

ESPOO
ESBO



MATALAJÄRVEN KUORMITUSSELVITYS

Tuomo Karvonen
TKK, Vesitalouden ja vesirakennuksen laboratorio

Kannen kuva: Tuomo Karvonen

Espoon ympäristökeskuksen monistesarja 1/2007

MATALAJÄRVEN KUORMITUSSELVITYS

Tuomo Karvonen

TKK, Vesitalouden ja vesirakennuksen laboratorio

Espoon ympäristökeskus
Espoo 2007

Sisällysluettelo

1. Johdanto	2
2. Selvityksessä käytetyt aineistot	2
3. Valuma-alue ja maankäyttö	2
3.1 Matalajärvi ja sen morfometriset pääominaisuudet	2
3.2 Valuma-alueen rajausta	3
3.3 Maankäytön luokittelu CLC2000-aineiston perusteella	3
3.4 Maankäyttömuotojen kuormitusosuuksien laskennassa käytetty luokittelu	6
4. Matalajärven ulkoinen ja sisäinen kuormitus	7
4.1 Matalajärveen purkautuvat vesimäärät	7
4.2 Matalajärveen purkautuvien vesien pitoisuudet	8
4.3 Matalajärven ulkoinen kuormitus eri maankäyttömuodoilta	10
4.4 Matalajärven sisäinen kuormituspotentiaali	12
5. Matalajärven kuormituksen vertailu kriittiseen kuormitukseen	12
5.1 Fosfori	12
5.2 Kuormitustekijöiden yhteisvaikutus	13
6. Yhteenveto ja johtopäätökset	14

Lähteet

Liitteet

1. Johdanto

Työn tarkoituksena oli selvittää Matalajärven kokonaiskuormitukseen vaikuttavat ulkoiset tekijät ja arvioida eri maankäyttömuotojen osuus kokonaiskuormituksesta. Selvityksessä on arvioitu myös muutaman pistekuormittajan (Järvenperän Esson pienpuhdistamo, Koskelon teollisuusalue) osuus kokonaiskuormituksesta. Selvityksessä verrataan ulkoisen kuormituksen suhdetta järven sisäiseen kuormituspotentiaaliin. Matalajärven fosforikuormitusta verrataan kirjallisuudessa esitettyihin kriittisiin kuormitusarvoihin. Selvityksen pääpaino on ravinnekuormituksessa, mutta myös muiden kuormitustekijöiden merkitystä on arvioitu järven kokonaistilan kannalta.

Tämä selvitys tehtiin syksyn 2006 aikana pohjautuen olemassa oleviin tietoihin ja raportteihin. Uutta mittaustietoa ei kerätty. Osa käytetyistä aineistoista perustuu TKK:n vesitalouden laboratoriossa kehitettyyn Espoonjoen hydrologiseen malliin, jonka tuloksia voidaan käyttää arvioitaessa Matalajärveen eri maankäyttömuodoilta tulevia vesimääriä. Matalajärven valuma-alue on osa Espoonjoen valuma-aluetta.

2. Selvityksessä käytetyt aineistot

- Matalajärven ravinnekuormitus (Mykkänen 2006)
- Matalajärvi – Grundträsk : Kunnostussuunnitelma (Barkman 2005)
- Järvenperän Esson pienpuhdistamon toiminta- ja laitteist selvitys (Suunnittelukeskus Oy, 2006)
- CLC2000-maankäyttöaineisto
- TKK:n vesitalouden ja vesirakennuksen laboratoriossa kehitetty Espoonjoen hydrologinen malli (Matalajärvi on osa Espoonjoen valuma-aluetta)
- Kaupunkialueiden hydrologia - valunnan ja ainehuuhtouman muodostuminen rakennetuilla alueilla. Osa 2: koealuetutkimus TKK-VTR-8 (Kotola & Nurminen 2003)
- TKK:n vesitalouden laboratoriossa käynnissä olevan EM-bakteeritutkimuksen tulokset; tutkimus tehdään Matalajärven pohjasedimenteillä
- Muut kirjallisuudesta saadut arviot eri maankäyttömuotojen tyypillisistä ominaiskuormituksista

Valuma-alueen maankäyttö ja sen jakautuminen määritettiin tässä selvityksessä uudelleen digitaalisesta 25x25 m² tarkkuudella tallennetusta CORINE-aineistosta (CLC2000). Suurin ero aiemmin tehtyihin selvityksiin on se, että osa Koskelon teollisuusalueesta sisällytettiin Matalajärven valuma-alueeseen. Koskelon teollisuusalueen hulevedet Kehä III:n ja Koskelontien väliltä johdetaan salaojaviemärillä (ns. Koskelontien viemäri) Storängenin peltoalueen laitaan, josta ne purkautuvat Matalajärveen (Barkman 2005).

3. Valuma-alue ja maankäyttö

3.1 Matalajärvi ja sen morfometriset pääominaisuudet

Matalajärvi sijaitsee Pohjois-Espoossa Espoonjoen vesistöalueella (Ekholm 1993). Järvi valuma-alueineen on osa suurempaa Bodominjärven valuma-aluetta ja sijoittuu

Bodominjärven itäpuolelle (Kuva 3-1). Matalajärvi laskee järven luoteiskulmasta alkavaa laskuojaa pitkin säännöstelyyn Bodominjärveen, joka on Espoon veden raakavesilähde (Kamppi 1990). Järvien korkeustaso on karttatietojen mukaan sama, +22,9 m merenpinnan yläpuolella. Matalajärven pinnankorkeutta säätelee laskuojan pohjapato ja käytännössä järven pinta on Bodominjärveä korkeammalla ja virtaus on Matalajärvestä Bodominjärveen. Paikallisten asukkaiden mukaan joskus vesi virtaa kuitenkin Matalajärven suuntaan (Barkman 2005). Rehevöitymisen seurauksena järvi on viime vuosikymmeninä mataloitunut. Järvi on luontaisestikin rehevä mutta viimeisen vuosisadan kehitys on lisännyt rehevyyttä aiheuttaen järven nykyisen ylirehevän, hypertrofisen tilan (Barkman 2005, Mykkänen 2006).

Matalajärven pinta-ala on aikaisempien mittausten mukaan 71 ha (vrt. uusi arvio 62 ha kappaleessa 3.3) ja järvi on nimensä mukaisesti hyvin matala syvimmän kohdan ollessa vain 1,3 m. Järven rantaviivan pituus on noin 3,5 km ja saaria järvestä ei ole. Järvenselän suurin pituus pohjois-eteläsuunnassa on 1,2 km ja itä-länsisuunnassa 1,0 km. Järvi on siis avoin, hyvin matalaa vatia muistuttava allas. Avoimuuden rikkoo vain tiheät järvikaislasaarekkeet eri puolilla järveä. Järveä suojaa tuulen sekoitukselta länsipuolella Högnäsin harju, jonka laki ulottuu yli 40 m järven pinnan yläpuolelle. Rantametsiköt antavat suojaa järven pohjois- ja kaakkoisrannoilla mutta muuten rannat ovat avoimia. Erityisesti länsi- ja etelätuulet pääsevät puhaltamaan suojattomilta rannoilta aiheuttaen resuspensiota. Vuoden 1984 peruskartan mukaan piirretty syvyyskäyrä kertoo järven keskiosien olevan 1,5 m syvää (mittauksia vuosina 1959-1976) ja järven keskisyvyyden olevan 1,2 m (Mykkänen 2006; Barkman 2005).

Järvi on vuosien mittaan madaltunut voimakkaan biomassatuotannon ja kiintoainekuormituksen takia. Mykkäsen (2006) vuonna 2005 mitaama suurin syvyys oli 1,3 m laskuojan vedenkorkeudella +22,76 m. Myös Barkman (2005) on huomannut vesisyvyyden pientyneen. Mykkänen arvioi, että järven tilavuus on 642 600 m³ ja keskisyvyys 0,9 m.

