

Aalto-yliopisto

Perustieteiden korkeakoulu

Teknillisen fysiikan ja matematiikan koulutusohjelma

# Työkalu ympäristövaikutusten merkittävyyden arviointiin

Vesa Riekkinen

Valvoja: Professori Raimo P. Hämäläinen

Ohjaaja: TkT Mika Marttunen, Suomen ympäristökeskus

Sovelletun matematiikan erikoistyö

Helsingissä, 10.6.2014

Työn saa tallentaa ja julkistaa Aalto-yliopiston avoimilla verkkosivuilla. Muilta osin kaikki oikeudet pidätetään.



# Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	Menetelmiä merkittävyyden arviointiin.....	2
2.1	Lähestymistapojen yleinen luokittelu .....	2
2.2	Esimerkkejä kansainvälisistä ohjeistoista ja kaivoshankkeista.....	4
2.3	Numeerisia menetelmiä .....	10
3	ARVI-työkalu vaikutusten merkittävyyden arviointiin.....	13
3.1	IMPERIA-hankkeessa kehitetty arviointimenetelmä.....	13
3.2	ARVI-työkalu .....	16
4	Tapaustutkimus: Piiparinmäki-Lammaslamminkankaan tuulivoimapuiston YVA.....	20
5	Laskennallisten vertailuarvojen muodostaminen .....	21
5.1	Ongelman kuvaus .....	21
5.2	Koeasetelma .....	22
5.3	Tulokset vertailuarvojen muodostamisesta .....	23
5.4	Johtopäätökset vertailuarvojen muodostamisesta.....	26
6	Yhteenveto .....	27
7	Lähteet.....	28
Liite 1:	IMPERIA-hankkeen arviointikehikon kriteerit .....	29
Liite 2:	RIAM-menetelmän arviointikriteerit.....	30
Liite 3:	Piiparinmäen tuulivoimahankkeen ympäristövaikutusten merkittävyyden arviointi.....	31
Liite 4:	Tuloskuvaajat vertailuarvojen muodostamisesta .....	33

# 1 Johdanto

Tässä työssä esitellään uusi Excel-työkalu ympäristövaikutusten merkittävyyden arviointiin. Työkalu perustuu monikriteeriseen arviointimenetelmään, jota kehitetään Suomen ympäristökeskuksen koordinoimassa IMPERIA-hankkeessa. Menetelmässä vaikutuksen merkittävyys muodostuu strukturoidusti vaikutuksen kohteen herkkyydestä sen nykytilassa ja tarkastellun hankkeen aiheuttaman muutoksen suuruudesta.

Ympäristövaikutusten arviointimenettely (YVA) on lakisääteinen prosessi, jonka avulla pyritään vähentämään tai kokonaan estämään hankkeiden haitallisia ympäristövaikutuksia. Hankkeet, joihin YVA-menettelyä sovelletaan, voivat olla esimerkiksi voimalaitoksia, moottoriteitä tai kaatopaikkoja. Laki ympäristövaikutusten arvioinnista tuli voimaan vuonna 1994, jonka jälkeen YVA-hankkeita on tehty yli 500. YVA on suunnittelun apuväline, jossa hankkeiden vaikutukset arvioidaan suunnittelun yhteydessä ennen päätöksentekoa, jolloin tuleviin ratkaisuihin voidaan vielä vaikuttaa. (Suomen ympäristökeskus, a)

Vaikutusten merkittävyyden arviointi on tapa analysoida ja tiivistää ympäristöselvitysten tuottamaa aineistoa. Merkittävyyden arvioinnissa tehdyistä selvityksistä pyritään muodostamaan kokonaiskuva, jossa otetaan kantaa siihen, miten haitallisia tai hyödyllisiä hankkeen arvioidut seuraukset ovat. Samalla otetaan kantaa arvioidujen vaikutusten hyväksyttävyyteen. Merkittävyys on yleistajuinen mittari, joka sallii erityyppisten vaikutusten vertailun maallikolle ymmärrettävällä tavalla.

Merkittävyys on moniulotteinen käsite, jolla verrataan erityyppisiä vaikutuksia keskenään ottaen huomioon kunkin vaikutuksen erityispiirteet ja osallisten erilaiset arvostukset. Merkittävyyden arviointi on luonteeltaan subjektiivista, joten yhtä oikeaa vastausta ei ole olemassa. Lisäksi kunkin vaikutustyyppin arviointi vaatii tietyn alan asiantuntemusta, joten yleensä yksi asiantuntija arvioi vaihtoehdot ainoastaan yhden vaikutuksen osalta. Klassisessa autoesimerkissä tämä tarkoittaisi, että on joukko arvioijia, joista jokainen arvioi kunkin auton yhden ominaisuuden. Sen takia on suotavaa sopia yhteisistä säännöistä, joilla pyritään arvioiden yhdenmukaisuuteen.

Tutkimuksessa, jossa pyydettiin konsultteja ja yhteysviranomaisia arvioimaan suomalaisia ympäristövaikutusten arviointiselostuksia, selostusten laatua pidettiin yleisesti hyvänä. Näkemys kuitenkin oli, että laadussa on jonkin verran vaihtelua. Tutkimuksessa tunnistettiin yhdeksi heikkoudeksi se, että selostuksen johtopäätöksiä ei aina perustella riittävästi tai perusteluiden esittämisessä on puutteita. (Jalava et al. 2010) Tulosten perusteltavuus ja esityksen havainnollisuus kuitenkin edellyttää, että pystytään perustelemaan päättelyketju, millä perusteella ja mihin tekijöihin arvio muodostuu.

Merkittävyyden arviointiin on kehitetty ja sovellettu erilaisia lähestymistapoja, mutta alalla ei ole muodostunut yhtä yhtenäistä näkemystä siitä, miten merkittävyyksiä tulisi arvioida (Lawrence 2005). YVA-maailmassa on kehitetty joitakin menetelmiä, joissa merkittävyys jaetaan osatekijöihin monitavoitearviointia muistuttavalla tavalla.

Suomen ympäristökeskus koordinoi IMPERIA-hanketta (LIFE11 ENV/FI/905), jonka yksi keskeisiä tavoitteita on luoda järjestelmällinen tapa vaikutusten merkittävyyden arviointiin. Hankkeessa paneudutaan erityisesti monitavoitearvioinnin (MCDA) työkalujen ja käytäntöjen kehittämiseen sekä soveltamiseen. Hankkeessa on kehitetty monikriteeriseen arviointikehikkoon pohjautuva menetelmä, joka on pilottivaiheessa. Menetelmä pohjautuu sekä monitavoitearvioinnin järjestelmällisiin menetelmiin että ympäristövaikutusten arvioinnin kotimaisiin ja kansainvälisiin menetelmiin. Menetelmiä on sovellettu käytännön ehdoilla yhteistyössä ympäristövaikutusten arviointeja tekevien konsulttien ja muiden käytännön harjoittajien kanssa.

Menetelmää on pilotoitu erilaisissa hankkeissa. Ensimmäinen pilottihanke oli enintään 127 voimalan tuulivoimapuiston YVA ja toinen oli Vihdin jätevesihuollon vaihtoehtojen YVA. Meneillään on Viron ja Suomen välille suunnitellun kaasuputken ympäristövaikutusten arviointi.

Kirjoittajan tehtävä hankkeessa on ollut rakentaa Excel-työkalua, joka tukee kehitetyn menetelmän käyttöä. Työkalun tehtävä on tarjota pohja järjestelmälliselle arviointityölle ja pyrkiä tuottamaan tulostuksia, joita voidaan hyödyntää julkaistavissa ympäristövaikutusten arviointiselostuksissa. Excel-työkalua on käytetty arviointikehikkoa soveltaneissa pilottihankkeissa.

