



S Y K E

Suomen ympäristökeskus

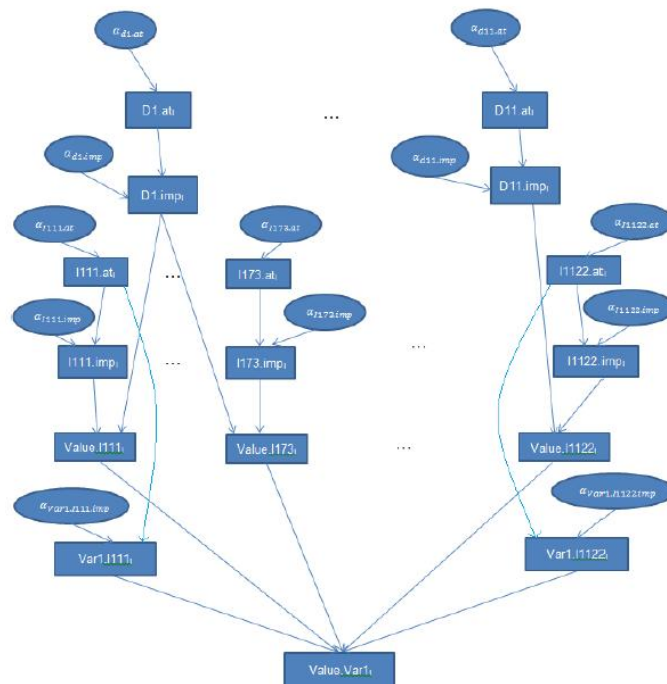
MONITOR2020

## SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN RAPORTTEJA 2015

# Bayes-verkot meri- ja sisävesiseurantaparametrien arvottamisessa –työraportti

maastosta heti avoin tietoa kaikkien käyttöön

**Bayes -hankkeen työraportti**  
Johanna Ärje, Suomen ympäristökeskus



Suomen ympäristökeskus 23.9.2015  
TYÖRAPORTTI

Rahoitus: Maa- ja vesitekniiikan tuki ry.

# Bayes-verkot sisävesiseurannan parametrien arvottamisessa –työraportti

---

## Työn tavoitteet

Tämän työn tavoitteena on Bayes-verkkojen avulla selvittää, mitkä vesikeskuksen sisävesiseurannassa käytettävät seurantaparametrit (laatutekijät ja muuttujat) koetaan tärkeimmiksi ja mitä voitaisiin mahdollisesti jättää seurannasta pois. Sisävesiseurannan tutkijoille suunnatun kyselytutkimuksen aineistoon sovitettiin Bayes-verkko, jonka avulla voidaan mallintaa seurantaparametrien välisiä riippuvuussuhteita ja huomioida vastaajien oma asiantuntemus ja sen vaikutus parametrien tärkeyden arvioinnissa. Seurantaparametrien tärkeyden lisäksi tarkasteltiin niiden kustannuksia – sekä näytteenoton että analyysien kannalta. Työ toteutettiin osana seurannan kehittämistä yhteistyössä Kristian Meissnerin kanssa.

## Aineiston kuvaus

Aineistona työssä käytettiin Johanna Ärjen ja Kristian Meissnerin sisävesiseurannan tutkijoille tekemää kyselyä, jossa pyrittiin arvottamaan järvien ja jokien eri laatutekijöitä ja muuttujia. Kyselyssä pyydettiin arvioimaan 12 eri laatutekijän (quality,  $Q$ ) tärkeyttä Suomen sisävesiseurannan kannalta. Lisäksi pyydettiin arvioimaan yhteensä 70 muuttujan (variable,  $V$ ) tärkeyttä e.m. laatutekijöiden kannalta. Kukin muuttuja liittyi vain yhteen laatutekijään. Sekä laatutekijöiden että muuttujien tärkeyttä arvioitiin 11-asteisella skaalalla (0=tarpeeton, 10=oleellinen). Tärkeyden lisäksi vastaajaa pyydettiin arvioimaan omaa asiantuntemustaan sekä laatutekijöihin ( $Q.at$ ) että muuttujiin ( $V.at$ ) liittyen. Asiantuntemusta arvioitiin 5-asteisella skaalalla (1=tietämys hyvin heikko, 5=tietämys hyvä).

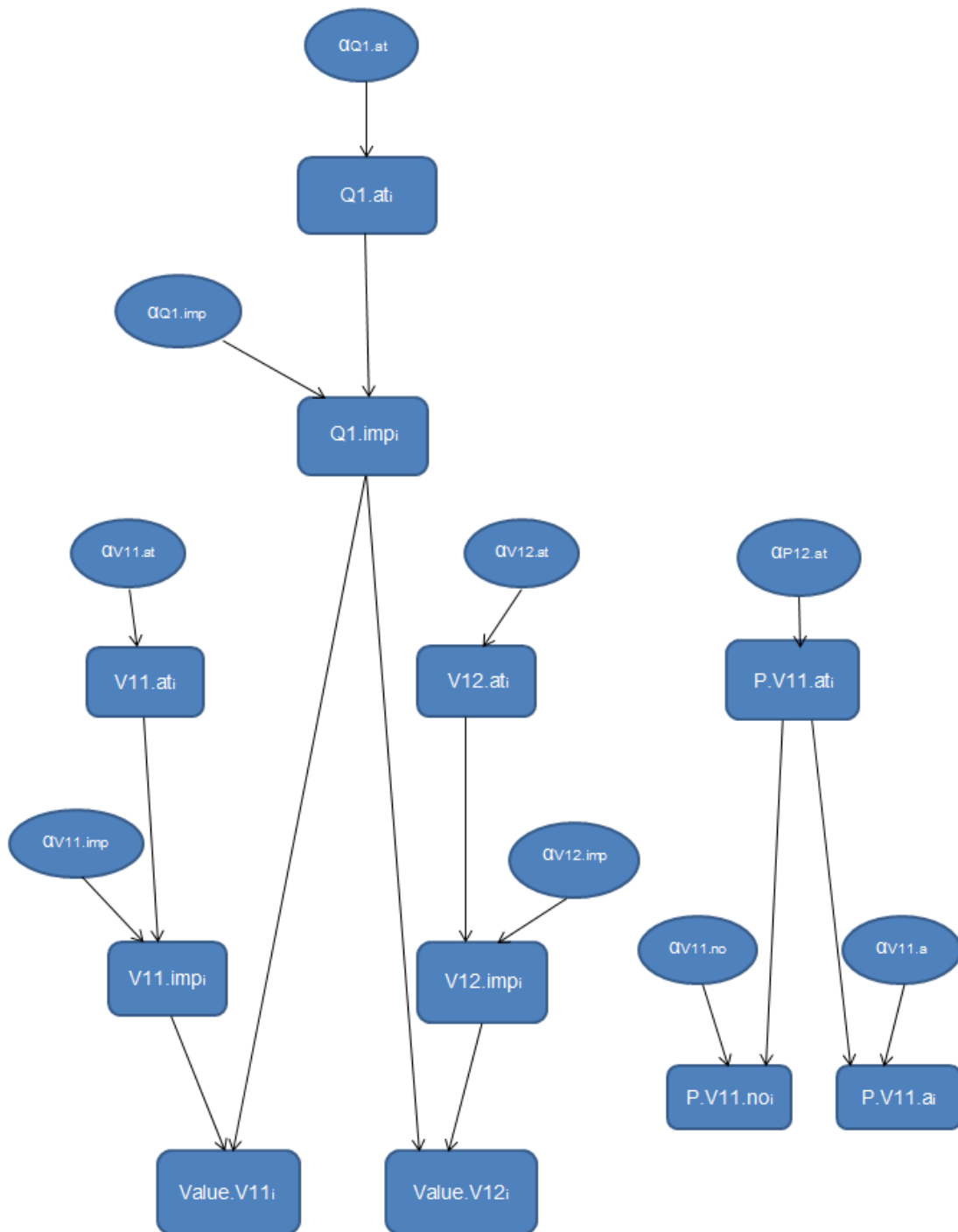
Laatutekijöiden ja muuttujien tärkeyden jälkeen vastaajia pyydettiin arvioimaan kaikkien 70 muuttujan hintaa sekä näytteenoton (price,  $P.no$ ) että analyysin ( $P.a$ ) kannalta, tätäkin 5-asteisella skaalalla (1=halpa, 5=erittäin kallis). Myös kustannusten osalta pyydettiin arvioimaan vastaajan omaa asiantuntijuutta ( $P.at$ ) 5-asteisella skaalalla. Kaikkiaan kyselyyn vastasi 15 sisävesiseurannan tutkijaa, joista viisi oli Suomen ympäristökeskuksesta, kolme Luonnonvarakeskuksesta ja seitsemän ELY-keskuksesta.

## Bayes-verkko

Bayes-verkolla voidaan esittää joukko satunnaismuuttujia ja niiden välisiä ehdollisia riippuvuuksia suunnatun syklittömän verkon avulla. Verkossa solmut/laatikot esittävät satunnaismuuttujia (havaittuja tai latenteja muuttujia, hypoteeseja tai parametreja) ja niiden väliset nuolet muuttujien riippuvuussuhteita. Bayes-verkon avulla voidaan ennustaa yksittäisiä puuttuvia vastauksia, kun tiedetään, mitä kyseinen henkilö on vastannut muihin kysymyksiin tai kokonaan uuden vastaajan vastauksia. Tämän lisäksi mallilla voidaan arvioida vastaajien mielipiteitä koko vastaajajoukon yli, ikään kuin kaikkien vastaajien konsensusta aiheesta. Bayes-verkko tuottaa yksittäisten piste-estimaattien sijasta kaikille mallin muuttujille ja parametreille posteriorijakauman. Näin saadaan arvio paitsi todennäköisimmälle muuttujan arvolle, myös tieto arvion epävarmuudesta.

Vesikeskuksen aineistoon sovitettiin Bayes-verkko, josta on esitetty pieni osa kuvassa 1. Malli koostuu kahdesta tasosta. Ylemmällä tasolla ovat laatutekijät,  $Q$ . Kunkin kuvaajan tärkeysarvion,  $Q.imp$ , ajatellaan riippuvan vastaajan asiantuntijuudesta kyseiseen kuvaajaan liittyen,  $Q.at$ . Mallin toisella tasolla ovat muuttujat. Myös muuttujilla asiantuntijuus,  $V.at$ , vaikuttaa muuttujan tärkeysarvioon,  $V.imp$ .

Muuttujan arvo seurannalle saadaan laskemalla  $Value.V=Q.imp*V.imp$ , missä huomioidaan sekä muuttujan tärkeys laatutekijälle että kyseisen laatutekijän tärkeys sisävesiseurannan kannalta.



Kuva 1: Osa merikeskuksen kyselyaineistoon sovitettua Bayes-verkkoa.