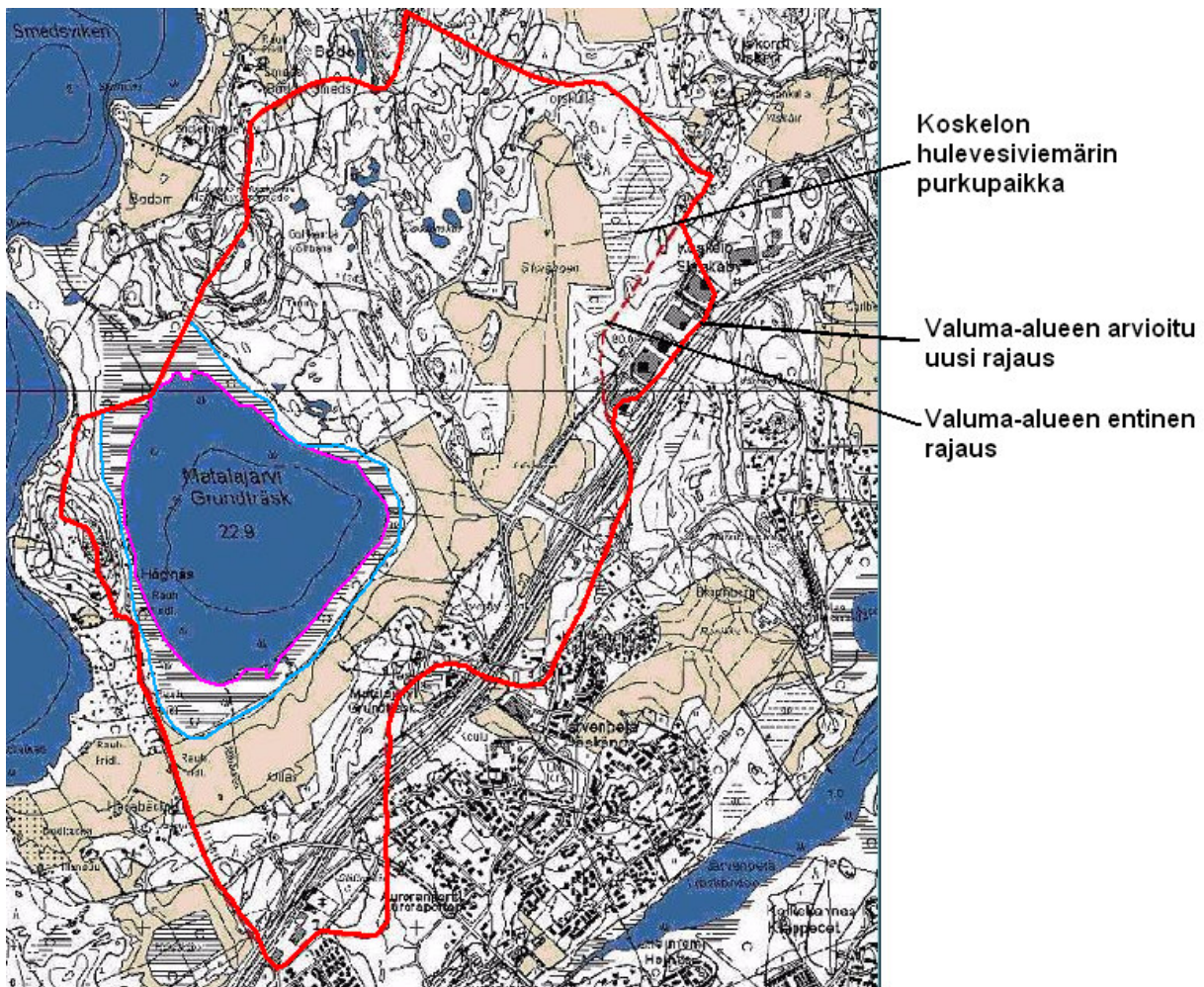
3.2 Valuma-alueen rajaus

Matalajärven valuma-alueen aiempi rajaus (Mykkänen, 2006) ja uusi rajaus on esitetty kuvassa 3-1. Uudessa rajauksessa karttaan merkitty osa Koskelon teollisuusalueesta on laskettu Matalajärven valuma-alueeseen kuuluvaksi, sillä ko. alueen hulevedet johdetaan salaojaviemärillä Storängenin peltoalueen laitaan, josta ne purkautuvat Matalajärveen. Valuma-alueeseen liitettävä osa Koskelon teollisuusalueesta on pinta-alaltaan n. 6 ha. Tämän alueen kuormitus otetaan mukaan laskettaessa Matalajärven kokonaiskuormitusta. Koskelon hulevesiviemärin purkupaikka on merkitty kuvaan 3-1.

3.3 Maankäytön luokittelu CLC2000-aineiston perusteella

Matalajärven valuma-alueen maankäyttömuodot on luokiteltu CLC2000 –maankäyttö- ja maanpeiteaineistosta. CLS2000 on koko Suomen kattava rasterimuotoinen paikkatietokanta maankäytöstä ja maanpeitteestä. Aineisto on tuotettu osana eurooppalaista CORINE2000-hanketta. Aineisto on tuotettu yhdistämällä satelliittikuvatulkintatuloksia, olemassa olevia paikkatietoaineistoja sekä maastossa mitattua tietoa. CLC2000 -maankäyttö/maanpeite (25m) –aineisto on rasterimuotoinen paikkatietokanta (GEO-TIFF). Maankäyttöä ja maanpeitettä kuvataan luokituksella, jossa on kaikkiaan 44 luokkaa.

Erotustarkkuus on 25 m eli valuma-alue on ajettu 25x25 m² ruutuihin ja kullekin ruudulle saadaan sen maankäyttöluokka.



Kuva 3-1. Matalajärven valuma-alueen entinen ja uusi rajaus.

Taulukossa 3-1 on esitetty CLC2000-tietokannan mukaiset maankäyttöluokat Matalajärven valuma-alueelle niiden luokkien osalta, joita valuma-alueelta löytyy. Koko valuma-alueen pinta-alaksi tulee 474 ha, josta järven osuus on 62 ha (luokka 43), joka on aiempia selvityksiä pienempi arvo. Ero aiempiin arvioihin (n. 71 ha v. 1991) saattaa osittain johtua kuvaushetken mukaisesta tilanteesta keskimääräisiin olosuhteisiin verrattuna. Toinen mahdollinen syy pienempään arvioon on se, että järven vapaa vesipinta-ala on pienenemässä. Tulkinnan mukaan luokan 37 ”sisämaan kosteikot vedessä” pinta-ala on n. 8 ha eli järvi ja kosteikot yhdessä olisivat pinta-alaltaan n. 70 ha.

Maatalousalueiden (luokat 13, 15 ja 16) kokonaispinta-ala on n. 93 ha, joka on 20 % koko alueen pinta-alasta. Luokka 13 (pellot) koostuu pelloista, taimitarhoista ja katetuista viljelmistä sekä pitkäaikaisista kesannoista. Matalajärven valuma-alueella Marketanpuisto kuuluu tähän luokkaan. Laidunmaat (luokka 15) koostuu monivuotisista nurmista ja

niityistä, latvuspeittävyys on oltava satelliittikuvatulkinnan mukaan < 30%. Luokka 16 (pienipiirteinen maatalousmosaiikki) koostuu käytöstä poistuneista maatalousmaista.

Taulukko 3-1. Matalajärven valuma-alueen maankäyttömuodot (ha ja %) CLC2000 – maankäyttö- ja maanpeiteaineiston perusteella.