Tässä erikoistyössä on tehty seuraavat asiat:

- On tutustuttu koosteraporttien avulla kirjallisuudessa käytettyihin merkittävyyden arvioinnin menetelmiin. Näistä on valittu tähän työhön esitettäväksi kaksi ohjeistoa ja tapaustutkimusta sekä muutamia tunnettuja menetelmiä.
- On esitetty IMPERIA-hankkeessa kehitetty menetelmä vaikutusten merkittävyyden arviointiin. Menetelmää on verrattu kirjallisuudessa käytettyihin menetelmiin.
- On rakennettu Excel-työkalu merkittävyyden arviointiin käyttäen IMPERIAN metodia. Työkalu on rakennettu VBA-kielellä ja sisältää noin 15 000 riviä ohjelmakoodia.
- On dokumentoitu, miten työkalua sovellettiin suunnitteilla olevan Piiparinmäki-Lammaslamminkankaan tuulivoimapuiston ympäristövaikutusten arvioinnissa.
- On verrattu edellisessä hankkeessa muodostettuja asiantuntija-arvioita arvion osatekijöistä keskiarvoistamalla muodostettuihin vertailuarvoihin. Vertailuarvoja on tutkittu, koska niitä voidaan mahdollisesti hyödyntää asiantuntija-arvioiden yhtenäisyyden tarkistamisessa.

Kirjallisuusosiossa ja menetelmien kuvauksessa on nojaututtu pitkälti IMPERIA-hankkeessa laadittuihin teksteihin. Kirjoittajan olennaisin kontribuutio tässä työssä on ollut uuden työkalun rakentaminen.

Tämä erikoistyö on kirjoitettu osana harjoittelua IMPERIA-hankkeessa. Kirjoittaja haluaa kiittää IMPERIA-hanketta ja kollegoja Suomen ympäristökeskuksessa. Mika Marttunen on tarjonnut asiantuntemustaan kriittisissä kysymyksissä ja Jyri Mustajoki on tarjonnut lukuisia neuvoja viimeisen vuoden aikana.

## 2 Menetelmiä merkittävyyden arviointiin

### 2.1 Lähestymistapojen yleinen luokittelu

Tässä erikoistyössä on kehitetty työkalu ympäristövaikutusten merkittävyyden arviointiin. Työkalu käyttää IMPERIA-hankkeessa kehitettyä arviointimenetelmää, joka pohjautuu kirjallisuudessa ja kotimaisissa konsulttitoimistoissa käytettyihin menetelmiin. Kirjallisuudessa merkittävyyden arviointiin on käytetty useita erilaisia menetelmiä, joista mikään niistä ei ole noussut yleiseksi standardiksi. Seuraavassa luodaan katsaus joihinkin kirjallisuudessa käytettyihin menetelmiin. Nämä toimivat vertailukohtana työkalussa käytetyille menetelmille.

Lawrence (2005) on muodostanut luokittelun, jossa hän nimeää kolme lähestymistapaa merkittävyyden arviointiin. Niistä ensimmäinen on tekninen lähestymistapa (*technical approach*), toinen on vuorovaikutteinen lähestymistapa (*collaborative approach*) ja kolmas on harkittu perustelu (*reasoned argumentation*).

Tekninen analyysi lähtee siitä perusajatukselta, että ongelma pilkotaan osiin, osat arvioidaan erikseen ja sen jälkeen yhdistetään jollakin metodilla, joka voi olla kvalitatiivinen tai kvantitatiivinen. Lähtödatana käytetään pääasiassa mitattavissa olevia tieteellisiä tuloksia. Teknisessä analyysissä ongelman strukturointi lähtee käytettävästä metodista. Metodi antaa reseptin, jota lähdetään toteuttamaan ja jonka mukaan edetään. Se tekee lähestymistavasta järjestelmällisen. Toisaalta se myös tarkoittaa, että käytettävissä oleva tieto on jotenkin sovitettava käytettävään muottiin. Järjestelmällisen arvioinnin etuina pidetään arvioinnin yhtenäisyyttä, läpinäkyvyyttä ja toistettavuutta.

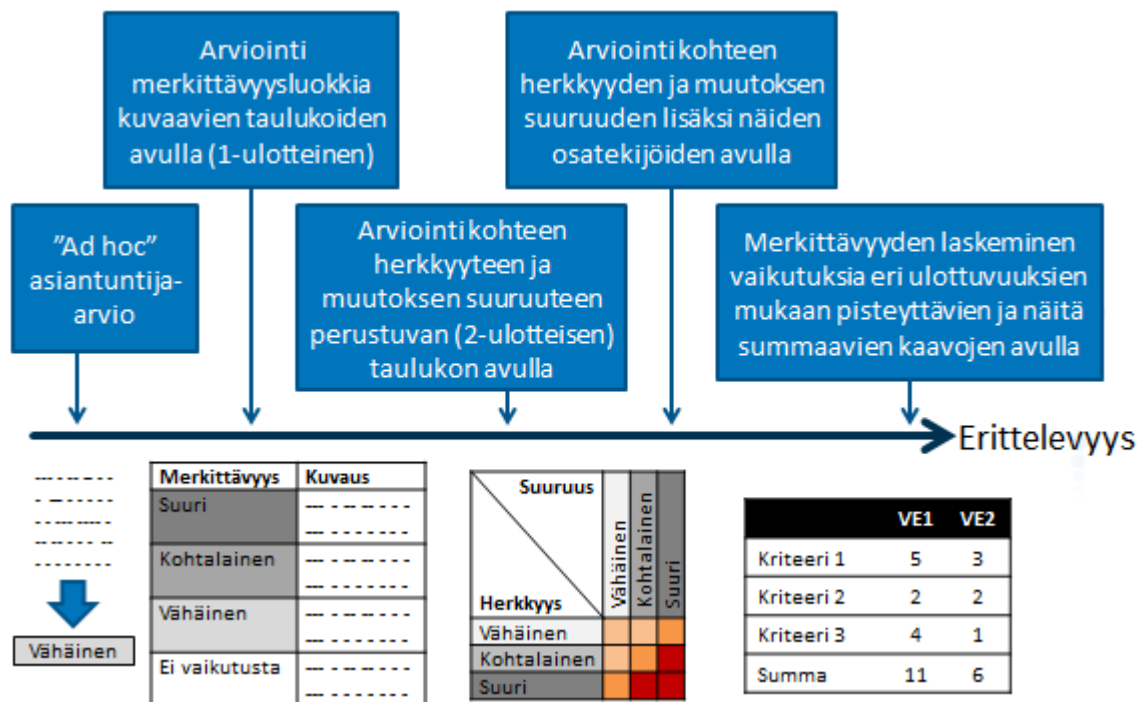
Vuorovaikutukseen pohjaavassa lähestymistavassa kaikki arviot muodostetaan yhteistyössä eri osapuolien tai jopa suuren yleisön kanssa ilman mitään ennakko-oletuksia. Ongelman rakennetta ei rajoiteta ennakkoon ja keskiössä ovat päätöksentekoon osallistuvat ihmiset. Perusajatus on, että kaikki arviot on muodostettava ihmisten välisen dialogin ja yhteisen ymmärryksen rakentamisen kautta. Lähestymistapa on osallistava eli se ottaa eri osapuolet mukaan päätöksentekoon, jolloin päätös luultavasti myös saavuttaa laajempaa hyväksyntää. Toisaalta rakenteen puuttumisen ja osallistujien lukumäärän vuoksi prosessia voi olla vaikeampi hallita.

Harkittu perustelu muistuttaa tuomiota pohtivan oikeuden tuomarin työtä, jossa punnitaan todistusaineistoa ja muodostetaan loogisin argumentein todisteihin pohjautuva harkittu näkemys. Tässäkin lähestymistavassa rakennetta ei määrätä ennakkoon – rakenteen muodostaminen on arviota tekevien ihmisten tehtävä. Heidän on muodostettava perusteltu ja looginen päättelyketju, joka johtaa saatavilla olevista tiedoista loppupäätelmiin.

Lähestymistapoja voidaan soveltaa sekä yhdessä että erikseen. Lawrence nimeää kolmen lähestymistavan lisäksi näiden erilaisia kombinaatioita. Monitavoitearviointi edustaa teknistä lähestymistapaa, mutta YVA-selostuksissa asiat on avattava arkikielellä kadunmiehen perspektiivistä. Vaikka arviointi tehtäisiin teknisellä menetelmällä, selostus voidaan silti kirjoittaa harkitun perustelun metodilla. Ideaalitulanteessa tästä seuraa, että arviointi ottaa huomioon kaiken tarpeellisen tiedon, mutta selostus voi keskittyä niihin seikkoihin, jotka on arvioitu päätöksen kannalta oleellisiksi.