Laatutekijöiden ja muuttujien lisäksi Bayes-verkolla mallinnettiin muuttujien kustannuksia näytteenoton ja analyysin osalta. Myös kustannusten kohdalla kustannusarvion ajatellaan riippuvan vastaajan asiantuntijuudesta. Sen sijaan kustannusarvioiden ja muuttujien tärkeyden ajatellaan olevan toisistaan riippumattomia (Kuva 1, oikea reuna).

Kuvassa 1 malli on esitetty yhden vastaajan ja yhden laatutekijän kannalta. Kokonaisarvio laatutekijöiden ja muuttujien tärkeydestä saadaan ottamalla summa kaikkien vastaajien yli. Kuvassa näkyvät alfa-parametrit liittyvät muuttujien priorijakaumiin.

## Tulokset

Malli sovitettiin aineistoon OpenBUGS-ohjelmistolla. Kaikki tulokset löytyvät oheisesta Tulokset.xlsx – tiedostosta. Tässä on esitetty niistä tärkeimmät.

### Laatutekijät

Malli tuotti laatutekijöiden osalta taulukossa 1 esitetyt tulokset. Taulukossa esitetyt luvut koskevat kokonaisarviota laatutekijöiden tärkeydestä, eli summaa kaikkien vastaajien yli. Taulukossa esitetyt keskiarvo ja keskihajonta kertovat Bayes-verkon kyseiselle kuvaajalle tuottamasta jakaumasta. Keskiarvo kertoo kuvaajan todennäköisimmän kokonaistärkeyden ja keskihajonta kertoo tämän arvion tarkkuudesta.

Taulukosta 1 nähdään, että tärkeimpinä sisävesiseurannan laatutekijöinä pidetään järvien kasviplanktonia sekä järvien ja jokien fysikaalis–kemiallisia yleisiä olosuhteita. Tärkeäksi koettiin myös jokien pohjaeläimet sekä järvien ja jokien kalat. Vähiten tärkeinä laatutekijöinä pidettiin järvien ja jokien fysikaalis–kemiallisia lisämuuttujia. Järvien osalta myös vesikasvit (sis. päällyslievät) arvioitiin yhtä vään tärkeäksi kuin fysikaalis–kemialliset lisämuuttujat. Taulukosta 1 nähdään myös laatutekijöiden tärkeysarvion vaihtelu/epävarmuus (sd).

Taulukko 1: Laatutekijöiden tärkeys

Laatutekijöiden tärkeys sisävesiseurannalle		Mean	Sd
Järvi	Kasviplankton	138,90	3,05
Järvi	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	123,40	2,90
Joki	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	119,30	2,86
Joki	Pohjaeläimet	119,10	2,89
Järvi	Kalat	115,10	2,97
Joki	Kalat	112,00	3,08
Järvi	Pohjaeläimet - syväneosio	100,50	2,71
Joki	Muu vesikasvillisuus - päällyslievät eli perifyton	97,46	2,66
Järvi	Pohjaeläimet - litoraaliosio	96,49	2,72
Järvi	Vesikasvit	89,29	2,65
Järvi	Fys.-kem. lisämuuttujat, ei luokkarajoja	89,29	2,77
Joki	Fys.-kem. lisämuuttujat, ei luokkarajoja	87,23	2,94

### Muuttujat

Muuttujatasolla arvioitiin muuttujien tärkeyttä niihin liittyvälle laatutekijälle. Lisäksi painottamalla muuttujan laatutekijäkohtaista tärkeyttä kyseisen laatutekijän tärkeydellä, saadaan arvio muuttujan kokonaistärkeydelle sisävesiseurannan kannalta. Tarkastellaan asiaa ensin laatutekijäkohtaisesti.

Järvien *kasviplankton* laatutekijään liittyy 4 muuttujaa. Laatutekijän kannalta tärkeimpinä pidettiin *a-klorofyllia* ja *kokonaisbiomassaa*. Vähemmän tärkeiksi muuttujiksi koettiin *TPI kasviplankton trofiaindeksi* sekä *haitallisten sinilevien prosenttiosuus*. Jos tarkastellaan kyseisten muuttujien kustannuksia, *a-klorofylli* arvioitiin muita edullisemmaksi muuttujaksi niin näytteenoton kuin analyysinkin kannalta. *Kokonaisbiomassan*, *TPI kasviplankton trofiaindeksin* ja *haitallisten sinilevien prosenttiosuuden* kustannukset koettiin samansuuruisiksi.

Järvien *vesikasvit (sis. päällyslievät)* –laatutekijään liittyy 12 muuttujaa. Näistä tärkeimmiksi koettiin kuusi vesikasveja mittaavaa muuttujaa ja vähemmän tärkeinä pidettiin kuutta päällyslievä mittaavaa muuttujaa.

Vesikasvimuuttujien näytteenottoa pidettiin kalliimpana kuin päällyslievien näytteenottoa, mutta päällyslievien analyysi arvioitiin kalleimmaksi kaikkien sisävesiseurannan muuttujien joukossa.

Järvien kahdessa pohjaeläimiin liittyvässä laatutekijässä ei ollut suuria eroja muuttujien tärkeyden välillä. *Pohjaeläimet, litoraalisio* –laatutekijään liittyy neljä muuttujaa, joista Pohjois-Suomen suurten järvien muuttajat (*PMA-indeksi* ja *tyyppiominaiset taksonit*) koettiin hieman tärkeämmiksi kuin muun Suomen vastaavat muuttajat. *Pohjaeläimet, syväneosio* –laatutekijään liittyy kaksi muuttujaa, joista *syväneopohjaindeksiä* pidettiin aavistuksen tärkeämpänä kuin *PMA-indeksiä*. Järvien kaikkien pohjaeläinmuuttujien näytteenottoa pidettiin kustannuksiltaan samansuuruisena. Litoraalisio muuttujien analyysi arvioitiin hieman kalliimmaksi kuin syväneosion muuttujien.

Järvien *kalalaatutekijän* kannalta kuudesta muuttujasta selvästi tärkeimpänä pidettiin *särkikalojen biomassaosuutta*. Myös *indikaattorilajien esiintyminen* koettiin tärkeäksi. *Suureneva biomassa* ja *yksilömäärä* arvioitiin tärkeämmiksi muuttujiksi kuin *pienenevä biomassa* ja *yksilömäärä*. Näytteenoton kannalta kaloihin liittyvät muuttajat arvioitiin kaikkein kalleimmiksi seurantaparametreiksi. Analyysin osalta ne koettiin huomattavasti edullisemmiksi. Biomassan analysointi arvioitiin hieman muita kaloihin liittyviä muuttujia kalliimmaksi.

Järvien *fysikaalis–kemiallisiin yleisiin olosuhteisiin* liittyy kaksi muuttujaa. Näistä *kokonaisfosfori* koettiin *kokonaistyyppä* tärkeämmäksi. Kummankin muuttujan näytteenoton sekä analyysin arvioitiin olevan halvimpjen joukossa.

Järvien *fysikaalis–kemialliset lisämuuttajat* –laatutekijään liittyy yhdeksän muuttujaa. Näiden arvotuksessa oli selkeitä eroja. Laatutekijän kannalta tärkeimmiksi muuttujiksi arvioitiin *näkösyvyys*, *liukoinen happi*, *pH-minimi* sekä *hapen kyllästysaste*. Selvästi vähemmän tärkeänä pidettiin *koliformisia bakteereja* sekä *Escherichia colia*. Myös kaikkia fysikaalis–kemiallisia lisämuuttujia pidettiin muita seurantaparametreja edullisempina – niin näytteenoton kuin analyysin kannalta.

Jokien *päällyslievät eli perifyton* –laatutekijään liittyy kuusi muuttujaa. Näistä tärkeimmäksi arvioitiin *tyyppiominaiset taksonit* sekä Pohjois- että Etelä-Suomessa. Hieman muita vähemmän tärkeämpinä muuttujina pidettiin Pohjois-Suomen hyvin pienten jokien muuttujia. Jokien päällyslieviin liittyvien muuttujien näytteenotto arvioitiin kustannuksiltaan keskitasolle, mutta niiden analyysia pidettiin kalliimpana jokimuuttujien osalta.

Jokien *fysikaalis–kemiallisiin yleisiin olosuhteisiin* liittyy kolme muuttujaa. Niistä *kokonaisfosfori* arvioitiin *pH-minimiä* ja *kokonaistyyppä* tärkeämmäksi muuttujaksi. Kustannuksiltaan muuttajat arvioitiin sekä näytteenoton että analyysin kannalta edullisimpien seurantaparametrien joukkoon.

Jokien *fysikaalis–kemialliset lisämuuttajat* –laatutekijään liittyy yhdeksän muuttujaa, joiden arvotuksessa oli suuria eroja. Laatutekijän kannalta tärkeimmäksi muuttujaksi arvioitiin *hieno kiintoaines* ja selvästi vähiten tärkeänä pidettiin *lämpökestoisia koliformisia bakteereja*. Näytteenoton kustannuksissa ei ollut muuttujien välillä suuria eroja. Sen sijaan analyysin osalta muita edullisemmiksi arvioitiin *hapen kyllästysaste* ja *liukoinen happi*.

*Kalalaatutekijään* ei jokien osalta liity kuin yksi muuttuja, *jokikalaindeksi*.

Painottamalla muuttujien laatutekijäkohtaista tärkeyttä kyseisen laatutekijän tärkeydellä saadaan kokonaisarvio muuttujan tärkeydestä sisävesiseurannalle. Tulokset tästä on esitetty taulukossa 2. Kun katsotaan muuttujien kokonaistärkeyttä sisävesiseurannan kannalta, kymmenestä kaikkein tärkeimmäksi koetusta muuttujasta neljä liittyy järvien kasviplanktoniin (tärkein laatutekijä), viisi järvien tai jokien fysikaalis–kemiallisiin yleisiin olosuhteisiin (2. ja 3. tärkeimmät laatutekijät) ja yksi järvien kalalaatutekijään (5. tärkein laatutekijä). Vähiten tärkeitä muuttujia sisävesiseurannan kannalta ovat useat järvien ja jokien fysikaalis-kemialliset lisämuuttajat sekä järvien päällyslievät.

Sisävesiseurannan kannalta tärkeimpiä seurantaparametreja ovat mm. *a-klorofyllin pitoisuus järvissä*, *kasviplanktonin kokonaisbiomassa järvissä* sekä *kokonaisfosfori järvissä*. Vähiten tärkeitä muuttujia taas ovat mm. jokien ja järvien *lämpökestoiset*, *koliformiset bakteerit*, *Escherichia coli* sekä *fekaaliset enterokokit*.