Luokka	Kuvaus	Ala (ha)	%-osuus
1	Tiiviisti rakennetut asuinalueet	1.38	0.29
2	Väljästi rakennetut asuinalueet	40.81	8.61
3	Teollisuuden ja palveluiden alueet	25.13	5.30
4	Liikennealueet	36.38	7.68
7	Maa-aineisten ottoalueet	0.13	0.03
11	Kesämökki	3.50	0.74
12	Urheilu- ja vapaa-ajan toiminta -alueet	84.19	17.77
13	Pellot	85.63	18.07
15	Laidunmaat	6.00	1.27
16	Pienipiirteinen maatalousmosaiikki	1.50	0.32
17	Lehtimetsät kivennäismaalla	7.88	1.66
18	Lehtimetsät turvemaalla	6.38	1.35
19	Havumetsät kivennäismaalla	19.44	4.10
20	Havumetsät turvemaalla	0.06	0.01
21	Havumetsät kalliomaalla	0.50	0.11
22	Sekametsät kivennäismaalla	42.50	8.97
23	Sekametsät turvemaalla	5.06	1.07
24	Sekametsät kalliomaalla	0.81	0.17
27	Harvapuustoiset alueet , cc <10%	10.06	2.12
28	Harvapuustoiset alueet, cc 10-30%, kivennäismaalla	6.38	1.35
29	Harvapuustoiset alueet, cc 10-30%, turvemaalla	0.56	0.12
30	Harvapuustoiset alueet, cc 10-30%, kalliomaalla	0.06	0.01
31	Harvapuustoiset alueet havumetsärajan yläpuolella	0.00	0.00
32	Harvapuustoiset alueet, sähkölinjan alla	7.31	1.54
33	Rantahietikot ja dyynialueet	0.06	0.01
37	Sisämaan kosteikot vedessä	8.25	1.74
38	Avosuot	11.75	2.48
43	Järvet	62.06	13.10
	Yhteensä	473.75	100

Urheilu- ja vapaa-ajan toiminta-alueiden (luokka 12) pinta-ala on 84 ha (18 %). CLC-luokitteluohjeiden mukaan luokkaan 12 kuuluvat leirintäalueet, urheilu- ja vapaa-ajanviettoalueet sekä vapaa-ajan asunnot, golf-kentät ja kilpa-radat. Matalajärven valuma-alueella ko. maankäyttöluokka on suurimmaksi osaksi golf-kenttää.

Liikennealueiden pinta-ala on n. 36 ha, joka on 7.7 % koko valuma-alueen pinta-alasta. Liikennealueet (luokka 4) koostuu yleisistä teistä ja rautateistä ja muista raide-liikennealueista ja muista liikennealueista sekä vastaavista RHR:n luokista (asemat, terminaalit, pysäköintitalot, kulkuneuvojen suoja- ja huoltorakennukset sekä muut liikenteen rakennukset). Matalajärven valuma-alueella Kehä III on merkittävin yksittäinen liikennealue.

Teollisuusalueiden kokonaispinta-ala on 25 ha, josta Koskelon alueen osuus on n. 6 ha eli n. 24 % koko teollisuusalueiden pinta-alasta. Teollisuusalueiden osuus koko valuma-alueen pinta-alasta on n. 5.3 %. Teollisuuden ja palveluiden alueet (luokka 3) koostuu liike- ja toimistorakennusten alueista, yleisten rakennusten alueista sekä teollisuusalueista ja varastorakennusten alueista sekä vastaavista RHR:n luokista.

Metsäalueiden kokonaispinta-ala on 107 ha, mihin on laskettu luokat 17-32. Metsien osuus koko valuma-alueesta on n. 23 %.

Asuinalueiden kokonaispinta-ala on n. 42 ha, joista väljästi rakennettuja (luokka 2) on valtaosa. Luokka 2 koostuu rivi- ja kytkettyjen pientalojen alueista ja erillispientalojen alueista sekä RHR:n rivi- ja ketjutaloista sekä erillisistä pientaloista. Luokka 1, eli tiiviisti rakennetut alueet koostuvat kerrostaloalueista ja RHR:n asuinkerrostaloista ja asuntolarakennuksista sekä satelliittikuvilta päivitetystä rakennetuista alueista.

3.4 Maankäyttömuotojen kuormitusosuuksien laskennassa käytetty luokittelu

Matalajärven valuma-alueen kokonaiskuormituksen laskenta eri maankäyttömuodoilta edellyttää sekä valunnan, että purkautuvan veden pitoisuuksien arviointia. Kohdan 3.3 mukainen luokittelu on niin yksityiskohtainen, ettei kaikkien taulukon 3-1 mukaisten luokkien osalta ole olemassa riittävästi mitattua tietoa, joten kuormitusosuuksien laskentaa varten yhdistettiin useita metsäluokkia yhdeksi (taulukko 3-2). Taulukossa on esitetty vertailuna koko Espoonjoen valuma-alueen maankäyttöosuudet samoista maankäyttötyypeistä. Taulukon mukaan Matalajärven valuma-alue eroaa koko Espoonjoen valuma-alueesta erityisesti maatalousalueiden ja urheilu- ja vapaaajan toiminta-alueiden osalta. Näitä molempia on Matalajärven alueella selvästi enemmän kuin koko Espoonjoen valuma-alueella. Huomionarvoista on myös se, että Matalajärven alueella liikennealueiden prosenttiosuus (7.7 %) on selvästi suurempi kuin koko Espoonjoen valuma-alueella (3.8). Myös järvien osuus on Matalajärven valuma-alueella suurempi.

Taulukko 3-2. Kokonaiskuormituksen laskennassa käytetyt maankäyttöluokat Matalajärven valuma-alueella ja koko Espoonjoen valuma-alueella.

	Matalajärven valuma-alue		Espoonjoen valuma-alue
Maankäyttömuoto	Ala (ha)	%-osuus	%-osuus
Tiiviisti rakennetut asuinalueet	1.38	0.3	1.6
Väljästi rakennetut asuinalueet	40.81	8.6	19.0
Teollisuuden ja palveluiden alueet	25.13	5.3	5.3
Liikennealueet	36.38	7.7	3.8
Urheilu- ja vapaa-ajan toiminta -alueet	84.19	17.8	2.5
Maatalous + puistot	93.13	19.7	14.1
Metsäalueet	107.00	22.6	45.5
Avosuot ja kosteikot	20.00	4.2	0.9
Järvet	62.06	13.1	5.5
Muut alueet	3.69	0.8	1.8
Yhteensä	473.75	100	100

4. Matalajärven ulkoinen ja sisäinen kuormitus

Tässä selvityksessä Matalajärven vuotuinen keskimääräinen kokonaiskuormitus laskettiin järveen tulevien vesimäärien ja purkautuvan veden keskimääräisen konsentraation tulona.

4.1 Matalajärveen purkautuvat vesimäärät

Matalajärven tulovirtaamia ei ole mitattu, joten ainoa mahdollinen tapa arvioida järveen eri maankäyttömuodoilta tulevat vesimäärät on käyttää apuna matemaattista mallia. Malli kalibroitiin koko Espoonjoen valuma-alueen virtaamahavaintojen perusteella. Kalibroitajaksena käytettiin v. 1995-2005 välisen ajanjakson mitattuja virtaamia.

10 vuoden tarkastelujakson keskimääräinen korjattu sadanta oli 720 mm/a, mitattu kokonaisvalunta oli 390 mm/a eli todellinen haihdunta oli 330 mm/a. Mallilla laskettu kokonaisvalunta oli sama kuin mitattu, eli 390 mm/a. Taulukossa 4-1 on annettu mallilla laskettu valunta (mm/a) eri maankäyttömuodoille. Taulukossa on esitetty myös Espoonjoen ja Matalajärven maankäytön prosenttiosuudet ja kunkin maankäyttömuodon osuus valunnasta (mm/a koko valuma-alueetta kohden). Valuntaosuuksien summa on koko valuma-alueen valunta, joka koko Espoonjoelle oli 390 mm/a. Matalajärven valuma-alueen kokonaisvalunta oli arvion mukaan 397 mm/a, joka poikkeaa hieman koko Espoonjoen varvosta, sillä Matalajärven valuma-alueen maankäytön jakauma on hieman erilainen kuin koko Espoonjoen valuma-alueella.