Tässä työssä keskitytään teknisen analyysin piiriin kuuluviin menetelmiin. Erilaisia tapoja arvioida merkittävyyttä on havainnollistettu kuvassa 1. Arvioinnin erittelevyys kasvaa kuvassa oikealle päin. Vasemmalla on ”ad-hoc” -arvio, jossa on vain annettu sanallinen perustelu asiantuntijan valitsemalle merkittävyydenluokalle. Arviointia voidaan yhdenmukaistaa laatimalla luokille yksiulotteiset asteikot. Yksiulotteinen tarkastelu voidaan edelleen pilkkoa osatekijöihin, jotka arvioidaan erikseen ja yhdistetään. IMPERIA-hankkeessa valittu lähestymistapa vastaa tätä tapaa. Siinä merkittävyys määritetään hankkeen aiheuttaman muutoksen suuruuden ja vaikutuskohteen herkkyyden perusteella. Nämä arvioidaan määriteltujen osatekijöiden avulla. Osatekijöiden yhdistäminen tehdään kuitenkin asiantuntija-arviona. Pidemmälle viety vaihtoehto olisi muodostaa kokonaismerkittävyys matemaattisesti laskemalla.

Arvioinnin järjestelmällisyys, yhdenmukaisuus ja perusteltavuus lisääntyvät, kun merkittävyys arvioidaan eritellysti osatekijöiden perusteella. Menetelmän järjestelmällisyys auttaa arvion tekijää huomioimaan vaikutuksen eri ulottuvuudet. Yhdenmukaisuus edellyttää, että erityyppiset vaikutukset arvioidaan samojen periaatteiden mukaisesti. Perusteltavuus ja havainnollisuus edellyttävät, että pystytään perustelemaan päättelyketju, millä perusteella ja mihin tekijöihin arvio muodostuu. (Mustajoki 2014b)



Kuva 1. Erilaisia tapoja arvioida merkittävyyttä: merkittävyyden järjestelmällinen jako useampiin osatekijöihin (Mustajoki 2014b)

## 2.2 Esimerkkejä kansainvälisistä ohjeistoista ja kaivoshankkeista

Ympäristövaikutusten arviointia säätelee Suomessa YVA-laki (468/1994) ja -asetus (713/2006). Vastaavaa lainsäädäntöä on monissa muissakin maissa. Esimerkiksi Euroopan unionissa ympäristövaikutusten arviointia säätelee YVA-direktiivi (85/337/EEC). Lainsäädännön lisäksi isoilla kansainvälisillä toimijoilla on omia ohjeistoja ja käytäntöjä, joilla ne pyrkivät tunnistamaan, ennustamaan, ehkäisemään ja lieventämään erilaisten hankkeiden kielteisiä ympäristövaikutuksia. Ympäristövaikutusten arviointia tehdään laajalti kansainvälisesti, joten on perusteltua hakea vertailukohtia kansainvälisistä käytännöistä.

Seuraavassa tarkastellaan kahden kansainvälisen instituution käytäntöjä: ensimmäinen on Maailmanpankki ja toinen on skotlantilaista luonnonperintöä suojeleva Scottish Natural Heritage (SNH). Maailmanpankin ohjeisto on edustava esimerkki kansainvälisen rahoittajan käytännöstä, koska myös monet muut rahoittajat ovat ottaneet Maailmanpankin järjestelmän käyttöönsä. SNH on valtion rahoittama toimija, jolla on hyvä maine nykyaikaisten arviointimenetelmien käyttäjänä. Näiden ohjeistojen lisäksi tarkastellaan kahta yksittäistä hanketta, jotka ovat kaivoshankkeita. Tarkastelussa ovat mukana

- Maailmanpankin ohjeisto "Environmental Assessment Sourcebook"
- Scottish Natural Heritagen (SNH) ohjeisto "Environmental Assessment Handbook"
- Tenke Fungurume Oxide Project ESIA (*Environmental and Social Impact Assessment*)
- New Liberty Gold Mine (NLGM) EIA (*Environmental Impact Assessment*)

Lähdemateriaalina on käytetty kahta IMPERIA-hankkeelle kirjoitettua raporttia: Ikäheimo (2013) ja Riikonen (2014).

Ympäristövaikutusten arviointi eli EA (*environmental assessment*) on yksi Maailmanpankin kymmenestä suojelukäytännöstä (*safeguard policies*), joilla pyritään estämään ja lieventämään

kehityshankkeiden kohtuuttomia haittoja ihmisiin ja ympäristöön. Pankissa on määritelty ympäristövaikutusten arviointiin käytäntö (*environmental review process*), joka koskee kaikkia pankin rahoittamia hankkeita. Alustava arviointi (*screening*) on aina pakollinen ja pankki tekee sen itse. Alustavan arvioinnin perusteella päätetään vaaditaanko hankkeelta varsinaista ympäristövaikutusten arviointia. Alustavan arvion perusteella hanke luokitellaan kolmiportaisella asteikolla A/B/C. Luokan A projekti edellyttää täyttä ympäristövaikutusten arviointia ja B suppeampaa arviointia. Luokan C projektilta ei vaadita jatkoselvityksiä.

Ympäristövaikutusten arviointia kuvataan pankin käsikirjassa (The Word Bank, Environmental Assessment Sourcebook). Maailmanpankin järjestelmässä kullekin vaikutukselle annetaan pistemäärä (*scaling score*) ja paino (*importance weight*). Pistemäärä voidaan antaa suoraan tai se voidaan pilkkoa suuruuteen, laajuuteen ja keston, jotka lasketaan yhteen. Näitä pisteitä voidaan painottaa todennäköisyyksillä. Huomionarvoista on, että **käytännössä lasketaan kullekin vaihtoehdolle kokonaispistemäärä ja vaihtoehdot laitetaan kokonaispistemäärän mukaiseen paremmuusjärjestykseen**. Kielteisten vaikutusten lisäksi arvioidaan myös myönteiset vaikutukset.

Esimerkki Maailmanpankin käsikirjasta nähdään taulukossa 1. Lähdedokumentissa oli muodostettu tässä näytetyn ympäristövaikutusten taulukon lisäksi kolme muuta taulukkoa: "Traffic Impacts", "Planning Impacts" ja "Engineering Impacts". Näistä oli laskettu summaamalla kullekin kolmelle vaihtoehdolle kokonaispistemäärä ja merkitty pistemäärän mukainen vaihtoehtojen paremmuusjärjestys.

**Taulukko 1. Esimerkki Maailmanpankin käsikirjasta: "Java, Impact Significance of a New Four-lane Dual Carriage Toll Road" (Ikäheimo 2013)**

Environmental Impacts	Weight = Relative Importance, Scale 0,5 - 4,0	Scaling score = Impact Criterion, Scale 1,2 or 3			Significance of Impacts = Impact Criterion Scores		
		1	2	3	1	2	3
<b>Negative</b>							
1. Disturbance to nature	3,0	2	2	3	6,0	6,0	9,0
2. Landscape changes	1,5	1	3	2	1,5	4,5	3,0
3. People directly impacted	3,5	3	3	3	10,5	10,5	10,5
4. People indirectly impacted	2,5	1	2	2	2,5	3,8	5,0
...	...	...	...	...	...	...	...
21. XXXX							
<b>Positive</b>							
1. XXXX							
...							
6. XXXX							
				Sum	-42,0	-49,0	-67,5

Scottish Natural Heritage (SNH) on valtion rahoittama luonnonperinnön suojeluun keskittyvä toimija. Skotlantilaisessa YVA-käytännössä SNH:lla on yhteysviranomaisia ja hankevastaavia konsultoivan asiantuntijan rooli. Skotlannissa, kuten Suomessakin, kansallista YVA-lainsäädäntöä ohjaa EU-direktiivi. SNH julkaisee ja ylläpitää omaa ohjeistoa ympäristövaikutusten arviointiin (SNH 2013a, SNH 2013b).

