta litrassa 2020-2024 aikaiseen 3,6 mikrogrammaan litrassa (Turkki 2011, 2025a ym.).



Rauman merialuetutkimuksen vedenlaatukartoilla kaupungin edustan keskisaaristo voi näyttää olevan rehevien rantavesien ja rehevöityneen ulpan puristuksessa; heinäkuu 2020 (Turkki 2021).

Kasviplanktonbiomassa Rounakarissa on 2010-luvulta kasvanut vähemmän kuin ulommassa rannikkovedessä, mutta kuitenkin kaksinkertaistunut. 2020-luvulla on mitattu jo yli gramman lukemia kuutiometrissä (Turkki 2025a ym.).

Vuosien 2005-2025 aineistossa Rounakarin luota (n=71) suurimmat mitatut näkösyvyydet olivat 8,1 metriä (28.6.2009) ja 7,2 metriä (6.7.2010). Suurin näkösyvyys 2020 luvulla on ollut 5,9 metriä (11.6.2022). Vuonna 2011 näkösyvyysmittausten keskiarvo oli 5,3 metriä, vuonna 2025 kolme metriä.

Vuonna 2017 poikkeuksellisen, kesäkauden keskimääräisen alle kahden metrin näkösyvyyden, selittää tuolloin meneillään olleen syväväylän ruoppaamisen ja väylätyön aiheuttama samennus.

Pohjanläheinen happi ei näytä olevan vähenemässä ei loppupalven, eikä loppukesän näytteissä (mm. Turkki 2025a ym.), mutta

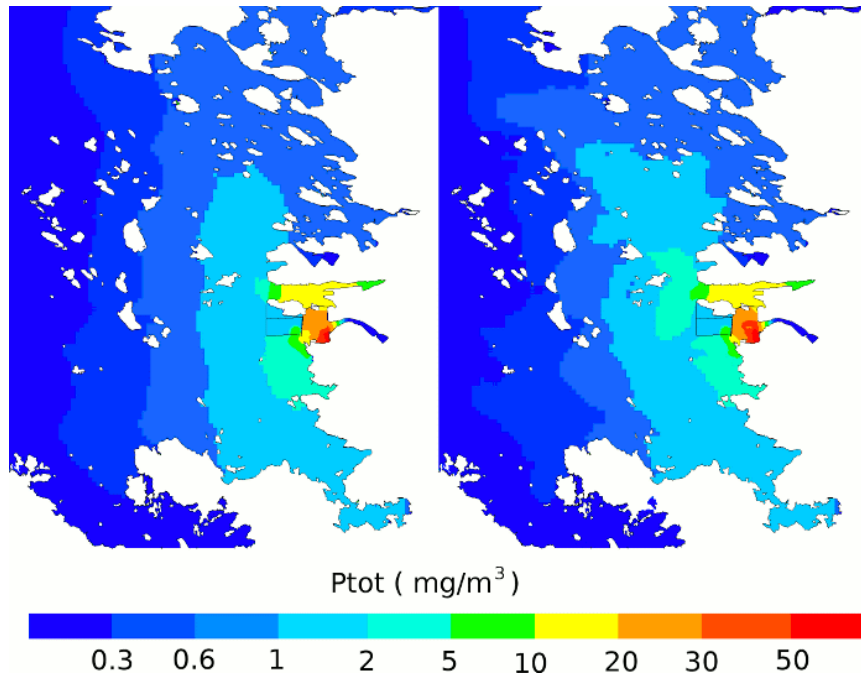
hellekesänä 2014 syvänteen happi kului Rounakaran havaintopaikan pohjalla loppuun ja sedimentistä vapautui ravinteita (Turkki 2015). Kasviplanktonbiomassa kasvoi luokkaa kymmenkertaiseksi, heinä-elokuun keskiarvona peräti 5650 milligrammaan kuutiometrissä (Turkki 2015). Tällä kertaa levätuotantoa ruokki paikallinen sisäinen kuormitus. Kylmäpihlajan havaintopaikalta mitattu kasviplanktonbiomassa oli samaan aikaan yksi lähivuosien pienimpiä (Turkki 2021).

Rehevöitymiskehityksessä on 2020-luvulla joidenkin tarkkailutulosten perusteella nähtävissä mahdollista tasaantumista, mutta ehkä vain vuosien välistä vaihtelua. Fosforipitoisuus ja levämäärä klorofylli a:na ja kasviplanktonbiomassana mitaten on ollut edelleen kasvussa.

Sinileväkesän tekee viimekädessä sää. On vaihtelua. Kesällä 2025 levätilanne oli taas edeltäneitä vuosia parempi. Edelleen Rauman edustan keskisaaristossakin on hyväkuntoista haurukasvustoa ja varsinkin alkukesällä voi veden laadun suhteen vaativaankin virkistyskäyttöön olla hyvät edellytykset. Rehevöitymiskehitys ei trendinä kuitenkaan näytä olevan taittumassa

Avoim Kortelanlahti

Merialuetarkkailun havaintopaikka (Santakari 335) on Kortelanlahden perukassa, mutta Rihtniemen väylältä asti yhtenäisen, vähintään kahdeksan metrin syvänteen päässä. Rannat ovat avoimia suurelle aallokolle. Sedimentoituvaa ainesta kertyy pohjaa liettäen vasta useiden metrien syvyyteen.



Virtausmallinnuksissa Kortelanlahteen näyttää yltävän jätevesivaikutus, joka nostaa fosforipitoisuutta parilla mikrogrammalla (Inkala 2014). Mallinnus on laskennallinen enimmäisarvio, mutta tilanteessa, jolloin jätevedet vielä pääsivät virtaamaan purkualueelta Satamalahden suuntaan.

Kortelanlahden veden laatuun vaikuttavat silmämääräisesti ja Suomen ympäristökeskuksen Tarkka-satelliittikuvien perusteella arvioiden, eniten Unajanlahden kautta tulevat Unajanjoen vedet, rantavyöhykkeessä jopa lähivaluma-alueelta tulevat vedet. Yhteispuhdistamon jätevedet sellaisena, kuin ne voi värinsä perusteella tunnistaa eivät tule lahdelle, vaan virtauksen suuntautuessa purkualueen eteläpuolelle sivuttavat Mudaistenluodot ja laimenevat Kortelanlahden edustalla Hanhisten suuntaan.



Kortelanlahden perukkaan on keväällä tullut Unajanlahdelta sameaa jokivettä (3.4.2012), kuvassa lähes Santakari 335 havaintopaikalle asti. (Tarkka-palvelun tosivärikuvat sisältävät muokattua Copernicus Sentinel –dataa, Syke 3.4.2012)

Tarkka-kuvassa 12.7.2025 näkyy Unajanlahdelta kesällä tulleen veden leviäminen pitkälle Kortelanlahden lounaisrantaa, Säynäsalon rantaa myöten.



Ehkä luodetuulen aikainen jäteveden kompakti leviäminen avoimeen, eteläisen ns. Rihtniemen väylän, suuntaan 24.5.2018.

Vuoteen 1991 saakka toimineen sulfiittiselluloosatehtaan lignosulfonaatti oli ”jäteliemen merkkiaine”, joka voitiin analysoida merivesinäytteistä.

Jäteveden leviäminen Kortelanlahdelle näyttää liittyneen talviolosuhteisiin ja suureen jätevesikuormitukseen ennen mekaanisen puhdistamisen aloittamista 1970-luvun alussa (Jumppanen 1972). Kovina pakkastalvina 1985-1987 Rihtniemen laivaväylän reunoille muodostui jäänalainen sohjovalli, joka padotti pinnassa levinneet jätevedet mantereen puolelle. Kortelanlahdelle tehdyssä avannossa vesi haisi ja Kukolanlahdella Virtasen Merikasvattamolla kirjoloheet kuolivat hapenpuutteeseen.

Ilmaston lämpeneminen tehnee näin ankarat talvet entistä harvinaisemmiksi ja nykyjätevedet eivät kuluttaisi happeakaan loppuun samalla tavalla. Vuonna 1987 metsäteollisuuden jäteveden biologinen hapenkulutus oli yli 20 tonnia, vuonna 2024 viisisataa kiloa vuorokaudessa.

Kortelanlahdella, Santakarin edustalla, talvinen suolapitoisuus pohjan lähellä vaihtelee pääsääntöisesti, vain hieman Kylmäpihlajan edustaa ja Rounakaria pienemmissä lukemissa 5,7-5,9 ‰. Suolapitoisuuden nousutrendiä, joka ilmentäisi Itämeren pääaltaalta tulevaa suolapitoisempaa vettä, ei Kortelanlahdessakaan 2000-luvulla näy. Pintaveden suolapitoisuus voi talvella vähentyä huomattavastikin.

Suurimmat suolapitoisuudet 2000-luvulla, 6,1 ‰, osuvat Kortelanlahdellakin ulapan tilan huononemisen vuosiin 2014 ja 2022 (Turkki 2015, 2023). Talvina, jolloin pohjanläheisen veden suolapitoisuus on ollut vähintään kuusi promillea (2005, 2010, 2018, 2019, 2023, 2024) veden kokonaisfosforipitoisuus on ollut suurempi (keskimäärin 29 µg/l) verrattuna niihin talviin, joina vesi on ollut vähäsuolaisempaa, 5,7 promillea tai vähemmän (keskimäärin 24 µg/l, vuosina 2003, 2008, 2012, 2013, 2020, 2022, 2015). Suola- ja fosforipitoisuuden ajoittaiset nousut ilmentänevät ulapan vaikutusta.

Vuosina, joina suola- ja fosforipitoisuus ovat olleet talvella keskimääräistä suuremmat, on myös kesäaikainen kokonaisfosforipitoisuus ollut keskimääräistä suurempi. Kun vielä heinä-elokuun pintaveden keskilämpötila on ollut lähes asteen korkeampi myös klorofylli a:n pitoisuus ja leväbiomassa ovat olleet suurempia kuin niinä vuosina, jolloin talviveden suolapitoisuus on ollut keskimääräistä alhaisempi (mm. Turkki 2025b ym.).

Lämpimien kesien ja viileiden kesien (tässä heinä-elokuun pintaveden keskilämpötila yli 20 °C ja alle 18 °C, pl. 2017) vedenlaadun vertailu tuottaa samansuuntaisen tuloksen. Lämpimänä kesänä on levää ollut jopa suhteellisestikin enemmän, kuin talviaikaisen suolapitoisuuden mukaan äärivuosien kesinä.

Rehevöitymisen kumuloitumista ajatellen on vertailussa merkillepantavaa, että vuosien 2020-2025 yksikään kesä ei luokitunut tässä viileäksi. Fosforipitoisuuksissa vasta 20-luku on ollut selvää nousua, erityisesti 2000-luvun suurimmat pitoisuudet talvina 2023 ja 2024. Niistä oltiin talvella 2025 tultu taas reilusti alaspäin.

Happitilanne on Kortelanlahdessa pysynyt 2000-luvun varsin vakaana. Pohjanläheisessä hapessa ei ole juuri tapahtunut muutosta, ei lopputalven, eikä loppukesän näytteissä, ei ainakaan huonompaan suuntaan (mm. Turkki 2025a ym.). Loppukesällä 2014 veden lämmettyä poikkeuksellisesti, happi kuitenkin vajeni siinä määrin, että ravinteita alkoi mobilisoidua sedimentistä (Turkki 2015).

Käännevuotena 2014 talviaikainen ja kasvukauden keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus olivat suhteellisen pieniä. Tämä sopii päätelmään veden poikkeuksellisen lämpötilan ratkaisevaan osuuteen veden laadun heikkenemisepisodissa.

Kokonaisfosforipitoisuus pohjanläheisessä vedessä hivenen laski vuoteen 2014 saakka, jonka jälkeen on keskimäärin noin 23 µg/l lukemista noustu jopa kolmenkymmenen mikrogramman pitoisuuksiin kuten Rounakarissakin. Kortelanlahden 2000-luvun kaksi suurinta talviaikaisen, pohjanläheisen veden kokonaisfosforipitoisuutta on 2020-luvulta.

Kokonaistyyppipitoisuus on noussut viisivuotisjaksoina tarkastellen fosforia tasaisemmin koko 2000-luvun, viitisentoista prosenttia (Turkki 2025a ym.).

Klorofylli a:n määrä on 2000-luvulla jopa kaksinkertaistunut, kuten Rounakarissakin. Tuotantokerroksen (VI-IX) klorofylli a:n pitoisuus oli Kortelanlahdella 2000-luvun alkuvuosina pienimmillään vain hieman yli kaksi mikrogrammaa. Noin kolmen mikrogramman tasolta on noustu vuonna 2015 hyppäyksenomaisesti viiden mikrogramman tasolle. Vuosien välistä vaihtelua toki on, mutta klorofyllimäärän kasvu on saattanut tasaantua. Huippuvuosi on ollut jo 2018, 6,3 µg/l (Turkki 2025a ym.). Totuttua vähäisempi sinilevien määrä kesällä 2025 noteerattiin Kortelanlahdellakin.

Kasviplanktonbiomassa on Kortelanlahdella nelinkertaistunut 2000-luvun ensimmäiseltä vuosikymmeneltä. Kuten klorofyllinäkin mitaten, myös kasviplanktonbiomassan määrässä näkyy mahdollisesti tasaantumista ravinnepitoisuuksien kasvusta huolimatta. Tosin vasta vuonna 2022 käytiin yli kahden milligramman lukemissa litrassa. Huippu oli 2150 µg/l, kun viisivuotisjakson 2010-2014 keskiarvo oli vielä 642 µg/l. Kasviplanktonbiomassa on noin kaksinkertainen Rounakarin lukemiin verrattuna (Turkki 2025a ym.).

Kasviplanktonbiomassan kehityksen seuranta hankaloittaa vertailun vaikeus, kokoomanäytejakson muuttuminen vuoteen 2008 saakka otetuista kesä-syyskuun näytteistä heinä-elokuun näytteiksi vuodesta 2010 alkaen.

Rauman merialuetarkkailun aineistossa (Turkki 2025 ym.) kesä-syyskuisen näkösyvyyden paraneminen huipentui 3,5 metriin vuonna 2014. Laivaväylän ruoppaamisen ja väylätöiden vuonna 2017 samentamassa vedessä näkösyvyys jäi alle kahden metrin, mutta on kohentunut sittemmin taas lähelle kahta ja puolta metriä, mutta siis jäädessä kuitenkin huomattavasti parhaiden vuosien lukemista.

Kortelanlahden näkösyvyysindeksi

	2003	2004	2005	2006	2007	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Tam				1,12	0,69	1,31	1,04	1,29	1,17	0,91	0,99	0,78	0,89	1,27	0,74	0,82	0,66	1,20	0,91	1,05	1,12	1,14
Hel				1,03	0,90	1,20	0,84	0,99	1,14	0,85	1,25	0,90	0,91	1,19	0,97	0,99	0,77	1,14	0,79	1,14	1,11	1,09
Maa				0,93	1,08	1,12	0,94		1,24	1,20	1,17	1,02	1,17	0,89	1,02	0,88	0,85	0,87	0,73	0,96	0,74	1,20
Huh		1,33	1,12	0,65	0,89	0,91	0,59	0,87	0,93	0,93	1,39	1,12	1,11	0,96	0,90	1,15	0,91	0,91	0,86	1,14	1,11	1,14
Tou	0,93	0,98	1,15	1,05	1,03	1,01	1,04	1,00	1,09	1,32	1,09	0,91	1,03	0,65	0,78	1,10	0,81	1,05	0,87	1,13	1,12	0,89
Kes	1,04	0,94	1,21	1,13	0,98	1,14	1,05	1,10	0,98	1,31	0,92	1,08	1,21	0,72	0,92	0,82	1,06	0,81	1,08	0,94	0,90	0,91
Hei	1,24	1,22	1,29	0,99	1,31	1,46	1,14	1,32	0,99	0,93	1,42	0,86	0,83	0,50	0,85	0,92	0,76	0,88	0,82	0,75	0,72	0,89
Elo	1,19	1,10	1,14	1,29	0,92	1,19	1,09	1,36	1,08	1,19	1,00	0,81	0,71	0,61	0,84	1,03	0,84	1,00	1,10	0,87	0,62	0,66
Syy		1,26	1,11	1,07	1,06	1,20	1,14	1,15	1,20	1,23	1,21	0,95	0,77	0,64	0,78	0,89	0,91	0,81	1,02	0,90	0,70	0,82
Lok	0,80	1,15	1,12	1,16	1,03	1,30	1,15	1,18	1,04	1,17	1,21	1,11	0,91	0,55	0,86	0,89	0,89	0,93	1,17	0,90	0,66	0,78
Mar	1,20	0,75	1,13	0,69	0,90	1,44	1,01	1,23	0,95	1,25	1,50	1,33	0,65	0,59	1,08	0,93	0,97	0,74	1,36	1,07	0,61	0,91
Jou		0,93	0,97	0,68	0,78	1,69	1,01	1,15	1,45	0,63	1,19	0,60	0,58	0,74	0,86	0,93	1,08	1,09	1,33	1,46	0,83	

Kortelanlahden (61° 05,6' 21° 27,4') näkösyvyyden muutos vuosina 2003-2025 (n =1666). Taulukossa on kuukauden näkösyvyysmittausten keskiarvon suhde koko ajanjakson kyseisen kuukauden keskiarvoon, siniset solut ovat kuukausia, joina näkösyvyysmittausten keskiarvo on ollut suhdeluvun mukaisesti yli keskiarvon ja punaiset alle keskiarvon.

Heinäkuinen näkösyvyys on vuoden 2014 jälkeen ollut jokaisena vuotena alle vuosien 2003-2025 keskiarvon. Koko vuoden mittausten keskiarvokaan ei enää ole ylittänyt ajanjakson vuosien keskiarvoa, vaikka 2020-luvulla joului-helmikuussa vesi on ollut usein seurantajakson keskiarvoa kirkkaampaa.

Kortelanlahden näkösyvyysmittauksissa vuosina 2003-2025 vesi oli kirkkaimmillaan vuonna 2009 (indeksiluku 1,26). Mittausten keskiarvo oli 3,6 metriä. Peräti viiteen mittauksen sattui tuolloin viiden metrin näkösyvyys. Näistä kaksi oli tuotantokaudella heinäkuussa. Myös vuonna 2024 mitattiin lähes viiden metrin näkösyvyys, mutta tammikuussa. Vuosina 2021-2025 vuoden suurin näkösyvyys on mitattu syksyllä tai talvella.

Väyläruoppauskesää 2017 lukuun ottamatta näkösyvyys oli pienin vuonna 2024 vain kaksi metriä (indeksiluku 0,82).

Vuonna 2025 oli pienempiä fosforipitoisuuksia seuraillen edeltäneitä helpompi leväkesä, mutta ehkei kuitenkaan rehevöitymisen pysyvemmän tasaantumisen merkki. Toisaalta suhteellisen huonot, lämpimät kesät 2023 ja 2024 saattavat antaa väärän viestin kiihtyvistä rehevöitymisestä.

Suojainen lähisaaristo, Petäjäs – Syväraumanlahti

Syväraumanlahdelta ei oteta merialuetarkkailun näyteitä. Lähin merialuetarkkailun havaintopaikka on Kauranen (421) saaren eteläpuolella. Valtakunnallisen leväseurannan havainnointipaikka lahdella on.

Syväraumanlahteen laskee lähivaluma-alueelta hulevesiä ja hajakuormitusta Kinnonojan tuomana Kappelinsalmeen. Kappelinsalmeen on aiemmin johdettu metalliteollisuuden jätevesiä. Erityisesti kromi näkyi suurina pitoisuuksina pitkään Rauman merialueen liejusimpukoissa (Häkkilä 1985, Hyvärinen & Salo 1992, Aikko 2003, Turkki 2020). Sedimentin haitta-aineista on sittemmin kiinnostanut enemmän veneiden anti-fouling -maalien orgaaninen tina ja kupari. Veden laadun kannalta aluetta on tarkasteltu myös matkailun kehittämisen näkökulmasta.

Saariston suojaisuus ei juuri näy Kaurasten havaintopaikalta mitatuissa suolapitoisuuksissa. Suolapitoisuuden suhteen alueella on samaa vettä kuin muuallakin Rauman kaupungin edustalla. Talviaikainen suolapitoisuus pohjan lähellä vaihtelee enimmäkseen 5,7-5,9 promilleen välillä, täälläkin vailla selvää nousutrendiä. Talviaikaisten havaintojen suurin pitoisuus 6,1 ‰ mitattiin myös Kaurasissa maaliskuussa 2014 (Turkki 2015, 2025a ym.).

Petäjäksen pohjoispuoleinen vesialue on ollut yleiseltä käyttökelpoisuusluokituksestaan samassa tyydyttävä-luokassa merialueen tarkkailun alkua ajoista lähtien. Ravinnepitoisuuksissa alkoi pientä kasvua 2010-luvun jälkipuoliskolla ja vuodesta 2022 jo selvästi enemmän. Klorofylli a:n pitoisuus oli tuotantokausien keskiarvona 2022-2024 yhdeksän milligramman luokkaa litrassa, 2000-luvun alun lukemista 2-3 kertainen. Elokuussa 2025 Kaurasissa klorofylli a:n pitoisuus oli 11 µg/l.