Taulukko 4-1. Mallilla laskettu valunta (mm/a) eri maankäyttömuodoilta ja kunkin maankäyttömuodon osuus Espoonjoen ja Matalajärven kokonaisvalunnasta (mm/a).

	Maankäyttö- muodon	Esponjoki		Matalajärvi	
Maankäyttömuoto	Valunta (mm/a)	%-osuus	Osuus valunnasta	%-osuus	Osuus valunnasta
Tiiviisti rakennetut asuinalueet	470	1.57	7.4	0.29	1.4
Väljästi rakennetut asuinalueet	430	19.04	81.9	8.61	37.0
Teollisuuden ja palveluiden alueet	470	5.32	25.0	5.30	24.9
Liikennealueet	530	3.76	19.9	7.68	40.7
Urheilu- ja vapaa-ajan toiminta -alueet	410	2.46	10.1	17.77	72.9
Maatalous + puistot	400	14.13	56.5	19.66	78.6
Metsäalueet	355	45.54	161.7	22.59	80.2
Avosuot ja kosteikot	350	0.90	3.1	4.22	14.8
Järvet	330	5.53	18.2	13.10	43.2
Muut alueet	360	1.76	6.3	0.78	2.8
Yhteensä		100.00	390	100.00	397

Kokonaiskuormituksen laskentaa varten tarvitaan pitoisuuksien lisäksi Matalajärveen purkautuvat vesimäärät (m³/a) eri maankäyttömuodoilta. Ne on esitetty taulukossa 4-2. Kun käytettävissä on keskimääräiset kokonaisvesimäärät on mahdollista verrata pistekuormittajien (mm. Järvenperän Esson pienpuhdistamo) suhteellista osuutta kokovesimääriästä ja kokonaiskuormituksesta. Koskelon alueen kokonaisvesimäärät on myös mahdollista arvioida käyttäen alueen arvioitua pinta-alaa (6 ha) ja taulukossa 4-1 annettua teollisuusalueiden valuntaa 470 mm/a.

Taulukko 4-2. Eri maankäyttömuodoilta Matalajärveen purkautuvat keskimääräiset vesimäärät (m³/a) tarkastelujaksolla (v. 1995-2005).

Maankäyttömuoto	Valunta (mm/a)	%-osuus	Ala (ha)	Vesimäärä (m ³ /a)
Tiiviisti rakennetut asuinalueet	470	0.29	1.375	6400
Väljästi rakennetut asuinalueet	430	8.61	40.8125	175400
Teollisuuden ja palveluiden alueet	470	5.30	25.125	118000
Liikennealueet	530	7.68	36.375	192700
Urheilu- ja vapaa-ajan toiminta -alueet	410	17.77	84.1875	345100
Maatalous + puistot	400	19.66	93.125	372500
Metsäalueet	355	22.59	107	379800
Avosuot ja kosteikot	350	4.22	20	70000
Järvet	330	13.10	62.0625	204800
Muut alueet	360	0.78	3.6875	13200
Yhteensä		100.00	473.75	1877900

Taulukon mukaan Matalajärveen tuleva kokonaisvesimäärä oli jaksolla 1995-2005 keskimäärin n. 1.88 milj. m³/a (1 878 000 m³/a). Koskelon teollisuusalueelta purkautuvat vesimäärät olivat keskimäärin n. 28 200 m³/a, joka on n. 1.5 % Matalajärveen purkautuvasta vuotuisesta kokonaisvesimäärästä. Järvenperän Esson pienpuhdistamon vuorokausivirtaamaksi on arvioitu 4 m³/d, eli 1460 m³/a, joka on vähemmän kuin 0.1 % koko järven tulovirtaamista.

4.2 Matalajärveen purkautuvien vesien pitoisuudet

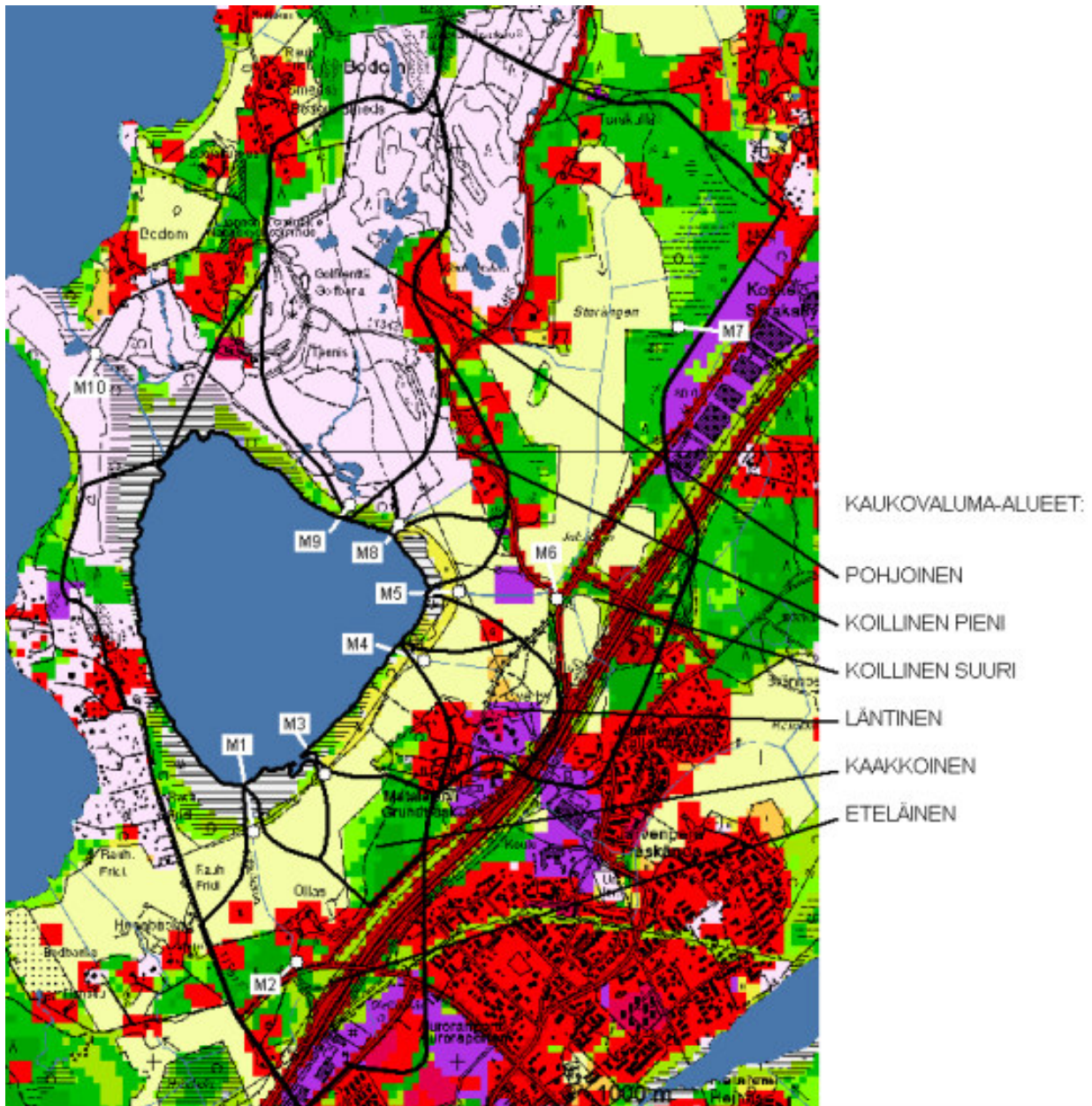
Matalajärven kokonaiskuormituksen laskennassa tarvittavat valumaveden pitoisuudet otettiin Mykkäsen (2006) tekemistä mittauksista niiltä osin, kuin se oli mahdollista. Mykkäsen mitaamat pitoisuudet on esitetty liitteessä 1. Suoraan voitiin käyttää seuraavia mittauksia (kts. kuva 4-1):