**SNH:n käytännössä merkittävyys muodostuu sekä suuruudesta että herkkyydestä.** SNH:n käytännössä suuruutta tai herkkyyttä ei jaeta osatekijöihin, mutta ohjeisto listaa tekijöitä, joihin suuruuden ja herkkyyden arvion tulisi perustua (kuva 2). Näiden pohjalta on määritelty taulukot 2-3.



**Box D.8.1**  
**Factors Affecting Significance of Impacts**

The significance of an impact is derived from an analysis of:-

- The *sensitivity* of the natural heritage resource to change, including its capacity to accommodate the kinds of changes the project may bring about;
- The amount and type of change, often referred to as the impact *magnitude* which includes the timing, scale, size and duration of the impact;
- The *likelihood* of the impact occurring - which may range from certainty to a remote possibility;
- Comparing the impacts on the natural heritage resource which would result from the project with the changes that would occur without the project- often referred to as the "do-nothing" comparison; and
- Expressing the *significance of the impacts* of the project, usually in relative terms, based on the principle that the more sensitive the resource, the more likely the changes and the greater the magnitude of the changes, compared with the do nothing comparison, the greater will be the significance of the impact.

Kuva 2. Vaikutuksen merkittävyyteen vaikuttavia tekijöitä: kuva SNH:n käsikirjasta (SNH 2013a)

Taulukko 2. Maisemavaikutuksen suuruus, esimerkkitaulukko SNH:n käsikirjasta (Ikäheimo 2013)

High magnitude	Significant changes, over a significant area, to key characteristics or features or to the landscape's character or distinctiveness for more than 2 years
Medium magnitude	Noticeable but not significant changes for more than 2 years or significant changes for more than 6 months but less than 2 years, over a significant area, to key characteristics or features or to the landscape's character or distinctiveness.
Low magnitude	Noticeable changes for less than 2 years, significant changes for less than 6 months, or barely discernible changes for any length of time.
No change	No predicted changes.

Taulukko 3. Maisemavaikutuksen herkkyyys, esimerkkitaulukko SNH:n käsikirjasta (Ikäheimo 2013)

High Sensitivity	Key characteristics and features, identified by systematic landscape character assessment, which contribute significantly to the distinctiveness and character of the landscape character type. Designated landscapes eg. National Parks, NSAs and AGLVs and landscapes identified as having low capacity to accommodate proposed form of change.
Medium Sensitivity	Other characteristics or features of the landscape that contribute to the character of the landscape locally. Locally valued landscapes which are not designated. Landscapes identified as having some tolerance of the proposed change subject to design and mitigation etc.
Low Sensitivity	Landscape characteristics and features that do not make a significant contribution to landscape character or distinctiveness locally, or which are untypical or uncharacteristic of the landscape type. Landscapes identified as being generally tolerant of the proposed change subject to design and mitigation etc.

Ohjeen (kuva 2) mukaan herkkyteen sisältyy arvio kohteen sietokyvystä (*capacity to accommodate change*). Herkkyyden arviointia ohjeistavassa taulukossa (taulukko 3) viitataan lisäksi kohteen arvoon (*landscape character*), erityisyyteen (*distinctiveness*) ja mahdolliseen suojelustatukseen (*designation*). Suuruuteen sisältyy arvio muutoksen suuruudesta (*size*), laajuudesta (*scale*), kestosta (*duration*) ja ajoittumisesta (*timing*). Näiden tekijöiden pohjalta määritellään kullekin vaikutustyyppille taulukko suuruuden ja herkkyyden arviointiin. SNH:n käsikirja sisältää muutamia esimerkkitaulukkoja maisemavaikutuksen arviointiin. Merkittävyys, joka on arvioinnin lopputulos, muodostuu suuruudesta ja herkkyydestä taulukon 4 mukaisesti.

**Taulukko 4. Merkittävyyden muodostuminen suuruudesta ja herkkyydestä, SNH (Ikäheimo 2013)**

Sensitivity of Environmental Receptor	Magnitude of Change			
	Substantial	Moderate	Slight	Negligible/None
High	Major	Major	Moderate	Negligible/None
Medium	Major	Moderate	Minor	Negligible/None
Low	Moderate	Minor	Minor	Negligible/None

Yleisten ohjeistojen lisäksi tarkastellaan kahta hanke-esimerkkiä. Ensimmäinen hanke-esimerkki on erään kaivosprojektin ympäristövaikutusten ja sosiaalisten vaikutusten arviointi. Hankkeen nimi on Tenke Fungurume Oxide Project ESIA (*Environmental and Social Impact Assessment*). Hankkeen arviointiselostuksessa **merkittävyys määritellään strukturoidulla kolmiportaisella menettelyllä**.

Ensimmäisessä vaiheessa määritetään seurauksen (*consequence*) osatekijät, joita ovat vaikutuksen voimakkuus, alueellinen laajuus ja ajallinen kesto. Vaikutuksen voimakkuuden asteikko on määritelty siten, että siinä huomioidaan vaikutuksen kohteen herkkyys. Osatekijöiden määrittämisen periaatteet on kuvattu yksilöteisessä taulukossa. Toisessa vaiheessa määritetään seurauksen taso (*consequence rating*) käyttäen hyväksi 3D-matriisia, joka määrittää seurauksen tason kullekin kolmen osatekijän yhdistelmälle. Näiden lisäksi määritellään haitalle altistumisen todennäköisyys diskreetillä asteikolla. Kolmannessa vaiheessa muodostetaan merkittävyyden taso (*significance rating*) seurauksen tason ja todennäköisyyden yhdistelmänä. Menettelyä on kuvattu kuvassa 3.

Toinen hanke-esimerkki on New Liberty Gold Mine (NLGM) EIA (*Environmental Impact Statement*). Tämän hankkeen vaikutusten arvioinnissa on käytetty hyvin erittelevää tapaa. Raportissa käytetään samoja seurauksen osatekijöitä kuin edellisessä esimerkissä, mutta tässä tapauksessa osatekijöille on määritelty numeeriset asteikot. Vaikutuksen **merkittävyys on muodostettu matemaattisesti laskemalla**. Merkittävyys (*significance points*) on muodostettu kaavalla

$$SP = (\text{Magnitude} + \text{Duration} + \text{Scale}) \times \text{Probability} \quad (1)$$

Merkittävyysanalyysi esitetään hankkeen arviointiselostuksessa hyvin tiiviissä numeerisessa muodossa (kuva 4). Suuren mittaluokan vaikutukset ovat tyyppisiä kaivostoiminnalle ja analyysi esittää merkittävyydet ennen lieventämistoimenpiteitä ja lieventämistoimenpiteiden jälkeen. Tarkastelluille kaivosesimerkeille on myös ominaista, että tarkasteltuja vaikutuksia on kymmenittäin, koska vaikutukset kuhunkin resurssiin on analysoitu erikseen eri toiminnoille.

Tässä hankkeessa merkittävyyden asteikko on määritelty sen mukaan, miten haittavaikutus vaikuttaa hankkeen toteutettavuuteen. Luokittelussa haitallinen vaikutus on joko hyväksyttävä sellaisenaan, hyväksyttävä sillä ehdolla, että toteutetaan lieventämistoimenpiteitä, tai ei-hyväksyttävä. Viimeinen luokitus voi olla esteenä hankkeen toteuttamiselle.