Vuonna 1993 mitattiin kesäkuukausien keskiarvoksi kolmen metrin näkösyvyys, kesäkaudella vuonna 2024 vain 1,1 metriä (Turkki 2024a ym.).

Kesäkuussa 2024 mitattiin merialueen suurin kiintoainepitoisuus 18 mg/l, yli kolminkertainen samaan aikaan jätevesien purkualueen kiintoainepitoisuuteen nähden. Kiintoainepitoisuus oli 1990-luvulla vielä 3-4 mg/l. Myös sameusarvo FNU 17 oli suuri (Turkki 2024a ym.).

Syväraumanlahden ja sen edusvesien rehevöityminen verrattuna avoimenpiin vesialueisiin on osin morfologiasta johtuvaa, orgaanisen aineen sedimentoitumista ja pidättymistä alueelle.

Haapasaarenvesi

Haapasaarenvesi otettiin mukaan Rauman merialuetarkkailun yhteyteen vuonna 2006 Rauman kaupungin ympäristöviraston erillisenä toimeksiantona. Rauman pohjoisosan suojaisten sisäsaariston alue ei kuulunut jätevesivaikutusten tarkkailuun ja alue oli vailla säännöllistä seuranta. Rehevöityminen oli jo tuolloin ilmeistä. Sinileviin havahduttiin 1990-luvulla erityisesti Haapasaarenveden liepeillä Rokinnokassa.

Jos Haapasaarenveden rehevöitymisellä on ollut jokin alkusysäys, se saattaisi liittyä Nurmenlahdesta Varttikarin kautta tulevaan kuormitukseen, joka lienee ollut nykyistä suurempi Nurmenlahden happikatovuosina 1960-luvulla ja Varttikarin ruoppauksen jälkeen 1970-luvulla.

Petäjäksen pohjoispuoleisen vesialueen tavoin Haapasaarenvesi on ollut yleisen käyttökelpoisuusluokituksen mukaan luokassa tyydyttävä.

Kartalla Haapasaarenvesi vaikuttaa lähes järveltä. Muille vesialueille on yhteys kapeiden salmien kautta. Meriveden korkeuden vaihtelu saa Puuvallin kanavassa, Ristinperässä ja Säikäsalmessa kuitenkin aikaan voimakkaan virtauksen. Onpa nähty niinkin, että Haapasaarenvesi kuormitti ulosvirtauksellaan aikanaan Rauman Lohi Oy:n kalankasvattamon vesialuetta Puuvallin eteläpuolella Pöpän luona (Turkki & Lehtonen 2008).

Veden suolapitoisuuden perusteella Haapasaarenvesi ei juuri eroa muusta Rauman merialueesta, vaan esim. talviaikainen pohjanläheisen veden suolapitoisuus on lähes sama, 5,7-5,8 ‰, kuin muuallakin.

Myös suurimmat suolapitoisuudet ovat samoissa lukemissa kuin kaupungin edustalla. Vuonna 2014 huippua ei kuitenkaan näy, vaan kuuden promillen lukemissa oltiin jo talvina 2010 ja 2011. Samojen vuosien kesinä klorofyllipitoisuus oli aiempien kesien aikaista suurempi.

Rauman merialueen seuraava, talviaikaisessa pohjanläheisessä vedessä näkynyt, suolapitoisuuden nousu 2020-luvulla sen sijaan näkyy myös Haapasaarenvedellä. Talvella 2022 oltiin vielä 5,7 promillessa. Sen jälkeen mittaustulos on tosin vain vuodelta 2024 (6,0 ‰). Nyt oli selvää nousua ravinmäärässä ja klorofylli hyppäsi yli kymmenen mikrogramman tuotantokauden keskiarvoon. Tarkkailun alkaessa 2010-luvulla klorofylli a:n pitoisuus oli viiden mikrogramman luokkaa litrassa ja oli tähän asti pääsääntöisesti pysynyt samalla tasolla (Turkki 2025a ym.).

Haapasaarenvesi näyttää rehevöityneen kuten muutkin rannikonläheiset suojaiset vesialueet, joilla olosuhteet levätuotannolle ja sen kumuloituvalle kasvulle ovat otolliset.

Myllyvirta ja Henriksson (2001) ovat vertailleet rannikon morfologian vaikutusta rehevöitymisalttiudelle, tarkastelleet sitä, kuinka suojaiselle alueelle tulee ravinteita, ne sitoutuvat perustuotantoon sille otollisissa oloissa ja lopulta toisin, kuin avoimilla transportaatiopohjilla, orgaaninen aines pidättyy erillisiin syvänteisiin, kumuloituu saariston suojiin liettäen pohjan. Haapasaarenvedelläkin kyse lienee paljolti tästä samasta ”sokkeloisen saariston syndroomasta”, jonka vuoksi suojaiset vesialueet rannikolla ovat rehevöityneet.

Suolapitoisuuden nousun ja levämäärän kasvun yhteys viittaa Haapasaarenvedelläkin ajoittain selvään Selkämeren ulapan vaikutukseen. Yhteys ei ole niin suora kuin Rauman avoimilla rannoilla, vaan riippuvainen varmaankin myös siitä, millaista vettä sisäänvirtauksen aikana tulee.

Haapasaarenvedellä levän määrä näyttää suhteessa kasvaneen hieman enemmän kuin Rauman avoimilla vesialueilla. Tämä saattaa selittyä suojaisten vesialueiden kesäaikaan lämpimämmällä vedellä.

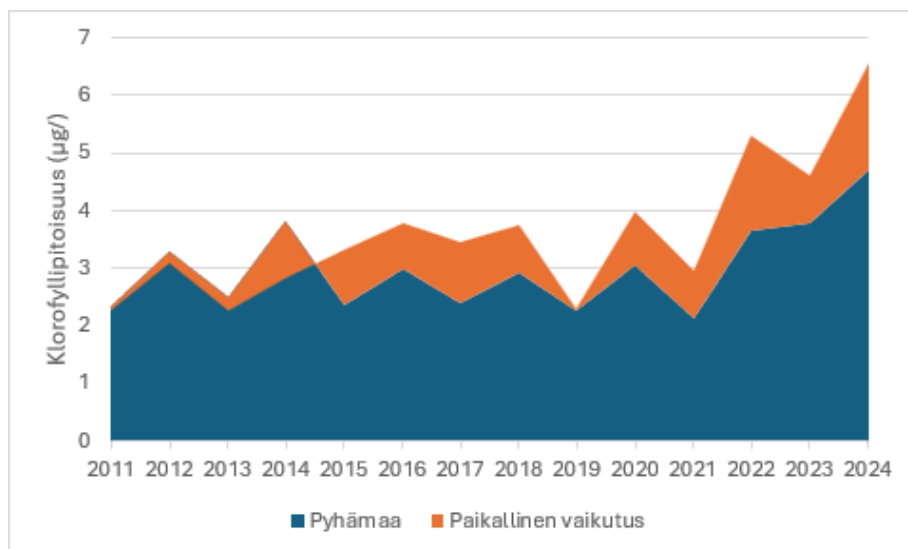
Vuonna 2025 oli edeltäneitä helpompi leväkesä, mutta ehkei kuitenkaan rehevöitymisen pysyvemmän tasaantumisen merkki.

Rauman merialueen oma ravinnekuormitus

Kaikki Suomen rannikkovedet ovat rehevöitymisen suhteen heikossa tilassa. Tilanteen paranemista on havaittavissa vain alueilla, joilla yhdyskuntien ja teollisuuden jätevesien kuormitus oli aiemmin suuri. Mereen päätyvästä ihmistoimintaperäisestä ravinnekuormituksesta suurin osa on nykyisin kaikilla Suomen merialueilla peräisin maa- ja metsätaloudesta. Näistä tuleva fosfori- ja typpikuormitus ei ole pitkällä aikavälillä vähentynyt yhdelläkään merialueella (Suomen ympäristökeskus 28.8.2025).

Rauman merialueen oman kuormituksen osuutta veden laadussa voi arvioida vertaamalla merialueen tilaa läheiseen Selkämeren rannikkoon, jolle ei kohdistu jätevesikuormitusta. Vertailussa Rounakarin havaintopaikan (Raum 395 Rounakari) ja Pyhämaan saariston havaintopaikan, Uki 277 Tiirakarta, ero on paikallista kuormitusta olettaen, ettei ero johdu luonnonolosuhteista.

Vertailu ei kerro niinkään meneillään olevasta rehevöitymiskehityksestä, vaan mahdollisesti jätevesikuormituksen vähentämisessä olevasta potentiaalista olettaen, että ero aiheutuu jätevesikuormituksesta, ei välttämättä vain nykyisestä, vaan myös sedimenttiin pitkän ajan kuluessa kertyneen fosforin diffundoitumisesta takaisin vesifaasiin.



Pyhämaan edusta vertailukohtana näyttää tarkastelujaksolla Rauman oman paikallisen kuormituksen vaikutuksen (17,5%) kasvaneen samaan aikaan, kuin merialue on rehevöitynyt.

Vuosina 1984-1999, jätevesikuormituksen ollessa nykyistä suurempi, näin verraten paikallinen kuormitus näyttää johdonmukaisesti aiheuttaneen suuremman, 37 prosentin lisäyksen, klorofyllipitoisuuteen (Pisara, ympäristöhallinnon tietojärjestelmä).

Sataman läheisillä näytteenottopaikoilla, mm. Järviluoto (385), fosforipitoisuus on noussut vuosina 2010-2022 suhteellisesti enemmän kuin Kylmäpihlajan tausta-aseamalla. Syitä voi olla useita. Fosforilisää lienee peräisin satama- ja väyläruoppauksesta, edelleen laivojen potkurivirtojen tuolloin häiriintyneestä sedimentistä nostamana.

Hajakuormitus

Selkämereen valuma-alueelta kertyvä ravinnekuorma on vanhastaan ollut merialueen pinta-alaan ja tilavuuteen nähden suhteellisen vähäinen, esim. Suomenlahteen verrattuna fosforikuorma on ollut viidesosa, typpikuorma kolmasosa (Pitkänen 2008).

Eläintuotannon keskittyminen Lounais-Suomeen on jonkin verran lisännyt alueelta tulevaa kuormitusta. Eläintuotantoon keskittyneellä alueella on fosforipitoista lantaa liikaa. Ilmastonmuutoksen ennakoidaan pahentavan asiaa sadannan ja huuhtouman kasvun myötä. Ehkei koko Itämeren, mutta varmaankin Saaristomeren sisäosien kohtalo ratkaistaan pelloilla. Lounais-Suomen peltojen kipsikäsittely on herättänyt uutta toivoa (Nurminen & Herlin 2021).

2000-luvun alkuvuosista vuonna 2008 hajakuormitus oli ennätyksellisen suuri. Lauhana ja sateisena talvena 2019-2020 samoin. Tuolloin helmikuussa fosforivirtaama Saaristomereen oli lähes 500 tonnia (Suomen ympäristökeskus 22.4.2020).

Tulvahuippujen lukemat eivät edusta määrällisesti keskimääräistä kuormitusta; eivät myöskään vaikutuksiltaan. Huiput eivät satu levätuotantokaudelle, vaan kesäaikaan ravinnehuuhtouma on pääsääntöisesti suhteellisen pieni. Huuhtoutunut fosfori on paljolti sitoutunut savihiukkasiin poistuen sedimenttiin. Jätevesikuormitukseen verrattuna huippulukemat ovat kuitenkin suuria. Esim. helmikuun 2020 aikana Rauman yhteispuhdistamon mereen johtamaan fosforikuormitukseen verrattuna hajakuorma Saaristomereen oli noin 750-kertainen.

Hajakuormituksen kehityksestä olisi Eurajoesta aineistoa, mutta Eurajoen vedet eivät kulkeudu Rauman kaupungin edustalle. Pääsääntöisesti virtaus vie ne rannikkoa pohjoiseen. Etelään kulkeutuvat vedet eivät enää Olkiluodon kierrettyään palaa rantavesiin. Eurajoen tulvahuipuissa marraskuun lopulla 2024 fosforikuorma mereen oli noin kaksi ja puoli tonnia vuorokaudessa.

Kokemäenjoen vedet eivät kulkeudu Rauman edustalle, mutta ovat toki Selkämeri-kokonaisuudessa huomionarvoisia. Ison joen virtaama oli syksyllä 2012 jopa 600 kuutiometriä sekunnissa. Kokemäenjoki kuljetti tuolloin mereen yli yhdeksän tonnia fosforia ja 124 tonnia typpeä vuorokaudessa. Fosfori oli pääosin peräisin peltovaltaisen sivujoen, Loimijoen valuma-alueelta (Jokinen 2012).

Selkämeren rannikolle laski Suomen ympäristökeskuksen arvion mukaan valuma-alueelta vuonna 2012 arviolta 85 tonnia fosforia (Rauman yhteispuhdistamo viimevuosina noin 6,5 tn/a).

Typen jokikuorma Selkämereen on laskenut jaksolla 2020-2023 verrattuna aiempaan nelivuotisjaksoon (Suomen ympäristökeskus 26.2.2025).

Rauman kaupungin lähivesien kannalta olennaisinta on, ettei Raumalla laske mereen merkittävää ravinnekuormitusta tuovaa jokea. Paikallinen hajakuormitus ei juuri vaikuta merialueen veden laatuun. Valumat maalta toki näkyvät. Syyssateilla rantavedet muuttuvat samean ruskeiksi kiintoaine- ja väriaineiden, humuksen, huuhtoumasta. Talviaikaan, jääkannen alla pintaveden suolapitoisuus alenee.

Unajanjoki tuo Unajanlahteen ja Kaljasjoki Kukolanlahteen maatalous- ja metsäalueilta peräisin olevia vesiä. Vuosina 2015-2024 niiden kuormituskeskiarvo oli 0,94 tonnia fosforia ja 16,54 tonnia typpeä vuodessa (Kirkkala & Turkki 2005, Turkki 2025a).

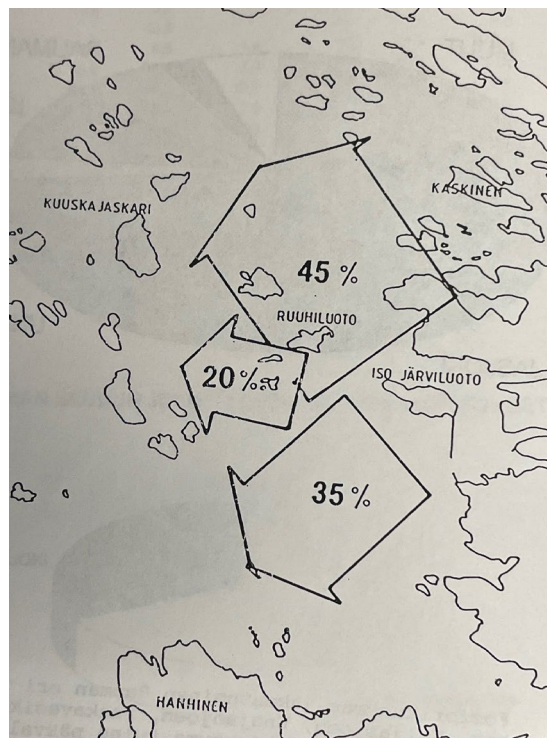
Talvella 2002-2003 vedet olivat poikkeuksellisen kirkkaita Rauman edustaa laajemminkin, ainakin koko lounaisrannikolla. Tämä yhdistettiin edellisen kesän ja syksyn vähäsateisuuteen, vähäiseen ravinne- ja kiintoainevalumaan (Turun sanomat 13.3.2003). Vuositasolla tosin vasta 2003 jokien virtaama oli 2000-luvun pienin. Muutos kuormituksessa näkyi meriveden fosforipitoisuuden laskuna ja poikkeuksellisenä kirkastumisena (Hyvärinen 2005, Kirkkala & Turkki 2005). Ilmiö antoi ymmärtää, että ravinnehuuhtoumalla on Raumankin edustalla merkitystä ja että valuman oleellinen pienentyminen näkyy saman tien laajasti veden laadun paranemisena. Osin tästä lienee kyse, mutta ehkä tätä enemmän talven pysyvistä lumipeitteistä jäällä. Se esti valon pääsyn jään alle. Levätuotantoa ei ollut ja toisaalta jää esti pohjan aineksia nostavan aallokon. Pohjan aineksia ei noussut pintaveteen.

Jokien vuosikeskivirtaamien ja talvivirtaamien arvioidaan kasvavan noin 10 prosenttia ilmastonmuutoksen nostaessa lämpötilaa ja sademäärää. Kasvua tulee olemaan lähinnä syysvirtaamisissa. Tuotantokautta ajatellen lienee merkitystä sillä, että kesävirtaamat pienenevät (Korhonen ym. 2018).

Jätevesikuormitus

Raumalle rakennettiin ensimmäinen kunnallinen jätevedenpuhdistamo 1930-luvulla samoihin aikoihin Pietarsaaren puhdistamon kanssa. Edellä olivat vain Helsinki ja Lahti (Heikkinen 2016). Nykyisin varalaitoksena toimiva Maanpääniemen puhdistamo valmistui 1970-luvun lopulla ja korvasi vanhan Laivurintien puhdistamon Kanalin varressa. Metsäteollisuuden jätevesiä alettiin käsitellä mekaanisesti vuoden 1975 alussa. Kiintoainekuormitus mereen väheni 70 prosenttia (Jumppanen 1976). Metsäteollisuuden jätevesien biologinen puhdistus alkoi vaiheittain vuonna 1986, ensin puolelle metsäteollisuuden jätevesistä.

Vielä 1980-luvulla Rauman metsäteollisuus oli Suomen suurimpia jätevesikuormittajia. 1980-luvun jälkipuoliskolla fosforikuormitus huipentui yli sataan kiloon vuorokaudessa, kun biologista jätevedenpuhdistamoa otettiin käyttöön. Vuonna 1988 kuormitus oli 166 kg P /d (Jumppanen 1989).



Suunnitelma sataman laajentamisesta Ruuhiluotoon, rakentamalla Ulko-Petäjäksestä sinne 800 metriä pitkä pengeryhteys uhkasi katkasta jätevesien laimenemis- ja kulkureitin. Kuvassa on tuolloin tehty hahmotelma jätevesien kulkeutumis suunnista merialuetarkkailussa mitattujen sulfittisellutehtaan jätevesien lignosulfonaattipitoisuuksien perusteella (Hyvärinen 1995).

Virtauksia ja jäteveden kulkeutumista eri satamalaajennusvaihtoehtojen ympäristövaikutusten arvioinnissa (mm. Virtanen 2008) ja Järviluotojen pengertien vaikutusta (Inkala 2014) on sittemmin tarkasteltu matemaattisilla malleilla. Tarkastelut eivät ulotu Selkämeren ulapan ja rantavesien väliseen vesienvaihtoon.

Vuonna 1920 aloittaneen sulfiittisellutehtaan sulkeminen vuonna 1991 vähensi silloisen fosforikuorman alle viidesosaan, mutta uuden sulfaattisellutehtaan myötä kuormitus taas nousi vähitellen vuodesta 1995 vuoteen 2005 asti (. Tuolloinen kuormitushuippu (54 kg P /d) aiheutui viimekädessä lakosta sekä huolto- ja korjaustöistä johtuneista järjestelyistä tehtailla ja puhdistamoilla (Turkki 2006). Tästä alkoi väheneminen vuosien 2023-2024 nykytasolle 13-14 kg P /d (Turkki 2025a).

Rauman kaupungin ja metsäteollisuuden jätevesien käsittely on ollut nykyisellään huhtikuusta 2002 lähtien, jolloin jätevesien yhteispuhdistus aloitettiin (Mattila 2003, Votka 2005).

Yhteispuhdistuksen myötä typpikuormitus väheneni oleellisesti. Jopa lähes 800 kg N /d huippuvuosista tultiin alle 500 kilon tasolle. Lasku jatkui 2010-luvulla ja 2020-luvulla on jo oltu alle 300 kg N / d –tasolla (Turkki 2025). Kilomääräistä vähenemää suurempi merkitys on arvioitu olleen laadullisella muutoksella, leville käyttökelpoisen typen vähenemisellä. Yhteispuhdistamon käsittelemässä jätevedessä epäorgaanisen typen pitoisuus laski jopa alle määritysrajan.

Nykyisellään metsäteollisuuden ja kaupungin yhteispuhdistamolta tulevan jätevesikuormituksen vaikutus näkyy selvästi itse purkualueella, aallonmurtajien sisäpuolella, ja ajoittain selvästi myös Iso Järviluodon luoteispuolella ja Satamalahdessa ulottuen jonkin matkaa vielä Valkeakaran väylän suuntaan, sekä etelässä Hansklopissa (Turkki 2025a).

