

Itämeren rehevöitymisen alkuperästä

Rehevöitymisellä tarkoitetaan runsaasta ravinnepitoisuudesta johtuvaa veden samenumista ja vesikasvien lisääntymistä. Tämä voi johtaa vesistöjen umpeenkasvuun, ranta-alueiden rihmalevien kasvuun, suurien leväkukintojen esiintymiseen, talviajan happikatoon ja kalaston sekä muun eliöstön muutoksiin. Rehevöitymisen syynä ovat kasvien tarvitsemien ravinteiden lisääntyminen, tärkeimpinä fosfori ja typpi, joita joutuu vesistöön monista syistä. Ympäristöstä tulevat ravinteet ovat ulkoista kuormitusta. Pohjan syvänteihin syntynyt hapeton tila voi muuttaa pohjasedimenttien ravinteita uudelleen liukoiseen muotoon. Tätä ilmiötä kutsutaan sisäiseksi kuormitukseksi ja sen vaikutusta on alettu pitää yhä merkittävämpänä syynä Itämeren nykyiseen tilaan. (Lehtoranta 2003)

Virkamiesten ja ympäristöaktiivien taholta on esitetty toistuvasti, että meren rehevöitymisen syynä ovat ravinnepäästöt. Tästä kannasta pidetään lujasti kiinni ja sitä pidetään jopa faktana (TS 19.5.07). Perustuuko asiantuntijoiden fakta muuhun kuin siihen, että ravinnepäästöt ovat lisääntyneet ja myös meri rehevöitynyt 1900 luvun lopulla? Missä on selvitetty, että rehevöityminen ja ravinnepäästöt ovat suhteessa toisiinsa sekä määrällisesti ja ajallisesti? Nämä kysymykset eivät saa vastausta satojenkaan tekstisivujen selaamisen jälkeen.

Rehevöitymisastetta voidaan mitata tutkimalla veden klorofyllipitoisuutta. Tämän esityksen päätelmät perustuvat merentutkimuslaitoksen pitkään mittaussarjaan ja Metsätilastolliseen vuosikirjaan sekä omiin laskelmiini.

Ravinnepäästöt eivät riitä rehevöitymisen lähteeksi

Sekä Itämerta että ihmisen aiheuttamaa ravinnekuormitusta kuvaavat luvut ovat suuria. Itämeren tilavuus on 21.000 km³, 85.000.000 asukasta kuormittaa valuma-alueita ja alueen lannoitteiden käyttö on oletettavasti useita miljoonia tonneja. Ravinnepitoisuudet rehevöityneissä vesissäkin taas ovat tavattoman pieniä, mikrogrammoja litrassa. Mitä nämä luvut merkitsevät, ei olekaan helposti arvioitavissa.

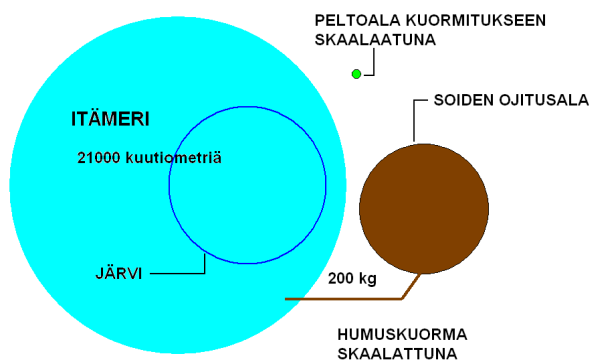
Ihmisen aiheuttamaa kuormitusta voidaan paremmin ymmärtää, kun muodostetaan Itämerestä havainnollinen pienoismalli mittakaavassa 1:1000. Jotta pienoismalli toimisi maapallon olosuhteissa samalla tavalla kuin luonnon Itämeri, on aineen tiheyden ja myös ravinnepitoisuuksien pysyttävä muuttumattomana. Tällöin pinta-alojen suhteellisuus on 1:1000² ja tilavuuksien ja massojen suhteellisuus 1:1000³. Neliökilometristä tulee neliometri, kuutiokilometristä kuutiometri, 1000 tonnista gramma.

Itämerestä, ala 415.000km², tulee pyöristetystä mallissa halkaisijaltaan 720 m laaja ja keskimäärin 55 mm syvä lammikko, jossa vettä on 21.000 m³ ja pinta-ala 41,5 ha, syvimmilläänkin vain 45 cm. Välittömästi huomio kiinnittyy siihen, että Itämeri on hyvin matala. Tällä on varmaan hyvin suuri merkitys Itämeren ekologiaan. Vesimäärältään lammikko vastaisi luonnollisemmin pikku järveä halkaisijaltaan 340 m, jonka syvin kohta olisi 2 m.