Taulukko 2: Muuttujien tärkeys

Muuttujien tärkeys sisävesiseurannalle			Mean	Sd
Järvi	Kasviplankton	a-klorofylli	1091,00	66,49
Järvi	Kasviplankton	Kokonaisbiomassa	1083,00	66,63
Järvi	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	Kokonaisfosfori	1016,00	63,26
Järvi	Kasviplankton	TPI kasviplankton trofiaindeksi	990,70	60,16
Joki	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	Kokonaisfosfori	965,90	36,64
Järvi	Kasviplankton	Haitallisten sinilevien prosenttiosuus	954,20	64,46
Järvi	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	Kokonaistyyppi	924,00	54,53
Järvi	Kalat	Särkikalajien biomassaosuus	906,60	53,03
Joki	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	Kokonaistyyppi	892,20	34,83
Joki	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	pH-minimi	877,10	35,33
Joki	Kalat	Jokikalaindeksi	871,60	39,90
Joki	Pohjaeläimet	Tyyppiominaiset EPT-heimot, Pohjois-Suomi	835,70	35,82
Järvi	Kalat	Indikaattorilajien esiintyminen	824,70	50,61
Joki	Pohjaeläimet	Tyyppiominaiset EPT-heimot, Etelä-Suomi	819,20	35,53
Joki	Pohjaeläimet	Tyyppiominaiset EPT-heimot, hyvin pienet joet, Pohjois-Suomi	817,30	43,03
Järvi	Kalat	Biomassa, suureneva	812,40	49,68
Joki	Pohjaeläimet	Prosenttinen mallinkaltaisuus, Etelä-Suomi	803,80	34,88
Joki	Pohjaeläimet	Prosenttinen mallinkaltaisuus, Pohjois-Suomi	803,10	34,82
Joki	Pohjaeläimet	Tyyppiominaiset taksonit, Pohjois-Suomi	800,80	44,95
Järvi	Kalat	Yksilömäärä, suureneva	793,90	49,90
Joki	Pohjaeläimet	Tyyppiominaiset taksonit, hyvin pienet joet, Pohjois-Suomi	791,00	43,64
Joki	Pohjaeläimet	Tyyppiominaiset taksonit, Etelä-Suomi	783,60	44,46
Joki	Pohjaeläimet	Tyyppiominaiset EPT-heimot, hyvin pienet joet, Etelä-Suomi	767,40	35,96
Joki	Pohjaeläimet	Prosenttinen mallinkaltaisuus, hyvin pienet joet, Pohjois-Suomi	765,10	43,15
Järvi	Kalat	Biomassa, pienenevä	748,50	48,59
Joki	Pohjaeläimet	Tyyppiominaiset taksonit, hyvin pienet joet, Etelä-Suomi	742,30	36,24
Järvi	Kalat	Yksilömäärä, pienenevä	721,30	49,86
Joki	Pohjaeläimet	Prosenttinen mallinkaltaisuus, hyvin pienet joet, Etelä-Suomi	717,30	35,83
Järvi	Pohjaeläimet - syväne	Syvänepohjaeläinindeksi	677,60	38,68
Joki	Päällyslevät eli perifyton	Tyyppiominaiset taksonit, Pohjois-Suomi	640,30	44,75
Järvi	Fys.-kem. Lisämuuttujat	Näkösyvyys	633,50	42,62
Joki	Päällyslevät eli perifyton	Tyyppiominaiset taksonit, Etelä-Suomi	632,90	37,50
Järvi	Fys.-kem. Lisämuuttujat	Happi, liukoinen	627,60	41,55
Järvi	Pohjaeläimet - syväne	Prosenttinen mallinkaltaisuus	618,10	35,09
Järvi	Vesikasvit	Tyyppilajien suhteellinen osuus, Etelä-Suomi	608,00	40,53
Järvi	Vesikasvit	Tyyppilajien suhteellinen osuus, Pohjois-Suomi	604,60	40,40
Joki	Päällyslevät eli perifyton	Prosenttinen mallinkaltaisuus, Etelä-Suomi	604,10	36,26
Joki	Päällyslevät eli perifyton	Tyyppiominaiset taksonit, hyvin pienet joet, Pohjois-Suomi	602,60	44,41
Järvi	Pohjaeläimet - litoraali	Prosenttinen mallinkaltaisuus, Pohjois-Suomi suuret > 10 km <sup>2</sup>	601,70	49,18
Järvi	Fys.-kem. Lisämuuttujat	Hapen kyllästysaste	598,00	44,09
Joki	Päällyslevät eli perifyton	Prosenttinen mallinkaltaisuus, Pohjois-Suomi	597,40	40,48
Järvi	Pohjaeläimet - litoraali	Prosenttinen mallinkaltaisuus	597,10	42,60
Järvi	Vesikasvit	Referenssi-indeksi, Etelä-Suomi	596,00	39,14
Järvi	Vesikasvit	Referenssi-indeksi, Pohjois-Suomi	595,00	39,48
Joki	Päällyslevät eli perifyton	Prosenttinen mallinkaltaisuus, hyvin pienet joet, Pohjois-Suomi	594,50	43,76
Järvi	Pohjaeläimet - litoraali	Tyyppiominaiset taksonit	592,40	43,53
Järvi	Vesikasvit	Prosenttinen mallinkaltaisuus, Etelä-Suomi	583,60	39,09
Järvi	Vesikasvit	Prosenttinen mallinkaltaisuus, Pohjois-Suomi	583,30	39,36
Järvi	Fys.-kem. Lisämuuttujat	pH-minimi	579,90	42,33
Järvi	Pohjaeläimet - litoraali	Tyyppiominaiset taksonit, Pohjois-Suomi suuret > 10 km <sup>2</sup>	579,30	49,22
Joki	Fys.-kem. Lisämuuttujat	Kiintoaine, hieno (0,4 µm)	564,60	32,77
Joki	Fys.-kem. Lisämuuttujat	Happi, liukoinen	534,10	32,19
Järvi	Päällyslevät	Tyyppiominaiset taksonit, keskikokoiset 5-40 km <sup>2</sup>	531,10	38,55
Järvi	Päällyslevät	Tyyppiominaiset taksonit, suuret > 40 km <sup>2</sup>	531,10	38,56

Järvi	Päällisyevät	Prosenttinen mallinkaltaisuus, pienet < 5 km <sup>2</sup>	531,10	38,46
Järvi	Päällisyevät	Prosenttinen mallinkaltaisuus, keskikokoiset 5-40 km <sup>2</sup>	531,10	38,45
Järvi	Päällisyevät	Tyyppiominaiset taksonit, pienet < 5 km <sup>2</sup>	531,00	38,49
Järvi	Päällisyevät	Prosenttinen mallinkaltaisuus, suuret > 40 km <sup>2</sup>	531,00	38,48
Joki	Fys.-kem. Lisämuuttajat	Hapen kyllästysaste	527,90	32,99
Joki	Fys.-kem. Lisämuuttajat	Kemiallinen hapenkulutus CODMn	507,70	32,08
Järvi	Fys.-kem. Lisämuuttajat	Ammonium-N	501,60	43,33
Joki	Fys.-kem. Lisämuuttajat	Kiintoaine, karkea	492,20	31,29
Järvi	Fys.-kem. Lisämuuttajat	Fekaaliset enterokokit	482,20	41,80
Järvi	Fys.-kem. Lisämuuttajat	Fekaaliset enterokokit, tark.	473,30	42,16
Järvi	Fys.-kem. Lisämuuttajat	Escherichia coli	459,00	44,08
Järvi	Fys.-kem. Lisämuuttajat	Koliformiset bakteerit, lämpökestoiset	445,40	44,07
Joki	Fys.-kem. Lisämuuttajat	Fekaaliset enterokokit	439,60	31,77
Joki	Fys.-kem. Lisämuuttajat	Fekaaliset enterokokit, tark.	429,20	31,93
Joki	Fys.-kem. Lisämuuttajat	Escherichia coli	408,00	32,44
Joki	Fys.-kem. Lisämuuttajat	Koliformiset bakteerit, lämpökestoiset	356,40	33,40

## Kustannukset

Laatutekijöiden ja muuttujien tärkeyden lisäksi sisävesiseurannan tutkijoita pyydettiin arvioimaan seurantaparametrien kustannuksia niin näytteenoton kuin analyysin osalta. Tulokset on esitetty alla. Taulukoissa 3 ja 4 on nähtävissä kymmenen kalleimmaksi ja kymmenen edullisimmaksi koettua seurantaparametria.

**Taulukko 3: Näytteenoton kustannukset**

Näytteenoton hinta			Mean	Sd
Järvi	Kalat	Biomassa, pienenevä	60,56	3,94
Järvi	Kalat	Yksilömäärä, pienenevä	60,56	3,95
Järvi	Kalat	Yksilömäärä, suureneva	60,56	3,94
Järvi	Kalat	Biomassa, suureneva	60,55	3,93
Järvi	Kalat	Indikaattorilajien esiintyminen	59,38	3,98
Järvi	Kalat	Särkikalojen biomassaosuus	59,37	3,98
Järvi	Vesikasvit	Referenssi-indeksi, Etelä-Suomi	58,30	4,02
Järvi	Vesikasvit	Tyyppilajien suhteellinen osuus, Etelä-Suomi	58,29	4,03
Järvi	Vesikasvit	Prosenttinen mallinkaltaisuus, Pohjois-Suomi	58,29	4,03
Järvi	Vesikasvit	Referenssi-indeksi, Pohjois-Suomi	58,29	4,04
	...			
Joki	Fys.-kem. lisämuuttajat, ei luokkarajoja	Fekaaliset enterokokit	34,18	3,46
Joki	Fys.-kem. lisämuuttajat, ei luokkarajoja	Escherichia coli	34,18	3,45
Joki	Fys.-kem. lisämuuttajat, ei luokkarajoja	Fekaaliset enterokokit, tark.	34,17	3,45
Joki	Fys.-kem. lisämuuttajat, ei luokkarajoja	Hapen kyllästysaste	34,11	3,55
Joki	Fys.-kem. lisämuuttajat, ei luokkarajoja	Kiintoaine, hieno (0,4 µm)	34,05	3,58
Joki	Fys.-kem. lisämuuttajat, ei luokkarajoja	Kemiallinen hapenkulutus CODMn	34,05	3,58
Joki	Fys.-kem. lisämuuttajat, ei luokkarajoja	Kiintoaine, karkea	34,04	3,58
Joki	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	Kokonaisfosfori	33,90	4,01
Joki	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	pH-minimi	33,90	4,02
Joki	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	Kokonaistyyppi	33,89	4,01