Jätevesien leviämis- ja laimenemissuunnista on tehty satamaan laajentamissuunnitteluun liittyen virtausmallinnuksia (mm. Virtanen 2008, Inkala 2015). Niiden perusteella jätevesien fosforipitoisuutta nostava vaikutus on laajempi ulottuen mm. Kortelanlahteen.

Jätevesien purkualue on muuttunut. Iso Järviluotoon, Vähä Järviluodon kautta, tehty pengertie päästää Satamalahden puolelle murto-osan aiemmasta virtaamasta. Suomen ympäristökeskuksen Tarkka-satelliittikuvista näkyy, kuinka jätevesi kiertää Iso Järviluodon eteläpuolelta ja tulee sataman suulla taas aiemmalle kulkureitilleen Valkeakaran väylän suunnassa ulos. Luodetuulella vedet kulkeutuvat Hanhisten suuntaan.

Jätevesien leviämissuunnissa, aallonmurtajan sisäpuolella, satamalahdessa, Järviluodon luoteispuolella ja Valkeakarin väylällä pintakerroksen fosforipitoisuudet ovat selvästi alempia vesikerroksia suurempia (Turkki 2015). Kun aallokko ei sekoita vettä, jätevesi leviää näkösällä, jopa aivan tarkkarajaisena pintakerroksena, lämpimyyttään ja vähäsuolaisuuttaan kevyempänä, raskaamman meriveden päällä.

Suunnitteilla oleva Järviluodon varsinainen tiepenger kuroo purkualueen pienemmäksi. Purkualueen tilan kannalta oleellista on, että sinne johdettu jätevesi on puhdistamon ilmastusaltaassa niin hyvin hapettunutta, ettei happi ei lopu penkereiden rajaamassa "lammikkopuhdistamossa".

Rauman metsäteollisuus on 2000-luvulla supistunut kahdella paperikoneella. Näköpiirissä olevat uudet teollisuushankkeet, polttoaineiden valmistus Ulko-Petäjässä ja Iso Järviluodossa, eivät toteutuessaan tulisi olemaan ravinnekuormittajia.

Typpikuormituksen vähentäminen kaupungin ja metsäteollisuuden jätevesien yhteispuhdistuksella

Kokonaisravinteiden määräsuhteen perusteella fosfori on ollut minimiravinne koko Rauman edustan merialueella (Kirkkala 2006). Leville käyttökelpoista on tästä kuitenkin fosfaattifosfori, tyypestä ammonium-, nitraatti- ja nitriittityppi.

Rauman kaupunki avusti 1980-luvulla typen merkitystä selvittänyttä tutkimusta ja Kemira Oyj:lle annettiin 1990-luvulla tilaisuus tehdä Maanpääniemen puhdistamolla typenpoistokokeiluja.

Jumppanen (1998) arvioi, että tuolloin erikseen puhdistetuissa metsäteollisuuden jätevesissä oli leville käyttökelpoista tyypeä 10 prosenttia, kun osuus Maanpääniemen puhdistamolla käsitellyissä kaupungin jätevesissä oli 95 prosenttia.

Typenpoistovaateisiin vastattiin lopulta johtamalla kaupungin jätevedet huhtikuusta 2002 alkaen metsäteollisuuden puhdistamolle. Kaupungin jätevesien ravinteet korvaavat muutoin metsäteollisuuden jätevesien puhdistuksessa tarvittavaa typen ja fosforin lisäystarvetta. Vatka (2005) arvioi leville suoraan käyttökelpoisen ammonium-, nitraatti- ja nitriittitypen vähenemän olleen noin 94 prosenttia. Jäljelle jäänyt, mereen johdettava typpi on enimmäkseen vaikealiukoisessa, leville sopimattomassa muodossa.

Typenpoisto on jakanut mielipiteitä. Typpi minimiravinteena on sinänsä looginen vaikuttamisen kohde pyrittäessä muun kasviplanktonin määrän vähentämiseen; sinilevien osalta tilanne on monimutkaisempi ja typenpoiston vaikutusten myönteisyys kyseenalaistuu. Typenpoisto parantaa niiden sinilevien asemaa, jotka kykenevät sitomaan vedestä molekyyläristä (N₂) tyypeä (mm. Eloranta 2009). Lappalainen (2018)

näkee typenpoiston vieläkin haitallisempänä: Molekylärisen typen sitominen, johon typenpoisto johtaa, lisää rehevöitymistä.

Yhteispuhdistuksen alkuvuosina 2002-2004 ei ilmennyt, että typensitojasinilevien osuus kasviplanktonissa olisi Rauman jätevesien purkualueella tai ulompana lisääntynyt. Valtalajina oli yhteispuhdistusta edeltäneeseen tapaan *Aphanizomenon* (Kirkkala & Helminen 2005).

Rauman lähivesien sinilevälajisto on sittemmin muuttunut. 1990-luvulta lähtien valtalaji on ollut vedessä tikkumaisena näkyvä *Aphanizomenon flosaquae*. Vedessä nähtynä epämääräinen pikku ”kokkare”, mikroskoopissa kierteinen ”helminauha” *Dolichospermum* (ent. *Anabaena*), on selvästi runsastunut (Turkki 2025a). Typensitojalevä *Dolichospermum*in runsastuminen *Aphanizomenon*in rinnalle sopii veden typpipitoisuuden vähenemiseen. Mutta onko kyse koko Selkämeren typpirajoitteisuuden vähenemisestä vai Rauman jätevesien tuestä? Sinilevälajiston muutoksen ajankohta viittaa edelliseen.

Merialueen havaintopaikkojen kasviplanktonin koostumuksen vertailuissa jätevesivaikutteisimmiksi ajateltavissa olevilla havaintopaikoilla (aallonmurtajan sisäpuoli, jätevesien purkupaikka 350, Hanskloppi 365, Järviluoto 385 ja Riskonpöytä 440B) sinilevien osuus ei näytä suurelta - siis ilmentämään typensitojasinileville typpikuormituksen vähenemisestä koituvaa etua. Sinilevien osuus ylipäättään kasviplanktonbiomassasta on pääsääntöisesti selvästi alle puolet (Turkki 2011, 2022).

Sisäinen kuormitus

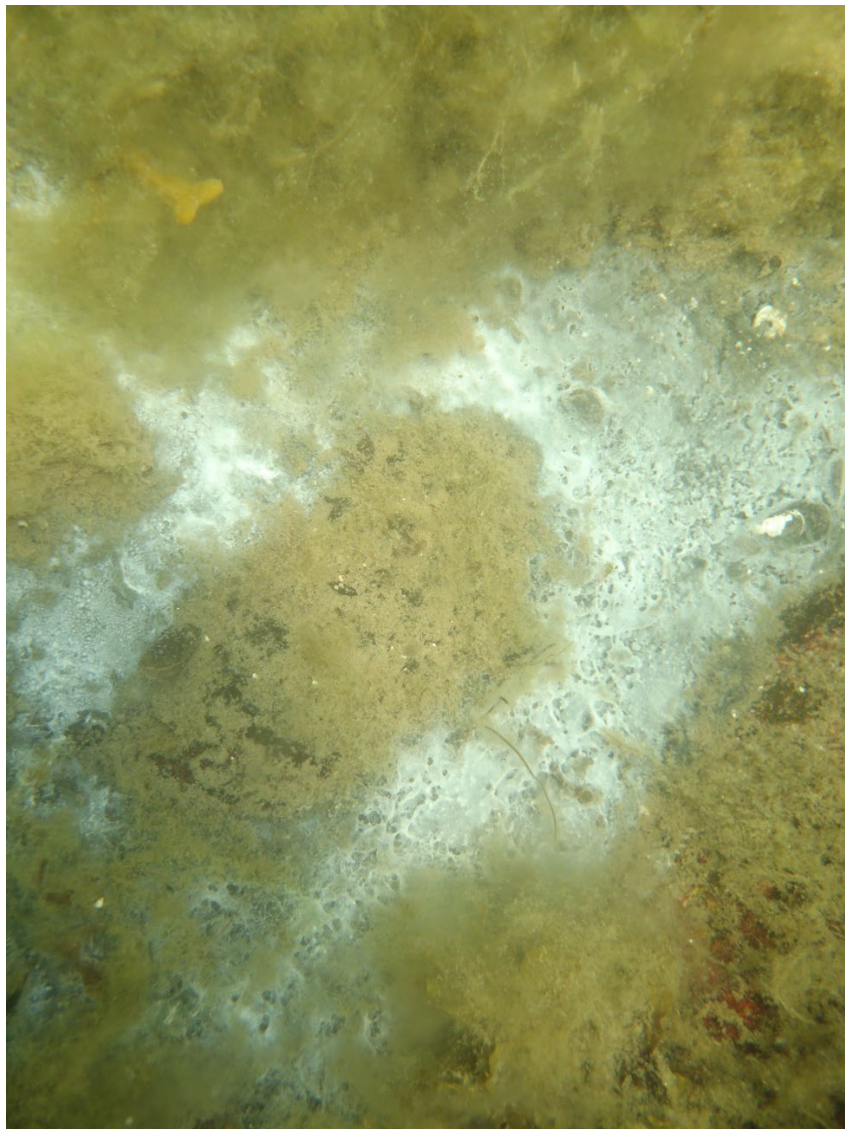
Sisäisen kuormituksen osuus saattaa aliarvioitua, koska käytäntönä on ottaa näyte pohjanläheisestä vedestä metri pohjan yläpuolelta. Sedimentin pinnan happitilanne, redox-potentiaali, voi olla huonompi, kuin yläpuolisen veden happipitoisuuden perusteella näyttää.

Elokuussa 2014 pitkä hellejakso lämmitti veden ja pohjanläheinen happi hupeni. Happi ei ollut loppunut missään näytteessä. Rounakarissa 11. elokuuta happea oli 12 metrissä, metri pohjan yläpuolella, vain 0,91 mg/l ja kyllästysprosentti yhdeksän. Fosforia oli mobilisoitunut (pitoisuus 73 µg/l) ja ammoniumtyyppiä (180 µg/l). Pintaveden lämpötila oli näytteenottopäivänä jo laskenut; 22,8 °C, pohjan lähellä 13,0 °C (Turkki 2015). Kortelanlahdella pintaveden lämpötila oli näytteenottopäivänä sama käytyään 28. heinäkuuta poikkeuksellisen korkeissa lukemissa, 26,8 asteessa.

Lämpeneminen näytti kärjistävän Rounakaran syvänteen jo muutoinkin huonoa tilaa. Sisäinen kuormitus alkoi lisäksi myös Kortelanlahdella. Elokuun happitilanne oli yleisesti ottaenkin 15 prosenttia keskimääräistä huonompi, mutta suuresti kohonneita ravinnepitoisuuksia ei muualta mitattu (Turkki 2015). Tämä selittyy laivaväylien suunnassa syvänteiden paremmalla veden vaihtumisella verrattuna

saariston keskellä eristyksissä olevaan Rounakarin itäpuoliseen vesialueeseen. Jopa Haapasaarenvedellä, jossa ongelmia saattaisi odottaa happikyllästys pohjan lähellä oli peräti 95 prosenttia. Rounakarin episodi näyttää jääneen ajallisesti Rauman edustalla erilliseksi poikkeustapaukseksi (Turkki 2015).

Mitatun fosforipitoisuuden, eri vesikerrosten happipitoisuuden ja oletettavasti hapettomaksi käyneen syvänteiden laajuuden perusteella laskien, vapautuneen fosforin määrä oli ehkä luokkaa kymmeniä kiloja. Rounakarin havaintopaikan happikatoepisodi ei selitä vuoden 2014 käännettä Rauman merialueen tilassa huonompaan, mutta antoi ainakin Rounakarin ja Kortelanlahden syvänteistä oman paikallisen lisänsä.



Jopa avoimilla ulkorantojen pohjillakin näkee kuolleessa irtolevämassassa hapettomuudesta kertovaa, pienialaista *Becciatia*-rikkibakteerikasvustoa. Bakteeri elää rikkivetytitoisen ja hapekkaan veden rajalla.

Sisäistä kuormitusta ajatellen merkityksellisiä saattavat olla loppukesällä suojaisille pohjille kertyvät, laaja-alaiset irtonaisen rihmalevän muodostamat matot, joiden alla pohja on pinnalta musta, hapeton (Norkko 1997).

Selkämeren virtauksista

Suolavesipulssit Itämereen

Pohjanmerestä virtaa Juutinrauman ja Belttien kautta vettä Itämereen, kun Itämeren pinta on ensin pitkällisten itätuulten myötä laskenut tehden tilaa paluuvirtaukselle, kovan länsituulen työntämille vesimassoille. Suolapulssien esiintymistiheydessä ei näytä tapahtuneen muutosta, vaikka toisin on arveltu (Lehmann ym 2022). Sen sijaan Itämeren pohjille suolavesipulssissa saatu happivaranto on kulunut loppuun aiempaa nopeammin.

Suolapulssien historiaa on selvitetty sedimentistä merigeologian keinoin. Suurin suolavesipulssi, 510 kuutiokilometriä, vuonna 1886 alkaneen seurannan aikana tuli Itämereen 25.11.-19.12.1951 (Mätthaus 2006). Tätä Moros ym. (2024) pitää Itämeren suolapitoisuuskerrrostuneisuuden alkusyynä ja syynä edelleen jatkuvaan syvien pohjien hapettomuuteen ja ravinteiden vapautumiseen sedimentistä. Suolavesipulssi päätti 1900-luvun alkupuolella vallinneen Itämeren hyvän jakson. Syvänteet muuttuivat hapettomiksi kuuden, seitsemän vuoden kuluessa suolaisen Pohjanmeren veden tulosta.

Pääpiirteissään syvänteiden hapettomuus on 1950-luvulta asti jatkunut. 1980-luvun kolmena erikoisen kylmänä talvena kerrrostuneisuus jonkin verran heikkeni ja vähäisemmät suolapulssit 1993, 2003 ja 2014 paransivat tilannetta lyhyen aikaa.

Lähes saman suuruinen vesimäärä, kuin vuonna 1951 tuli Itämereen jo 16.12.1921-6.1.1922 (Mätthaus 2006). Se ei kuitenkaan näytä aiheuttaneen vastaavaa kuin vuoden 1951 suolavesipulssi.

Sisäänvirtauksen vaikuttavuus ei edes lähtökohtaisesti määräydy vain vesimäärän mukaan, vaan oleellista merkitystä on sillä, mitä vettä Itämereen tulee, palaako vain juuri aiemmin tilaa tehnyt Itämeren vesi takaisin, vai onko paluuveteen todella sekoittunut merkittävästi suolaisempaa Pohjanmeren vettä (Löptien ym. 2025).

Viimeisin suuri suolavesipulssi tuli joulukuussa 2014 ja tätä pienempi joulukuussa 2023. Suuria vesimääriä on tullut harvakseltaan, noin 30 vuoden välein. Tulevaisuutta, ilmastonmuutokseen vaikutusta suolavesipulssien tuloon on ilmeisen vaikea luotettavasti ennustaa.

Riittäviä suolavesipulsseja tulee liian harvoin. Itämeren syvävesi ehtii välillä liian suuren hapenkulutuksen seurauksena käydä hapettomaksi. Fosforipitoisuus kohoaa yhä maalta tulevan ravinnekuormituksen vähentymisestä huolimatta (Lappalainen 2018).

Hapekkaan veden tulo on itsessään Itämeren syvänteitä tervehdyttävää. Pääaltaan rannikkovesien ja Suomenlahden kannalta haitallinen seuraus on vesimassojen tieltään työntämä, rannikolla kumpuava vanha Itämeren hapeton, ravinteikas syvävesi. Ravinteet päätyvät leville pintaveden tuottavaan kerrokseen. Suuri, Selkämereen saakka pääaltaan ravinteikasta syvävettä tunkeva suolavesipulssi olisi jopa Selkämeren tilan kehityksen kauhuskenaario; seuraisi ravinnepitoisuuksien kohtalokas kasvu.

Selkämereen tulevan virtauksen kannalta kriittisen, pintavettä suolaisemman syväveden, määrän ja sen mukaisen halokliinin sijaintisyyden kannalta suolavesipulssien ohella merkitystä on myös tavanomaisella sisäänvirtauksella Pohjanmerestä Itämereen. Ilmastomuutokseen liittyy tekijöitä, jotka saattavat lisätä sisäänvirtausta (Kuosa 2022).

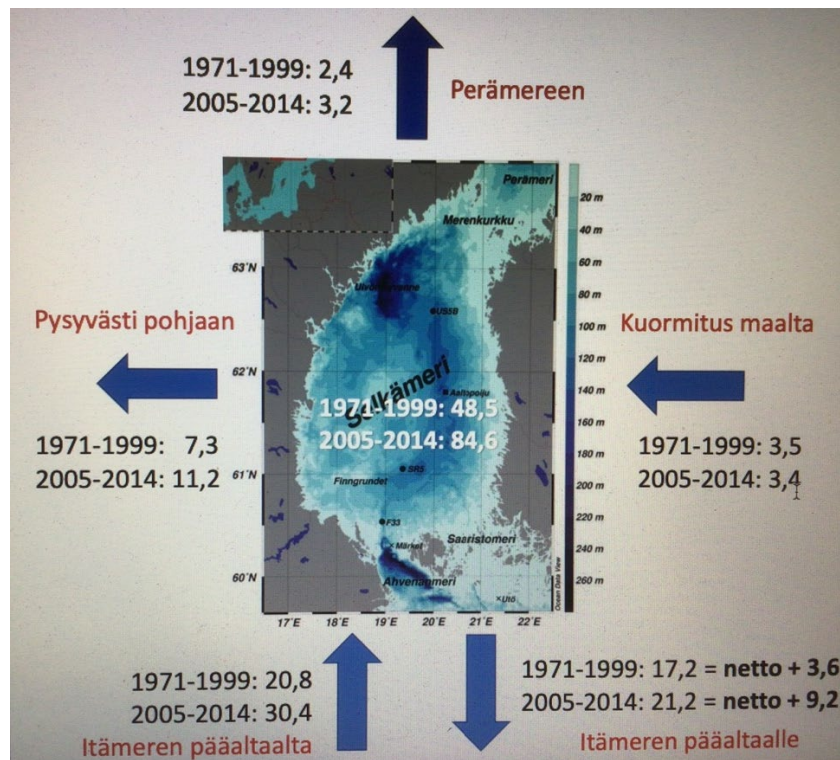
Halokliinin nousu ja pääaltaan veden virtaus Selkämereen

Itämeri on 10000 vuoden historiansa aikana ollut ajoittain rehevä ja sisäinen kuormitus laajalti hapettomilta syviltä pohjilta on säädellyt pääaltaan ja Suomenlahden tilaa. Pohjanlahti sen sijaan ollut jonkinmoisessa turvassa ja elänyt omaa elämäänsä Itämeren ravinteikkaalta syvävedeltä suojassa Ahvenanmeren kynnysten ja Saaristomeren takana.

Viime vuosikymmenten aikaista fosforipitoisuuden kasvua Selkämerellä, jopa Perämerellä, selittää Itämeren pääaltaalta kulkeutuva ravinnevirta. Itämeren pääaltaan suolapitoisuuden harppauskerros, halokliini, pysyvän suolapitoisuuden kerrostuneisuuden yläpinta, on kohonnut 1990-luvun alkupuolelta lähtien ja kerrostuminen voimistunut isojen suolapulssien seurauksena.

Suolapitoisuuden harppauskerros, jyrkkä kerrostuneisuus joki- ja sadevesien laimentaman pintaveden ja Pohjanmeren suolaaman Itämeren syväveden välillä on Itämeren keskeinen hydrografinen ominaisuus. Selkämeren asia koskee vasta kun halokiini nousee yli Ahvenanmeren kynnyksen tason. Tällöin alkaa Ahvenanraumassa ravinteikkaan syväveden virtaus Selkämereen. Selkämeri itse ei edelleenkään ole juurikaan kerrostunut suolapitoisuuden suhteen.

Erik Palmenin (1930) selkeässä virtauskarttakuvassa jokien tuoma vesiylimäärä Pohjanlahdelta poistuu Ahvenanmeren kautta pääaltaalle. Ajatus Selkämeren sisään virtaavan veden uhasta saattaa tuntua tätä ajatellen ensikuulemalta epätodennäköiseltä. Mutta, ratkaisevan oleellista onkin, että ongelma ei aiheudu Palmenin selvittämän pintavirtauksen johdosta, vaan sille vastakkaisesta ravinteikkaamman veden sisäänvirtauksesta 40-100 metrin syvyydessä.



Selkämeren fosforitase. Luvut ovat 1000 tn P /a. Vuosien 1971-1999 lukemista näkee, että fosforia on liikkunut ennenkin. Selkämereen jäävän fosforin osuus, netto, on kuitenkin kasvanut suhteessa enemmän kuin tulevan fosforin määrä (Gustafsson ym. 2017, Savchuk 2018, Kuosa 2022).