Itämeren valuma-alueella asuu 85.000.000 ihmistä. Näiden vuosikuormitus

kutistuisi miljardisosaan pienoismallissa. Kutistuneen kuormituksen yksi ihminen tuottaa 31 päivässä. Mallissa Itämeren ranta-asukkaita vastaisi siis yksi ainoa asukas, joka viettäisi lomakuukautensa järven rantamilla.

Suomessa käytetään fosforia 20kg/ha eli 2 g/m² ja jos muillakin Itämeren valuma-alueen pelloilla vallitsee samanlainen tehomaatalous, fosforia käytetään 680.000 tonnia. Mallissa tämä kutistuu 680 grammaan, joka riittää 340 neliömetrille, pyöreälle peltotilkulle halkaisijaltaan 21 m. Kuormittaisivatko luonnon eläimet, kalat ja kasvillisuus lampea huomattavasti enemmän kuin yksi lomailija peltotilkkuineen?



Fosforipäästöjen vaikutuksesta Suomenlahden rehevöitymiseen kirjoitin TS-artikkelissa (16.5.07) ja totesin, että ne eivät riitä nykyisellään rehevöittämään Suomenlahtea. Vuosittain tulee 6.000 tonnin fosforimäärä Suomenlahteen. Tästä puolet on ihmisen aiheuttamaa puolet luontaista. Määrä aiheuttaisi fosforipitoisuuden 30 mg/m³, ellei mitään luontaista puhdistusta tapahtuisi. Luonnollisesti terveessä meressä toimisi puhdistusmekanismeja. Varmasti terve meri pystyisi eliminoimaan ainakin 100 kg/km²/a (20%) veteen liuenneesta fosforista, joten pitoisuus jäisi alle 15 mg/m³, ja mitään rehevöitymistä ei edes pääsisi alkamaan. Erittäin puhtaissa luonnonvesissä fosforia on noin 10mg/m³. Merentutkimuslaitoksen mittauksista voi päätellä, että sinileväkasvustojen ilmenemiseen tarvitaan suuri fosforipitoisuus, noin 50 mg/m³.

Suomenlahti alkoi rehevöityä 1970 ja tilanne paheni vuoteen 1985 saakka

Koska laskelmieni mukaan ravinnepäästöt eivät riitä rehevöittämään merta, aloin pohtia, mistä on voinut tulla todella massiivisia päästöjä, jotka saivat aikaan huomattavan käänteen Suomenlahden tilassa 1970. Rehevöitymisen täytyy olla pelkkiä ravinnepäästöjä monimutkaisempi ja suurempi prosessi. Meren pohjalle on tuhansien vuosien aikana sedimentoitunut metrien kerroksia ravinteita. Suomenlahden pohjalla fosforia on noin 200g/tonni ja siis miljoonia tonneja. Jospa jokin ilmiö sai joitakin tuhannesosia tästä fosforista liikkeelle, siinä olisi riittävä selitys.

Fosforin oletan olevan tärkein ravinne rehevöitymisen lähtökohdaksi. Luontohan on sellainen, että jos fosforia on mutta typpi puuttuu, niin nopeasti alueen valtaavat tyypeä ilmasta sitovat kasvit. Vesissä on aina hieman fosforia, mutta vesikasvit kuluttavat typen, ovat typpirajoitteisia. Siksi rannoilla kasvaa

tervaleppiä, joilla on omat keinot hankkia tarvitsemaansa typpeä. Näin on myös meressä, typpeä ilmasta sitovat sinilevät lisääntyvät, jos fosforia on riittävä pitoisuus noin 50mg/m³. Vasta kun typpeä on riittävästi, muut kasvit valloittavat alueen.

Jotkut ruotsalaiset biologit ovatkin esittäneet, että mereen voisi päästää typpeä, koska silloin fosfori kuluisi pois ja meri puhdistuisi. Tämä ei ehkä kuitenkaan toimi, sillä tämänhetkisen asiantuntijakirjoittelun mukaan kuolleet levät painuvat pohjaan, jolloin pohjalle syntyy hapenpuutetta ja fosforia alkaa vapautua. Asiantuntijat esittävätkin, että nyt Itämeressä on vaihe, jossa rehevöityminen lisää rehevöitymistä. Tämäkään ei voi täysin pitää paikkaansa, koska Itämeressä on oletettavasti ennenkin ollut rehevöitymisvaiheita luonnollisista syistä, mutta tilanne on korjaantunut. Myös levämäärät laskujeni mukaan eivät riitä kuluttamaan pohjan happivaroja loppuun.