Taulukko 4: Näytteenoton kustannukset

Analyysin hinta			Mean	Sd
Järvi	Päällyslevät	Tyyppiominaiset taksonit, suuret > 40 km <sup>2</sup>	54,70	3,59
Järvi	Päällyslevät	Tyyppiominaiset taksonit, pienet < 5 km <sup>2</sup>	54,69	3,60
Järvi	Päällyslevät	Tyyppiominaiset taksonit, keskikokoiset 5-40 km <sup>2</sup>	54,69	3,60
Joki	Muu vesikasvillisuus - päällyslevät eli perifyton	Tyyppiominaiset taksonit, Etelä-Suomi	53,35	3,56
Joki	Muu vesikasvillisuus - päällyslevät eli perifyton	Prosenttinen mallinkaltaisuus, Pohjois-Suomi	53,35	3,56
Joki	Muu vesikasvillisuus - päällyslevät eli perifyton	Tyyppiominaiset taksonit, hyvin pienet joet, Pohjois-Suomi	53,35	3,56
Joki	Muu vesikasvillisuus - päällyslevät eli perifyton	Prosenttinen mallinkaltaisuus, hyvin pienet joet, Pohjois-Suomi	53,35	3,57
Joki	Muu vesikasvillisuus - päällyslevät eli perifyton	Tyyppiominaiset taksonit, Pohjois-Suomi	53,34	3,56
Joki	Muu vesikasvillisuus - päällyslevät eli perifyton	Prosenttinen mallinkaltaisuus, Etelä-Suomi	53,34	3,56
Joki	Pohjaeläimet	Tyyppiominaiset taksonit, Etelä-Suomi	53,11	3,65
	...			
Joki	Fys.-kem. lisämuuttujat, ei luokkarajoja	Kiintoaine, karkea	32,76	3,64
Joki	Fys.-kem. lisämuuttujat, ei luokkarajoja	Kemiallinen hapenkulutus CODMn	32,76	3,64
Järvi	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	Kokonaisfosfori	32,62	4,01
Järvi	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	Kokonaistyyppi	32,61	4,00
Järvi	Fys.-kem. Lisämuuttujat	Ammonium-N	32,16	4,02
Joki	Fys.-kem. lisämuuttujat, ei luokkarajoja	Happi, liukoinen	31,59	3,45
Joki	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	pH-minimi	31,32	4,10
Järvi	Fys.-kem. Lisämuuttujat	pH-minimi	30,86	4,10
Järvi	Fys.-kem. Lisämuuttujat	Näkösyyvyys	30,13	4,16
Joki	Fys.-kem. lisämuuttujat, ei luokkarajoja	Hapen kyllästysaste	27,83	3,68

Näytteenoton osalta kalleimmiksi muuttujiksi arvioitiin järvien *kalat*- ja *vesikasvit*-laatutekijöihin liittyvät muuttujat. Näytteenotoltaan edullisimmiksi muuttujiksi koettiin jokien fysikaalis-kemiallisia laatutekijöitä mittaavat muuttujat. Analysoinniltaan kalleimmiksi muuttujiksi koettiin järvien ja jokien päällysleviin liittyvät muuttujat. Jokien fysikaalis-kemialliset muuttujat arvioitiin myös analyysin osalta kaikkein edullisimmiksi.

Kaiken kaikkiaan samojen muuttujien näytteenottoa joista pidettiin edullisempänä kuin näytteenottoa järvistä. Analyysin osalta vastaavaa jakoa ei ole huomattavissa.

## Keskusten vertailu

Lopuksi eri keskuksia verrattiin keskenään sovittamalla malli erikseen ympäristökeskuksen ja luonnonvarakeskuksen vastaajille sekä ely-keskuksen vastaajille. On syytä pitää mielessä aineiston pieni koko, mutta keskusten välillä oli huomattavissa selkeitä eroja. Taulukossa 5 on esitetty keskusten eriävät arviot laatutekijöiden tärkeydestä sisävesiseurannalle. Koska vastaajia on joukoissa eri määrä, ei ole mielekää tarkastella vastaajien yli summattuja tärkeysarvoja vaan vertailussa katsotaan laatutekijöiden tärkeysjärjestystä.

Taulukosta 5 nähdään mm., että Suomen ympäristökeskuksen ja luonnonvarakeskuksen tutkijat arvottavat *järvien ja jokien kalat* kaikkein tärkeimmiksi laatutekijöiksi. Sen sijaan ely-keskuksen tutkijat arvioivat *järvien kasviplanktonin* sekä *järvien ja jokien yleiset fysikaalis-kemialliset ominaisuudet* tärkeimmiksi laatutekijöiksi. Keskusten tutkijoiden näkemykset kohtaavat parhaiten lähinnä *järvien kasviplanktonin*, *jokien pohjaeläinten* ja *jokien päällyslevien* osalta.

Jos tarkastellaan muuttujien tärkeyttä laatutekijöille, suurimmat erot keskusten välillä koskivat jokien pohjaeläimiä ja päällysleviä. SYKE:n ja LUKE:n tutkijat arvottivat *hyvin pienten jokien tyyppiominaiset EPT-heimot* tärkeimmiksi jokien pohjaeläinmuuttujiksi. Sen sijaan ely-keskuksen tutkijat pitivät *Etelä-Suomen hyvin pienten jokien tyyppiominaisia EPT-heimoja* yhtenä vähiten tärkeimmistä



pohjaeläinmuuttujista. Ely-keskuksen tutkijat arvioivat kaikkein tärkeimmiksi pohjaeläinmuuttujiksi *tyyppiominaiset EPT-heimot* ja *tyyppiominaiset taksonit*, mutta SYKE:n ja LUKE:n tutkijat kokivat *tyyppiominaiset taksonit* vähiten tärkeimmäksi muuttujaksi jokien pohjaeläinlaatutekijälle.

Taulukko 5: Laatutekijät

SYKE+LUKE		ELY	
Vesistö	Laatutekijä	Vesistö	Laatutekijä
Joki	Kalat	Järvi	Kasviplankton
Järvi	Kalat	Järvi	Fys.-kem. yleiset olosuhteet
Järvi	Kasviplankton	Joki	Fys.-kem. yleiset olosuhteet
Joki	Pohjaeläimet	Järvi	Pohjaeläimet - syväneosio
Järvi	Pohjaeläimet - litoraaliolosio	Joki	Pohjaeläimet
Järvi	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	Joki	Fys.-kem. lisämuuttujat, ei luokkarajoja
Joki	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	Järvi	Fys.-kem. lisämuuttujat, ei luokkarajoja
Järvi	Vesikasvit	Joki	Muu vesikasvillisuus - päällyslevät eli perifyton
Joki	Muu vesikasvillisuus - päällyslevät eli perifyton	Järvi	Kalat
Järvi	Pohjaeläimet - syväneosio	Joki	Kalat
Järvi	Fys.-kem. lisämuuttujat, ei luokkarajoja	Järvi	Pohjaeläimet - litoraaliolosio
Joki	Fys.-kem. lisämuuttujat, ei luokkarajoja	Järvi	Vesikasvit

Jokien päällyslevien osalta SYKE:n ja LUKE:n tutkijat pitivät tärkeimpänä muuttujana *tyyppiominaisia taksonia*. Sen sijaan ely-keskuksen tutkijat arvottivat sen vähiten tärkeäksi muuttujaksi jokien päällyslevälaatutekijän kannalta.

Kun tarkastellaan muuttujien tärkeyttä koko sisävesiseurannan kannalta, SYKE:n ja LUKE:n tutkijoiden korkeammalle arvottamia, mutta ely-keskuksen tutkijoiden vähemmän tärkeitä pitämiä muuttujia olivat *järvien pohjaeläinten prosenttinen mallinkaltaisuus*, *järvikalojen yksilömäärä* ja *jokikalaindeksi*. Toisaalta, ely-keskuksen tutkijoiden tärkeänä pitämiä, mutta SYKE:n ja LUKE:n tutkijoiden vähemmän tärkeiksi arvioimia muuttujia olivat *järvien syvänteiden prosenttinen mallinkaltaisuus* ja *pohjaeläinindeksi*, *järvien näkösyvyys* sekä *järvien ja jokien liukoinen happi* ja *hapenkyllästyssaste*.

Kustannusten arvioinnissa ei ilmennyt yhtä suuria eroja kuin laatutekijöiden ja muuttujien tärkeyden arvottamisessa. SYKE:n ja LUKE:n tutkijat arvioivat *jokien fekaalisten enterokokkien*, *koliformisten*, *lämpökestoisten bakteerien* sekä *Escherichia coli:n* näytteenoton kustannukset ely-keskuksen tutkijoita alhaisemmiksi. Lisäksi SYKE:n ja LUKE:n tutkijat pitivät *järvien kasviplanktonin kokonaisbiomassan* analysointia edullisempänä kuin ely-keskuksen tutkijat. Sen sijaan ely-keskuksen tutkijat arvioivat *järvien haitallisten sinilevien prosenttiosuuden* sekä *järvien syväneopohjaeläinten prosenttisen mallinkaltaisuuden* analyysit edullisemmiksi kuin SYKE:n ja LUKE:n tutkijat.

## Yhteenveto

Työssä tutkittiin Bayes-verkkojen avulla, mitkä vesikeskuksen sisävesiseurannassa käytettävät seurantaparametrit tutkijat kokevat tärkeimmiksi ja mitä voitaisiin mahdollisesti jättää seurannasta pois. Tämä lähestymistapa ei rajoitu vain tarkastelun alla olleeseen seurantaan, vaan samalla menetelmällä on aiemmin tutkittu meriseurannan seurantaparametreja.

Aineistoon sovitettuna Bayes-verkon avulla saadaan paitsi arvio mallin kahden tason parametrien tärkeydestä/tarpeellisuudesta myös tieto tämän arvion epävarmuudesta. Yksittäisten tutkijoiden mielipiteet eri parametrien tärkeydestä vaihtelevat, mutta ottamalla summa kaikkien vastaajien yli saadaan kokonaisarvio/konsensus sisävesiseurannan tutkijoista. Näin mallin tuloksia voidaan käyttää parametrien vertailuun, mikäli esimerkiksi halutaan päättää, mitä muuttujia jatkossa jätetään seurannan ulkopuolelle ja mihin muuttujiin on tarpeen panostaa jatkossa enemmän. On toki tärkeää huomata, etteivät mallin antamat tulokset ole absoluuttisia totuuksia vaan pohjautuvat tutkijoiden arvioihin.

Muuttujien kustannusten arviointi tuo lisäarvoa muuttujien vertailuun. Tuloksista nähdään mm. että järvien *vesikasvit (sis. päällyslevät)* –laatutekijään liittyviä muuttujia on arvioitu kalleimpien muuttujien

joukkoon joko näytteenotolta tai analyyseiltaan. Kuitenkin järvien vesikasvit ja päällykslevät koettiin yhdeksi vähiten tärkeimmistä laatutekijöistä. Sen sijaan tärkeimpien laatutekijöiden joukkoon arvioitiin sekä järvien että jokien fysikaalis-kemialliset yleiset olosuhteet. Näihin liittyvät muuttujat koettiin kustannuksiltaan edullisiksi niin näytteenoton kuin analyysin osalta. Niitä voidaan siis pitää kaikin tavoin hyvinä seurantaparametreina sisävesiseurannassa.