- M8 ja M9, golfkenttä (urheilu- ja vapaa-ajan toiminta-alueet)
- M7, Koskelo (teollisuuden ja palveluiden alueet)
- M6, Kulloonsilta, kehä III (liikennealueet)

Golf-kentältä purkautuvasta vedestä mitattujen kokonaisfosforimittausten keskiarvo oli 200 µg/l (vaihteluväli 160 – 310 µg/l) ja kokonaistypen osalta vastaavat arvot olivat 1020 µg/l (800 – 1200 µg/l).

Koskelon teollisuusalueen hulvesiviemäriin laskuaukolta mitattujen pitoisuuksien keskiarvo oli n. 80 µg/l (vaihteluväli oli 24 – 640 µg/l). Edellä esitetty arvo on virtaamalla painotettu keskiarvo. Kokonaistypen osalta vastaavat arvot olivat 1160 µg/l (900 – 1400 µg/l).

Mykkäsen (liite 1) mittauspisteen M6 voi katsoa edustavan kehä III:lta purkautuvan veden laatua. Ko. pisteeseen tulee jonkin verran myös muita vesiä (pieniä peltolohkoja). Mitattujen fosforipitoisuuksien keskiarvo oli 115 µg/l (32 – 170 µg/l) ja kokonaistyyppipitoisuuksien keskiarvo oli 1850 µg/l (600 – 2600 µg/l).



Kuva 4-1. Mykkänen (2006) näytteenottoapaikat (tulokset liitteessä 1). ©SYKE

Mikään liitteessä 1 esitetyistä mittauspisteistä ei suoraan kuvaa muiden maankäyttömuotojen pitoisuuksia, vaan purojen valumavedet ovat kertyneet usealta maankäyttömuodolta. Maankäyttömuodot, joilta suoria mittauksia ei ollut käytettävissä olivat tiiviisti rakennetut asuinalueet, väljästi rakennetut asuinalueet, peltoalueet, metsäalueet, avosuot ja kosteikot, sekä järvet (suora ilmalaskeuma).

Maankäyttötulkinta liittyy maatalousalueisiin Marketanpuiston, jonka lähellä olevasta purosta M4 on olemassa mittaukset. Nämä on otettu huomioon arvioitaessa keskimääräistä kuormitusta maatalousalueille. Mittauspisteen M4 keskimääräinen fosforipitoisuus oli $85 \mu\text{g/l}$ ($65 - 128 \mu\text{g/l}$) ja typpipitoisuus $850 \mu\text{g/l}$ ($600 - 1100 \mu\text{g/l}$). Käytettävissä oli mittaukset myös pisteestä M3 (ratsutila, ala), joka kerää sekä viereisen

laidunalueen, että läheisen ratsutilan alueen purkuvesiä. Mittauspisteen M3 fosforipitoisuuksien keskiarvo oli 90 µg/l (46 – 133 µg/l) ja typpipitoisuuksien keskiarvo oli 870 µg/l (600 – 1100 µg/l).

Peltoalueiden keskimääräinen pitoisuus arvioitiin antamalla muille maankäyttömuodoille pitoisuudet TKK:n vesitalouden laboratorion kokeellisten tutkimusten tai kirjallisuudessa annettujen arvojen avulla. Metsäalueiden ominaiskuormitus on selvästi pienempi kuin maatalousalueilla, joten se otettiin kirjallisuudesta: fosforille 14 kg/km²/a (vaihteluväli 9-25 kg/km²/a) ja typelle 160 kg/km²/a (100-250 kg/km²/a) (Kortelainen ja Saukkonen 1998). Nämä ominaiskuormitukset vastaavat Matalajärven valuma-alueella metsäalueiden osalta fosforipitoisuutta 40 µg/l ja typen osalta 450 µg/l.

Tiiviisti ja väljästi rakennettujen asuinalueiden ominaiskuormitukset ja tyypilliset pitoisuudet otettiin TKK:n vesitalouden RYVE-tutkimuksista (Kotola ja Nurminen 2003):

- väljästi rakennetut alueet 55 µg/l (20-26 kg/km²/a fosfori) ja 1150 µg/l (450-500 kg/km²/a typpi)
- tiiviisti rakennetut alueet 85 µg/l (35-42 kg/km²/a fosfori) ja 1700 µg/l (800-900 kg/km²/a typpi)

Peltoalueiden valumaveden pitoisuus arvioitiin epäsuorasti Mykkäsen mittauspisteen M5 (Kulloonsilta, ala) tulosten perusteella. Ko. mittauspiste kerää vesiä peltoalueiden lisäksi metsäalueilta, taajama-alueilta ja myös Kehä III:n vesistä osa purkautuu järveen tätä kautta. Mittauspisteen M5 fosforipitoisuuksien keskiarvo oli 125 µg/l (86 – 164 µg/l) ja typpipitoisuuksien keskiarvo oli 1040 µg/l (500 – 1400 µg/l). Peltoalueiden arvo saatiin laskemalla mikä peltoalueiden keskimääräisen pitoisuuden on täytynyt olla, jotta pisteen M5 pitoisuus on edellä kerrotun mukainen. Tämän laskelman tulosten mukaan peltojen keskimääräinen pitoisuus oli n. 300 µg/l fosforille ja 2550 µg/l typelle. Maatalousalueiden painotettu keskimääräinen pitoisuus oli 270 µg/l fosforille ja 2300 µg/l typelle. Näitä arvoja laskettaessa on otettu huomioon pisteiden M3 ja M4 pitoisuudet, jotka ovat pienempiä kuin peltoalueiden pitoisuudet.

Ilmalaskeuma suoraan järveen otettiin Kampin (1990) tekemästä arviosta: 16 kg/a fosforia ja 800 kg/a typpeä sadannan mukana suoraan järveen.

Järvenperän Esson pienpuhdistamolta poistuvan veden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 1900 µg/l (1000-3100 µg/l) ja keskimääräinen typpipitoisuus 70 000 µg/l (70 mg/l) (47-87 mg/l). Mittausjaksona olivat vuodet 2001-2005.

4.3 Matalajärven ulkoinen kuormitus eri maankäyttömuodoilta

Matalajärven kokonaiskuormitus saadaan yhdistämällä kappaleessa 4.1 annetut kokonaisvesimäärät ja kappaleen 4.2 mukaiset pitoisuudet. Tulokset on esitetty fosforille taulukossa 4-3 ja typelle taulukossa 4-4.

Fosforin kokonaiskuormitus on laskelmien mukaan keskimäärin 240 kg/a ja typen kokonaiskuormitus 2900 kg/a. Maatalous on suurin yksittäinen kuormittaja sekä fosforin (42 %) että typen (30 %) osalta. Fosforille ulkoilu- ja vapaa-ajan toiminta-alueet – pääasiassa golf-kenttä – on toiseksi suurin kuormittaja (29 %) kun taas typen osalta

ilmalaskema suoraan järveen (28 %) on toiseksi suurin kuormittaja. Liikennealueiden osuus fosforin kuormituksesta on n. 9 % eli se on kolmanneksi suurin kuormittaja.