PART A: DEFINING CONSEQUENCE IN TERMS OF MAGNITUDE, DURATION AND SPATIAL SCALE		
<i>Use these definitions to define the consequence in Part B</i>		
Impact characteristics	Definition	Criteria
<b>MAGNITUDE</b>	Major	Substantial deterioration or harm to receptors; receiving environment has an inherent value to stakeholders; receptors of impact are of conservation importance; or identified threshold often exceeded.
	Moderate	Moderate/measurable deterioration or harm to receptors; receiving environment moderately sensitive; or identified threshold occasionally exceeded
	Minor	Minor deterioration (nuisance of minor deterioration) or harm to receptors; change to receiving environment not measurable; or identified threshold never exceeded.
	Minor+	Minor improvement; change not measurable; or threshold never exceeded
	Moderate+	Moderate improvement; within or better than the threshold; or no observed reaction
	Major+	Substantial improvement; within or better than the threshold; or favorable publicity
<b>SPATIAL SCALE</b>	Site or local	Site specific or confined to the project area
	Regional	May be defined in various ways, e.g. cadastral, catchment, topographic
	National/International	Nationally or beyond
<b>DURATION</b>	Short term	Less than 3 years
	Medium term	3 to 15 years
	Long term	> 15 years

PART B: DETERMINING CONSEQUENCE RATING					
<i>Rate consequence based on definition of magnitude, spatial extent and duration</i>					
		SPATIAL SCALE/ POPULATION			
		Site or Local	Regional	National	
<b>MAGNITUDE</b>					
<b>Minor</b>	<b>DURATION</b>	Long term	Medium	Medium	High
		Medium term	Low	Low	Medium
		Short term	Low	Low	Medium
<b>Moderate</b>	<b>DURATION</b>	Long term	Medium	High	High
		Medium term	Medium	Medium	High
		Short term	Low	Medium	Medium
<b>Major</b>	<b>DURATION</b>	Long term	High	High	High
		Medium term	Medium	Medium	High
		Short term	Medium	Medium	High

PART C: DETERMINING SIGNIFICANCE RATING				
<i>Rate significance based on consequence and probability</i>				
		CONSEQUENCE		
		Low	Medium	High
<b>PROBABILITY (of exposure to impacts)</b>	Definite	Medium	Medium	High
	Possible	Low	Medium	High
	Unlikely	Low	Low	Medium

Kuva 3. Tenke Fungurume Oxide Project ESIA: kolmiportainen arviointimenettely (Riikonen 2014)

Magnitude	Duration	Scale	Probability
10 Very high/ don't know	5 Permanent/ Irreversible	5 International	5 Definite/don't know
8 High	4 Long-term ( <i>impact ceases after closure of activity</i> )	4 National	4 Highly probable
6 Moderate	3 Medium-term (5 to 15 years)	3 Regional	3 Medium probability
4 Low	2 Short-term (0 to 5 years)	2 Local	2 Low probability
2 Minor	1 Transient	1 Site only	1 Improbable
1 None			0 None

SP > 75	Indicates high environmental significance	Where it would influence the decision regardless of any possible mitigation. An impact which could influence the decision about whether or not to proceed with the project.
SP 30 – 75	Indicates moderate environmental significance	Where it could have an influence on the decision unless it is mitigated. An impact or benefit which is sufficiently important to require management. Of moderate significance - could influence the decisions about the project if left unmanaged.
SP < 30	Indicates low environmental significance	Where it will not have an influence on the decision. Impacts with little real effect and which should not have an influence on or require modification of the project design or alternative mitigation.
+	Positive impact	An impact that is likely to result in positive consequences / effects.

Potential Environmental Impact (Proposed NLGM Project)	ENVIRONMENTAL SIGNIFICANCE											
	Before mitigation						After mitigation					
	M	D	S	P	Total	SP	M	D	S	P	Total	SP
<b>3. Groundwater</b>												
Inflows of significant volumes of water into the pre-production mine workings	9	2	2	5	65	M	5	2	2	5	45	M
Lowering of the groundwater table	5	2	2	5	45	M	5	2	2	5	45	M
Contamination of surrounding aquifers	1	2	2	0	0	L	1	2	2	0	0	L
Contamination of contact / mine water	10	5	3	5	90	H	8	3	2	5	65	M
Lowering and impact of the groundwater table as a result of the TSF	6	3	2	5	55	M	6	3	2	5	55	M
Contamination of underlying aquifers from TSF	10	5	3	5	90	H	7	3	2	4	48	M
Impact on the groundwater table from WRD-enhanced artificial recharge	6	2	2	4	40	M	7	3	2	4	48	M
Contamination of underlying aquifers from WRD	10	5	3	5	90	H	6	3	2	4	44	M
<b>4. Air Quality</b>												
Potential impacts of dust releases from preparatory earthworks including soil stripping and earth excavations	6	2	2	4	40	M	6	2	2	3	30	M
Potential impacts of dust releases during construction / building activities	6	2	2	4	40	M	6	2	2	3	30	M
Potential impacts of dust releases from any stockpiled materials (including soil, overburden and storage materials)	6	2	2	4	40	M	6	2	2	3	30	M
Potential impacts of dust releases from erosion following area clearing (stripping of vegetation)	6	2	2	4	40	M	6	2	2	3	30	M

Kuva 4. New Liberty Gold Mine (NLGM) EIA: biofysikaalisten vaikutusten merkittävyys rakentamisen aikana ja toimintavaiheessa. Merkittävyys on laskettu kaavalla  $SP = (M + D + S) \times P$  (Riikonen 2014)

Tarkastelluista menetelmistä voidaan tunnistaa joitakin ominaispiirteitä. Maailmanpankin käytännössä vaihtoehdot voidaan järjestää kokonaispistemäärien mukaan huomioiden sekä positiiviset että negatiiviset vaikutukset. New Liberty Gold Mine -kaivoshankkeessa merkittävyyden asteikko määritellään sen perusteella, miten haitta vaikuttaa hankkeen toteutettavuuteen. Toisaalta nämä käytännöt vaikuttaisivat painottavan vähiten vaikutuksen kohteen herkkyyttä. SNH, jonka toimiala on luonnonsuojelu, määrittelee merkittävyyden tasavahvasti suuruuden ja herkkyyden avulla. SNH:n käytännössä herkkyyttä arvioidaan suhteellisilla arvosidonnaisilla mittareilla vertaamalla kohdetta muihin samantyyppisiin kohteisiin. Maailmanpankin käytäntö on tarkastelluista menetelmistä selvästi vanhin. Suuri osa aineistosta on ilmeisesti kirjoitettu 90-luvun alkupuolella.

## 2.3 Numeerisia menetelmiä

Merkittävyyden arviointiin on käytetty kirjallisuudessa sekä kvalitatiivisia että kvantitatiivisia menetelmiä. IMPERIA-hankkeessa kehitetty menetelmä on kvalitatiivinen siinä mielessä, että vaikutuksia ei kuvata numeroilla vaan sanallisilla luokitteluilla. Siltä osin numeerisia menetelmiä ei olisi tarpeen tarkastella tässä työssä enää enempää. ARVI-työkalu käyttää kvalitatiivista metodia, mutta siinä on **kokeellinen lisäominaisuus, joka laskee asiantuntija-arvioille vertailuarvoja. Numeerista tarkastelua tarvitaan tämän yhden lisäominaisuuden toteuttamiseen.** Seuraavassa käydään läpi erilaisia vaihtoehtoja vertailuarvojen muodostamiseen. Vertailuarvoja muodostetaan suuruudelle ja herkkyydelle, käyttäen asiantuntijan arvioimia osatekijöitä.

Seuraavassa tarkastellaan ensin additiivista ja multiplikatiivista mallia. Nämä ovat yleisiä kirjallisuudessa käytettyjä menetelmiä monikriteeristen mallien aggregointiin. Sen jälkeen tarkastellaan Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) -menetelmää ja eksponenttiyhtälöä. Nämä ovat esimerkkejä menetelmistä, joita kirjallisuudessa on esitetty nimenomaan ympäristövaikutusten merkittävyyden numeeriseen arviointiin.

Sanallisen luokka-asteikon luokille on annettava numeroarvot laskemista varten. Taulukossa 5 on annettu esimerkkinä yhden kriteerin, hankkeen aiheuttaman muutoksen suuruuden, asteikko numeroarvoineen. Asteikkoa käytetään siten, että esimerkiksi ”suuri myönteinen vaikutus” saa numeroarvon 3. Asiantuntija-arviot on annettu luokka-asteikolla ja ne muunnetaan aina kokonaisluvuiksi, jotka ovat luokkavälien keskipisteitä. Numeeriset vertailuarvot toisaalta ovat laskennan tuloksia, joten ne voivat saada desimaaliarvoja. Taulukosta nähdään, että esimerkiksi lukuarvot välillä (2.5, 3.5) luokitellaan asteikolla ”suureksi vaikutukseksi”. Tässä ei ole otettu kantaa siihen mihin luokkaan luokkavälien raja-arvot kuuluvat.