Vedenvaihdossa Selkämereen siirtyy vuosittain 9200 tonnin fosforilisäys. Tästä 1300 siirtyy nettona Perämereen. Selkämeren oman alueen fosforia on kokonaiskuormituksesta vain 30 prosenttia. Selkämeren fosforivarannosta kuormitus on nelisen prosenttia (Savchuk 2018, Kuosa & Peltonen 2021).

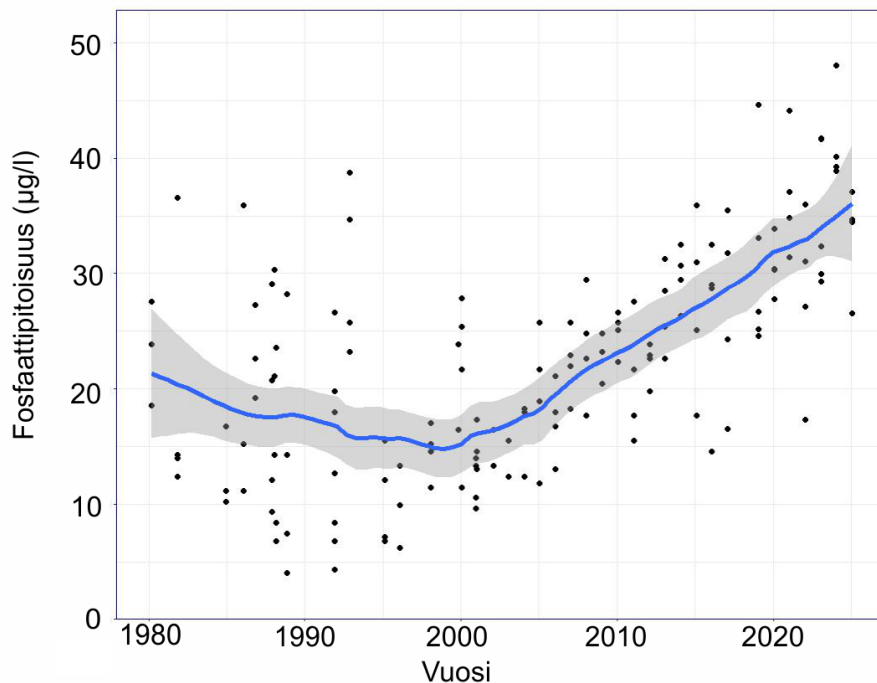
Pääaltaan vesien pääasiallinen reitti Selkämerelle kulkee Lågskärin syvännettä, osin vedet kulkevat tämän länsipuolella Ahvenanmeren pääaltaaseen ja edelleen Ahvenanraumasta Selkämereen (Westerlund ym. 2022).

Helminen & Inkala (2024) arvioivat Itämeren pääaltaalta siirtyneen 2000-luvulla vettä Selkämereen keskimäärin 669 km³ vuodessa. Selkämerestä on puolestaan virrannut ulos jokivesien aiheuttaman ylimäärän, 210 km³/a vuoksi keskimäärin 879 km³ vuodessa. Vaikka merivedenvaihto menee määrällisesti päittäin, on ainevirtaama suuri johtuen syvällä sisään ja pinnassa Selkämerestä ulos virtaavien vesien ravinnepitoisuuksien erosta.

Helminen & Inkala (2024) arvioivat edelleen Itämeren pääaltaalta Selkämereen tulevan fosforin määrän liki kaksinkertaistuneen 2000-luvulla. Vuosina 2000-2014 fosforimäärä oli noin 14,5 tuhatta tonnia TP vuodessa, mutta sen laskettiin kasvaneen yli 20 tuhannen tonnin vuodessa vuosina 2015-2021. Toisaalta myös ulosvirtaus kasvoi. Selkämeren fosforivarannon nettolisäys on ollut arviolta kolme - neljä tuhatta tonnia vuodessa 2000-2014 ja kahden ja puolen tuhannen tonnin tasolla vuosina 2015-2021.

Toki fosforilisäyksessä on tässä kyse merialueen mittaluokasta, eikä ilmiö vaikutuksiltaan skaalaudu Rauman merialueen paikalliseksi lähivesien taustakuormitukseksi, mutta vertailun vuoksi: Rauman yhteispuhdistamon vuotuinen kuormitus oli vuonna 2024 neljä ja puoli tonnia kokonaisfosforina (Turkki 2025a). Merialuetasolla ainevirtaama Itämeren pääaltaalta olisi näin siis suuruusluokkaa 500 kertainen Rauman kaupungin ja metsäteollisuuden aiheuttamaan kuormitukseen nähden. Suhde kertoo, ettei paikallisilla vesiensuojelutoimilla käytännössä voi vaikuttaa ulapan tilaan.

Suuruusluokaltaan Selkämeren ravinnevarannon vuotuinen nettolisäys on ollut jopa kolminkertainen verrattuna Selkämereen maalta tulevaan kokonaiskuormitukseen. Vuotuinen huuhtouma ja jätevesikuormitus maalta on fosforina vain muutamia prosentteja Selkämeren ravinnevarannosta.



Selkämeren ulapan (SR 5) syväveden (70-120 m) fosfaattifosforipitoisuuden kasvu (Suomen ympäristökeskus 2.4.2025). Rauman merialueelta mitatut talviset fosfaattifosforipitoisuudet eivät näytä seuranneen ulapan viimevuosien nousutrendiä

Liukoisen, leville käyttökelpoisen fosfaattifosforin (PO_4) pitoisuus Selkämeren ulapan syvävedessä ylittää jo 30 mikrogrammaa litrassa. Rauman merialueelle kummutessaan sillä on pitoisuuksia nostava vaikutus. Maaliskuussa 2025 fosfaattifosforin pitoisuus oli Kylmäpihlajan edustalla 13 $\mu\text{g/l}$, Kortelanlahdessa kolme mikrogrammaa litrassa (Turkki 2025b). Pitoisuuksissa on suurta vaihtelua.

Selkämeren syvän veden suuri fosforipitoisuus näkyy viiveellä pintavedessä. Koska Selkämeri on muuttunut fosforirajoitteisesta typpirajoitteisuuden suuntaan, molemmat pääravinteet vaikuttavat ekosysteemin toimintaan. Typen ja fosforin suhde määrää, jääkö kevätkukinnasta sinileville kesäksi ylijäämäfosforia (Kuosa 2018).

Rauman merialueen talviset fosfaattipitoisuudet eivät jostain syystä näytä seuranneen ulapan pitoisuuksien kasvua. Pitoisuudet ovat olleet suurimmillaan ennemminkin veden laadun ollessa parhaimmillaan ja vielä 2010-luvun loppupuolella. 2020-luvulla fosfaattipitoisuudet ovat yllättäen näitä pienempiä. Kokonaisfosforissa kasvu näkyy (Turkki 2025 ym.).

Pintaveden virtaus Saaristomereltä

Pitkään ajateltiin, että kaakkoisen Selkämeren rannikkovesien kannalta ensisijainen taustakuormittaja on Saaristomeri (mm. Hyvärinen 1996, Helminen & Kirkkala 2005, Pitkänen 2008), jonka kautta coriolis-voiman ja lounaistuulten aikaan saama virtaus Selkämeren rannikkoa ylös on useimmin vallitseva (Palmen 1930).

Lounaisessa sisäsaaristossa, Turun edustalta Uudenkaupungin edustalle ainakin vedenlaadullinen yhteys näyttää olevan, mutta johdonmukaista "Saaristomerien rehevyyden laimenemisen gradienttia" rannikolla pohjoiseen ulommassa rannikkovedessä ei ole ollut.

Teilin ja Kihdin syvänteet, etelä-pohjoissuuntaiset yhteydet pääaltaalta Selkämereen mahdollistanevat myös pintavirtausta syvemmällä tapahtuvaa veden vaihtoa.

Nyttemmin reitiksi on osoittautunut Ahvenanrauma (mm. Hietala ym. 2007, Kämäri ym. 2011). Ahvenanmeren kautta virtaavan veden määrä on kokonaisvirtauksesta noin kolme neljäsosaa. Merialueen suuremman syvyyden vuoksi se on merkittävämpi reitti vesien kulkeutumiselle Selkämereen kuin Saaristomeri. Myös virtausten vuodenaikaisessa jakautumisessa on eroa (Miettunen ym. 2024).

Vaikka Ahvenanraumasta tuleva taustakuormitus Itämeren pääaltaalta on suurempi kuin Saaristomerien läpi kulkeutuva, on jälkimmäinen merkittävä Vakka-Suomen ja eteläisen Satakunnan rannikkovesien kannalta (Helminen 2021). Saaristomerien tilan paraneminen ei kuitenkaan riitä pysäyttämään Selkämeren rehevöitymistä.

Helminen & Inkala (2024) havaitsivat mallinnuksella nettovirtauksen Saaristomerellä käyneen vuonna 2015 pohjoisesta etelään. Seurasiko tästä jotain Selkämerellä? Coriolis-voiman aiheuttama kiertoliike ja vallitseva tuulensuunta saavat aikaan pääsääntöisesti vastapäivään rannikkoa pitkin kulkevan pintavirtauksen, mutta sen pysyvyys ei ole likimainakaan sataprosenttinen (Palmen 1930). Suunta vaihtelee lyhyessäkin ajassa. Eteläisen Selkämeren tilan muutosten ymmärtämisen kannalta mahdollinen ravinteiden nettovirtauksen muutos Saaristomerien kautta on kiinnostava - Rauman merialuetta myöten.

Veden kirkkautta silmämääräisesti tarkastellen ja näkösyvyytenä mitaten syntyy vaikutelma, että kaakkoisen Selkämeren kirkkaimmat vedet ovat Uudenkaupungin – Kustavin – Brändön ulommalla merialueella. Kustavia on tässä Isokari. Paikan päällä ei ole näyttänyt siltä, että siellä kulkisi ravinnevuoto Saaristomereltä Selkämereen.

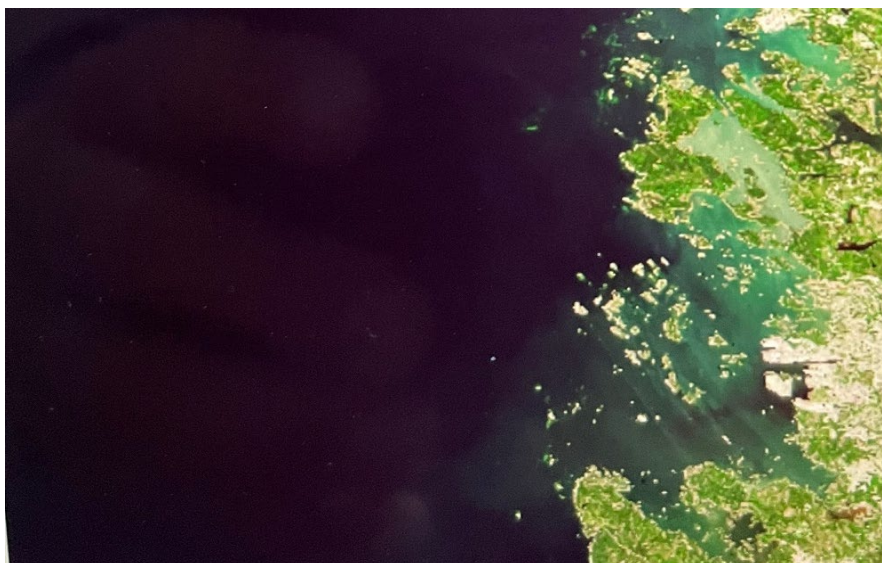
Kirjoittajan omissa näkösyvyysmittauksissa - vaikka ovatkin paljolti Rauman edustalta - kaikki seitsemän yli 10 metrin havaintoa on Uudenkaupungin pohjoisesta ulkosaaristosta (max. 11,0 metriä Vekara 4.5.2008). Isokarin eteläpuolella näkösyvyys oli syyskuun alussa 2024 hyvä kahdeksan metriä.

Rauman ja Uudenkaupungin merialuetarkkailuissa (Turkki 2025a ym.) selvää eroa ei hahmotu. Uudenkaupungin tausta-alueella Putsaaren aukolla on yleensä enemmän kasviplanktonia, kuin on Rauman taustana käytettävällä Kylmäpihlajan havaintopaikalla. Vuonna 2024 eroa oli toisinpäin. Heinäkuinen biomassa Rauman edustalla oli yli kaksinkertainen ja elokuinenkin puolitoistakertainen Putsaarenaukkoon verrattuna. Jo Truutinpauhalla (LoSYK 310) Pyhämaan edustalla kokonaisfosforipitoisuus oli 30 prosenttia, tyyppi 11 prosenttia pienempi kuin Kylmäpihlajan edustalla (Turkki 2025a).

Kumpuaminen ja resuspensio Selkämeren rannikolla

Suomen ympäristökeskuksen Tarkka-palvelun satelliittikuvajulkaisuja seurattaessa kiinnittää ennen pitkää huomiota Selkämeren rannikolle ilmestyvään leveään, vihreään vyöhykkeeseen. Myös veneeseen meri voi näyttää jopa matkailumainosten rantojen tapaan kauniin turkoosilta. Vesi on kuitenkin sameaa.

Kyse on kovan pohjoistuulen aiheuttamasta kumpuamisesta ja pohjalle kertyneen aineksen resuspensiosta (Jenni Attila, Syke sähköpostiviesti 11.6.2018). Ekman-teorian mukaisesti rannikon suuntaisesti puhaltava pohjoistuuli kuljettaa vettä vasemmalle jäävästä rannasta tuuleen suuntaan nähden oikealle, eli merelle päin. Rannikolta poistuva vesi korvautuu syvemmältä kumpuavalla vedellä (Myrberg ym. 2006).



Planktonlevämäärä oli alkavan kesän kynnyksellä 31.5.2018 vähäinen saariston ulkopuolella ja vesi kirkasta. Oli vähätuulinen jakso, jolloin aallokkokkaan ei samentanut vettä.



Muutamaan päivää myöhemmin, 5.6.2018, kovan pohjoistuulen aiheuttama kumpuaminen oli nostanut samentavaa ainesta pintaan ja resuspensio oli samentanut veden. Näkösyvyys hupeni puoleen kumpuamista edeltäneestä tilanteesta.

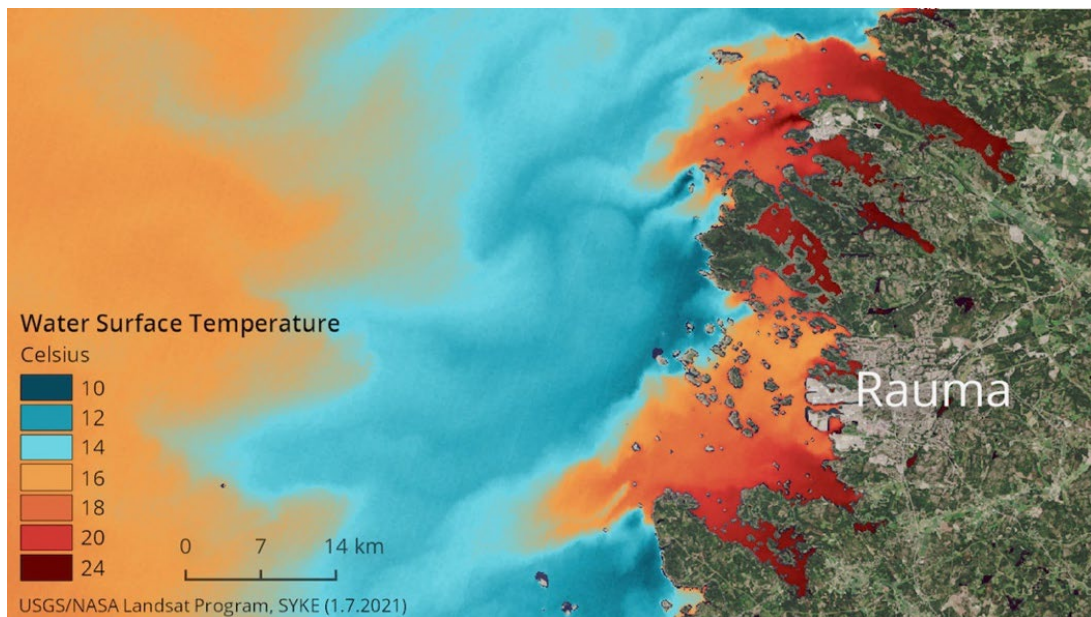
Tarkka-palvelun tosivärikuvat sisältävät muokattua Copernicus Sentinel –dataa, Syke 31.5. ja 5.6.2018

Kumpuaminen aiheuttaa akuutin samenessen pohjalta nousevalla aineksella. Kumpuaminen on myös virtaus, joka nostaa syväveden ravinteita pintaveteen levien käyttöön.

Kumpuamisen nostamasta aineksesta on rehevöitymisen myötä enenevä osa orgaanista ja sellaisena kasvualusta bakteereille. Niillä lienee oma osansa veden samentajina.

Mahdollisista muutoksista kumpuamisessa tai niiden toistumisessa ei ole tietoa. Nopeasti vaihtuvista tilanteista aiheutuu nähtävästi hajontaa veden laadun seurantatuloksiin.

Vajoamista on vesilläliikkujan vaikea havaita, mutta Selkämeren rannikolla se on kumpuamista tavallisempaa. Kumpuamisalueetutkimuksessa Myrberg & Andrejev (2003, 2006) päätyvät pitämään Selkämeren rannikkoa varsin selkeästi vajoamisalueena (downwelling). Kovalla etelätuulella ulapan pintavesi siirtyy tuulen suuntaan nähden oikealla olevaa rannikkoa kohti ja painuu lopulta syvemmälle.



Kesken kesähelteiden saattaa saariston ulkoreunaan kummuta yllättävän kylmää vettä (Suomen ympäristökeskus).

Matalilla vesialueilla vesi kirkastuu tyynellä jaksolla ja samenee taas aallokon kasvaessa. Pohjasta varmaankin resuspendoituu tällöin ravinteita ja seuraa levätuotannon lisääntymistä, mutta akuutisti sameneminen aiheutuu pohja-aineksesta ja detrituksesta.

Suolapitoisuudesta, lämpenemisestä ja näkösyvyydestä

Meriveden suolapitoisuus

Meneillään olevaan Selkämeren suolapitoisuuden muutokseen kiinnitetään Suomen ympäristökeskuksen tiedotteissa ensikertaa huomiota vuonna 2002, jolloin todettiin edellisten vuosikymmenten aikaisen vähittäisen suolapitoisuuden vähenemisen olevan hidastumassa ja vuoden 2003 loppukesällä todettiin Selkämeren ulapan pohjanläheisten vesien suolaisuuden jonkin verran kasvaneen. Muutos on pieni, 0,2 promillen luokkaa.

Pääosa Rauman ulkosaaristosta on sisempää rannikkovettä. Sen ulapanpuoleiset vedet rinnastuvat pitkälti mantereenpuoleiseen ulompaan rannikkoveteen. Esim. Pienen Hylkikarran (360) havaintopaikalla veden suolapitoisuus maaliskuun näytteissä ei eroa Kylmäpihlajan edustan näytteistä mitatusta suolapitoisuudesta (Turkki 2025a ym.).

Maaliskuisen pohjanläheisen veden 2000-luvun suurimmat suolapitoisuudet (6,1 - 6,2 ‰) osuvat Kylmäpihlajan, Rounakarin, Kortelanlahden ja Kaurasten näytteissä samoihin vuosiin 2014 ja 2024. Suolapitoisuuden muutokset ovat pieniä, mutta yhdenmukaisia. Suolapitoisuuden nousu johtuu Selkämeren ulapalta tulleesta vedestä. Pitoisuuden nousun saman suuruisuus ja samanaikaisuus ilmentävät samaa ulapan vaikutusta koko kaupungin edustan merialueella.

Nyky-suolapitoisuuksien ero verrattuna ”turskavuosien” aikaiseen veden suolapitoisuuteen ei vaikuta kovin suurelta (6,2-6,5 ‰, Pieni Hylkikarta, maaliskuussa 1980-1986, pohjanläheinen vesi, Jumppanen 1987). Suolapitoisuuden vähentyminen 1990-luvulla näkyy kuitenkin merellisen kalaston, erityisesti kampeloiden, vähenemisenä (Hyvärinen 2024).

Rauman merialueella 2000-luvulla ei ole selvää suolapitoisuuden muutostrendiä. Suolapitoisuuden vähäiset nousut eivät ole jääneet pysyviksi.

Havaitut pienet suolapitoisuuden nousut maaliskuussa 2014 ja 2022-2023 näyttävät liittyvän seuraavan kesän levämäärään Tuolloin myös klororofylli a:n ja kasviplanktonbiomassan määrä kasvoi (Turkki 2025a ym.). Syy-yhteyksiä mutkistaa heinä-elokuisen pintaveden lämpeneminen osin samoina vuosina, 2014 ja 2020-luvulla. Missä määrin levämäärän kasvussa on ollut kyse ulapalta kulkeutuvista ravinteista ja missä määrin samoina kesinä perustuotantoa lisänneestä keskimääräistä lämpimämmästä vedestä? Pitkällä aikavälillä kasvun selittäjäksi jää ulapan vaikutus.