Sovittamalla malli erikseen Suomen ympäristökeskuksen ja luonnonvarakeskuksen tutkijoille sekä elykeskuksen tutkijoille havaittiin selkeitä eroja laatutekijöiden ja muuttujien arvottamisessa sisävesiseurannassa. Onkin tärkeää ottaa huomioon sekä tutkimuslaitosten että seurantojen toteuttajien näkökannat.

## Kiitokset

Suuret kiitokset Juhani Kettuselle rahoituksen järjestämisestä, Marko Järviselle hänen esimiehenä antamastaan tuesta ja Kristian Meissnerille kyselyn laatimisesta.

# Bayes-verkot sisävesiseurannan parametrien arvottamisessa –työraportti

---

## Työn tavoitteet

Tämän työn tavoitteena on Bayes-verkkojen avulla selvittää, mitkä vesikeskuksen sisävesiseurannassa käytettävät seurantaparametrit (laatutekijät ja muuttujat) koetaan tärkeimmiksi ja mitä voitaisiin mahdollisesti jättää seurannasta pois. Sisävesiseurannan tutkijoille suunnatun kyselytutkimuksen aineistoon sovitettiin Bayes-verkko, jonka avulla voidaan mallintaa seurantaparametrien välisiä riippuvuussuhteita ja huomioida vastaajien oma asiantuntemus ja sen vaikutus parametrien tärkeyden arvioinnissa. Seurantaparametrien tärkeyden lisäksi tarkasteltiin niiden kustannuksia – sekä näytteenoton että analyysien kannalta. Työ toteutettiin osana seurannan kehittämistä yhteistyössä Kristian Meissnerin kanssa.

## Aineiston kuvaus

Aineistona työssä käytettiin Johanna Ärjen ja Kristian Meissnerin sisävesiseurannan tutkijoille tekemää kyselyä, jossa pyrittiin arvottamaan järvien ja jokien eri laatutekijöitä ja muuttujia. Kyselyssä pyydettiin arvioimaan 12 eri laatutekijän (quality,  $Q$ ) tärkeyttä Suomen sisävesiseurannan kannalta. Lisäksi pyydettiin arvioimaan yhteensä 70 muuttujan (variable,  $V$ ) tärkeyttä e.m. laatutekijöiden kannalta. Kukin muuttuja liittyi vain yhteen laatutekijään. Sekä laatutekijöiden että muuttujien tärkeyttä arvioitiin 11-asteisella skaalalla (0=tarpeeton, 10=oleellinen). Tärkeyden lisäksi vastaajaa pyydettiin arvioimaan omaa asiantuntemustaan sekä laatutekijöihin ( $Q.at$ ) että muuttujiin ( $V.at$ ) liittyen. Asiantuntemusta arvioitiin 5-asteisella skaalalla (1=tietämys hyvin heikko, 5=tietämys hyvä).

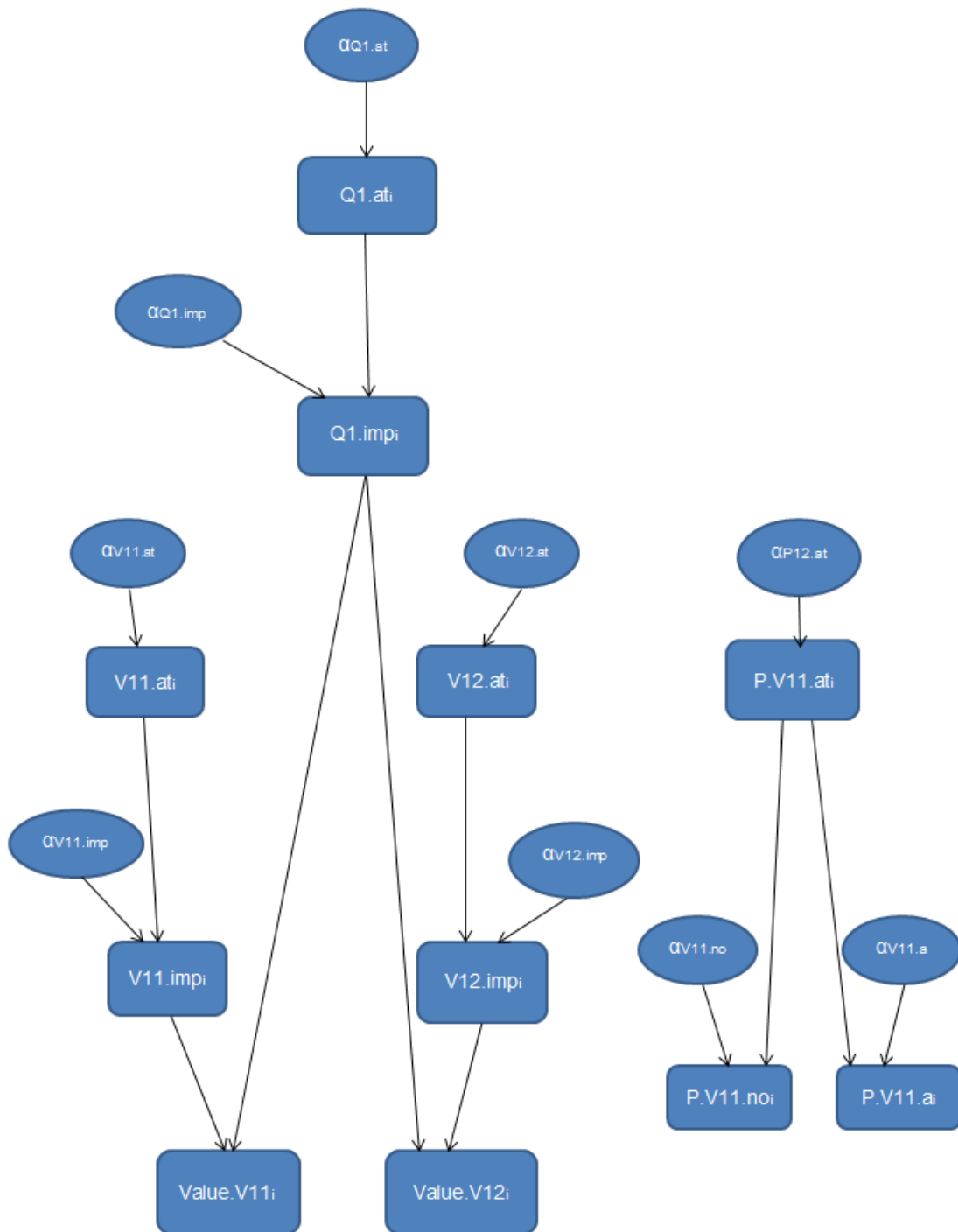
Laatutekijöiden ja muuttujien tärkeyden jälkeen vastaajia pyydettiin arvioimaan kaikkien 70 muuttujan hintaa sekä näytteenoton (price,  $P.no$ ) että analyysin ( $P.a$ ) kannalta, tätäkin 5-asteisella skaalalla (1=halpa, 5=erittäin kallis). Myös kustannusten osalta pyydettiin arvioimaan vastaajan omaa asiantuntijuutta ( $P.at$ ) 5-asteisella skaalalla. Kaikkiaan kyselyyn vastasi 15 sisävesiseurannan tutkijaa, joista viisi oli Suomen ympäristökeskuksesta, kolme Luonnonvarakeskuksesta ja seitsemän ELY-keskuksesta.

## Bayes-verkko

Bayes-verkolla voidaan esittää joukko satunnaismuuttujia ja niiden välisiä ehdollisia riippuvuuksia suunnatun syklittömän verkon avulla. Verkossa solmut/laatikot esittävät satunnaismuuttujia (havaittuja tai latenteja muuttujia, hypoteeseja tai parametreja) ja niiden väliset nuolet muuttujien riippuvuussuhteita. Bayes-verkon avulla voidaan ennustaa yksittäisiä puuttuvia vastauksia, kun tiedetään, mitä kyseinen henkilö on vastannut muihin kysymyksiin tai kokonaan uuden vastaajan vastauksia. Tämän lisäksi mallilla voidaan arvioida vastaajien mielipiteitä koko vastaajajoukon yli, ikään kuin kaikkien vastaajien konsensusta aiheesta. Bayes-verkko tuottaa yksittäisten piste-estimaattien sijasta kaikille mallin muuttujille ja parametreille posteriorijakauman. Näin saadaan arvio paitsi todennäköisimmälle muuttujan arvolle, myös tieto arvion epävarmuudesta.

Vesikeskuksen aineistoon sovitettiin Bayes-verkko, josta on esitetty pieni osa kuvassa 1. Malli koostuu kahdesta tasosta. Ylemmällä tasolla ovat laatutekijät,  $Q$ . Kunkin kuvaajan tärkeysarvion,  $Q.imp$ , ajatellaan riippuvan vastaajan asiantuntijuudesta kyseiseen kuvaajaan liittyen,  $Q.at$ . Mallin toisella tasolla ovat muuttujat. Myös muuttujilla asiantuntijuus,  $V.at$ , vaikuttaa muuttujan tärkeysarvioon,  $V.imp$ .

Muuttujan arvo seurannalle saadaan laskemalla  $Value.V=Q.imp*V.imp$ , missä huomioidaan sekä muuttujan tärkeys laatutekijälle että kyseisen laatutekijän tärkeys sisävesiseurannan kannalta.



Kuva 1: Osa merikeskuksen kyselyaineistoon sovitettua Bayes-verkkoa.

Laatutekijöiden ja muuttujien lisäksi Bayes-verkolla mallinnettiin muuttujien kustannuksia näytteenoton ja analyysin osalta. Myös kustannusten kohdalla kustannusarvion ajatellaan riippuvan vastaajan asiantuntijuudesta. Sen sijaan kustannusarvioiden ja muuttujien tärkeyden ajatellaan olevan toisistaan riippumattomia (Kuva 1, oikea reuna).

Kuvassa 1 malli on esitetty yhden vastaajan ja yhden laatutekijän kannalta. Kokonaisarvio laatutekijöiden ja muuttujien tärkeydestä saadaan ottamalla summa kaikkien vastaajien yli. Kuvassa näkyvät alfa-parametrit liittyvät muuttujien priorijakaumiin.

## Tulokset

Malli sovitettiin aineistoon OpenBUGS-ohjelmistolla. Kaikki tulokset löytyvät oheisesta Tulokset.xlsx – tiedostosta. Tässä on esitetty niistä tärkeimmät.