Olen myös kuullut teoriasta, että laivojen potkurivirtaukset pöllyttävät pohjan ravinteita. Tämä on mitätöntä. Pienet laskelmat osoittavat, että jo päivittäinen vähäinen ilmanpaineen vaihtelu aiheuttaa veden virtauksen, jonka aiheuttamiseen tarvitaan kymmenien tuhansien alusten koneitten työ.

Myrskytuulet sekoittavat Suomenlahden veden perusteellisesti ja myrskyt ovat lisääntyneet. Mutta fosfori on lisäksi kemiallisesti sitoutunut eikä ole suoraan kasvien käytettävissä. Fosforin täytyy pelkistyä liukenevaan muotoon ja tämä vaatii hapettomia olosuhteita. Aivan niin kuin ympäristön tilasta vastaavat ovat alkaneet kirjoitella (HS 11.6.07). Näiden näkemyksen mukaan kuolleet levät aiheuttavat hapen kulumista meren pohjalla ja hapenpuutteesta fosforia vapautuu. Tällä on kuitenkin vain vähäinen vaikutus.

Meren happivajaus ja sen vaikutukset

Itämeren pohjan vesiä on noin 5000km³ ja niiden happipitoisuus 2-8g/m³, jos meri on terve. Pohjan vesien happimäärä on siis luokkaa 10.000.000-40.000.000 tonnia. Koska mittauksen mukaan laajoilla alueilla vallitsee täydellinen happikato, happea on jonnekin hävinnyt miljoonia tonneja.

Hapettomalla merenpohjalla fosforia pelkistyy ja mittauksen mukaan muodostuu 5 tonnia liukoista fosforia neliökilometriä kohti vuodessa. Happipitoisessa ympäristössä reaktio on käänteinen ja fosforia sitoutuu pohjasedimentteihin. Suomenlahden pohja on 30.000 km², josta melkoinen osa on hapetonta. Loogisesti päätellen fosforia syntyy happikadon seurauksena riittävästi, noin 50.000 tonnia vastaten 50mg/m³, aiheuttamaan nykyinen huono tila. Tässä on ilmeinen lähtökohta rehevöitymiselle.

Jotta olisi syntynyt happikato ja rehevöityminen olisi päässyt käyntiin, on tarvittu todella massiivisia happea kuluttavia orgaanista alkuperää olevien aineiden päästöjä. Epäilin aluksi teollisuutta. Pahimmillaan Suomen metsäteollisuus päästi vesiin 500.000 tonnia happea kuluttavia aineita vuodessa. Mikä osa näistä päätyi mereen, on tutkimaton asia. Metsäteollisuuden päästöt likasivat aikoinaan vain jokia ja järviä lähialueellaan ja rannikkovesiä. Tämä asia tunnetaan hyvin. Teollisuuden päästöt eivät ole riittävän suuria aiheuttamaan happikatoa. Nykyään nämä päästöt ovat vain tuhansia tonneja ja vesistöjen tila on parantunut, mutta meri voi edelleen huonosti.

Humuksen osuus hapen kulutuksessa

Luonnostaan Suomen jokivesissä on mereen kulkeutunut noin miljoona tonnia humusta vuosittain. Humus on hyvin stabiili orgaanista alkuperää oleva vähän tunnettu aine, joka liukenee kolloidisesti veteen ja värjää veden ruskeaksi. Päätyessään mereen humus saostuu meriveden suolaisuuden johdosta ja painuu pohjaan. Mikrobit käyttävät saostunutta humusta energialähteenään hapettamalla sitä. Seurauksena on hapenkulutus ja happivajaus, jos humusta on riittävän paljon. Humuksen kemiallinen koostumus viittaa siihen, että se voi kuluttaa noin painonsa verran happea. Itämeri on kestänyt Suomen soiden miljoonan tonnin vuosittaisen humuskuormituksen useita satoja vuosia rehevöitymättä. Meri kestää suuriakin päästöjä. On siis etsittävä tapahtumaa, jonka seurauksena mereen on tullut useiden miljoonien tonnien happea kuluttavia päästöjä ennen vuotta 1985, jolloin Suomenlahden levätilanne saavutti ennätysmääriä.