Meriveden lämpeneminen

Itämeren pintalämpötila on kohonnut vuoden 1990 jälkeen lähes 2 °C, ja lämpötilan arvioidaan kohoavan edelleen ilmastonmuutoksen takia merkittävästi (Suomen ympäristökeskus 6.9.2019). Itämeren vesi lämpenee ja syvän veden lämpötilat olivat talvella 2021 paikoin ennätysellisen korkeita johtuen todennäköisesti poikkeuksellisen lämpimästä, Rauman edustallakin lähes jäättömästä talvesta, 2019–2020, Itämeren vesimassojen liikkeistä sekä ilmaston muutoksen vaikutuksista (Suomen ympäristökeskus 4.3.2021). Selkämeren ulapalla pohjanläheinen vesi on lämmennyt noin puolitoista astetta. Kortelanlahdella tehdyissä mittauksissa vuodesta 2005 (n= 1873) pintaveden kesä-elokuun kuukausikeskiarvolämpötila vaihtelee 2005-2019 koko aikasarjan pitkäajankeskisarvon molemmin puolin vailla trendiä. Vuodesta 2020 alkaen vuoteen 2024 kaikkina vuosina kesä-elokuun pintalämpöjen keskiarvo on kuitenkin ollut yli pitkän ajan keskiarvon. Vuonna 2025 jäätiin taas alle. Jakson 2005-2019 kesäkuukausien pintaveden keskiarvo oli 17,9 °C, 2020-luvun vuosien kesäkeskiarvo noin asteen korkeampi, 18,8 °C.

Vuosina 2007-2009 Kortelanlahden pintavesi oli kesä-elokuussa kahdenkymmenen vuoden jakson saman ajan keskiarvoa kylmempää. Touko-syyskuun keskiarvoina verraten kaikkina vuosina 2007-2013 pintaveden keskiarvo jäi alle koko aikasarjan keskiarvon. Samaan aikaan myös veden laatu oli nykyistä parempi. Vastaavasti kesällä 2025 pintavesi oli edeltäneiden kesien vesiä viileämpää – ja edeltäneitä helpompi sinileväkesä

Kortelanlahdella jakson kylmin pintavesi oli vuonna 2017; ainoa vuosi jaksolla 2005-2025, jolloin pintaveden lämpötila ei ylittänyt 20 astetta. Heinä-elokuussa pintaveden lämpötilamittausten keskiarvo jäi 1,7 astetta pitkän ajan keskiarvon alapuolelle.

Vedenlaatuajaksarjoissa 2020-luku näyttää kiihtyvältä huononemiselta. Osatekijä näyttää olevan keskeisen tuotantokauden aikainen veden lämpimyys.

Seurantajakson 2005-2025 kesäaikaisen pintaveden keskilämpötila Kortelanlahdella oli 18,2 astetta. 2020-luvulla vain kesä 2025 jäi tämän alle. Vuosien kesäajan lämpötilakeskiarvo oli 18,8 °C.

Turkin (2015) mukaan klorofyllipitoisuuden kasvu Rauman edustalla pitkäaikaikeskiarvoihin verrattuna keskimäärin kaksinkertaiseksi elokuussa 2014 oli seurausta heinäkuun loppupuolelta elokuun puoliväliin

jatkuneesta poikkeuksellisesta hellejaksosta, joka oli lämmittänyt pintaveden useita asteita keskimääräistä lämpimämmäksi. Myös sameus lisääntyi ja leviin sitoutuneina ravinteiden pitoisuus. Samansuuntainen muutos oli havaittavissa myös tausta-aseamalla Kylmäpihlajan edustalla. Heinä-elokuussa pintaveden lämpötila oli Kortelanlahdella keskimäärin 2,2 °C yli vuosien 2005-2025 saman ajankohdan keskiarvon. Korkein pintaveden lämpötila, 26,8 °C, mitattiin 28.7.2014. Elokuussa pintaveden lämpötila poikkesi pitkän ajan keskiarvosta kolme astetta.

Veden laatu muuttui nopeasti. Vaikka suolapitoisuuden vähäisessä kasvussa 2014 voikin nähdä ulapan lisääntyntä vaikutusta Rauman merialueen vedenlaatuun, nopean muutoksen selittää veden poikkeuksellinen lämpeneminen. Iluksen ja Keskitalon (2008) tutkimuksessa Loviisan ydinvoimalan jäähdytysvesien vaikutusalueella lämpötilan nousu oli ravinteiden lisäystä merkittävämpi levätuotannon stimuloija. Lämpö lisäsi erityisesti *Aphanizomenon*-sinilevän biomassaa. *Aphanizomenon* on Rauman edustalla runsaimmin esiintyvä sinilevä.

Myös kesät 1997 ja 1999 olivat lämpimiä. Näiltä vuosilta olivat Saaristomeren vahvat kuhavuosisiluokat, jotka tuottivat aikanaan ennennäkemättömän suuren saaliin Selkämerellä, myös Rauman merialueella. Fosforimäärässä ja levätuotannossa ei kuitenkaan tapahtunut erityisempää. Toisin, kuin yleensä kesällä 1997 vesi Rauman merialueella kerrostui vakaasti. Happipitoisuus aleni, mutta sisäisten ravinnekiertojen osuus merialueen ravinnetaloudessa jäi vakaan kerrostuneisuuden vuoksi vähäiseksi (Jumppanen 1976,1998).

Rauman rantojen avoimuus ei suosi veden kerrostumista, vaan se mitä tyynellä ja lämpimällä muodostuu, purkautuu helposti tuulen taas yltyessä. Periaatteessa ilmaston lämmitessä kesäaikaisen pintaveden kerrostuneisuuden voi olettaa veden lämpenemisen myötä lisääntyvän (Alenius 2018).

Kesällä 1999 puolestaan huuhtoumat maalta jäivät harvinaisen pieniksi. Meriveden fosfori- ja klorofyllipitoisuus vaihteli huomattavasti Itämereltä virtaavien vesimassojen, meriveden kumpuamisen ja tuulten aiheuttaman sekoittumisen sekä mantereelta mereen huuhtoutuvan hajakuormituksen vaikutuksesta. Ylipäättään näytti siltä, että merialueen ravinnetalous oli kesä kautena melko tasapainoinen ja ravinnekuormitus vastasi suurin piirtein ravinteiden kokonaispoistumaa vesimassasta (Jumppanen 2000).

Näkösyvyyden väheneminen

Rehevöityminen näkyy näkösyvyyden vähenemisenä. Näkösyvyys on vesillä liikkujan silmämääräisen havainnoinnin ja kokemusten kannalta keskeinen mitta. Veden kirkkautta arvostetaan meren ”puhtautena”.

Itämeren ulapalla näkösyvyys on vähentynyt. Sandén & Håkansson (1996) esittelevät aikasarjan vuodesta 1919 alkaen, jossa näkösyvyys on vähentynyt keskimäärin viidellä senttimetrillä vuodessa ilmentäen perustuotannon kasvua.

Selkämerellä näkösyvyys näyttää parantuneen 1900-luvun alusta tiedossa olevista lukemista 1950-luvulle saakka. Parhaimmillaan mittaustulosten keskiarvo oli 12 metrin luokkaa ja huippulukemat noin 18 metriä. 1970-luvulta Selkämeren näkösyvyys pieneni ulapan a-klorofyllin kesäpitoisuuden noustessa 1990-luvun loppupuolelle tultaessa 180 prosenttia (Piepponen ym. 2024). Näkösyvyyden heikkeneminen pysähtyi vuosituhaten vaihteessa reilun kuuden metrin tasolle ja kääntyi hienoiseen kasvuun (Laamanen ym. 2004) jääden 2000-luvun alkuvuosiksi silleen (Fleming-Lehtinen ym. 2006).

Näkösyvydessä on tietysti vuodenaikaan liittyvää vaihtelua (mm. Mangin ym. 2007). Kaikki se ei johdu levätuotantokauden vaiheesta, vaan valumavesien vaikutusalueella maaperän kiinto- ja väriaineet vaikuttavat. Selkämeren rannikolla pohjoistuuleen aiheuttama kumpuaminen aiheuttaa merkittävää, mutta tilapäistä samenessa nostamalla pohjan aineksia pintaveteen. Rehevöityminen lisää pohjalta kumpuavan orgaanisen aineen määrää.

Mangin ym. (2007) mainitsevat Itämeren pääaltaan jääpeitteettömän ajan suurimmat näkösyvyydet mitatun maaliskuuhuhtikuulla. Ratkaisevaa on mittauksen ajoittuminen ennen kevätkukintaa.

Näkösyvyys irtoaa muista seuratuista vedenlaatuparametreista. Kyse ei näytä johdonmukaisesti olevan vain ravinnepitoisuuksien tai kasviplanktonbiomassan kasvusta. Jotain merkitystä lienee myös kasviplanktonlajiston muuttumisella pienikokoisemmaksi.

Kortelanlahden näkösyvyys on vuosien 2003-2025 aineistossa (n = 1671) kaksijakoinen. Vuosina 2003-2014 kesä-elokuun näkösyvyysmittausten keskiarvo oli kaikkina vuosina suurempi kuin koko aikasarjan keskiarvo tai vähintään keskiarvo (2010). Vuosina 2015-2025 kesäkuukausien keskiarvo jäi vastaavasti alle koko aikasarjan keskiarvon vuotta 2022 lukuun ottamatta.

Jaksolla 2002-2014 suurimmat näkösyvyydet Kortelanlahdella on mitattu enimmäkseen kesäkuukausina, mm. kaksi viiden metrin ylitystä, 5,2 metriä (28.8.2006) ja 5,1 metriä (27.8.2011). Jälkimmäisellä kymmenvuotisjaksolla on taas talvi- ja kevätkausina näkösyvyys ollut keskiarvoa suurempi, jopa Kortelanlahden huippulukemia, 5,0 metriä 18.12.2023.

Kesäkuukausien mittausten keskiarvona näkösyvyys oli aikasarjan suurin vuonna 2009 (3,6 m) ja pienin 2024 (2,4 m), kun huomioon ei oteta väyläruoppauskesää 2017. Vuosien 2003-2014 mittausten keskiarvo Kortelanlahdella oli 3,1 metriä 2015-2025 2,35 metriä.

Talviaikainen näkösyvyys ei ole heikentynyt vastaavasti johtuen paljolti planktonlevien puuttumisen ratkaisevasta merkityksestä näkösyvyydelle.

Tammi-maaliskuun näkösyvyysmittausten keskiarvo Kortelanlahdella oli 2003-2025 2,6 metriä.

Rauman ulommalta merialueelta, Nurmeksennokka – Laitakari, vuosina 2005-2025 mitatuissa näkösyvyyksissä (n = 223) ei näytä tapahtuneen merkittävää muutosta vuoteen 2014 mennessä. Selkämeren ulapan pohjien tilan heikkeneminen ei vielä näkynyt Rauman edustalla. Vuosittaisten kesäkuukausien näkösyvyysmittausten keskiarvo oli 6,3 metriä (5,4-7,9 m). Sen jälkeen vuoteen 2021 on ollut pientä laskua, 5,9 metriä (4,8-6,5 m). Jaksolla on ensimmäinen aiemmista selvästi poikkeava vuosi 2017. Viime vuosina 2022-2025 keskiarvo on painunut jo selvästi, 4,9 m (4,2-6,5 m).

Suurin muutos on ehkä kuitenkin ajoittain ulkomeren vedeksi hyvin samean veden episodeissa. Vuodesta 2017 alkaen näkösyvyys on ollut ajoittain vain kaksi, kolme metriä. Kun vuosina 2005-2014 Rauman ulommalla merialueella näkösyvyys oli alle neljän metrin vain yhtenä 72 mittauspäivästä, oli sameiden päivien määrä 2023-2025 jo lähes viidennes kesä-elokuun mittauspäivistä, siis kymmenkertainen. Tämä johtunee erilaisesta kumpuamisesta, ainakin laadullisesti. Onko kumpuava vesi aiempaa sameampaa?

Saman suuntaista on nähtävissä Suomen ympäristökeskuksen Tarkka-tosivärikuissa. Verratessa touko-kesäkuun (sinileväsamennusten poissulkemiseksi) pilvettömien päivien kuvia voi nähdä vuosista 2018-2019 alkaen selvän kasvun sellaisten kuvien määrässä, joissa merivesi näyttää samealta. Episodit voivat olla hyvin lyhytkestoisia. Kuvassa, joka on otettu muutamaa päivää ennen tai pian jo samean veden päivän jälkeen, vesi Rauman ulkosaaristossa ja avomeren reunassa voi näyttää oikein kirkkaalta.

Kiintoaine ylipäättään vajoaa pohjalle tyyneellä säällä ja vesi kirkastuu. Matalassa rannassa tietysti nopeimmin, jolloin vesi näyttää rannalta katsoen kirkkaalta, vaikkei se sitä syvemmissä vedessä olekaan.

Laivaväyläruoppauksen karkeiksi luonnehdittavien työmenetelmien vuoksi aiheutui kesällä 2017 hämmästyttävän laajalle levinnyt samennus. Rauman merialueen tilan kehityksessä erillinen episodi, mutta on hyvä muistaa selityksenä vedenlaatuaikasarjoja tarkasteltaessa.

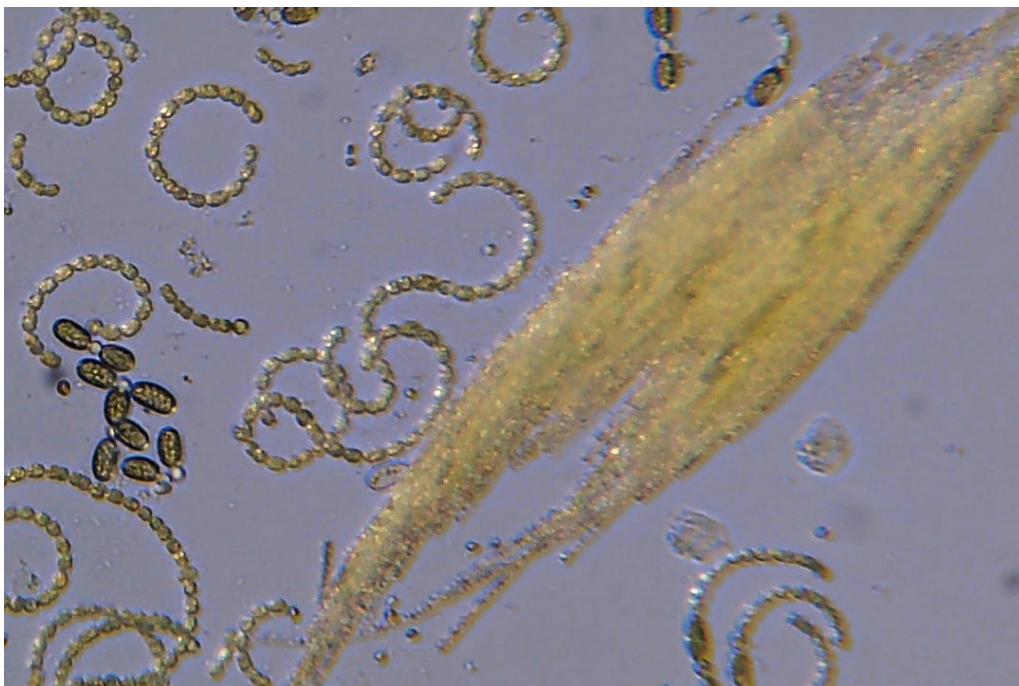
Talvella 2003 vesi vaikutti poikkeuksellisen kirkkaalta laajalti lounaisrannikolla (mm. Turun Sanomat 13.3.2003: Merivesi on rannikolla harvinaisen kirkasta). Talviaikaisena ilmiö ei tallentunut merialuetarkkailuihin. Maaliskuun näytteissä veden suolapitoisuus oli pohjan lähelläkin muutamilla havaintopaikoilla tavanomaista pienempi (5,5 ‰, Kirkkala 2004), mutta veden kirkkaus ei varmaankaan liittynyt suolapitoisuuden laimenemiseen valuma-alueelta tulleista vesistä. Suuren huuhtouman odottaisi enneminkin samentavan, kuin kirkastavan vettä. Veden kirkastumisen on täytynyt liittyä jäätalveen. Vaikka se onkin tilastoitunut keskimääräisenä, jääkannen alla vesi rauhoittui ja valumat maalta olivat suhteellisen pieniä. Itämeren jääpeitteisen alan perusteella verraten talvea 2002-2003 kovempia jäätalvia ovat olleet myöhemmin vain talvet 2009-2010 ja 2010-2011. Pakkastalvena pysyvä lumipeite estää tehokkaasti valon pääsyn jään alle (Wetzel 1975). Lumen sulettua valo tunkeutuu keväisen sameankin merijään läpi aloittaen levätuotannon.

Kasviplanktonlajiston muutos ja veden sameneminen

Kasviplankterit ovat yleisesti aiempaa pienikokoisempia ja samentavat vettä suurikokoisia plankterita pahemmin (Suikkanen ym. 2013, Lehtinen ym. 2021).

Vuosituhanen vaihteessa *Aphanizomenon* oli selvä valtalaji. Kun juhannuksen jälkeen veteen ilmaantui *Aphanizomenon*-tikkuja vesi näytti itsessään pysyvän kirkkaana. Nykyisin vesi samenee. *Dolichospermum*-levät, (aik. *Anabaena*), saattoivat jopa puutua levänäytteestä kokonaan (mm. Jumppanen 1999).

Aphanizomenon flosaquae on edelleen Rauman merialueella valtalaji, mutta on runsaasti myös silmämääräisesti kokkaremaista, pienikokoisempaa levää *Dolichospermum lemmermannii* tai muita *Dolichospermum*-lajeja (Turkki 2025a ym.). Toisekseen, sinilevien osuus kesän kasviplanktonista on vain 50 prosentin luokkaa. Muita, joillain havaintopaikoilla yli 10 prosentin biomassaosuuden leväryhmiä ovat nielulevät (*Plagioselmis prolunga*), panssarilevät, kulta- ja tarttumalevät (mm. *Chrysochromulina spp.*), piilevät (*Cyclotella-suku*, ulomassa rannikkovedessä mm. *Actinocyclus octonarius var. octonarius*), vihrlevät (*Pyramimonas spp.*). Nämä ovat sinileviä huomattavasti pienikokoisempia.



Kortelanlahdella 13.7.2024 pintautunutta levää. *Aphanizomenon*-rihmojen kimppu on suuri *Dolichospermum*-kiehkuroihin verrattuna, jotka ovat puolestaan nekin suuria verrattuna lahden muihin kasviplanktereihin.

Vanharanta (2024) osoitti, että rihmamaiset sinilevät hyödyntävät Itämeren kevätkukinnasta jäljelle jäänyttä, Selkämerelle kulkeutuvaa fosfaattia oletettua vähemmän. Se ei ruoki kesäisiä ”leväkukintoja”, vaan niiden käyttämä fosfori on ennemminkin kumpuamisesta peräisin. Ylijäämäistä fosfaattia hyödyntävät lähinnä pienet pikolevät.

Rehevöitymiseen, suolapitoisuuteen ja veden lämpenemiseen liittyviä muutoksia eliöstössä

Sinilevät

Laajoja sinileväkukintoja aletaan yleensä tavata avomerialueella juhannuksen jälkeen. Sinilevälautat muodostuvat avomerelle parin viikon lämpimän ja aurinkoisen sääjakson jälkeen, etenkin jos säässä on muutamien päivien vähätuulinen jakso. Pintaan nousevat sinilevälautat muodostuvat lopulta lähinnä huonokuntoisista sinileväsoluista, jotka eivät enää kykene säätelemään syvyysijaintiaan vedessä.

Matti Lappalainen luetteli väitöskirjassaan (2018) Itämeren sinileväesiintymiä ajalta, jolloin ihmistoiminnan aiheuttama kuormitus ei vielä vaikuttanut ulappavesien tilaan. Esimerkeistä yksikään ei ollut Selkämereltä.

Suomalaisten eliölajien historiallisessa kartastossa (Latva ym. 2025) hämmästellään ylipäätään merialueiden sinileväuutisoinnin vähäisyyttä ajanjaksolla 1800-1969. Sisävesiltä oli uutisointia jo 1800-luvulla. Merellä sinilevät eivät aina ole yhtä helposti havaittavissa, kuin järvillä, mutta ilmeisesti sinileviä ei juuri ollut. Suomenlahdelta on joitain tietoja, mutta Rauman edustalta edellytystenkin todettiin vuonna 1945 puuttuvan: ”Pohjanlahti on lähes fosforiton” (Halme 1945).