Taulukko 4-3. Fosforin kokonaiskuormitus Matalajärvelle.

Maankäyttömuoto	Vesimäärä (m ³ /a)	Pitoisuus µg/l	Kuormitus kg/a	%-osuus	Ominaiskuormitus (kg/km ² /a)
Tiiviisti rakennetut asuinalueet	6400	85	0.5	0.2	40
Väljästi rakennetut asuinalueet	175400	55	10	4.0	24
Teollisuuden ja palveluiden alue	118000	80	9	3.9	38
Liikennealueet	192700	115	22	9.2	61
Urheilu- ja vapaa-ajan toiminta -a	345100	200	69	28.8	82
Maatalous + puistot	372500	270	101	41.9	108
Metsäalueet	379800	40	15	6.3	14
Avosuot ja kosteikot	70000	5	0.4	0.1	2
Järvet	204800	36	16	6.7	26
Muut alueet	13200	20	0.3	0.1	7
Yhteensä	1877900		240	101	51

* Järven osalta tuleva vesimäärä on sadanta suoraan järveen (44 700 m³/a)

Taulukko 4-4. Typen kokonaiskuormitus Matalajärvelle.

Maankäyttömuoto	Vesimäärä (m ³ /a)	Pitoisuus µg/l	Kuormitus kg/a	%-osuus	Ominaiskuormitus (kg/km ² /a)
Tiiviisti rakennetut asuinalueet	6400	1700	11	0.4	791
Väljästi rakennetut asuinalueet	175400	1150	202	7.0	494
Teollisuuden ja palveluiden alue	118000	1160	137	4.7	545
Liikennealueet	192700	1850	356	12.3	980
Urheilu- ja vapaa-ajan toiminta -a	345100	1020	352	12.1	418
Maatalous + puistot	372500	2300	857	29.5	920
Metsäalueet	379800	450	171	5.9	160
Avosuot ja kosteikot	70000	140	10	0.3	49
Järvet	204800	1800	804	27.7	1295
Muut alueet	13200	400	5	0.2	143
Yhteensä	1877900		2900	100	612

Järvenperän Esson pienpuhdistamolta Matalajärveen purkautuva fosforikuormitus oli vuosina 2001-2005 keskimäärin 2.8 kg/a, joka on n. 1.1 % koko järven fosforikuormituksesta. Puhdistamolta tuleva typpimäärä oli keskimäärin n. 100 kg/a, joka on 3.3 % koko järven typpikuormituksesta. Koskelon teollisuusalueelta (6 ha) tulevan fosforin määrä on 2.3 kg/a (0.9 % koko kuormituksesta) ja typen määrä 33 kg/a (1.1 % typen kokonaiskuormituksesta).

4.4 Matalajärven sisäinen kuormituspotentiaali

Sisäisellä kuormituksella tarkoitetaan järven pohjasedimenteistä vapautuvia ravinteita. Mykkänen (2006) mittasi Matalajärven sedimentistä vapautuvia potentiaalisia ravinnemääriä niissä olosuhteissa, jossa pohja on hapeton. Mittausten mukaan koejaksojen aikana sedimentistä vapautui 7-13 mg m⁻² d⁻¹ kokonaisfosforia, ja 27-55 mg m⁻² d⁻¹ kokonaistyppeä.

Sisäisen kuormituksen todellinen määrä riippuu siitä, kuinka pitkiä jaksoja sedimentin pinta on hapettomassa tilassa. Jos oletetaan, että hapettoman jakson pituus on yksi kuukausi, niin sisäinen kuormituspotentiaali on fosforille 130-240 kg/kk (pinta-ala 62 ha) tai 150-280 kg/kk (ala 71 ha). Typelle vastaavat arvot ovat 500-1000 kg/kk (ala 62 ha) ja 580-1150 kg/kk (ala 71 ha).

Fosforille yhden kuukauden hapettoman jakson vaikutus voi siis olla jopa yhtä suuri kuin koko vuoden ulkoinen fosforikuormitus.

5. Matalajärven kuormituksen vertailu kriittiseen kuormitukseen

5.1 Fosfori

Järvien kyky sietää kuormitusta vaihtelee suuresti riippuen järven tilavuudesta, keskisyvyydestä ja viipymästä. Vollenweider (1975, ref. Eloranta 2005) on esittänyt kaavat, joilla sallittava kuormitus (alempi sietoraja) P_a (g/m²/a) voidaan laskea kaavalla

$$P_a = 0.055 * (Q/A)^{0.635}$$

ja niin sanottu vaarallinen fosforikuorma (ylempi sietoraja) P_v (g/m²/a) kaavalla

$$P_v = 0.174 * (Q/A)^{0.469}$$

Kaavoissa Q/A on ns. hydraulinen pintakuorma eli järveen tuleva vesimäärä Q (m³/a) jaettuna järven pinta-alalla A (m²).

Matalajärvelle vuotuinen keskimääräinen tuleva vesimäärä oli jaksolla 1995-2005 n. 1.88 milj. m³/a. Jos järven pinta-alksi arvioidaan 62 ha, niin alempi sietoraja on 0.11 g/m²/a, joka vastaa ulkoista kuormitusta 69 kg/a. Ylempää sietorajaa (0.29 g/m²/a) vastaava kriittinen (vaarallinen) vuosikuormitus on 180 kg/a. Jos pinta-alksi oletetaan 71 ha, niin alempi sietoraja on 72 kg/a ja vaarallisen kuormituksen raja on n. 195 kg/a.

Kappaleessa 4.3 laskettu Matalajärven keskimääräinen ulkoinen vuosikuormitus on n. 240 kg/a, eli yli kolminkertainen sallittavaan kuormitukseen (alempaan sietorajaan) verrattuna. Matalajärven kokonaiskuormitus fosforille ylittää selvästi vaarallisen kuormituksen rajan (180/195 kg/a). Edellä olevassa tarkastelussa on laskettu vain ulkoisen kuormituksen osuus. Kun sisäinen kuormituspotentiaali otetaan huomioon, niin Matalajärven kokonaisfosforin kuormitus on hälyyttävän korkealla tasolla. Kuormituksen ylittäessä kriittisen rajan, on kunnostustoimet ensisijaisesti kohdistettava ulkoisen kuormituksen vähentämiseen.

5.2 Kuormitustekijöiden yhteisvaikutus

Ravinteet ja erityisesti fosfori ovat pääsyy Matalajärven rehevöitymiseen ja veden laadun heikkenemiseen, mutta myös muilla kuormitustekijöillä on merkitystä. Suomessa aloitettiin voimallisempi fosforilannoitus 1960-luvun alkupuolella. Sitä ennen pelloille levitetyt fosforimäärät olivat hyvin pieniä. Fosforilannoituksen taso oli yli kahden vuosikymmenen ajan n. 30 kg P/ha/a, mikä on selvästi enemmän kuin minkä kasvusto pystyy keskimäärin käyttämään (n. 15 kg P/ha/a). Ylilannoituskauden jälkeen fosforilannoituksen suositusmäärä puolitettiin. Pitkään jatkunut ylilannoitus ehti kuitenkin täyttää maan fosforivarastoja niin paljon, että pelloilta purkautui paljon fosforipitoisia vesiä erityisesti 70- ja 80-luvuilla. Matalajärven osalta veden laadun heikkeneminen on siis tapahtunut hyvin pitkän ajan kuluessa.