### Laatutekijät

Malli tuotti laatutekijöiden osalta taulukossa 1 esitetyt tulokset. Taulukossa esitetyt luvut koskevat kokonaisarviota laatutekijöiden tärkeydestä, eli summaa kaikkien vastaajien yli. Taulukossa esitetyt keskiarvo ja keskihajonta kertovat Bayes-verkon kyseiselle kuvaajalle tuottamasta jakaumasta. Keskiarvo kertoo kuvaajan todennäköisimmän kokonaistärkeyden ja keskihajonta kertoo tämän arvion tarkkuudesta.

Taulukosta 1 nähdään, että tärkeimpinä sisävesiseurannan laatutekijöinä pidetään järvien kasviplanktonia sekä järvien ja jokien fysikaalis–kemiallisia yleisiä olosuhteita. Tärkeäksi koettiin myös jokien pohjaeläimet sekä järvien ja jokien kalat. Vähiten tärkeinä laatutekijöinä pidettiin järvien ja jokien fysikaalis–kemiallisia lisämuuttujia. Järvien osalta myös vesikasvit (sis. päällyslievät) arvioitiin yhtä vään tärkeäksi kuin fysikaalis–kemialliset lisämuuttujat. Taulukosta 1 nähdään myös laatutekijöiden tärkeysarvion vaihtelu/epävarmuus (sd).

Taulukko 1: Laatutekijöiden tärkeys

Laatutekijöiden tärkeys sisävesiseurannalle		Mean	Sd
Järvi	Kasviplankton	138,90	3,05
Järvi	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	123,40	2,90
Joki	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	119,30	2,86
Joki	Pohjaeläimet	119,10	2,89
Järvi	Kalat	115,10	2,97
Joki	Kalat	112,00	3,08
Järvi	Pohjaeläimet - syväneosio	100,50	2,71
Joki	Muu vesikasvillisuus - päällyslievät eli perifyton	97,46	2,66
Järvi	Pohjaeläimet - litoraaliosio	96,49	2,72
Järvi	Vesikasvit	89,29	2,65
Järvi	Fys.-kem. lisämuuttujat, ei luokkarajoja	89,29	2,77
Joki	Fys.-kem. lisämuuttujat, ei luokkarajoja	87,23	2,94

### Muuttujat

Muuttujatasolla arvioitiin muuttujien tärkeyttä niihin liittyvälle laatutekijälle. Lisäksi painottamalla muuttujan laatutekijäkohtaista tärkeyttä kyseisen laatutekijän tärkeydellä, saadaan arvio muuttujan kokonaistärkeydelle sisävesiseurannan kannalta. Tarkastellaan asiaa ensin laatutekijäkohtaisesti.

Järvien *kasviplankton* laatutekijään liittyy 4 muuttujaa. Laatutekijän kannalta tärkeimpinä pidettiin *a-klorofyllia* ja *kokonaisbiomassaa*. Vähemmän tärkeiksi muuttujiksi koettiin *TPI kasviplankton trofiaindeksi* sekä *haitallisten sinilevien prosenttiosuus*. Jos tarkastellaan kyseisten muuttujien kustannuksia, *a-klorofylli* arvioitiin muita edullisemmaksi muuttujaksi niin näytteenoton kuin analyysinkin kannalta. *Kokonaisbiomassan*, *TPI kasviplankton trofiaindeksin* ja *haitallisten sinilevien prosenttiosuuden* kustannukset koettiin samansuuruisiksi.

Järvien *vesikasvit (sis. päällyslievät)* –laatutekijään liittyy 12 muuttujaa. Näistä tärkeimmiksi koettiin kuusi vesikasveja mittaavaa muuttujaa ja vähemmän tärkeinä pidettiin kuutta päällyslievä mittaavaa muuttujaa.

Vesikasvimuuttujien näytteenottoa pidettiin kalliimpana kuin päällyslievien näytteenottoa, mutta päällyslievien analyysi arvioitiin kalleimmaksi kaikkien sisävesiseurannan muuttujien joukossa.

Järvien kahdessa pohjaeläimiin liittyvässä laatutekijässä ei ollut suuria eroja muuttujien tärkeyden välillä. *Pohjaeläimet, litoraalisio* –laatutekijään liittyy neljä muuttujaa, joista Pohjois-Suomen suurten järvien muuttajat (*PMA-indeksi* ja *tyyppiominaiset taksonit*) koettiin hieman tärkeämmiksi kuin muun Suomen vastaavat muuttajat. *Pohjaeläimet, syväneosio* –laatutekijään liittyy kaksi muuttujaa, joista *syväneopohjaindeksiä* pidettiin aavistuksen tärkeämpänä kuin *PMA-indeksiä*. Järvien kaikkien pohjaeläinmuuttujien näytteenottoa pidettiin kustannuksiltaan samansuuruisena. Litoraalisio muuttujien analyysi arvioitiin hieman kalliimmaksi kuin syväneosion muuttujien.

Järvien *kalalaatutekijän* kannalta kuudesta muuttujasta selvästi tärkeimpänä pidettiin *särkikalojen biomassaosuutta*. Myös *indikaattorilajien esiintyminen* koettiin tärkeäksi. *Suureneva biomassa* ja *yksilömäärä* arvioitiin tärkeämmiksi muuttujiksi kuin *pienenevä biomassa* ja *yksilömäärä*. Näytteenoton kannalta kaloihin liittyvät muuttajat arvioitiin kaikkein kalleimmiksi seurantaparametreiksi. Analyysin osalta ne koettiin huomattavasti edullisemmiksi. Biomassan analysointi arvioitiin hieman muita kaloihin liittyviä muuttujia kalliimmaksi.

Järvien *fysikaalis–kemiallisiin yleisiin olosuhteisiin* liittyy kaksi muuttujaa. Näistä *kokonaisfosfori* koettiin *kokonaistyyppä* tärkeämmäksi. Kummankin muuttujan näytteenoton sekä analyysin arvioitiin olevan halvimpain joukossa.

Järvien *fysikaalis–kemialliset lisämuuttajat* –laatutekijään liittyy yhdeksän muuttujaa. Näiden arvotuksessa oli selkeitä eroja. Laatutekijän kannalta tärkeimmiksi muuttujiksi arvioitiin *näkösyvyys*, *liukoinen happi*, *pH-minimi* sekä *hapen kyllästysaste*. Selvästi vähemmän tärkeänä pidettiin *koliformisia bakteereja* sekä *Escherichia colia*. Myös kaikkia fysikaalis–kemiallisia lisämuuttujia pidettiin muita seurantaparametreja edullisempina – niin näytteenoton kuin analyysin kannalta.

Jokien *päällyslievät eli perifyton* –laatutekijään liittyy kuusi muuttujaa. Näistä tärkeimmäksi arvioitiin *tyyppiominaiset taksonit* sekä Pohjois- että Etelä-Suomessa. Hieman muita vähemmän tärkeämpinä muuttujina pidettiin Pohjois-Suomen hyvin pienten jokien muuttujia. Jokien päällyslieviin liittyvien muuttujien näytteenotto arvioitiin kustannuksiltaan keskitasolle, mutta niiden analyysia pidettiin kalliimpana jokimuuttujien osalta.

Jokien *fysikaalis–kemiallisiin yleisiin olosuhteisiin* liittyy kolme muuttujaa. Niistä *kokonaisfosfori* arvioitiin *pH-minimiä* ja *kokonaistyyppä* tärkeämmäksi muuttujaksi. Kustannuksiltaan muuttajat arvioitiin sekä näytteenoton että analyysin kannalta edullisimpien seurantaparametrien joukkoon.

Jokien *fysikaalis–kemialliset lisämuuttajat* –laatutekijään liittyy yhdeksän muuttujaa, joiden arvotuksessa oli suuria eroja. Laatutekijän kannalta tärkeimmäksi muuttujaksi arvioitiin *hieno kiintoaines* ja selvästi vähiten tärkeänä pidettiin *lämpökestoisia koliformisia bakteereja*. Näytteenoton kustannuksissa ei ollut muuttujien välillä suuria eroja. Sen sijaan analyysin osalta muita edullisemmiksi arvioitiin *hapen kyllästysaste* ja *liukoinen happi*.

*Kalalaatutekijään* ei jokien osalta liity kuin yksi muuttuja, *jokikalaindeksi*.

Painottamalla muuttujien laatutekijäkohtaista tärkeyttä kyseisen laatutekijän tärkeydellä saadaan kokonaisarvio muuttujan tärkeydestä sisävesiseurannalle. Tulokset tästä on esitetty taulukossa 2. Kun katsotaan muuttujien kokonaistärkeyttä sisävesiseurannan kannalta, kymmenestä kaikkein tärkeimmäksi koetusta muuttujasta neljä liittyy järvien kasviplanktoniin (tärkein laatutekijä), viisi järvien tai jokien fysikaalis–kemiallisiin yleisiin olosuhteisiin (2. ja 3. tärkeimmät laatutekijät) ja yksi järvien kalalaatutekijään (5. tärkein laatutekijä). Vähiten tärkeitä muuttujia sisävesiseurannan kannalta ovat useat järvien ja jokien fysikaalis–kemialliset lisämuuttajat sekä järvien päällyslievät.

Sisävesiseurannan kannalta tärkeimpiä seurantaparametreja ovat mm. *a-klorofyllin pitoisuus järvissä*, *kasviplanktonin kokonaisbiomassa järvissä* sekä *kokonaisfosfori järvissä*. Vähiten tärkeitä muuttujia taas ovat mm. jokien ja järvien *lämpökestoiset*, *koliformiset bakteerit*, *Escherichia coli* sekä *fekaaliset enterokokit*.