**Taulukko 5. Suuruuden asteikko IMPERIA:n kehikossa numeroarvoineen. Koko taulukko on liitteessä 1.**

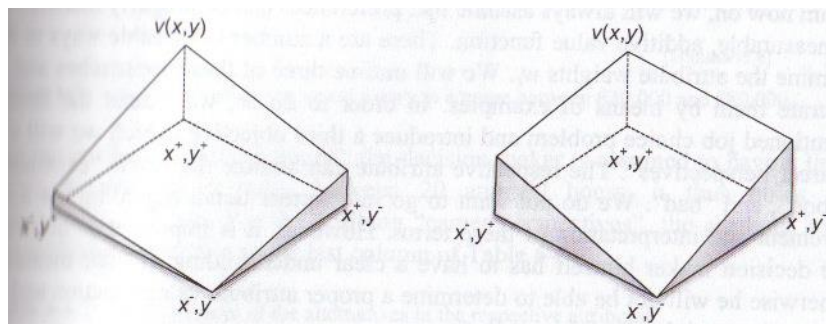
Kriteeri	Arvo	Luokkaväli	Luokan kuvaus
Muutoksen suuruus ja suunta	+3	(2.5, 3.5)	Suuri myönteinen vaikutus
	+2	(1.5, 2.5)	Kohtalainen myönteinen vaikutus
	+1	(0.5, 1.5)	Vähäinen myönteinen vaikutus
	0	(-0.5, 0.5)	Ei vaikutusta
	-1	(-1.5, -0.5)	Vähäinen kielteinen vaikutus
	-2	(-2.5, -1.5)	Kohtalainen kielteinen vaikutus
	-3	(-3.5, -2.5)	Suuri kielteinen vaikutus

Additiivisuus tarkoittaa, että kokonaisuudesta koettu arvo voidaan ilmaista laskemalla yhteen palasista koetut arvot. Additiivinen malli saa muodon

$$V(x_1, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n w_i x_i \quad (2)$$

Additiivinen malli on yksinkertainen ja laajasti käytetty moninaisissa sovelluksissa. Additiivisen mallin mukaan osatekijöiden pitäisi olla keskenään riippumattomia. Perusajatus on, että kunkin kriteerin pitää lisätä tai vähentää koettua arvoa riippumatta muista kriteereistä. Tämä on ongelma IMPERIAN arviointikehikon kannalta. Additiivinen malli on muuten houkutteleva ja luonnollinen valinta vertailuarvojen muodostamiseen, mutta IMPERIAN **arviointikehikkoon kuuluvat osatekijät eivät ole keskenään riippumattomia**.

Additiivinen malli ei pysty kuvaamaan osatekijöiden yhteisvaikutuksia. Kaksi ei-additiivisen arvofunktion perustyyppiä nähdään kuvassa 5. Vasemmalla puolella on kuvattu vahvistava ja oikealla korvaava vaikutus. Vahvistavassa vaikutuksessa muuttujien suuret arvot ovat yhdessä selvästi arvokkaampia kuin erikseen. Korvaavassa vaikutuksessa yksittäinen suuri arvo on lähes yhtä arvokas kuin kaksi suurta arvoa. Maksimifunktio onkin hyvä esimerkki korvaavasta vaikutuksesta. Korvaavassa vaikutuksessa tapahtuu substituutiota, jossa pienemmän muuttujan lisäys ei kasvata koettua arvoa, vaan korvaa osan siitä.



**Kuva 5. Ei-additiivisia kahden muuttujan arvofunktoita: vasemmalla on vahvistava ja oikealla korvaava vaikutus (Eisenführ, Weber, Langer 2010)**

Muutoksen suuruus koostuu tekijöistä kuten muutoksen voimakkuus, laajuus ja kesto. Nämä ovat tekijöitä, jotka voivat vahvistaa toisiaan. Esimerkiksi voimakas vaikutus, joka on pitkäkestoinen ja kohdistuu laajalle alueelle, voi olla arvioijan näkemyksen mukaan selvästi suurempi kuin yhtä voimakas vaikutus, joka kohdistuu pienelle alueelle. Toisaalta suojeltua kohdetta koskeva lainsäädäntö sitoo hankkeiden toteuttajia muista tekijöistä riippumatta. Lainsäädäntö on osa kohteen herkkyuden mittareita, joten siinä mielessä herkkyys voi olla maksimifunktio.

Additiivisen mallin lisäksi kirjallisuudessa on käytetty myös multiplikatiivista mallia

$$V(x_1, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n x_i^{w_i} \quad (3)$$

Multiplikatiivisen mallin kanssa preferenssit pitäisi ilmaista suhteasteikolla eli asteikolla pitäisi olla luonnollinen nollapiste (Belton 2001). Suuruuden osatekijöillä, kuten laajuudella ja kestolla, vaikuttaisi olevan luonnollinen nollapiste. Vaikutuksen voimakkuus voi tosin olla vaikeampi mitattava. Melko selvää lienee, että herkkyuden osatekijöille, kuten kohteen ”yleiselle arvostukselle”, on vaikea löytää nollapistettä.

Multiplikatiivinen ja additiivinen malli kytkeytyvät toisiinsa logaritmfunktion kautta. Ottamalla multiplikatiivisesta mallista logaritmi saadaan

$$\log V(x_1, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n w_i \log x_i$$

Jensenin epäyhtälöstä konveksille funktiolle seuraa, että

$$\log \left( \prod_{i=1}^n x_i^{w_i} \right) = \sum_{i=1}^n w_i \log x_i \leq \log \left( \sum_{i=1}^n w_i x_i \right)$$

joten

$$\prod_{i=1}^n x_i^{w_i} \leq \sum_{i=1}^n w_i x_i \quad (4)$$

Tästä nähdään, että multiplikatiivisen yhdistelyn tulos on aina pienempi tai yhtä suuri kuin additiivisen yhdistelyn tulos. Yhtäsuuruus pätee diagonaalilla, jossa  $x_i = \text{vakio}$ . Tätä voidaan tulkita siten, että multiplikatiivinen malli antaa varovaisempia kokonaisarvioita kuin additiivinen malli, tai, että multiplikatiivinen malli vaimentaa suurten komponenttien vaikutusta. Multiplikatiivinen malli siis vaimentaa suhteessa additiiviseen malliin. Ääriesimerkki tästä on se, että yksikin hyvin pieni komponentti painaa kokonaisarvion lähelle nolaa.

Kriteeripainot kuvaavat sitä, miten muutos yhdessä kriteerissä suhteutuu muutokseen toisessa kriteerissä. Kriteeripainot ovat vaikutuskohtaisia. Tarkemman tiedon puuttuessa **tässä työssä kuitenkin tehdään se oletus, että painot ovat yhtäsuuria**. Tasapainoilla additiivinen malli yksinkertaistuu aritmeettiseksi keskiarvoksi

$$y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5)$$

ja multiplikatiivinen malli yksinkertaistuu geometriseksi keskiarvoksi

$$y = \left( \prod_{i=1}^n x_i \right)^{1/n} \quad (6)$$

Aritmeettista ja geometrista keskiarvoa käytetään luvussa 5 vertailuarvojen muodostamiseen. Näillä muodostettu arvoja on laskettu esimerkkinä taulukkoon 6.