Merialueilla oman aikamme sinilevähistoria näyttää alkavan vasta 1960-luvulla (Finni ym. 2001), ja kuinka ollakaan - Rauman edustalta. Helsingin Sanomat (2.8.1966) luonnehti tapahtumaa harvinaiseksi: ”Maamme rannikkovesissä ainutlaatuisena pidettävä, voimakas sinilevän lisääntymisilmiö Selkämeressä Rauman ja Kustavin Lehmänkurkkuun ulottuvalla vesialueella”. Silloisessa Turun

maanviljelyinsinööripiirissä työskennellyt Ilkka Isotalo kertoi kasvuston koostuneen pääasiassa yhdestä ainoasta levälajista, *Nodularia spumigenasta*.

Sanomalehti Länsi-Suomi (22.7.1966) harmitteli Rauman edustavesien "saastumisen" saamaa kielteistä julkisuutta ja kertoi kyseessä olevan meriveden harvinaisen korkean lämpötilan seurauksena räjähdysmäisesti lisääntyvän "elollinen saasta" –levän. Kalastaja Unto Aalto kertoi sinileviä olleen jonkin verran myös seuraavana kesänä (Länsi-Suomi 2.8.1967).

Sinileväkesän 1966 mitassa ilmiö toistui vasta elokuussa 1974. Uutisessa Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistys ry:n toiminnanjohtaja Kyösti Jumppanen kertoo, että "tällä levällä ei ole mitään tekemistä likaantumisen ja saastumisen kanssa, vaan sen yhtäkkinen leviäminen johtuu pikemminkin luonnonolosuhteista", ja, kuten sanomalehti otsikoikin: "sadekesä ja hellekausi". Kyse oli kuitenkin syväveden kumpuamisesta (Kyösti Jumppanen, tiedonanto 16.5.2006).

Sinileväkeskustelu virisi 1980-luvulla pontimenaan ihmisten terveydelle aiheutuva vaara. Tämä on edelleen sinilevätiedotuksen keskinen näkökulma, vaikka jo 1990-luvulla sijaa sai myös huoli siitä, että kyse on ensisijaisesti meren, eikä ihmisten "sairastumisesta".

Kahru & Elmgren (2014) ovat koonneet karttakuvasarjan Itämeren sinileväesiintymistä vuosina 1979 – 2013. Selkämerellä näkyy sinileviä jo sarjan aloitusvuonna 1979, mutta vuosina 1980-1996 on kesää 1984 lukuun ottamatta kartoilla jokseenkin levätöntä. Vuodesta 1997 alkaen kartoilla on levää Selkämeren ulapalla ollut, poikkeuksena vain vuosi 2001. Perämerellä ei sinilevää vielä havaittu.

Sinileväelokuu 1984 koettiin myös Rauman edustalla: Ruskeankeltaiset, laajat sinilevälautat haittasivat verkkokalastusta. Sinilevien runsastumisen pääteltiin johtuvan heinäkuun alussa lämmenneistä vesistä ja sadevesien mukana vesiin joutuneista ravinteista (Länsi-Suomi 11.8.1984). Ajankohta sopii kuitenkin Rauman edustan turskavuodet tuottaneen suolapulssin seurauksiin.

Avomeren sinilevät noteerattiin paikallislehdessä myös kesinä 2009, 2013 ja 2018 kiinnittäen huomiota mm. esiintymien laajenemiseen yhä pohjoisemmas Selkämeren (Länsi-Suomi 16.8.2009, 13.8.2013, 17.7.2018).

Rauman lähivesien, saariston, asiaksi sinilevät nousivat Raumalla vasta 1990-luvulla: Heinäkuun lopun helteillä 1994 löytyi uimavesivalvonnassa Rekseen Kartusta sinilevää (Länsi-Suomi 29.7.1997) Alkoi sinilevähaitta sellaisena, kuin raumalaiset sen edelleen lähivesillä kokevat. Uutisen "kainaloisessa" todettiin merellä esiintyvän runsaasti sinileväkukintoja, mutta niiden ei arveltu uhkaavan rannikkoalueita. Osin eri asiasta olikin kysymys. Merellä sinilevät olivat lähinnä *Nodulariaa*, mutta saaristossa *Aphanizomenonia*.



Sinilevää Rihtniemen sivulla (23.8.2015)

Avomeren esiintymien valtalaji *Nodularia spumigena* ei juuri esiinny suojaisessa saaristossa suuressa määrin. Avomeren pintaumien raja ulkosaariston reunassa voi olla hämmästyttävän jyrkkä, rannikonsuuntaisen virtauksen mukaisesti. Vuonna 2024 Hylkikartassa leväbiomassasta 27 prosenttia oli kuitenkin *Nodulariaa* (Turkki 2025a). Hylkikartan havaintopaikka vertautuukin merellisyytensä suhteen lähes Kylmäpihlajaan.

Markrolevät ja vesikasvit

Selkämeren tasolla rakkohaurun tila on viimevuodet pysynyt vakaana. Punalevien osalta kehitys on huonompi. Niiden esiintymisvyöhyke on aiempaa lähempänä pintaa (Piepponen ym. 2024).



Päällyslevät eivät piinaa Pookinpauhan haurua (28.7.2018).

Vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuuden inventointiohjelman (Velmu) kartoituksissa - Selkämerellä vuodesta 2009 alkaen - Rauman merialueen leväpohjat todettiin hyväkuntoisiksi ja veden kirkkaus suosi kartoittajia. Arvostus näkyy edelleen Suomen merensuojelualueverkoston kehittämisessä (Blankett 2025): Haurua on paikoin poikkeuksellisen upeina kasvustoina. Monet vaateliaat levälajit pystyvät elämään syvemmällä, kuin muualla Suomen merialueilla. Selkämeren suhteellisen hyvää tilaa on syytä tukea myös aluesuojelun keinoin.

Rauman saaristosta on julkaistu levähavaintoja jo 1940-luvulta (Häyrén 1950). Niitä on kuitenkin vaikea verrata nykyisen systemaattisen seurannan tuloksiin. Sittemmin selvityksiä on tehty laivaväylän syventämiseen liittyen silakan kutupohjien tarkkailuna (mm. Leinikki & Oulasvirta 1999, Syväranta 2018) ja jätevesivaikutusten seurantana mm. Vahteri (2004). Rauman merialueen makrofyyttiseuranta nykylinjoilla alkoi vuonna 2014.

Seurannan lähtötasolta, joka oli vuonna 2014 lajimäärä ja kasvillisuuden määrä vähenivät, mutta vuoden 2017 tilanteesta on taas todettu vuonna 2020 muutos parempaan (Vahteri & Savoila 2021). Esim. Tankkareissa, keskisaaristossa on yllättävän hyväkuntoisia, yhtenäisiä haurukasvustoja.

Väyläruoppauksesta kesällä 2017 aiheutunut samentuminen ei silmämääräisesti arvioiden näyttänyt vaikuttaneen rakkohaurukasvustoihin. Paranemisesta huolimatta vuoden 2020 tutkimuksessa lajisto ja kasvillisuus eivät yltäneet aivan vuoden 2014 lähtötilanteen tasolle.

Vuonna 2023 lähes kaikilla linjoilla lajimäärä on hieman pienentynyt ja rihmamaisten ruskolevien sekä irtonaisen rihmalevämassan määrä on kasvanut. Ruskorihmalevät ovat vähentäneet punalevien ja rakkohaurun aluslevän, purppurasamettilevän (*Rhodocorton purpureum*) ja meriahdinparran (*Cladophora rupestris*) peittävyttä. Toisaalta rakkohaurua oli ilmestynyt jopa uusille kasvupaikoille ja kasvillisuusvyöhykkeen syvyysrajoissa on parannusta. Leviä kasvaa aiempaa syvemmällä (Vahteri & Savoila 2024), kuten voisi olettaa, jos vedet olisivat kirkastuneet.

Itämeren suolapitoisuuden odotetaan laskevan ilmastonmuutoksen aiheuttaman sadannan lisääntymisen myötä. Rakkohaurun esiintymisen pohjoisraja siirtynee sadan vuoden kuluessa Merenkurkusta Rauman tasalle. Rakkohaurun menettäminen olisi suuri muutos Selkämeren kovien pohjien eliöyhteisöissä. Vesikasvit eivät kykene kiinnittymään kiveen. Niistä ei ole kovilla pohjalla rakkohaurun korvaajaksi (Viitasalo 2018).



Ahdinparta oli hellekesän 2014 jälkeen rehevää vielä syksyllä (Kylmäpihlaja 20.9.2014).

Eläinplankton

Selkämeren ulan eläinplanktonyhteisöt ovat hyvässä tilassa. Eläinplanktonin biomassa on Selkämerellä vaihdellut, mutta hälyttävää kokonaisbiomassan laskua ei ole havaittu. Pitkällä aikavälillä *Limnocalanus macrurus* –hankajalkaisten runsastuminen on lisännyt Selkämeren ulan eläinplanktereiden keskikokoa ja biomassaa (Piepponen ym. 2024), mutta viime vuosina pienikokoisen eläinplanktonin, kuten rataseläinten ja vesikirppujen määrä on kasvanut. Tämä voisi jatkuessaan vaikeuttaa, planktonia syövien kalojen, lähinnä silakan ravinnonsaantia (Suomen ympäristökeskus 28.8.2025).

Rauman merialueen eläinplanktonia on tutkittu vähän, systemaattinen seuranta puuttuu. Tietoja on kuitenkin jo 1960-luvulta (Seppovaara 1968) ja lajistoa on katsottu viimeksi syksyllä 2013 (Saarikari 2013),

jolloin tutkimusalue Muikku vuokrattiin viimeisenä Suomen ympäristökeskuksen kesänään näytteenottoon Raumalle.

Syksyllä 2013 Rauman merialueella runsaslukuisin vesikirppu oli *Bosmina longispina maritima* ja hankajalkaisista *Acartia* sp. –taksoni. Näytteenottomenetelmän muuttumisesta, lähinnä 1960-luvun näytteiden epäedustavuudesta, johtuen vertailua aiempaan ei voinut tehdä. Kertaluonteisuus kyseenalaisti myös vertailtavuuden Rauman eri näytteenottopaikkojen välillä. Vaihtelu oli suurta. Suurin hiilibiomassa (39 mg C /m³ ja yksilömäärä 66000 yks. /m³) oli Rounakarin asemalla, pienin Kylmäpihlajan edustalla (1 mg C /m³ ja yksilömäärä 1300 yks. /m³). Verrattuna seuraavana päivänä Olkiluodon edustalta otettuihin näytteisiin, Rauman keskimääräinen hiilibiomassa (19 mg C /m³) oli huomattavasti Olkiluodon edustalta laskettua (51 mg C /m³) pienempi.

Pohjaeläimistö

Suomen merialueiden tilan arvioinnissa (Piepponen ym. 2024) Selkämeren pohjien ja pohjaeläinyhteisöjen arvioidaan olevan edelleen hyvässä tilassa.

Selkämerellä pohjaeläinyhteisö on muuttunut 2000-luvulla. Valkokatkojen esiintymisen luontaiset syklit ovat heikentyneet. Syyksi arvellaan vesipatsaan tuotannossa tapahtuneita muutoksia, jotka ovat heikentäneet pohjalle vajoavan, katkoille sopivan ravinnon laatua.

2000-luvulla Selkämerelle asettunut vieraslaji liejuputkimato (*Marenzelleria spp.*) on monipuolistanut pohjaeläinyhteisön rakennetta.

Kaivautuessaan ja muokatessaan pohjasedimenttiä liejuputkimadot vaikuttavat pohjan elinympäristöön.

Pohjaeläimiä on tarkkailtu jo Rauman merialueen ensimmäisistä selvityksistä (Seppovaara 1968) alkaen vaihtelevassa laajuudessa, mutta säännöllisesti muutaman vuoden välein ja edelleen (mm. Turkki 2022).

Tarkasteltaessa tutkimusaluetta kokonaisuutena nykyisenä yhdeksänä näytteenottopaikkana, ei 2000-luvulla näytä tapahtuneen suuria muutoksia, ei lajien, yksiköiden eikä biomassan määrässä.

Yksilömäärästä ja biomassasta suuri osa on liejusimpukkaa (*Macoma balthica*), joka yhtenä, runsaana esiintyvänä lajina heiluttelee lukumäärä- ja kokojakaumamuutoksillaan kokonaiskuvaa (Turkki 2022 ym.).

Uudenkaupungin merialueella vuonna 2021 havaittiin selvä pohjan tilan heikentyminen, eniten uloimman merialueen asemilla, verrattuna vuoteen 2015 (Turkki 2022).

Suurimman jätevesikuormituksen ajoista 1980-luvulta tilanne on parantunut. Pohjaeläimistöön perustuvassa luokituksessa likaantuneeksi luokitellun pohjan ala pieneni 1990-luvulla oleellisesti. Toisaalta sitten tutkimusalueen terveiden pohjien tila huononi 2000-luvun alussa (Kirkkala & Turkki 2005).

Vielä 1986 pohjaeläimistön perusteella piirtyi kartalle jätevesien purkualueelta loittonevina vyöhykkeinä pahoin likaantunut pohja, likaantunut, puolilikaantunut, puoliterve ja lopulta Pihluksen Korkeakari - Kuuskajaskari – Hanhisten tasalta alkaen terve pohja Leppäkosken (1975) kehittämän systeemin mukaisesti.

Vuoden 2002 tutkimuksesta lähtien näytteenottopaikkojen tuloksista interpoloidut samanarvon alueet alkoivat hajota karttamosaiikiksi (Räisänen 1994, Mattila 2003). Toki on pitkälti kyse siitä, miten syvänteestä saatu tulos voidaan ylipäättään yleistää koko vesialueelle ja tutkimus tarkentui, mutta ehkä tässä on nähtävissä myös pohjien tilan huononeminen alueilla, joille jätevesikuormitus ei suoraan kohdistunut.

Tuloksia alettiin esittää näytteenottopaikkakohtaisesti ja nyttemmin lasketaan murtovesirannikoiden pehmeiden pohjien tilaa kuvaava BBI-indeksi (Brackish Water Benthic Index, Suomen ympäristökeskus) Leppäkoskeakaan täysin unohtamatta.

Pohjien tila on jätevesien purkualueen lähistöltä Lahdenaukealle, Rounakariin ja Hylkikartaan lähinnä puolilikaantunut

Terveen pohjan indikaattori, valkokatka (*Monoporeia* (ent. *Pontoporeia*) *affinis*), aiemmin jopa runsaslukuinen laji, jokseenkin katosi 2000-luvulle tultaessa (Kirkkala & Turkki 2005). Valkokatkoja tavattiin vuoden 2019 laajassa pohjaeläintutkimuksessa useallakin asemalla (Turkki 2021a), mutta ei vuonna 2022. Ei ollut enää myöskään makkaramatoa (*Halicryptus spinulosus*) (Turkki 2022). Vuonna 2019 oli tavattu jopa erityisen herkäsi lajiksi luonnehdittava liejusukajalkainen (*Bylgides sarsi*).

Viimeisimmässä pohjaeläintutkimuksessa ehkä yllättävintä oli rehevöitymiselle herkkinä pidettyjen raakkuäyriäisten (*Ostracoda*) runsaus erityisesti asemista likaantuneimmaksi luokittuneella Rounakarin läheisellä havaintopaikalla (Turkki 2022). Kyse saattoi kuitenkin olla sattumastakin. Raakkuäyriäisen indikaattoriarvoa heikentää herkkyys joutua virtauksen kuljetukseen.

Kaikilla nykyisillä pohjaeläinasemilla tavattavia lajeja ovat liejusimpukka, vaeltajakotilo (*Potamopyrgus antipodarum*) ja sukkulakotilot.

Itämerestä ensikertaa vuonna 2019 ja Suomen rannikolta 2021 löydettyjä japaninkuoppäyriäisiä (*Nippoleucon hinumensis*) havaittiin Rauman edustalla vuoden 2022 tutkimuksessa jo runsaasti. mm.

Hansklopin luona, yli 600 yksilöä neliömetrillä (Turkki 2022). Tulokaslajeille tuntuu olevan paljolti yhteistä ilmaannuttuaan nopea runsastuminen. Tätä seuraa taantuminen ja asettuminen.

Yleisiä ovat myös Rauman edustalle jo vuonna 1994 ilmaantuneet *Marenzelleria*-monisukasmadot. Kirjoviuhkamato (*Laonome xeprovala*) havaittiin pohjaeläintutkimuksessa ensikertaa vuonna 2019, tällöin jo usealla asemalla, Kaskisten luona jopa 1000 yksilöä neliömetrillä. Vuonna 2019 havaittiin ensikertaa myös saksisiira (*Sinelobus vanhaareni*). Saksisiiran yksilömäärät ovat olleet pieniä. Laji näyttää taantuneen (Turkki 2022).

Likaantuneen pohjan indikaattorilajeina pidettävien harvasukamatojen (*Oligochaeta*, mm. *Tubificoides heterochaetus*) määrä näyttää laskeneen vuosien 2019-2022 tutkimusten välillä. Likaantumisen ilmentäjän, erityisen tolerantin *Chironomus plumosus* –surviassääsken toukkia ei vuonna 2022 ollut yhdessäkään näytteessä (Turkki 2022).

Vuonna 2019 melko runsaana havaittu viherlimamato (*Cyanophthalama obscura*) oli 2022 kateissa (Turkki 2022).



Kilkkejä kivinilkan raadolla (Maanpäännokka 13.12.2009).

Rauman pohjaeläintutkimuksissa kilkkejä on havaittu viimeksi vuonna 2013. Isokokoisen äyriäisen yksilöitiheys ei ole suuri. Kuvassa kalanraatoa syömään kokoontunut joukko olisi Ekman-näytteenottoon sattuaan pohjaeläintutkimuksen tulosten käsittelijälle positiivinen laskennallinen ongelma.

Pohjaeläintutkimuksen näyteisiin harvemmin joutuvat vieraslajit kaspianmassiainen, liejutaskurapu, sirokatkarapu ja rangiasimpukka ovat ilmestyneet Rauman edustalle viimeisten kolmen vuosikymmenen aikana ja ottaneet paikkansa (Hyvärinen 2024). Tämä ei näytä ainakaan suoranaisesti liittyvän merialueen tilan muutoksiin. Rauman merialue on kuitenkin tällaisena tulokkaille sopinut.



Kesällä 2022 Kortelanlahdessa oli Suomen ympäristökeskuksen ja Varsinais-Suomen ely-keskuksen vieraslajihabitaattimerta. Merrassa oli eliöille erilaisia kiinnittymisalustoja ja merran yläpuolella oli narussa vielä erillinen kiinnittymislevy. Pyynnillä selvitettiin rannikon kovien pohjien vieraslajistoa. Menetelmä tuottikin toisenlaista tietoa pohjaeläimistöstä, kuin merialuetarkkailun näytteenotto pehmeiltä pohjilta.

Suhteellisen matalalla, rantakivikon alapuolella olevat pohjat eivät ole pohjaeläinnäytteenotossa hyvin edustettuina. Näille pohjille kertyvän irtonaisen rihmalevän matto saattaa loppukesällä viedä pohjan pinnalta hapen. Tällä on vaikutusta pohjaeläimistöön (Norkko 1997).

Kalasto

Rauman edustan ja Selkämeren kalaston ja kalastuksen muutosta on tarkasteltu ilmastomuutoksen näkökulmasta (Hyvärinen 2011, Rajasilta 2011). Sitten 1970-luvun on tapahtunut paljon. Selkämeren veden suolapitoisuuden muutosten myötä lajeja on runsastunut ja kadonnut Rauman edustalta; turska, kampela, härkäsimppu ja jokunen puutteellisesti tunnettu pikkukalalaji (Hyvärinen 2024).

Rehevöitymisen ajatellaan hyödyttävän erityisesti särkikaloja. Näin näyttää Rauman merialueella käyneen 2010-luvun loppupuolella. Kalataloudelliseen tarkkailuun kuuluvassa Coastal-koeverkkokalastuksessa saalis kasvoi kappalemääräisesti juuri särkikaloilla. Harvasilmäisillä verkoilla kalastava ei pienten särkikalojen määrän kasvua niinkään huomaa (Kivinen 2022).

Merikutuisen siian, karisiian, katoamista pidetään mahdollisesti rehevöitymisen aiheuttamana.

Siianpoikasten esiintymisalueet ja poikasmäärät ovat Selkämerellä supistuneet huomattavasti (Veneranta ym. 2013). 1970-luvulla Rauman edustalla pyynnin kohteena oli karisiika, nykyisin saalissiat ovat luonnonravintolammikossa Koillismaalla kasvatettuja, istutettuja, jokikutuisia vaellussiikoja. Liiallinen sedimentaatio ei vaikuta luontevalta selityksiltä pohjilla, jotka kudun koittaessa ovat jo syysmyrskyjen huuhtomia. Ennemmin karisiian katoaminen sopisi liittymään valkokatkojen häviämiseen.