Taulukko 2: Muuttujien tärkeys

Muuttujien tärkeys sisävesiseurannalle			Mean	Sd
Järvi	Kasviplankton	a-klorofylli	1091,00	66,49
Järvi	Kasviplankton	Kokonaisbiomassa	1083,00	66,63
Järvi	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	Kokonaisfosfori	1016,00	63,26
Järvi	Kasviplankton	TPI kasviplankton trofiaindeksi	990,70	60,16
Joki	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	Kokonaisfosfori	965,90	36,64
Järvi	Kasviplankton	Haitallisten sinilevien prosenttiosuus	954,20	64,46
Järvi	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	Kokonaistyyppi	924,00	54,53
Järvi	Kalat	Särkikalajien biomassaosuus	906,60	53,03
Joki	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	Kokonaistyyppi	892,20	34,83
Joki	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	pH-minimi	877,10	35,33
Joki	Kalat	Jokikalaindeksi	871,60	39,90
Joki	Pohjaeläimet	Tyyppiominaiset EPT-heimot, Pohjois-Suomi	835,70	35,82
Järvi	Kalat	Indikaattorilajien esiintyminen	824,70	50,61
Joki	Pohjaeläimet	Tyyppiominaiset EPT-heimot, Etelä-Suomi	819,20	35,53
Joki	Pohjaeläimet	Tyyppiominaiset EPT-heimot, hyvin pienet joet, Pohjois-Suomi	817,30	43,03
Järvi	Kalat	Biomassa, suureneva	812,40	49,68
Joki	Pohjaeläimet	Prosenttinen mallinkaltaisuus, Etelä-Suomi	803,80	34,88
Joki	Pohjaeläimet	Prosenttinen mallinkaltaisuus, Pohjois-Suomi	803,10	34,82
Joki	Pohjaeläimet	Tyyppiominaiset taksonit, Pohjois-Suomi	800,80	44,95
Järvi	Kalat	Yksilömäärä, suureneva	793,90	49,90
Joki	Pohjaeläimet	Tyyppiominaiset taksonit, hyvin pienet joet, Pohjois-Suomi	791,00	43,64
Joki	Pohjaeläimet	Tyyppiominaiset taksonit, Etelä-Suomi	783,60	44,46
Joki	Pohjaeläimet	Tyyppiominaiset EPT-heimot, hyvin pienet joet, Etelä-Suomi	767,40	35,96
Joki	Pohjaeläimet	Prosenttinen mallinkaltaisuus, hyvin pienet joet, Pohjois-Suomi	765,10	43,15
Järvi	Kalat	Biomassa, pienenevä	748,50	48,59
Joki	Pohjaeläimet	Tyyppiominaiset taksonit, hyvin pienet joet, Etelä-Suomi	742,30	36,24
Järvi	Kalat	Yksilömäärä, pienenevä	721,30	49,86
Joki	Pohjaeläimet	Prosenttinen mallinkaltaisuus, hyvin pienet joet, Etelä-Suomi	717,30	35,83
Järvi	Pohjaeläimet - syväne	Syvänepohjaeläinindeksi	677,60	38,68
Joki	Päällyslevät eli perifyton	Tyyppiominaiset taksonit, Pohjois-Suomi	640,30	44,75
Järvi	Fys.-kem. Lisämuuttujat	Näkösyvyys	633,50	42,62
Joki	Päällyslevät eli perifyton	Tyyppiominaiset taksonit, Etelä-Suomi	632,90	37,50
Järvi	Fys.-kem. Lisämuuttujat	Happi, liukoinen	627,60	41,55
Järvi	Pohjaeläimet - syväne	Prosenttinen mallinkaltaisuus	618,10	35,09
Järvi	Vesikasvit	Tyyppilajien suhteellinen osuus, Etelä-Suomi	608,00	40,53
Järvi	Vesikasvit	Tyyppilajien suhteellinen osuus, Pohjois-Suomi	604,60	40,40
Joki	Päällyslevät eli perifyton	Prosenttinen mallinkaltaisuus, Etelä-Suomi	604,10	36,26
Joki	Päällyslevät eli perifyton	Tyyppiominaiset taksonit, hyvin pienet joet, Pohjois-Suomi	602,60	44,41
Järvi	Pohjaeläimet - litoraali	Prosenttinen mallinkaltaisuus, Pohjois-Suomi suuret > 10 km <sup>2</sup>	601,70	49,18
Järvi	Fys.-kem. Lisämuuttujat	Hapen kyllästysaste	598,00	44,09
Joki	Päällyslevät eli perifyton	Prosenttinen mallinkaltaisuus, Pohjois-Suomi	597,40	40,48
Järvi	Pohjaeläimet - litoraali	Prosenttinen mallinkaltaisuus	597,10	42,60
Järvi	Vesikasvit	Referenssi-indeksi, Etelä-Suomi	596,00	39,14
Järvi	Vesikasvit	Referenssi-indeksi, Pohjois-Suomi	595,00	39,48
Joki	Päällyslevät eli perifyton	Prosenttinen mallinkaltaisuus, hyvin pienet joet, Pohjois-Suomi	594,50	43,76
Järvi	Pohjaeläimet - litoraali	Tyyppiominaiset taksonit	592,40	43,53
Järvi	Vesikasvit	Prosenttinen mallinkaltaisuus, Etelä-Suomi	583,60	39,09
Järvi	Vesikasvit	Prosenttinen mallinkaltaisuus, Pohjois-Suomi	583,30	39,36
Järvi	Fys.-kem. Lisämuuttujat	pH-minimi	579,90	42,33
Järvi	Pohjaeläimet - litoraali	Tyyppiominaiset taksonit, Pohjois-Suomi suuret > 10 km <sup>2</sup>	579,30	49,22
Joki	Fys.-kem. Lisämuuttujat	Kiintoaine, hieno (0,4 µm)	564,60	32,77
Joki	Fys.-kem. Lisämuuttujat	Happi, liukoinen	534,10	32,19
Järvi	Päällyslevät	Tyyppiominaiset taksonit, keskikokoiset 5-40 km <sup>2</sup>	531,10	38,55
Järvi	Päällyslevät	Tyyppiominaiset taksonit, suuret > 40 km <sup>2</sup>	531,10	38,56

Järvi	Päällisyevät	Prosenttinen mallinkaltaisuus, pienet < 5 km <sup>2</sup>	531,10	38,46
Järvi	Päällisyevät	Prosenttinen mallinkaltaisuus, keskikokoiset 5-40 km <sup>2</sup>	531,10	38,45
Järvi	Päällisyevät	Tyyppiominaiset taksonit, pienet < 5 km <sup>2</sup>	531,00	38,49
Järvi	Päällisyevät	Prosenttinen mallinkaltaisuus, suuret > 40 km <sup>2</sup>	531,00	38,48
Joki	Fys.-kem. Lisämuuttajat	Hapen kyllästysaste	527,90	32,99
Joki	Fys.-kem. Lisämuuttajat	Kemiallinen hapenkulutus CODMn	507,70	32,08
Järvi	Fys.-kem. Lisämuuttajat	Ammonium-N	501,60	43,33
Joki	Fys.-kem. Lisämuuttajat	Kiintoaine, karkea	492,20	31,29
Järvi	Fys.-kem. Lisämuuttajat	Fekaaliset enterokokit	482,20	41,80
Järvi	Fys.-kem. Lisämuuttajat	Fekaaliset enterokokit, tark.	473,30	42,16
Järvi	Fys.-kem. Lisämuuttajat	Escherichia coli	459,00	44,08
Järvi	Fys.-kem. Lisämuuttajat	Koliformiset bakteerit, lämpökestoiset	445,40	44,07
Joki	Fys.-kem. Lisämuuttajat	Fekaaliset enterokokit	439,60	31,77
Joki	Fys.-kem. Lisämuuttajat	Fekaaliset enterokokit, tark.	429,20	31,93
Joki	Fys.-kem. Lisämuuttajat	Escherichia coli	408,00	32,44
Joki	Fys.-kem. Lisämuuttajat	Koliformiset bakteerit, lämpökestoiset	356,40	33,40

## Kustannukset

Laatutekijöiden ja muuttujien tärkeyden lisäksi sisävesiseurannan tutkijoita pyydettiin arvioimaan seurantaparametrien kustannuksia niin näytteenoton kuin analyysin osalta. Tulokset on esitetty alla. Taulukoissa 3 ja 4 on nähtävissä kymmenen kalleimmaksi ja kymmenen edullisimmaksi koettua seurantaparametria.

**Taulukko 3: Näytteenoton kustannukset**

Näytteenoton hinta			Mean	Sd
Järvi	Kalat	Biomassa, pienenevä	60,56	3,94
Järvi	Kalat	Yksilömäärä, pienenevä	60,56	3,95
Järvi	Kalat	Yksilömäärä, suureneva	60,56	3,94
Järvi	Kalat	Biomassa, suureneva	60,55	3,93
Järvi	Kalat	Indikaattorilajien esiintyminen	59,38	3,98
Järvi	Kalat	Särkikalojen biomassaosuus	59,37	3,98
Järvi	Vesikasvit	Referenssi-indeksi, Etelä-Suomi	58,30	4,02
Järvi	Vesikasvit	Tyyppilajien suhteellinen osuus, Etelä-Suomi	58,29	4,03
Järvi	Vesikasvit	Prosenttinen mallinkaltaisuus, Pohjois-Suomi	58,29	4,03
Järvi	Vesikasvit	Referenssi-indeksi, Pohjois-Suomi	58,29	4,04
	...			
Joki	Fys.-kem. lisämuuttajat, ei luokkarajoja	Fekaaliset enterokokit	34,18	3,46
Joki	Fys.-kem. lisämuuttajat, ei luokkarajoja	Escherichia coli	34,18	3,45
Joki	Fys.-kem. lisämuuttajat, ei luokkarajoja	Fekaaliset enterokokit, tark.	34,17	3,45
Joki	Fys.-kem. lisämuuttajat, ei luokkarajoja	Hapen kyllästysaste	34,11	3,55
Joki	Fys.-kem. lisämuuttajat, ei luokkarajoja	Kiintoaine, hieno (0,4 µm)	34,05	3,58
Joki	Fys.-kem. lisämuuttajat, ei luokkarajoja	Kemiallinen hapenkulutus CODMn	34,05	3,58
Joki	Fys.-kem. lisämuuttajat, ei luokkarajoja	Kiintoaine, karkea	34,04	3,58
Joki	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	Kokonaisfosfori	33,90	4,01
Joki	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	pH-minimi	33,90	4,02
Joki	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	Kokonaistyyppi	33,89	4,01