**Taulukko 6. Esimerkki vaikutuksen suuruuden arvioimisesta aritmeettisellä ja geometrisella keskiarvolla**

Vaikutus	Voimakkuus ja suunta	Laajuus	Kesto	Aritmeettinen keskiarvo	Geometrisen keskiarvo
Kasvillisuus ja luontotyytit	-2	2	5	-2,07	-1,93
Linnusto	-2	2	5	-2,07	-1,93
Muu eläimistö	-1	2	5	-1,73	-1,53
Maa- ja kallioperä sekä vesistöt	-1	1	3	-1,13	-1,03
Ilmasto ja ilmanlaatu	1	5	4	2,13	1,93
Asteikon maksimi	3	5	5	3	3

Keskiarvot lasketaan normalisoiduilla arvoilla ja lopputulos skaalataan takaisin alkuperäiselle asteikolle. Voimakkuus määrää lopputuloksen merkin. Tarkka laskukaava on

$$S_A = \frac{V}{|V|} \times \frac{1}{3} \left( \frac{|V|}{3} + \frac{L}{5} + \frac{K}{5} \right) \times 3 \quad (7)$$

$$S_G = \left( \frac{V}{3} \times \frac{L}{5} \times \frac{K}{5} \right)^{1/3} \times 3 \quad (8)$$

Additiivinen ja multiplikaatiivinen malli ovat yleisiä menetelmiä, joita käytetään monikriteeristen mallien aggregointiin. Seuraavat menetelmät, RIAM ja eksponenttiyhtälö, on kehitetty nimenomaan ympäristövaikutusten merkittävyyden arviointiin.

Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) on 90-luvulla kehitetty menetelmä ympäristövaikutusten arviointiin. Menetelmässä annetaan kullekin vaihtoehdolle pisteitä käyttäen viittä erilaista vaikutusten arviointiin liittyvää muuttujaa. RIAMissa käytettyjä muuttujia ovat vaikutusten laajuus ( $A_1$ ) ja suuruus ( $A_2$ ) sekä pysyvyys ( $B_1$ ), palautuvuus ( $B_2$ ) ja kumulatiivisuus ( $B_3$ ) (liite 2). Muuttujille annetaan pisteitä skaalalla 1-3 tai 0-3, mutta muuttujaa  $A_1$  korostetaan antamalla pisteitä skaalalla 0-4. (Pastakia & Jensen 1998)

Menetelmä jakaa muuttujat kahteen luokkaan, A- ja B-muuttujiin, niiden luonteen mukaan. A-luokan muuttujilla katsotaan olevan itsenäisesti merkitystä vaikutuksen kannalta ja niiden tulkitaan vaikuttavan suoraan vaikutuksen saamaan pistemäärään. B-luokan muuttujia pidetään A-luokan muuttujien tarkempina määrittelijöinä, joiden tulkitaan vaikuttavan vaikutuksen pistemäärään vain kokonaisuutena, ei yksittäisinä muuttujina. (Kuitunen & Jalava 2013)

RIAM-menetelmässä vaihtoehdoille lasketaan kokonaispistemäärä (*environmental score*)

$$E = A_1 \times A_2 \times (B_1 + B_2 + B_3) \quad (9)$$

ja kokonaispisteet  $E$  luokitellaan viisiportaisella asteikolla (liite 2).

Eksponenttiyhtälö edustaa toisenlaista lähestymistapaa. Eksponenttiyhtälö määritellään siten, että

$$G = \left[ \left( \frac{M + E + D}{27} \right)^{\left( 1 - \frac{S+A+C}{27} \right)} \right] \left[ 1 - \frac{T}{9} \right] \quad (10)$$

Edellisessä yhtälössä M = "magnitude", E = "spatial extent", D = "duration", S = "synergy effects", A = "cumulative effects", C = "controversy" ja T = "mitigation measures". (Bojórquez-Tapia et al. 1998)

## 3 ARVI-työkalu vaikutusten merkittävyyden arviointiin

### 3.1 IMPERIA-hankkeessa kehitetty arviointimenetelmä

IMPERIA-hankkeessa on kehitetty monikriteerinen arviointikehikko vaikutuksen merkittävyyden arviointiin. Kehikossa merkittävyys muodostuu vastaanottavan kohteen herkkyydestä nykytilassa ja hankkeen siihen kohdistaman muutoksen suuruudesta. Tästä muutoksesta aiheutuu vaikutuksia, joiden merkittävyyttä kehikko pyrkii arvioimaan. Kehikko esitetään sellaisena kuin sitä on käytetty



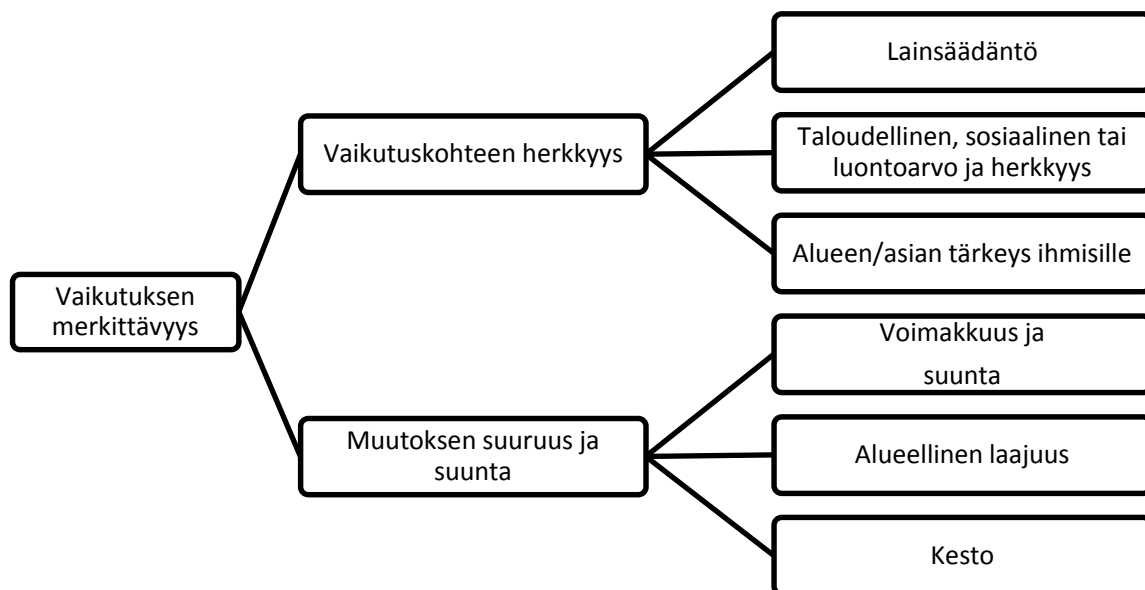
Piiparinmäki-Lammaslamminkankaan tuulivoimahankkeessa syksyllä 2013. Kehikkoon on tämän jälkeen tehty jonkin verran muutoksia muun muassa pilottihankkeen kokemusten perusteella.

Tämän luvun teksti perustuu pääosin arviointikehikon soveltamisohjeeseen (Mustajoki 2014a).

Vaikutuskohteen herkkyys kuvaa vaikutuskohteen tai alueen ominaispiirteitä sen nykytilassa, ottamatta kantaa hankkeen aiheuttamaan muutokseen. Herkkyyden osatekijöitä ovat lainsäädäntö, taloudellinen, sosiaalinen tai luontoarvo ("yleinen arvo") sekä alueen tärkeys ihmisille. Lainsäädäntö kuvaa onko alueella sellaisia kohteita, jolle lainsäädäntö asettaa selkeitä suojelumääräyksiä tai rajoituksia. Lainsäädäntö-tekijä kuvaa myös relevanttien säädösten sitovuutta ja mahdollisia seurauksia niiden noudattamatta jättämisestä. Lainsäädännön lisäksi alueen yleinen arvo voi liittyä taloudellisiin, sosiaalisiin tai biologisiin tekijöihin. Yleisen arvon yhteydessä arvioidaan myös alueen kykyä sietää muutoksia. Kolmas tekijä on alueen/asian tärkeys ihmisille.

Muutoksen suuruus kuvaa hankkeen aiheuttaman muutoksen ominaispiirteitä. Suuruutta arvioidessa pyritään arvioimaan hankkeen aiheuttaman muutoksen suuruutta ottamatta kantaa siihen miten vaikutuskohde reagoi kyseiseen muutokseen. Muutoksen suunta voi olla myönteinen tai kielteinen. Muutoksen suuruus koostuu voimakkuudesta, laajuudesta ja kestosta. Voimakkuus kuvaa vaikutuksen fyysistä voimakkuutta. Laajuus kuvaa sitä, kuinka laajalla maantieteellisellä alueella vaikutus on havaittavissa. Kesto kuvaa sitä, kuinka kauan muutos on havaittavissa.