Ulkoisen kuormituksen sietokykyyn vaikuttaa oleellisesti järven pohjasedimentin kyky sitoa fosforia. Fosforinpidätyskykyyn vaikuttavat happitilanteen ohella erityisesti raudan ja sulfaatin määrä. Jensenin ym. (1992) mukaan makean veden pintasedimentin rauta-fosfori-moolisuhteen (Fe:P) ollessa yli 8,5 on sedimentissä riittävästi vapaata, pidätyskykyistä rautaa sitomaan fosforia hapellisissa oloissa rautayhdisteisiin. Suhteen laskiessa pidätyskykyisten rautayhdisteiden määrä vähenee, jolloin myös sedimentin fosforinpidätyskyky laskee. Mykkäsen (2006) mukaan Matalajärven sedimenttinäytteissä rautaa oli ylimäärin suhteessa fosforiin (suhde oli yli 30), eli Matalajärven pintasedimentillä on siis hapellisissa olosuhteissa kyky sitoa fosforia rautasidoksiin.

Lehtorannan (2003) mukaan sulfaatin määrällä on erittäin suuri merkitys sedimentin fosforin sitomiskapasiteettiin. Hapettomissa oloissa sulfaatti muodostaa raudan kanssa rautasulfideja, joilla on erittäin huono fosforin pidätyskyky hapellisissa oloissa muodostuviin rautaoksideihin verrattuna. Mykkäsen (2006) mittauksen mukaan Matalajärven pohjasedimenteissä on orgaanista ainetta hyvin runsaasti (15-20 % tilavuudesta). Sen hajoaminen syö hapen pohjan läheltä, jolloin muut hajoamisprosessit alkavat. Hapettomien oloissa tapahtuva rautasulfidien muodostuminen havaittiin TKK:n vesitalouden laboratoriossa tehtävissä kokeissa, joissa tutkitaan EM-bakteerin vaikutusta orgaanisen aineen hajoamiseen. Kokeen pohjasedimentit on otettu Matalajärveltä. Musta rautasulfidikerros muodostui erityisesti niissä EM-lieriöissä, joissa orgaanisen aineen hajoaminen oli voimakkainta.

Mistä Matalajärven sulfaatti voi olla peräisin? Todennäköisin syy on Kehä III, sekä alueella olevat monet teollisuuskiinteistöt. Valuma-alueelta huuhtoutuneet sulfaatit ovat huonontaneet Matalajärven pohjasedimentin kykyä sita fosforia, eli ovat kasvattaneet sisäistä kuormitusta, jolloin rehevöityminen on kiihtynyt. Runsasravinteisyys on puolestaan johtanut karvalehden voimakkaaseen kasvuun erityisesti v. 2000 jälkeen. Kasvinjäänteiden hajoaminen on taas lisännyt hapenkulutusta ja johtanut sedimentin fosforin sitomiskapasiteetin heikkenemiseen entisestään. Matalajärvi on siis ajautunut ulkoisen ja sisäisen kuormituksen kierteeseen, josta toipuminen vaatii väistämättä ulkoisen kuormituksen merkittävää pienentämistä nykytasostaan.

6. Yhteenveto ja johtopäätökset

Tässä selvityksessä laskettiin Matalajärven ravinnekuormituksen jakaantuminen eri maankäyttömuotojen kesken ja verrattiin fosforikuormituksen tasoa sallittuihin ja kriittisiin kuormitustasoihin.

Valuma-alueen maankäyttö ja sen jakautuminen määritettiin tässä selvityksessä uudelleen digitaalisesta 25x25 m² tarkkuudella tallennetusta CORINE-aineistosta (CLC2000). Suurin ero aiemmin tehtyihin selvityksiin on se, että osa Koskelon teollisuusalueesta sisällytettiin Matalajärven valuma-alueeseen. Koskelon teollisuusalueen hulevedet Kehä III:n ja Koskelontien väliltä johdetaan salaojaviemärillä (ns. Koskelontien viemäri) Storängenin peltoalueen laitaan, josta ne purkautuvat Matalajärveen (Barkman 2005).

Koko valuma-alueen pinta-alaksi on 474 ha, josta järven osuus on 62 ha, joka on aiempia selvityksiä pienempi arvo. Ero aiempiin arvioihin (n. 71 ha v. 1991) saattaa osittain johtua kuvaushetken mukaisesta tilanteesta keskimääriin olosuhteisiin verrattuna. Toinen mahdollinen syy pienempään arvioon on se, että järven vapaa vesipinta-ala on pienenemässä. Maatalousalueiden kokonaispinta-ala on n. 93 ha, joka on 20 % koko alueen pinta-alasta. Järven tilan kannalta merkittävä seikka on liikenne- ja teollisuusalueiden suuri osuus valuma-alueesta, eli yhteensä 13 % (liikenne 7.7 % ja teollisuusalueet 5.3 %).

Fosforin kokonaiskuormitus on laskelmien mukaan keskimäärin n. 240 kg/a ja typen kokonaiskuormitus on n. 2900 kg/a. Maatalous on suurin yksittäinen kuormittaja sekä fosforin (42 %) että typen (30 %) osalta. Fosforille ulkoilu- ja vapaa-ajan toiminta-alueet – pääasiassa golfkenttä – on toiseksi suurin kuormittaja (29 %) kun taas typen osalta ilmalaskeuma suoraan järveen (28 %) on toiseksi suurin kuormittaja. Liikennealueiden osuus fosforin kuormituksesta on n. 9 % eli se on kolmanneksi suurin kuormittaja.

Järvenperän Esson pienpuhdistamolta Matalajärveen purkautuva fosforikuormitus oli vuosina 2001-2005 keskimäärin 2.8 kg/a, joka on n. 1.1 % koko järven fosforikuormituksesta. Puhdistamolta tuleva typpimäärä oli keskimäärin n. 100 kg/a, joka on 3.3 % koko järven typpikuormituksesta.

Matalajärven keskimääräinen ulkoinen vuosikuormitus on n. 240 kg/a, joka ylittää selvästi Vollenweiderin ulkoisen kuormituksen sietorajamallin mukaisen kriittisen rajan (180-195 kg/a). Ulkoinen kuormitus on yli kolminkertainen Vollenweiderin alempaan sietorajaan (n. 70 kg/a) verrattuna. Kuormituksen ylittäessä kriittisen rajan, on kunnostustoimet ensisijaisesti kohdistettava ulkoisen kuormituksen vähentämiseen. Edellä olevassa tarkastelussa on laskettu vain ulkoisen kuormituksen osuus. Kun sisäinen kuormitus-potentiaali otetaan huomioon, niin Matalajärven kokonaisfosforin kuormitus on hälyyttävän korkealla tasolla.

Mykkäsen (2006) tekemät mittaukset osoittavat, että Matalajärven sedimentin fosforinpidätyskyky on tällä hetkellä hyvin huono. Sisäisen kuormituksen todellinen määrä riippuu siitä, kuinka pitkiä jaksoja sedimentin pinta on hapettomassa tilassa. Jos oletetaan, että hapettoman jakson pituus on yksi kuukausi, niin sisäinen kuormitus-potentiaali on fosforille 130-280 kg/kk. Typelle vastaavat arvot ovat 500-1150 kg/kk. Fosforille yhden kuukauden hapettoman jakson vaikutus voi siis olla jopa yhtä suuri kuin koko vuoden ulkoinen fosforikuormitus.

Ravinteet ja erityisesti fosfori ovat pääsyy Matalajärven rehevöitymiseen ja veden laadun heikkenemiseen, mutta myös muilla kuormitustekijöillä on merkitystä. Ulkoisen kuormituksen sietokykyyn vaikuttaa oleellisesti järven pohjasedimentin kyky sitoa fosforia. Tutkimusten mukaan sulfaatin määrällä on erittäin suuri merkitys sedimentin fosforin sitomiskapasiteettiin. Hapettomissa oloissa sulfaatti muodostaa raudan kanssa rautasulfideja, joilla on erittäin huono fosforin pidätyskyky hapellisissa oloissa muodostuviin rautaoksideihin verrattuna. Mittausten mukaan Matalajärven pohjasedimenteissä on orgaanista ainetta hyvin runsaasti (15-20 % tilavuudesta). Sen hajoaminen syö hapen pohjan läheltä, jolloin voi muodostua rautasulfideja.