Taulukko 4: Näytteenoton kustannukset

Analyysin hinta			Mean	Sd
Järvi	Päällyslevät	Tyyppiominaiset taksonit, suuret > 40 km <sup>2</sup>	54,70	3,59
Järvi	Päällyslevät	Tyyppiominaiset taksonit, pienet < 5 km <sup>2</sup>	54,69	3,60
Järvi	Päällyslevät	Tyyppiominaiset taksonit, keskikokoiset 5-40 km <sup>2</sup>	54,69	3,60
Joki	Muu vesikasvillisuus - päällyslevät eli perifyton	Tyyppiominaiset taksonit, Etelä-Suomi	53,35	3,56
Joki	Muu vesikasvillisuus - päällyslevät eli perifyton	Prosenttinen mallinkaltaisuus, Pohjois-Suomi	53,35	3,56
Joki	Muu vesikasvillisuus - päällyslevät eli perifyton	Tyyppiominaiset taksonit, hyvin pienet joet, Pohjois-Suomi	53,35	3,56
Joki	Muu vesikasvillisuus - päällyslevät eli perifyton	Prosenttinen mallinkaltaisuus, hyvin pienet joet, Pohjois-Suomi	53,35	3,57
Joki	Muu vesikasvillisuus - päällyslevät eli perifyton	Tyyppiominaiset taksonit, Pohjois-Suomi	53,34	3,56
Joki	Muu vesikasvillisuus - päällyslevät eli perifyton	Prosenttinen mallinkaltaisuus, Etelä-Suomi	53,34	3,56
Joki	Pohjaeläimet	Tyyppiominaiset taksonit, Etelä-Suomi	53,11	3,65
	...			
Joki	Fys.-kem. lisämuuttujat, ei luokkarajoja	Kiintoaine, karkea	32,76	3,64
Joki	Fys.-kem. lisämuuttujat, ei luokkarajoja	Kemiallinen hapenkulutus CODMn	32,76	3,64
Järvi	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	Kokonaisfosfori	32,62	4,01
Järvi	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	Kokonaistyyppi	32,61	4,00
Järvi	Fys.-kem. Lisämuuttujat	Ammonium-N	32,16	4,02
Joki	Fys.-kem. lisämuuttujat, ei luokkarajoja	Happi, liukoinen	31,59	3,45
Joki	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	pH-minimi	31,32	4,10
Järvi	Fys.-kem. Lisämuuttujat	pH-minimi	30,86	4,10
Järvi	Fys.-kem. Lisämuuttujat	Näkösyyvyys	30,13	4,16
Joki	Fys.-kem. lisämuuttujat, ei luokkarajoja	Hapen kyllästysaste	27,83	3,68

Näytteenoton osalta kalleimmiksi muuttujiksi arvioitiin järvien *kalat*- ja *vesikasvit*-laatutekijöihin liittyvät muuttujat. Näytteenotoltaan edullisimmiksi muuttujiksi koettiin jokien fysikaalis-kemiallisia laatutekijöitä mittaavat muuttujat. Analysoinniltaan kalleimmiksi muuttujiksi koettiin järvien ja jokien päällysleviin liittyvät muuttujat. Jokien fysikaalis-kemialliset muuttujat arvioitiin myös analyysin osalta kaikkein edullisimmiksi.

Kaiken kaikkiaan samojen muuttujien näytteenottoa joista pidettiin edullisempänä kuin näytteenottoa järvistä. Analyysin osalta vastaavaa jakoa ei ole huomattavissa.

## Keskusten vertailu

Lopuksi eri keskuksia verrattiin keskenään sovittamalla malli erikseen ympäristökeskuksen ja luonnonvarakeskuksen vastaajille sekä ely-keskuksen vastaajille. On syytä pitää mielessä aineiston pieni koko, mutta keskusten välillä oli huomattavissa selkeitä eroja. Taulukossa 5 on esitetty keskusten eriävät arviot laatutekijöiden tärkeydestä sisävesiseurannalle. Koska vastaajia on joukoissa eri määrä, ei ole mielekästä tarkastella vastaajien yli summattuja tärkeysarvoja vaan vertailussa katsotaan laatutekijöiden tärkeysjärjestystä.

Taulukosta 5 nähdään mm., että Suomen ympäristökeskuksen ja luonnonvarakeskuksen tutkijat arvottavat *järvien ja jokien kalat* kaikkein tärkeimmiksi laatutekijöiksi. Sen sijaan ely-keskuksen tutkijat arvioivat *järvien kasviplanktonin* sekä *järvien ja jokien yleiset fysikaalis-kemialliset ominaisuudet* tärkeimmiksi laatutekijöiksi. Keskusten tutkijoiden näkemykset kohtaavat parhaiten lähinnä *järvien kasviplanktonin*, *jokien pohjaeläinten* ja *jokien päällyslevien* osalta.

Jos tarkastellaan muuttujien tärkeyttä laatutekijöille, suurimmat erot keskusten välillä koskivat jokien pohjaeläimiä ja päällysleviä. SYKE:n ja LUKE:n tutkijat arvottivat *hyvin pienten jokien tyyppiominaiset EPT-heimot* tärkeimmiksi jokien pohjaeläinmuuttujiksi. Sen sijaan ely-keskuksen tutkijat pitivät *Etelä-Suomen hyvin pienten jokien tyyppiominaisia EPT-heimoja* yhtenä vähiten tärkeimmistä

pohjaeläinmuuttujista. Ely-keskuksen tutkijat arvioivat kaikkein tärkeimmiksi pohjaeläinmuuttujiksi *tyyppiominaiset EPT-heimot* ja *tyyppiominaiset taksonit*, mutta SYKE:n ja LUKE:n tutkijat kokivat *tyyppiominaiset taksonit* vähiten tärkeimmäksi muuttujaksi jokien pohjaeläinlaatutekijälle.

Taulukko 5: Laatutekijät

SYKE+LUKE		ELY	
Vesistö	Laatutekijä	Vesistö	Laatutekijä
Joki	Kalat	Järvi	Kasviplankton
Järvi	Kalat	Järvi	Fys.-kem. yleiset olosuhteet
Järvi	Kasviplankton	Joki	Fys.-kem. yleiset olosuhteet
Joki	Pohjaeläimet	Järvi	Pohjaeläimet - syväneosio
Järvi	Pohjaeläimet - litoraaliolosio	Joki	Pohjaeläimet
Järvi	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	Joki	Fys.-kem. lisämuuttujat, ei luokkarajoja
Joki	Fys.-kem. yleiset olosuhteet	Järvi	Fys.-kem. lisämuuttujat, ei luokkarajoja
Järvi	Vesikasvit	Joki	Muu vesikasvillisuus - päällyslevät eli perifyton
Joki	Muu vesikasvillisuus - päällyslevät eli perifyton	Järvi	Kalat
Järvi	Pohjaeläimet - syväneosio	Joki	Kalat
Järvi	Fys.-kem. lisämuuttujat, ei luokkarajoja	Järvi	Pohjaeläimet - litoraaliolosio
Joki	Fys.-kem. lisämuuttujat, ei luokkarajoja	Järvi	Vesikasvit

Jokien päällyslevien osalta SYKE:n ja LUKE:n tutkijat pitivät tärkeimpänä muuttujana *tyyppiominaisia taksonia*. Sen sijaan ely-keskuksen tutkijat arvottivat sen vähiten tärkeäksi muuttujaksi jokien päällyslevälaatutekijän kannalta.

Kun tarkastellaan muuttujien tärkeyttä koko sisävesiseurannan kannalta, SYKE:n ja LUKE:n tutkijoiden korkeammalle arvottamia, mutta ely-keskuksen tutkijoiden vähemmän tärkeinä pitämiä muuttujia olivat *järvien pohjaeläinten prosenttinen mallinkaltaisuus*, *järvikalojen yksilömäärä* ja *jokikalaindeksi*. Toisaalta, ely-keskuksen tutkijoiden tärkeänä pitämiä, mutta SYKE:n ja LUKE:n tutkijoiden vähemmän tärkeiksi arvioimia muuttujia olivat *järvien syvänteiden prosenttinen mallinkaltaisuus* ja *pohjaeläinindeksi*, *järvien näkösyvyys* sekä *järvien ja jokien liukoinen happi* ja *hapenkyllästyssaste*.

Kustannusten arvioinnissa ei ilmennyt yhtä suuria eroja kuin laatutekijöiden ja muuttujien tärkeyden arvottamisessa. SYKE:n ja LUKE:n tutkijat arvioivat *jokien fekaalisten enterokokkien*, *koliformisten*, *lämpökestoisten bakteerien* sekä *Escherichia coli:n* näytteenoton kustannukset ely-keskuksen tutkijoita alhaisemmiksi. Lisäksi SYKE:n ja LUKE:n tutkijat pitivät *järvien kasviplanktonin kokonaisbiomassan* analysointia edullisempänä kuin ely-keskuksen tutkijat. Sen sijaan ely-keskuksen tutkijat arvioivat *järvien haitallisten sinilevien prosenttiosuuden* sekä *järvien syväneopohjaeläinten prosenttisen mallinkaltaisuuden* analyysit edullisemmiksi kuin SYKE:n ja LUKE:n tutkijat.

## Yhteenveto

Työssä tutkittiin Bayes-verkkojen avulla, mitkä vesikeskuksen sisävesiseurannassa käytettävät seurantaparametrit tutkijat kokevat tärkeimmiksi ja mitä voitaisiin mahdollisesti jättää seurannasta pois. Tämä lähestymistapa ei rajoitu vain tarkastelun alla olleeseen seurantaan, vaan samalla menetelmällä on aiemmin tutkittu meriseurannan seurantaparametreja.

Aineistoon sovitettuna Bayes-verkon avulla saadaan paitsi arvio mallin kahden tason parametrien tärkeydestä/tarpeellisuudesta myös tieto tämän arvion epävarmuudesta. Yksittäisten tutkijoiden mielipiteet eri parametrien tärkeydestä vaihtelevat, mutta ottamalla summa kaikkien vastaajien yli saadaan kokonaisarvio/konsensus sisävesiseurannan tutkijoista. Näin mallin tuloksia voidaan käyttää parametrien vertailuun, mikäli esimerkiksi halutaan päättää, mitä muuttujia jatkossa jätetään seurannan ulkopuolelle ja mihin muuttujiin on tarpeen panostaa jatkossa enemmän. On toki tärkeää huomata, etteivät mallin antamat tulokset ole absoluuttisia totuuksia vaan pohjautuvat tutkijoiden arvioihin.

Muuttujien kustannusten arviointi tuo lisäarvoa muuttujien vertailuun. Tuloksista nähdään mm. että järvien *vesikasvit (sis. päällyslevät)* –laatutekijään liittyviä muuttujia on arvioitu kalleimpien muuttujien

joukkoon joko näytteenotolta tai analyyseiltaan. Kuitenkin järvien vesikasvit ja päällykslevät koettiin yhdeksi vähiten tärkeimmistä laatutekijöistä. Sen sijaan tärkeimpien laatutekijöiden joukkoon arvioitiin sekä järvien että jokien fysikaalis-kemialliset yleiset olosuhteet. Näihin liittyvät muuttujat koettiin kustannuksiltaan edullisiksi niin näytteenoton kuin analyysin osalta. Niitä voidaan siis pitää kaikin tavoin hyvinä seurantaparametreina sisävesiseurannassa.

Sovittamalla malli erikseen Suomen ympäristökeskuksen ja luonnonvarakeskuksen tutkijoille sekä elykeskuksen tutkijoille havaittiin selkeitä eroja laatutekijöiden ja muuttujien arvottamisessa sisävesiseurannassa. Onkin tärkeää ottaa huomioon sekä tutkimuslaitosten että seurantojen toteuttajien näkökannat.

## Kiitokset

Suuret kiitokset Juhani Kettuselle rahoituksen järjestämisestä, Marko Järviselle hänen esimiehenä antamastaan tuesta ja Kristian Meissnerille kyselyn laatimisesta.