Kuhasta on tullut raumalaiskalastajille merkittävä saalislaji 2000-luvun aikana. Esiintyminen painottuu selvästi kaupungin edustan pohjoispuolelle. Suojaiseen ja rehevöityneeseen saaristoon ja lahdille, joten runsastumisen mielletään johtuvan rehevöitymisestä. Ensisijainen runsastumisen syy lieenee kuitenkin ilmaston lämpenemisessä, joka on mahdollistanut vahvojen kuhavuosisuokkien synnyt. Lämpimänä kesänä kuhanpoikanen ehtii kasvaa riittävän suureksi selvitäkseen ensimmäisestä talvestaan (Raitaniemi 2002).

Samoin lämpenemisestä hyötyy ahven. Yksikkösaalis (CPUE) on kasvanut Selkämerellä 2000-luvun aikana (Raitaniemi 2022).

Härkäsimppu ei ole palannut sellaiseksi, verkkokalastajan kannalta kiusallisen runsaslukaiseksi lajiksi, joka se oli 1970-luvulla ennen turskavuosia, vaikka Rauman edustan suolapitoisuus on taas lajille sopiva (Westin 1970, Ojaveer ym. 1999). Viimeaikaiset lauhat talvet altistavat epäilemättä mädin tuhoutumiselle aiempaa enemmän. Joinain talvina aallokolta suojaava jääkansi puuttuu härkäsimpun matalassa, avoimella pohjalla olevan kutupesän yltä,

Kampeloiden paljous saattoi haitata verkkokalastusta vielä 1990-luvulla, mutta Velmu-hankkeen kampelanpoikaskartoituksessa vuonna 2012 Rauman edustalta ei löytynyt enää yhtään poikasta (Kallasvuo 2012). Teoriassa paluu edellyttäisi suolapitoisuuden nousua kuuteen promilleen Itämeren pääaltaalta virtaavan veden myötä. Tällöin lisääntyminen voisi taas onnistua (Nissling ym. 2002).

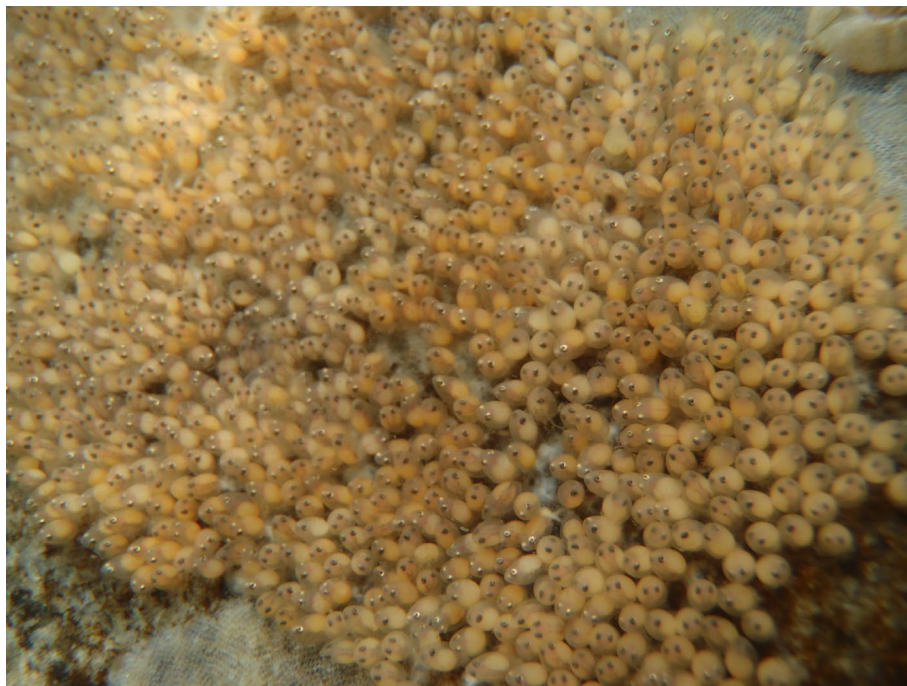
Turskat konkretisoivat raumalaisille aikalaikalastajille ikimuistoisesti meriveden suolapitoisuuden nousun.

1970-luvulla Pohjois-Itämeren turskakannan lisääntyminen onnistui hyvin ja kaloja vaelsi vuosina 1975-1985 runsaasti Selkämerellekin. Vuonna 1985 turska oli Rauman merialueella kilomääräisesti toiseksi runsain saalislaji. Pelkästään ammattikalastajien saalis oli lähes 50 tonnia (Rajasilta 2011). Selkämeren

suolapitoisuus ei riittänyt turskien lisääntymiselle. Turskat eivät myöskään palanneet Itämeren pääaltaalle. (Kuosa ym. 2017).

Nykyisin turska on harvinainen satunnaissaalis. Ahvenanmerellä on elinvoimainen turskapopulaatio (Sundström 2022), mutta 1980-luvun alun huikeiden turskavuosien toistuminen Rauman edustalla edellyttäisi suuren suolapulssin mahdollistavan taas laajasti Itämeren turskien lisääntymisen onnistumisen. Selkämerelle on ilmaantunut uusia vieraslajeja. Mustatäplätokoista tuli rantavyöhykkeen peruskalastoa 2010-luvulla. Ensi alkuun tokot runsastuivat jopa niin, että alettiin selvittää niiden kaupallista hyödyntämistä (Jori ym. 2020). Vaikka mustatäplätokkojen määrä huippuvuosista väheni, ne vakiintuivat rantavyöhykkeen kalastoon yhdeksi runsaslukuisimmista lajeista.

Mustatäplätokko näyttää olevan runsaimmillaan rannan levä- ja vesikasvivyöhykkeen alapuolisessa kivikossa, ei niinkään haurukasvustoissa, eikä aivan avoimilla pohjilla (Hyvärinen 2025). Rehevöityminen ehkä suosii lajia. Oleellisempaa mustatäplätokkon leviämisen- ja runsastumishistoriassa on kuitenkin lajille sopiva veden suolapitoisuus.



Silmäpisteasteella kehittymässä olevia mustatäplätokkon mätimunia Katavaloutun rantakivikossa, pikku onkalon katossa (23.7.2025).

Pohjanlahti on ollut Suomen tärkein silakankalastusalue vuodesta 1990 lähtien. Nykyisin yli 90 prosenttia Suomen silakkasaaliista on Selkämereltä (Pönni ym. 2025). Viime vuosina huomion kohteena on ollut Selkämeren silakkakannan vaihtelu, välillä huonokin tila, joka on tuntunut myös Rauman kaupungin edustan keväisessä silakankalastuksessa.

Silakoiden toimeentulo näyttää riippuvan tarjolla olevan massiaisravinnon määrästä. Vuonna 2019 silakat olivat laihoja. Samaan aikaan huomattiin silakoille ravintona tärkeiden massiaisten lähes kadonneen. Samoin olivat vähissä *Limnocalanus*-hankajalkaiset ja katkat. Koetrolauksissa ja haavinäytteenotossa 2024 tilanne näytti taas korjaantuneen (Pönni ym 2025). Hyvältä näytti edelleen 2025. Viimekädessä happitilanteen heikkeneminen Selkämeren pohjalla olisi silakan ravintoeläimille ja silakoille kohtalokasta (Kuosa ym. 2017).

Kalansaaliin mukana Selkämerestä poistuu ravinteita. Silakanpyynnin volyyymi on saaliskiintiön pienenemisestä huolimatta tässä suhteessa edelleen mainittava, luokkaa sadan tonnin fosforipoistuma vuosittain. Vaikutusta Selkämeren fosforitaseeseen mutkistaa silakan ravinnon sisältämän fosforin alkuperän jakautuminen ulapan vedestä ja toisaalta sedimentin ”vanhasta varastosta” peräisin olevaan fosforiin (Kuosa & Peltonen 2021).

Merimetsot

Raumalla on 2020-luvulla ollut Suomen ylivoimaisesti suurin merimetsoyhdyskunta. Iso ja Vähä Järviluodossa pesi kesällä 2024 ennätyselliset 7650 paria, lähes neljännes Suomen merimetsaista (Suomen ympäristökeskus 29.8.2014). Rauman merialueen tarkkailun vuosiraporteissa Turkki (2024 ym.) pitää mahdollisena, että yhdyskunnalla on vaikutusta lähialueen veden typpipitoisuuteen.

Typpikuormituksen sijasta laskelmia on tehty fosforista. Aikuisten merimetsojen ravinnontarve arvioidaan yllättävän suureksi, 0,3-0,8 kg kalaa päivässä ja fosforia on esim. ahvenessa on seitsemisen grammaa kilossa (mm. Jokinen 2010). Järviluotojen lintumäärillä päädytään pesimäkaudella laskennallisesti suurempaan fosforimäärään, kuin mitä mereen johdetaan yhteispuhdistamolta. Varsinkin kasvipeitteisellä Iso Järviluodolla merkittävä osa fosforista lienee kuitenkin pidättynyt saarelle ja poikasten syömien kalojen sisältämää fosforia on sitoutunut poikasten kasvuun. Kallioisilta oleskelukareilta huuhtoutuu kyllä laajalta alueelta peräisin olevia ravinteita Rauman lähivesiin. Kolonian lähistöltä haettujen kalojen fosfori kiertää paikallisesti, mutta kaukaa tuodun kalan ja merimetsojen saaliiksi jääneiden keväisten kutusilakoiden fosfori on lisännyt Järviluotojen lähiveden ravinnekuormitusta.

Rauman edustalla merimetsot pesivät ensin nyt jo autioituneella Puskakartalla lähellä Olkiluotoa. Kaupungin edustalla pesinnät alkoivat vuonna 2017 Hanhisten Mansikkakarissa ja Hansklopissa, joilla pesintä on myös jo loppunut. Vuonna 2019 pesintä alkoi Järviluodoilla siellä jo olleen harmaahaikarayhdyskunnan yhteydessä ja kolonia alkoi kasvaa. Vuonna 2025 pesämäärä kääntyi selvään laskuun (Suomen ympäristökeskus 29.8.2024, 11.9.2025). Merimetsojen runsastumisen ajankohta ei sovi osoittamaan merimetsoja Rauman lähivesienkään rehevöitymisen juurisyysiksi.

Merialueen tilan paranemisen edellytyksistä

Selkämeren tila on huonontunut 2000-luvulla. Ulanan ja edelleen Rauman merialueen rehevöitymisen perussyyn näyttää olevan Itämeren pääaltaan ravinnevarannon kasvu Selkämeren pääaltaalta virtaavan veden myötä. Mukana on muutakin. Joidenkin kesien tilanteessa näkyvät veden lämpimyyden seuraukset. Veden sekoittuminen kumpuamistilanteissa näkyy välittömästi veden samenenemisena. Se pian taas katoaa, mutta kumpuaminen ruokkii ravinnepitoisuuksien kasvua Rauman merialueella.

”Muutoksia on vaikea ennustaa, koska Selkämerta on mahdoton ymmärtää täysin” (Kuosa 2022).

Selkämeri ja Itämeren pääallas

Itämeren ulapan ongelmien perussyyn on syvien pohjien hapettomuus, josta seuraa sedimentistä vapautuvan fosforin sisäinen kuormitus. Ulkoisen kuormituksen vähentämistä on pidetty Itämeren ekologisen tilan parantamiseksi tarpeellisenä (mm. Lehmann ym. 2022).

Nykyiselle lukkiutuneen tilanteen juurisyynä on Moros ym. (2024) mukaan Itämereen vuonna 1951 tullut suuri suolapulssi, joka johti siitä saakka säilyneeseen suolapitoisuuden kerrostuneisuuteen ja joka on siitä saakka estänyt jo tuolloin heikentyneen talviaikaisen veden kierron syville pohjille. Itämeren syvänteet muuttuivat hapettomiksi, sisäisiksi ravinnekuormittajiksi.

Moros ym. (2024) sedimenttitutkimus osin haastaa käsityksen ihmisen aiheuttaman liiallisen kuormituksen ratkaisevasta vaikutuksesta. Saman suuntaisesti K. Matti Lappalainen (2018) halusi uudistaa ”Itämeren diagnoosin ja paradigman”. Lappalainen tosin piti suolavesipulssien harventumista hapettomuus- ja rehevyyskierteen perussyynä, mutta näki ulospääsynä vain pohjan saamisen hapelliseksi, tavalla tai toisella.

Syvänteiden happitilanne romahti nykyiselleen alle kymmenessä vuodessa korjaantumatta kuluneina seitsemänä vuosikymmeninä. Moros ym (2024) arvioivat, että Itämeren syvät pohjat tulevat jatkamaan ekosysteemin pääasiallisena fosforilähteenä.

Selkämeren virtaa Itämereltä liikaa ravinteita. Sillä, onko Itämeren sisäisessä kuormituksessa ratkaisevaa hapekkaan veden kierron estävä suolapitoisuuskerrostuneisuus, vai ihmistoiminnasta aiheutuva liiallinen ravinnekuormitus ja sen myötä liiallinen perustuotanto ja aikanaan liaksi sedimentissä happea kuluttava aines, ei Selkämeren kannalta ole ensisijaista merkitystä. Kerrostuneisuuteen ei käytännössä voi vaikuttaa ja ravinnekuormituksen pienentämisen vaste Itämeren tilassa ei ole ollut toivotunlainen, kuten Lappalainen (2018) huomauttaa.

Itämeren pääaltaan ongelma ei ollut Selkämeren ongelma. Vasta halokliinin nousu yli Ahvenanmeren kynnysten liitti Selkämeren Itämeren pääaltaan kohtaloon. Pääaltaan suolaisen syväveden määrä on kasvanut ja halokliini sen myötä noussut ja virtaus Selkämereen lisääntynyt (Kuosa 2022).

Selkämeren tilanne korjaantuu, kun halokliini laskee sulkien ravinteikkaan syväveden pääsyn Itämeren pääaltaalta Ahvenanmeren kautta Selkämereen. Asiaan, suolaisen syväveden määrään Itämeressä, ei voi vaikuttaa (Kuosa 2022), eikä pystytä ennakoimaan kauanko Selkämeri vielä menee huonoon suuntaan.

Kovin nopeaa muutosta ei voine odottaa. Itämeren pääaltaan suolapitoisuuden harppauskerros on kohonnut 1990-luvun alkupuolelta lähtien. Selkämeren tilaa heikentävä suuntaus on jatkunut jo kolmisenkymmentä vuotta. Asiaan vaikuttava isojen suolapulssien tulo on ennakoimatonta, mutta frekvenssissä ei tiettävästi ole tapahtumassa muutosta.

Pitkän ajan kuluessa ilmastonmuutoksen liittyvät tekijät ovat Itämeren osa-alueista juuri Pohjanlahdella vaikuttavimpia. Näyttää vääjäämättömältä, että lämpeneminen jatkuu.

Selkämeren ulommat rannikkovedet

Rauman ulommat rannikkovedet ovat ulapan vesien välittömässä vaikutuksessa. Selkämeren avoimella rannikolla, jossa ulapan vedet vaikuttavat aivan rantavesissä saakka paikallista, veden laadun paranemista ei voitane saavuttaa ilman ulapan tilan paranemista. Eriaikaista elpymistä ei ole perusteita odotella.

Kyse on jo kolmisen vuosikymmentä jatkuneesta trendistä. Paluu joskus koittavasta käännteestä parempaan ottaa myös oman aikansa. Toisaalta sitten, rehevöityminen on muuttanut Rauman merialuetta vasta 5-10 viime vuoden aikana. Ehkä muutos parempaan on vastaavasti mahdollinen jo vuosissa, kunhan ravinteiden tulo pääaltaalta vähenisi.

Selkämeren sisemmät rannikkovedet

Rauman edustan merialueen tilan hyvä jakso vuosina 2008 - 2014 näyttää taittuneen veden poikkeukselliseen lämpenemiseen elokuussa 2014. Kesällä 2015 ei enää palattu entiselleen, vaan merialueen tila oli heikentynyt nykyiselleen, aikanaan jätevesien kuormittaman alueen ulkopuolella seurantahistorian huonoimmilleen.

Jätevesikuormitus, joka ennen vaikutti oleellisesti Rauman kaupungin lähivesien tilaan, on vähentynyt murto-osaan aiemmasta samaan aikaan, kun nyt käsillä oleva rehevöityminen on edennyt. Selkeä jätevesivaikutus rajoittuu purkualueelle (Turkki 2025a ym.)

Rauman avoimilla lähivesilläkin ulapan vedet vaikuttavat aivan rantavesissä saakka. Paikallistakaan veden laadun paranemista ei voitane saavuttaa ilman ulapan vedenlaadun paranemista. Suojaisemmillä vesialueilla rehevyyden tekijät ovat moninaisemmat.

Lämpötilan merkittävä vaikutus levätuotantoon on ilmeistä myös 2020-luvulla. Viimevuosista veden laadun kannalta huonoimmat 2023-2024 saavat aikasarjat viittaamaan kiihtyvään rehevöitymiseen, mutta näitä viileämpi kesä 2025 poikkesi taas trendistä hieman parempaan suuntaan. Selvää on, että Rauman merialueen tila tulee jatkossakin kesäaikaan vaihtelevaan paljolti sääolosuhteiden mukaan.