Matalajärven valuma-alueen poikki kulkee Kehä III ja alueella on myös paljon teollisuuskiinteistöjä. On hyvin todennäköistä, että näiltä alueilta purkautuvat vedet sisältävät runsaasti sulfaatteja tavallisiin valumavesiin verrattuna. Esson pienpuhdistamolta poistuvassa vedessä on myös todennäköisesti paljon sulfaatteja. Valuma-alueelta huuhtoutuneet sulfaatit ovat huonontaneet Matalajärven pohjasedimentin kykyä sita fosforia, eli ovat kasvattaneet sisäistä kuormitusta, jolloin rehevöityminen on kiihtynyt. Runsasravinteisyys on puolestaan johtanut karvalehden voimakkaaseen kasvuun erityisesti v. 2000 jälkeen. Kasvinjäänteiden hajoaminen on taas lisännyt hapenkulutusta ja johtanut sedimentin fosforin sitomiskapasiteetin heikkenemiseen entisestään. Matalajärvi on siis ajautunut ulkoisen ja sisäisen kuormituksen kierteeseen, josta toipuminen vaatii väistämättä ulkoisen kuormituksen merkittävää pienentämistä nykytasostaan.

Matalajärven ulkoinen fosforikuormitus 240 kg/a ylittää kriittisen sietorajan 180/195 kg/a niin selvästi, että järven kunnostaminen vaatii sekä ulkoisen ravinnekuormituksen, että valuma-alueelta tulevan sulfaattikuormituksen vähentämistä jopa kolmasosaan nykytasostaan. Tällöin oltaisiin hyvin lähellä sallittua kuormitustasoa, joka Matalajärvelle on fosforin osalta n. 70 kg/a. Näin suuri kuormitusvähennys edellyttää hyvin merkittävien vesiensuojelutoimenpiteiden suunnittelua ja toteutusta (mm. kosteikot, ruovikko-puhdistamot, laskeutusaltaat, valunnan imeytysalueet ym.).

Eri maankäyttömuodoilta järveen purkautuvista vesistä ei ole käytettävissä sulfaatin pitoisuusmittauksia. Näiden pitoisuuksien mittauksia olisi syytä tehdä jatkossa eri vuodenaikoina. Myös Järvenperän Esson osalta olisi suositeltavaa mitata puhdistamolta poistuvan veden sulfaattipitoisuudet ainakin muutaman kerran.

Jatkossa olisi myös selvitettävä kaikki mahdolliset keinot pienentää järveen tulevaa sulfaattikuormitusta (mm. teollisuusalueiden valumavesien ohjaaminen kriittisiltä osin puhdistamolalle, Esson pienpuhdistamon sulfaattikuormituksen pienentäminen, valunnan purkautumisreittien muuttaminen Kehä III:n ja Koskelon teollisuusalueen hulevesien osalta).

Lähteet

Barkman, J. (2005). Matalajärvi – Grundträsk. Kunnostussuunnitelma, Natura-arviointi.

Ekholm, M., 1993, Suomen vesistöalueet, Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A, Vesi- ja ympäristöhallitus, Painatuskeskus, Helsinki

Eloranta, P. (2005) Järvien kunnostuksen perusteet, Järvien kunnostus, Ympäristöopas 114, Suomen ympäristökeskus, Edita Prima Oy, Helsinki, s. 13-28, saatavissa osoitteessa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=32238&lan=FI>

Jensen, H.S., Kristensen, P., Jeppesen, E. & Skytthe, A. 1992: Iron:phosphorus ratio in surface sediment as an indicator of phosphate release in shallow lakes. Julkaisussa: Hart, B.T. & Sly, P.G. (toim.) Sediment/water interactions. Developments in hydrobiology 75. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht: 731-743. Uudelleen painettu Hydrobiologia 235/236.

Kamppi, K., 1990, Bodominjärven hajakuormitusselvitys, Espoon ympäristönsuojelulautakunnan julkaisu, 47 s.

Kauppila, T. ja Valpola, P. 2002: Response of shallow boreal lake to recent nutrient enrichment – implications for diatom-based phosphorus reconstructions. Teoksessa:

Kauppila, T. 2002. Lake eutrophication studies in Southern Finland employing diatom-based total phosphorus inference models and sedimentary phosphorus fractionations. Turun yliopiston julkaisuja. Sarja All osa 156. Painosalama Oy, Turku.

Kortelainen, P. & Saukkonen, S. 1998: Leaching of nutrients, organic carbon and iron from Finnish forestry land. Water, Air and Soil Pollution 105, s. 239-250.

Kotola, J. ja Nurminen, J. (2003). Kaupunkialueiden hydrologia - valunnan ja ainehuuhtouman muodostuminen rakennetuilla alueilla. Osa 2: koealuetutkimus TKK-VTR-8.

Lehtoranta, J. 2005: Hapettamisen vaikutukset sedimentissä. Power Point-esitys-Hapetusseminaari 20.10.2005, Suomen ympäristökeskus. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=17674&lan=fi>.

Matinvesi, J., Hellsten, S., Ilmavirta, V. 1990: Suomen Järvet. Julkaisussa: Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Helsinki, Yliopistopaino, s. 5-15. ISBN 951-570-051-5

Melanen, M. 1981: Quality of runoff in urban areas. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 42, s. 123-188.

Mykkänen, J. (2006). Matalajärven ravinnekuormitus. Diplomityö, TKK, vesitalous ja vesirakennus (käsikirjoitus).

Tikkanen, M. Seppälä, M. & Heikkinen, O. 1985: Environmental properties and material transport of two rivulents in Lammi, southern Finland. Fennia 163, s. 217-282.

ESPOON YMPÄRISTÖKESKUKSEN MONISTESARJA

- 1/98 Ympäristökeskuksen ympäristöopas henkilökunnalle
1/99 Espoon kasvikartoitus 1990-1998
1/00 Espoon Pitkäjärven tutkimukset 1999
2/00 Hannusjärvi, rakennetun ympäristön vaikutukset järven tilaan sekä ehdotus vaikutusten vähentämiseksi ja tulevien paineiden ennaltaehkäisemiseksi
3/00 Espoon Luukinjärven ja Kalajärven kunnostussuunnitelmat
4/00 Kaitalahden yleistilan ja rehevöitymisen selvitys kesällä 1999
5/00 KOVA, kokonaisvaikutteinen ympäristökasvatusprojekti varhaiskasvattajille
1/01 Villa Elfvikin ympäristön lammikoiden vesieläimistö ja kasvisto kesä-syyskuussa 2000
1/02 Bockarmossenin luontoselvitys
1/06 Espoon Kalajärven kääpäselvitys (virkakäyttöön)
2/06 Espoon arvokkaat geologiset kohteet 2006
3/06 Espoon pilaantuneet maa-alueet
4/06 Espoon Pitkäjärven kunnostus, arvio kunnostustoimien vaikutuksesta
5/06 Espoon Pitkäjärven ja Lippajärven kunnostussuunnitelma
6/06 Espoon kaupungin valmiussuunnitelma koskien varautumista liikenteen aiheuttaman typpidioksidipitoisuuden kohoamiseen
7/06 Espoon keskuspuiston liito-orava- ja kääpäinventoinnit 2006 (virkakäyttöön)
8/06 Viitasammakon inventointi Espoossa keväällä 2006 (virkakäyttöön)
9/06 Espoon meluntorjuntaselvitys 2006

Julkaisuja voi kysyä ympäristökeskuksesta
p. (09) 8162 4832, fax: (09) 8162 4846, sähköposti ymparisto@espoo.fi