1950 luvulla humuspäästöt alkoivat lisääntyä moninkertaisesti

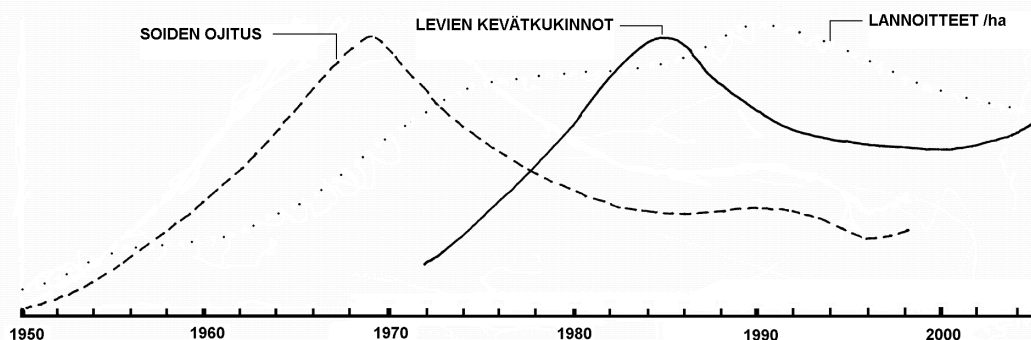
Omassa kokemusmaailmassani on tapahtuma, missä 50 ha:n järven (Sanasjärvi, Nokia) tila huononi muutaman vuoden kuluttua, kun ympäröiviä korpia ojitettiin. Järven rannalla olevat 10 ha:n viljelykset eivät olleet järven tilaan sanottavasti vaikuttaneet. Järven vesi kelpasi välttävästi talousvedeksi ja järvessä oli kaloja, mutta ojituksen tapahduttua hauki ja ahven saaliit loppuivat, vesi tuli entistä ruskeammaksi ja alkoi haista. Tämä muistikuva johdatti tutkimaan Suomessa tapahtunutta soiden ojittamista ja tarvittava tilasto löytyi helposti Metsätilastollisesta vuosikirjasta.

Suomessa alkoi 1950 laajamittainen soiden ojitus, joka huipentui 1970-luvulla. Soita on ojitettu ja korjausojitettu 65.000 neliökilometriä, viidesosa koko maan pinta-alasta. Pienoismallissamme ojitusaluetta vastaisi ympyrä halkaisijaltaan 280 metriä, jossa olisi ojia tiheässä ettei silmä erota. Klick! Tässä on ratkaisu. Valtavalla alueella on myllerretty rajusti maastoa. Nyt vain arvioimaan määriä. Riittävätkö ne tuhomaan pohjan vesien happea nopeammin kuin ilmasta liukenee uutta?

Laajojen kokeiden perusteella tiedetään, että soiden ojittamiseen liittyy kiinteiden aineiden päästöjen 250-kertaistuminen (3). Päästöt vähenevät huipun jälkeen vähitellen vuosikymmenen aikana normaaleiksi. Voi tehdä laskelman, että vuonna 1950 alkaneen soiden koneellisen ojittamisprosessin aikana kohti merta on valunut yhteensä ehkä pari sataa miljoonaa tonnia humusta.

Humusta tuli Suomenlahtea kohti noin sata miljoonaa tonnia. Viisitoista vuotta edeltävää ojitusta seuraten Suomenlahti rehevöityi alkaen 1970 ja saavutti huippunsa 1985 ojituspäästöjen kuluttaessa happivaroja nopeammin kuin ilmasta liukeni uutta happea. Ojituksen ja rehevöitymisen välillä on merkitsevä tilastollinen riippuvuus, tosin 15 vuoden aikaerolla. Muutama vuosi kuluu enen kuin humus päätyy mereen. On jopa todennäköistä, että

humuksen hapettamiseen, happikadon syntymiseen, fosforin pelkistymiseen ja levämassojen kehittymiseen kuluu noin 10 vuotta. Vuoden 1989 tienoilla Gotlannin syvänteen fosfaattipitoisuudessa mitattiin maksimiarvoja. Ajallisesti ja määrällisesti Itämeren ongelmat liittyvät soiden ojitukseen erityisen hyvin. Korrelaatio laskettuna selittäjänä ojituspäästöt 1957-77 (1) ja vasteena levien kevätkukintojen määrä 1972-1992 (2) on **0,68**. Fisherin z-muunnoksella saatu 95%:n luottamusväli korrelaatiolle on 0,34-0,86. Kuvassa 1950 alkanutta ojitusaaltoa seuraa rehevöitymisaalto 15 vuotta viivästytynään.



Kun rehevöitymistä vertailee ravinnepäästöjen historiaan, on näiden välillä vaikea löytää mitään muuta tilastollista riippuvuutta, kuin että molemmat tapahtuivat saman vuosisadan loppupuolella. Mielestäni ravinnepäästöt on valittu rehevöitymisen lähtökohdaksi varsin kevein perustein aliarvioiden terveen meren omaa luontaista puhdistuskykyä. Jos suuren kaupungin jätevedet puhdistuvat hapettamalla ja biologisesti muutamien tuhansien kuutiometriä altaissa, niin miksei sama prosessi toimisi muutamien kuutiokilometriä merenlahtialtaissa. Pitoisuudet meressä olisivat miljoonasosa puhdistusaltaiden pitoisuuksista.