Raumalla 14.12.2025

Juha Hyvärinen

Hydrobiologi, FK

Lähdeluettelo

- Aikko, M. 2003. Liejusimpukoiden (*Macoma balthica*) raskasmetallipitoisuus Rauman edustan merialueella vuosina 1997-2002. Rauman kaupunki, ympäristövirasto. Moniste 8s
- Alenius, P. 2018: Meriveden lämpötila.- Smart Sea. Pohjanlahden tulevaisuus. Moniste. 15 s.
- Blankett, P., Viitasalo, M., Kurvinen, L., Arnkil, A., Björklund, C., Forsblom, L., Häggblom, M., Jaatinen, J., Kallio, N., Kaskela, A., Klemelä, A., Kuismänen, L., Kuningas, S., Lappalainen, A., Lehtomäki, J., Loisa, O., Mikkola-Roos, M., Nevalainen, L., Pohja-Mykrä, M., Rasinmäki, A., Rekola, A., Riihimäki, A., Saikkonen, L., Salovius-Laurén, S., Varjopuro, R., Viljanmaa, W., Virtanen, E. A., Weckström, K. 2025: Suomen merensuojelualueverkoston kehittäminen, tiekartta vuoteen 2030.- Suomen ympäristökeskus, Raportteja 33
- Eloranta, P. 2009: Yhdyskuntajätevesien typenpoisto ei ratkaise Itämeren ongelmia.- Vesitalous 6:59.
- Finni, T., Kononen, K., Olsson, R. & Wallström, K. 2001: The history of cyanobacterial blooms in the Baltic Sea.- *Ambio* 30:172-178
- Fleming-Lehtonen, V., Laamanen, M., Kuosa, H., Haahti, H. & Olsson, R. 2008: Long-term development of inorganic nutrients and chlorophyll *a* in the open Northern Baltic Sea.- *Ambio* 37, 2:86-92
- Fleming-Lehtonen, V., Laamanen, M. & Olsson, R. 2006: Water transparency in the Baltic Sea between 1903-2007.- HELCOM Indicator Fact Sheets 2006
- Gustafsson, E., Savchuk O. P., Gustafsson, B. G., & Müller-Karulis 2017: Key processes in the coupled carbon, nitrogen, and phosphorous cycling in the Baltic Sea.- *Biogeochemistry* 134: 301-317
- Halme, E 1945: Itämeren perustuotannosta.- *Luonnon Ystävä* 2: 57-60
- Heikkinen, K. 2016: Jätevedet eivät enää löyhkää kaupungeissa.- *Helsingin Sanomat* 13.4.2016
- Helminen, H. 2005: Veden laadun kehitys Selkämeren rannikkoalueella.- teoksessa Sarvala, M & Sarvala, J.: Miten voit, Selkämeri? Lounais-Suomen ympäristökeskus. Ympäristön tila Lounais-Suomessa 4:88-89.
- Helminen, H. 2021: Saaristomeren ja Selkämeren taustakuormituksen laskenta osana kokonaisvaltaista vesistövaikutusarviota.- *Vesitalous* 2:38-44.
- Helminen, H. & Inkala, A. 2024: Modelled water and phosphorous transport in the Archipelago Sea and through Åland Sea in the northern Baltic Sea and their links to water quality.- *Journal of Marine Science and Engineering* 12, 1252
- Helminen, H., Juntura, E., Koponen, J., Laiho, P. & Ylinen H. 1998: Assessment of long distance background nutrient loading to the Archipelago Sea, Northern Baltic with a hydrodynamic model.- *Environmental modelling and software* 13:511-518.
- Helminen, H. & Kirkkala, T. 2005: Saaristomeren kautta Selkämerelle kulkeutuvat vedet.- Miten voit, Selkämeri? Ympäristön tila Lounais-Suomessa. Lounais-Suomen ympäristökeskus. s. 25
- Helsingin Sanomat 2.8.1966: Harvinainen leväsiintymä väistymässä Rauman vesiltä
- Hietala, R., Lundberg, P. & Nilsson J.A.U. 2007: A note on the deep-water inflow to Bothnian Sea.- *Journal Marine Syst.* 68 (1-2): 255-264
- Hyvärinen, J. 1995: Rauman merialueen ja järvien rehevöityminen – hajakuormitus selvitys.- Rauman kaupunki, ympäristövirasto. moniste
- Hyvärinen, J. 1996: Raumanmeri rehevöity – Rauman edustan merialueen tilan kehitys 1970-1995.- Satakunnan luonto. Satakunnan luonnonsuojelupiiri ry:n vuosikirja 33-37.
- Hyvärinen, J. 2005: Millaiseksi muutut, Selkämeri? teoksessa Sarvala, M. & Sarvala, J. (toim.): Miten voit, Selkämeri? Lounais-Suomen ympäristökeskus. Ympäristön tila Lounais-Suomessa 4:130-134.
- Hyvärinen, J. 2011: Selkämeren muuttuva kalasto ja kalastus.- Pyhäjärvi-instituutin julkaisuja, Sarja B nro 20 Osa 2:120-174
- Hyvärinen, J. 2024: Sukeltaen havaittua eteläisen Selkämeren kaloista ja vieraslajeista vuosina 1991-2024.- 98 s.
- Hyvärinen, J. & Salo, H. 1992. Liejusimpukoiden raskasmetallipitoisuus Rauman edustan merialueella vuonna 1992. Rauman kaupungin ympäristönsuojelutoimisto. Moniste 5 s.
- Häkkilä, K. 1985. Pohjasedimentin ja simpukoiden raskasmetallipitoisuuksista Selkämeren eteläosan rannikolla. Vesihallituksen monistesarja nro 380. 38 s.
- Häyrén, E. 1950: Botaniska anteckningar från Raumo skärgård.- Bidrag till kännedom af Finlands natur och folk, Finlands Vetenskaps-Societeten vattenbiologiska undersökning 93:6
- Ilus, E. & Kesitalo J. 2008: The response of phytoplankton to increased temperature in Loviisa archipelago, Gulf of Finland.- *Boreal Environment Research* 13:503-516
- Inkala, A. 2014: Isojärviluodon pengertien vaikutus virtauksiin ja jäteveden kulkeutumiseen.- Suomen ympäristövaikutusten arviointikeskus Oy. 20 s.
- Jokinen, J. 2012: Syksy viritti vesistöihin ravinnepommin.- *Sanomalehti Länsi-Suomi* 13.12.2012
- Jokinen, J. 2020: Sinilevähirmio valtasi Selkämeren – ”Kraken” täyttää satelliittikuvassa melkein koko ulapan.- *Sanomalehti Länsi-Suomi* 12.8.2020
- Jokinen, J. 2021: Selkämeren kesäksymys: Herääkö viime kesältä tuttu sinilevähirmio taas? – *Sanomalehti Länsi-Suomi* 21.5.2021
- Jokinen, M. 2010: Merimetso arvioitua tärkeämpi Saaristomeren ravinteiden vähentäjänä.- Ympäristönsuojelutoimisto, Turun kaupunki. Tiedote 29.7.2010.
- Jori, M., Forsman, T. & Laine, P. 2020: Uusia makuja ja lisäansioita mustatäplätokosta.- Pyhäjärvi-instituutin julkaisuja, Sarja B nro 43
- Jumppanen, K. 1969: Selvitys Lounais-Suomen rannikkovesien tilasta.- Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistys ry. Julkaisu 10. 56 s. + liitteet
- Jumppanen, K. 1972: Rauman merialueen tarkkailututkimus vuonna 1972. - Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistys ry. 2 s. + liitteet
- Jumppanen, K. 1974: Rauman merialueen tarkkailututkimus vuonna 1973. - Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistys ry. 10 s. + liitteet
- Jumppanen, K. 1976: Rauman merialueen tarkkailututkimus avovesikautena 1974-1976. - Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistys ry. 13 s. + liitteet
- Jumppanen, K. 1989: Rauman merialueen tarkkailututkimus vuonna 1988. - Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistys ry. Tutkimuslauseita 50. 45 s. + liitteet
- Jumppanen, K. 1998a: Rauman merialueen tarkkailututkimus vuonna 1997. - Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistys ry. Tutkimuslauseita 133. 48 s. + liitteet
- Jumppanen, K. 1998b: Selvitys typpikuormituksen vesistövaikutuksista Rauman edustan merialueella.- Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistys. Tutkimuslauseita 139
- Jumppanen, K. 1999: Rauman merialueen tarkkailututkimus vuonna 1998. - Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistys ry. Tutkimuslauseita 145. 69 s. + liitteet
- Jumppanen, K. 2000: Rauman merialueen kuormitus ja tila vuonna 1999. - Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistys ry. Tutkimuslauseita 156. 46 s. + liitteet

- Jumppanen, K. 2002: Rauman merialueen kuormitus ja veden tila vuonna 2001. Vuosiyhteenveto.- Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy Tutkimusseloste 195. 54 s. + liitteet
- Kahru, M. & Elmgren, R. 2014: Multidecadal time series of satellite-detected accumulations of cyanobacteria in the Baltic Sea.- *Biogeosciences* 11:3619-3633.
- Kallasvuo, M. 2012: Kampelanpoikaskartoitukset 2014.- Riista- ja kalantutkimus. 5 s
- Kirkkala, T. 2004: Rauman merialueen kuormitus ja veden tila vuonna 2003. vuosiyhteenveto.- Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy Tutkimusseloste 239. 46 s. + liitteet
- Kirkkala, T. & Helminen, H. 2005: Typenpoiston vaikutus sinilevättilanteeseen Rauman jätevesien purkualueella.- teoksessa Sarvala, M & Sarvala, J.: Miten voit, Selkämeri? Lounais-Suomen ympäristökeskus. Ympäristön tila Lounais-Suomessa 4:57.
- Kirkkala, T. & Turkki, H. 2005: Rauman ja Eurajoen edustan merialue.- teoksessa Sarvala, M. & Sarvala, J.: Miten voit, Selkämeri? Lounais-Suomen ympäristökeskus. Ympäristön tila Lounais-Suomessa 4:48-65.
- Kirkkala, T. 2006: Jätevesien typenpoiston vaikutukset Rauman merialueen tilaan, yhteenveto tehostetusta seurannasta 2001-2005. Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy, Tutkimusseloste 263
- Kivinen, S. 2022: Rauman edustan merialueen kalataloudellinen velvoitetarkkailu vuosina 2018-2021.- KVVY-tutkimus Oy. Raportti 571
- Korhonen, J., Koskela, J. & Veijalainen, N. 2018: Jokivirtaama.-Smart Sea. Pohjanlahden tulevaisuus. 15 s.
- Korpinen, S., Laamanen, M., Suomela, J., Paavilainen, P. Lahtinen, T. & Ekebon, J. 2018: Suomen meriympäristön tila 2018.- Suomen ympäristökeskus, Syken julkaisuja 248 s.
- Kuosa, H. 2018: Ulapan ravinteet.- Smart Sea. Pohjanlahden tulevaisuus. 15 s.
- Kuosa, H. 2022: Selkämeren muutokset.- Selkämeri-seminaari, Satavesi 20 vuotta, 8.12.2022 Rauma
- Kuosa, H., Fleming-Lehtinen, V., Lehtinen, S., Lehtiniemi, M., Nygård, H., Raateoja, M., Raitaniemi, J., Tuimala, J., Uusitalo, L. & Suikkanen, S. 2017: A retrospective view of the development of the Gulf of Bothnia ecosystem.- *Journal of Marine Systems* 167:78-92
- Kuosa, H. & Pelttonen, H. 2021: Kalankasvatuksen rehuntuotantoon käytettävien raaka-aineiden vaikutus Itämeren rehevöitymiskehitykseen. Luonnos 24.6.2021
- Kämäri, M., Helminen, H., Hyvärinen, J., Inkala, A. & Rinne, J. 2013: Selkämerta kuormittaa myös muu Itämeri.- *Vesitalous* 4:9-14
- Laamanen, M., Fleming, V. & Olsonen, R. 2004: Summer time secchi depths in 1903-2003 in the Baltic Sea.- Helcom monas indicator workshop 1/2004
- Lappalainen, M. K. 2018: Itämeren rehevöitymisen uudistettu diagnoosi ja paradigma.- *Acta Universitatis Ouluensis C* 663.
- Latva, O., Lähdesniemi, H., Uusitalo, H. & Kallioniemi, N. 2025: Suomalaisten lajien historiallinen kartasto.- Turun Historiallinen Yhdistys
- Lehmann, A., Myrberg, K., Post, P., Chubarenko, I., Dalidine, I., Hinrichsen, H.-H., Hüsey, K., Liblink, T., Markus Meier, H. E., Lips, U & Bukanova, T. 2022: Salinity dynamics of the Baltic Sea.- *Earth System Dynamics* 13:373-392
- Lehtinen, S., Suikkanen, S., Hällfors, H., Tuimala, J. & Kuosa, H. 2021: Phytoplankton morpho-functional trait variability along coastal environmental gradients.- *Microorganisms* 9,2477
- Leinikki, J. & Oulasvirta, P. 1999: Rauman Rihtiemen syväväylätöiden vaikutukset mahdollisten silakan kutupohjien kasvillisuuteen 1998.- *Alleco ky*, 7 s. + liitteet
- Leppäkoski, E. 1975: Assessment of degree of pollution on the basis of macrozoobenthos in marine and brackish water environments.- *Acta Academiae Aboensis*, ser B: 2, 90 s.
- Lundberg, C., Jakobsson B.-M. & Bonsdorff E. 2009: The spreading of eutrophication in the eastern coast of the Gulf of Bothnia – An analysis in time and space.- *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 82:152-160.
- Löptien, U., Renz, M. & Dietze, H. 2025: Major Baltic inflows come in different flavours.- *Commun Earth Environment* 6:232.
- Mangin, A., Gamesson, P., Fanton d'Anton & Kaitala, S. 2007: Transparency of the Baltic Sea during the growth season 2007 according to MERIS Satellite data.- HELCOM Indicator Fact Sheets.
- Mattila, J. 2002: Rauman merialueen kuormitus ja veden sekä pohjan tila vuonna 2002. vuosiyhteenveto.- Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy Tutkimusseloste 216. 65 s. + liitteet
- Miettunen, E. Tuomi, L., Westerlund, A., Kanarik, H. & Myrberg K. 2024: Transport dynamics in a complex coastal archipelago.- *Ocean Science* 20:69-83.
- Moros, M., Kotilainen, A. T., Snowball, I., Neumann, T., Perner, K., Meier, H. E. M., Papenmeier, S., Kolling, H., Leipe T., Sinninghe Damsté, J. S. & Schneider, R. 2024: Giant saltwater inflow in AD 1951 triggered Baltic Sea hypoxia.- *Boreas* 53:125-138
- Myllyvirta, T. & Henriksson, M. 2001: Suomen ja Viron rannikkojen tila. Vertaileva tutkimus Suomen ja Viron rannikkoalueiden vesien ja pohjien tilasta.- Itä-Uudenmaan ja Porvoonjoen vesien- ja ilmansuojeluyhdistys ry. 23 s. + liitteet
- Myrberg, K. & Andrejev, O. 2003: Main upwelling regions in the Baltic Sea – a statistical analysis based on three-dimensional modelling.- *Boreal Environment Research* 8:97-112
- Myrberg, K. & Andrejev, O. 2006: Modelling of the circulation, water exchange and water age properties of the Gulf of Bothnia.- *Oceanologia* 48:55-74.
- Myrberg, K., Kuosa, H. & Leppäranta, P. 2006: Itämeren fysiikka, tila ja tulevaisuus.- Yliopistopaino, Palmenia-sarja. 202 s.
- Matthäus, W. 2006: The history of investigation of salt water inflows into the Baltic Sea – from the early beginning to recent results.- *Meereswissenschaftliche Berichte* 65
- Nissling, A., Westin, L. & Hjerne, O. 2002: Reproductive success in relation to salinity for three flatfish species, dab (*Limanda limanda*), plaice (*Pleuronectes platessa*) and flounder (*Pleuronectes flesus*) in the brackish water Baltic Sea.- *ICES Journal of Marine Science* 59:93-108
- Norkko, A. 1997: The role of drifting macroalgal mats in the structuring coastal zoobenthos.- Husö biological station, department of biology. Åbo Akademi University
- Nurminen, J. & Herlin, A. 2021: Peltojen kipsikäsittely antaa uutta toivoa puhtaammasta Itämerestä.- Vieraskynä, Helsingin Sanomat 7.4.2021
- Ojaveer, H., Lankov, A., Aro, E., Kotta I., Kotta, J. & Lumberg, A. 1999: Changes in the ecosystem of the Gulf of Riga from the 1970's to the 1990's.- *ICES Journal of Marine Science* 56:33-40
- Palmen, E. 1930: Untersuchungen über die Strömungen in den Finnland umgebenden Meeren.- *Soc. Sci. Fenn. Comm. Phys.- Math.* 12: 1-94
- Piepponen, H., Laamanen-Nicolas, L., Korpinen, S., Back, M., Paavilainen, P. & Rinne, H. 2024: Suomen meriympäristön tila 2024.- Suomen ympäristökeskuksen raportteja 35 / 2024
- Pitkänen, H. 2008: Itämeri ja Selkämeren erityisluonne.- Selkämeren teemavuoden avajaiset Porissa 5.6.2008. Tiedote
- Pönni, J., Lehtiniemi, M., Raitaniemi, J. & Uusitalo, L. 2025: Pungräkor göder strömmingen.- *Fiskeritidskrift för Finland* 3:22-24.
- Raateoja, M. 2013: Deep-water oxygen conditions in the Bothnian Sea.- *Boreal Environment Research* 18.

- Raateoja, M., Kuosa, H. & Hällfors, S. 2011: Fate of excess phosphorous in the Baltic Sea: A real driving force for cyanobacterial blooms.- *Journal of Sea Research* 65:2:315-321
- Raitaniemi, J. 2002: Selkämeren kalakantojen kehitys ja nykytila.- *Satavesi 20 vuotta – Selkämeriseminaari, Rauma-sali 8.12.2022*
- Rajasilta, M. 2011: Selkämeren kalaston kehitys –velvoitetarkkailuihin ja tutkimuksiin pohjautuva yhteenveto.- *Pyhäjärvi-instituutin julkaisuja, Sarja B nro 20, Osa 1:1-119*
- Rolf, C. & Elfving 2015: Increasing nitrogen limitation in the Bothnian Sea, potentially caused by inflow of phosphate-rich water from the Baltic Proper.- *Ambio* 44:601-611.
- Räsänen, R. 1996: Rauman edustan sedimentti- ja pohjaeläintutkimukset 1994. Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistys ry, tutkimusraportti 36 s.
- Saarikari, V. 2013: Rauman merialueen eläinplanktonitutkimus. Raportti syyskuun tilasta 2013.- Lounais-Suomen vesi ja ympäristötutkimus Oy. Nro 513-13-7985
- Sandén, P. & Håkansson B. 1996: Long-term trends in Secchi depth in the Baltic Sea.- *Limnol. Oceanogr.* 41:346-351.
- Savchuk, O. 2018: Large-scale nutrient dynamics in the Baltic Sea, 1970-2016.- *Frontiers in Marine Science* vol. 5, article 95
- Savola, A., Pihlainen, P., Uusiniitty-Kivimäki, M., Numminen, S. & Hyvärinen, J. (toim.), 2009: Säilytetään Selkämeri sinisenä.- *Satakuntaliitto, Sarja A:296*
- Seppovaara, O. 1967: Rauman merialueen likaantumistutkimukset 1965-1966. Oy Keskuslaboratorio – Centrallaboratorium Ab 136 s.
- Suikkanen, S., Pulina, S., Engström-Öst, J., Lehtiniemi, M., Lehtinen, S. & Brutemark, A. 2013: Climate change and eutrophication induced shifts in northern summer plankton communities.- *PLoS ONE* 8 (6):e66475
- Sundström, L. 2022: Ahvenanmeren turskan arvoitus.- *Suomen kalastuslehti* 6/2022
- Suomen ympäristökeskus 29.8.2025: Suomen merimetsokanta kasvoi yli kymmenen prosenttia.- *tiedote*
- Tamminen, T. 1990: Eutrophication and the Baltic Sea: Studies on phytoplankton, bacterioplankton and pelagic nutrient cycles.- *Helsingin yliopisto, yliopistopaino*
- Turkki H. 2008: Rauman merialueen pohjaeläintutkimus vuonna 2007.- Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy. Nro 116-08-4504, 32 s. + liitteet
- Turkki H. 2012: Rauman merialueen tarkkailututkimus. Vuosiraportti 2011.- Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy. Nro 116-12-7495, 51 s. + liitteet
- Turkki H. 2015: Rauman merialueen tarkkailututkimus. Vuosiraportti 2014.- Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy. Nro 116-15-7857, 61 s. + liitteet
- Turkki, H. 2020a: Rauman merialueen simpukkatutkimus 18.9.2019 Syväraumanlahden ja Riskonpöllän alueella.- Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy. Raportti nro 513-20-2522. 5 s.
- Turkki, H. 2020b: Uudenkaupungin merialueen tarkkailututkimus. Vuosiraportti 2019.- Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy. Nro 117-20-1749. 82 s.
- Turkki H. 2021a: Rauman merialueen pohjaeläintutkimus vuonna 2019.- Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy. Nro 116-21-311, 39 s. + liitteet
- Turkki H. 2021b: Rauman merialueen tarkkailututkimus. Vuosiraportti 2020.- Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy. Nro 116-21-6769, 87 s. + liitteet
- Turkki, H. 2022: Uudenkaupungin merialueen pohjaeläintutkimus 2021.- Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy.
- Turkki H. 2024: Rauman merialueen tarkkailututkimus. Vuosiraportti 2023.- Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy. Nro 116-24-7886, 64 s. + liitteet
- Turkki, H. 2025a: Rauman merialueen tarkkailututkimus. Vuosiraportti 2024.- Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy. Nro 116-25-694, 66 s. + liitteet
- Turkki H. 2025b: Rauman merialueen tarkkailututkimus maaliskuussa 2025.- Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy. Väliarportti Nro 116-25-2744, 7 s. + liitteet
- Turkki H. 2025c: Rauman merialueen tarkkailututkimus heinäkuussa 2025.- Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy. Väliarportti Nro 116-25-6775, 7 s. + liitteet
- Turkki H. 2025d: Rauman merialueen tarkkailututkimus elokuussa 2025.- Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy. Väliarportti Nro 116-25-7608, 7 s. + liitteet
- Turkki H. 2025e: Rauman merialueen tarkkailututkimus syyskuussa 2025.- Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy. Väliarportti Nro 116-25-8538, 10 s. + liitteet
- Turkki H. & Lehtonen, K. 2008: Rauman merialueen tarkkailututkimus. Vuosiraportti 2007.- Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy. Nro 116-08-3064, 50 s. + liitteet
- Vahteri, P. 2004: Rauman edustan merialueen tarkkailu: vesikasvitutkimukset vuosina 2000 ja 2003.- *Varsinais-Suomen vesistöseuraus Oy.*
- Vahteri, P. & Savoila, M. 2021: Rauman merialueen makrofyttiseuranta 2020.- *Varsinais-Suomen vesistöseuraus Oy.*
- Vahteri, P. & Savoila, M. 2024: Rauman merialueen makrofyttiseuranta.- *Varsinais-Suomen vesistöseuraus Oy.* 10 s. + liitteet
- Vanharanta, M. 2024: Fate of the excess phosphate in the northern Baltic Sea: Experimental perspectives. – *Walter and Andree de Nottbeck foundation scientific reports* 54. Doctoral thesis.
- Vatka, S. 2005: Yhdyskunnan ja metsäteollisuuden jätevesien yhteispuhdistus vesiensuojelutoimenpiteenä.- *teoksessa Sarvala, M. & Sarvala, J. (toim.): Miten voit, Selkämeri? Lounais-Suomen ympäristökeskus. Ympäristön tila Lounais-Suomessa 4:54.*
- Veneranta, L., Hudd, R., & Vanhatalo, J. 2013: Merikutuisen siian ja muikun poikastuotantoalueet.- *RKTL:n työraportteja 8/2013*
- Westerlund, A., Miettunen, E., Tuomi, L. & Alenius, P. 2022: Refined estimates of water transport through the Åland Sea in the Baltic Sea.- *Ocean Science* 18 (1) 89-108
- Viitasalo, M. 2018: Rannikon lajit.-*Smart Sea. Pohjanlahden tulevaisuus. Moniste* 15 s.
- Virtanen, M. 2008: Rauman sataman laajentamisen vaihtoehdoista merialueen virtauksiin ja veden laatuun aiheutuvien vaikutusten laskenta.- *YVA Oy.* 32 s.
- Westin, L. 1970: The food ecology and the annual food cycle in the Baltic population of fourhorn sculpin *Myoxocephalus quadricornis* (L.).- *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm* 50:168-210. Ref. Mikelsaar, N.1984: Eesti NSV kalad
- Wetzel, R. G. 1975: *Limnology*.- 743 s.