Tilastolliset analyysit viittaavat siihen, että Itämeri kestäisi Suomesta liki 2.000.000 tonnin vuosittaisen humuskuorman, mutta ylittävä osa aiheuttaisi happivajeen ja ylittävään määrään verrannollisen fosforitason nousun.

Itämeri on sairas ja tehometsätalous saattaa edelleen pahentaa tautia

Näillä perusteilla voi esittää loppupäätelmän, että Suomen laajamittainen soiden ojitusprosessi on mahdollinen alkulähde Itämeren huonoon tilaan. Tilastollisesti merkittävä vahva korrelaatio soiden ojituksen ja Itämeren rehevöitymisen välillä on fakta. Mistä se tulee? Itämeren huonon tilan tähden yhteys pitäisi tutkia perusteellisesti.

Samankaltaista meren happivarojen kuormitusta aiheuttavat humuspäästöt, jotka syntyvät, kun satojen tuhansien neliökilometriä alueella Itämeren valuma-alueen metsissä ja korvissa työskentelevät metsäkoneet ruhjovat maaperää. Koneitten käytön vaikutus näkyy selvästi Lapin jokien veden värin muuttumisena ruskeaksi. Päästöt vähintäänkin hidastavat Itämeren toipumista.

Metsäkoneet tulivat laajamittaisesti käyttöön 1960-luvulla, monitoimikoneet 1980 ja kevätkukinnot kääntyivät uuteen kasvuun vuoden 2000 tienoilla. Mahdollisesti uutta happea kuluttavaa orgaanista ainetta päätyi Suomenlahteen ja se aiheutti levien kevätkukintojen kääntymisen uuteen kasvuun vuodesta 2000 alkaen. On kehitettävä pehmeämpiä keinoja harjoittaa

metsätaloutta, jotta happea kulutavat päästöt vähenevät. Puhdas Itämeri olisi arvokas ja suuri terveellisten kalaproteiinien ja -rasvojen tuottaja, siksi sen puhtauden vaalimisen tulisi ohittaa kaikissa päätöksissä tehometsätalouden edut.

(1) Laskettu, lähde Metsätilastollinen vuosikirja 1999

(2) Raateoja, Seppälä, Kuosa, Myrberg: Recent Changes in Trophic State of the Baltic Sea along SW Coast of Finland, Ambio Vol. 34 No 3 May 2005

(3) Suomen suot, 1998 sivu 81

Kommentteja

Ympäristöskusten asiantuntijat ovat tietenkin oikeassa siinä, että rehevöityminen johtuu meriveden liiallisesta ravinnepitoisuudesta. Mistä ravinteet ovat peräisin? Siihen tarjotaan vastaukseksi maatalouden, asutuksen ja teollisuuden päästöjä sillä perusteella, että näitä päästöjä on, kuten valumavesien mittaukset osoittavat. Pitäisi myös osoittaa, että nämä päästöt riittäisivät rehevöittämään meren. Tästä ei ole esitetty näyttöä. Sen sijaan näyttöä siitä, etteivät mainitut päästöt riitä rehevöitymiseen ei ole kumottu. Asiantuntijatkin ovat nyt päätyneissä siihen, että rehevöitymisen syynä on sisäinen kuormitus. Se, että sisäinen kuormitus johtuisi rehevöitymisestä ja lisäksi rehevöitymistä vuosi vuodelta, on vain hypoteesi muiden joukossa.

Aluksi arveltiin, että rehevöityminen on suora seuraus maatalouden ym. aiheuttamista ravinnepäästöistä. Ajan kuluessa alettiin puhua sisäisestä kuormituksesta, koska ravinnepäästöjen väheneminen ei näkynyt rehevöitymisen vähenemisenä. Tarkastelemalla rehevöitymisestä tehtyjä tutkimuksia olen päätenyt mahdollisuuteen, että rehevöitymisprosessi on alusta saakka peräisin sisäisestä kuormituksesta ja paikallisia ongelmia on tullut vain suurten pistekuormittajien läheisyydessä. Esimerkiksi jokien suistot ja suuret kaupungit ovat aiheuttaneet lähivesien pilaantumista.

Jos sanotaan, että asia pitää tutkia, voi vastata, että olisi jo kiire.

Jos kysytään, onko asiaa tutkittu, voi vastata, miksi ei ole.