Herkkyyden ja suuruuden osatekijät on kuvattu kuvassa 6.



**Kuva 6. Vaikutuksen merkittävyyden arvioinnin osatekijät IMPERIAN arviointikehikossa (syksy 2013)**

Kehikon tekijät arvioidaan pääsääntöisesti koko vaikutusalueelle, mutta tarkoituksenmukainen tarkastelualue arvioidaan vaikutuskohtaisesti. Joissakin tapauksissa voi olla tarkoituksenmukaista arvioida erikseen lähivaikutus- ja kaukovaikutusalue. Vaikutukset voidaan arvioida erikseen myös rakentamisen, toiminnan ja käytöstä poistamisen ajalle. Usein vaikutuksen voimakkuus pienenee mentäessä kauemmaksi kohteesta. Jos vaikutusalueella on hyvin erilaisia kohteita, voimakkuus voidaan arvioida "lähimmässä häiriytyvässä kohteessa" tai "herkimmässä häiriytyvässä kohteessa". Vaikutuksen ja alueen luonteesta riippuu onko kuvaavampaa tehdä arviointi yksittäisessä kohteessa vai koko alueelle.

Vaikutusten arviointiin on kehitetty yleisiä asteikkoja, joista taulukko 7 on yksi esimerkki. Näitä asteikkoja ei ole mukautettu millekään tietylle vaikutustyyppille. Vesistövaikutusten arviointiin on jo kehitetty tarkempia asteikkoja, mutta on mahdollista että yksityiskohtaisten asteikkojen kehitys jää käytännön hankkeiden omalle vastuulle, koska asteikkojen kehittäminen vaatii erityisasiantuntemusta ja resursseja.

**Taulukko 7. Yleinen muutoksen voimakkuuden arvioinnin asteikko, jota ei ole mukautettu millekään tietylle vaikutustyyppille (Pöyry 2014)**

Suuri ---	Hanke aiheuttaa voimakkuudeltaan suuren haitallisen muutoksen vaikutuksen osalta. Ihmisiin kohdistuva vaikutus haittaa päivittäistä elämää ja sen vuoksi osa ihmisistä voi jopa harkita muuttoa alueelta. Luontoon kohdistuva vaikutus voi aiheuttaa pysyvän heikkenemisen luonnon tilassa.
Kohtalaisen suuri --	Hanke aiheuttaa voimakkuudeltaan kohtalaisen haitallisen muutoksen vaikutuksen osalta. Ihmisiin kohdistuvan vaikutuksen voi havaita päivittäisessä elämässä ja se voi aiheuttaa muutoksia päivittäisiin rutiineihin. Luontoon kohdistuva vaikutus voi aiheuttaa tilapäisiä tai jonkinasteisia heikennyksiä luonnon tilassa.
Vähäinen -	Vaikutus on kielteinen ja se on havaittavissa, mutta ei juuri häiritse ihmisten päivittäisiä toimia tai heikennä luonnon tilaa.
Ei vaikutusta	Vaikutus on niin pientä, että se ei käytännössä aiheuta mitään häiriötä tai siitä ei käytännössä ole mitään hyötyä.
Vähäinen +	Vaikutus on myönteinen ja se on havaittavissa, mutta vaikutus ihmisten toimiin tai luonnon tilaan on vähäinen.
Kohtalaisen suuri ++	Hanke aiheuttaa voimakkuudeltaan kohtalaisen myönteisen muutoksen vaikutuksen osalta. Muutoksen voi helposti havaita päivittäisessä elämässä tai luonnon tilassa.
Suuri +++	Hanke aiheuttaa voimakkuudeltaan suuren myönteisen muutoksen vaikutuksen osalta. Ihmisiin kohdistuvan vaikutuksen tuottama hyöty on erittäin merkittävä ihmisten päivittäisen elämän kannalta. Luontoon kohdistuva vaikutus parantaa pysyvästi luonnon tilaa.

Merkittävyys muodostetaan suuruudesta ja herkkyydestä taulukon 8 avulla. Taulukko on suuntaantava varsinkin silloin, kun osatekijät ovat eri suuruusluokkaa, eli toinen on vähäinen ja toinen on suuri. Suuruuden tai herkkyyden muodostamiseen sen osatekijöistä ei ole määritelty vastaavaa taulukkoa. Suuruus ja herkkyys arvioidaan asiantuntija-arviona.

**Taulukko 8. Vaikutuksen merkittävyyden muodostuminen suuruudesta ja herkkyydestä (Mustajoki 2014a)**

Vaikutuksen merkittävyys		Vaikutuksen suuruus						
		Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei vaikutusta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri
Kohteen herkkyys/tärkeys	Ei lainkaan	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta
	Vähäinen	Kohtalainen	Vähäinen	Vähäinen	Ei vaikutusta	Vähäinen	Vähäinen	Kohtalainen
	Kohtalainen	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei vaikutusta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri
	Suuri	Suuri	Suuri	Kohtalainen	Ei vaikutusta	Kohtalainen	Suuri	Suuri

Esitetyistä kirjallisuusmenetelmistä IMPERIAN metodi muistuttaa eniten Scottish Natural Heritagen (SNH) käyttämää menetelmää. Siinä vaikutuksen merkittävyys jaetaan selvästi kohteen herkkyyteen ja hankkeen aiheuttaman muutoksen suuruuteen. Menetelmissä käytetään samanlaista taulukkoa merkittävyyden muodostamiseen suuruudesta ja herkkyydestä. Muissa tarkastelluissa menetelmissä

kohteen herkkyyden huomioiminen oli vähäisempää. Toisin kuin SNH:n menetelmässä IMPERIAN kehikossa suuruus ja herkkyys jaetaan vielä osatekijöihin. Tämä kysymys on herättänyt jonkin verran keskustelua menetelmän kehittämisen yhteydessä.

New Liberty Gold Mine (NLGM) -kaivoshankkeessa merkittävyys oli määritelty matemaattisesti määriteltyjen osatekijöiden summana. IMPERIAN metodissa vaikutukset arvioidaan kvalitatiivisilla asteikoilla ja asiantuntija tekee kokonaisarviot. Vaikutuksesta riippuen asteikkojen perustelu voi kuitenkin sisältää kynnysarvoja ja muita suureita. IMPERIAN metodi ei huomioi todennäköisyyksiä, sillä metodissa rajoitetaan todennäköisten vaikutusten arviointiin. Toisin kuin Maailmanpankin käytännössä, suomalaisessa YVA-käytännössä ei lasketa vaihtoehdoille kokonaispistemääriä. Yksi syy tähän on se, että suomalaisessa YVAssa tuotetaan tietoa päätöksenteon tueksi, mutta ei valita toteutettavaa hankevaihtoehtoa.

## 3.2 ARVI-työkalu

ARVI on Excel-työkalu, joka tukee YVA-hankkeisiin kuuluvaa vaikutusten merkittävyyden arviointia. ARVI on kehitetty IMPERIA-hankkeessa ja se pohjautuu hankkeessa kehitettyyn monikriteeriseen arviointimethodiin. Työkalu tarjoaa pohjan järjestelmälliselle arviointityölle ja pyrkii tuottamaan tulospäätelmiä, joita voidaan hyödyntää arviointiohjelmassa ja -arviointiselostuksessa. Seuraavassa kuvataan miten ARVI-työkalu toimii ja mitä tavoitteita sen kehittämiseen on liittynyt.

Työkalun avulla voidaan koota yhteen asiantuntijoiden arviot eri vaikutuksista ja tuottaa niiden pohjalta erilaisia yhteenvetotaulukoita ja kuvaajia. ARVI on tarkoitettu yhteiseksi työkaluksi, jota YVA-konsultin projektiryhmä käyttää projektipäällikön johdolla. Tarkoitus on, että myös yhteisviranomaisen voi hyödyntää työkalua ja lopuksi työkalutiedosto voidaan julkaista YVA-ohjelman ja selostuksen liitemateriaalina hankkeen verkkosivuilla.

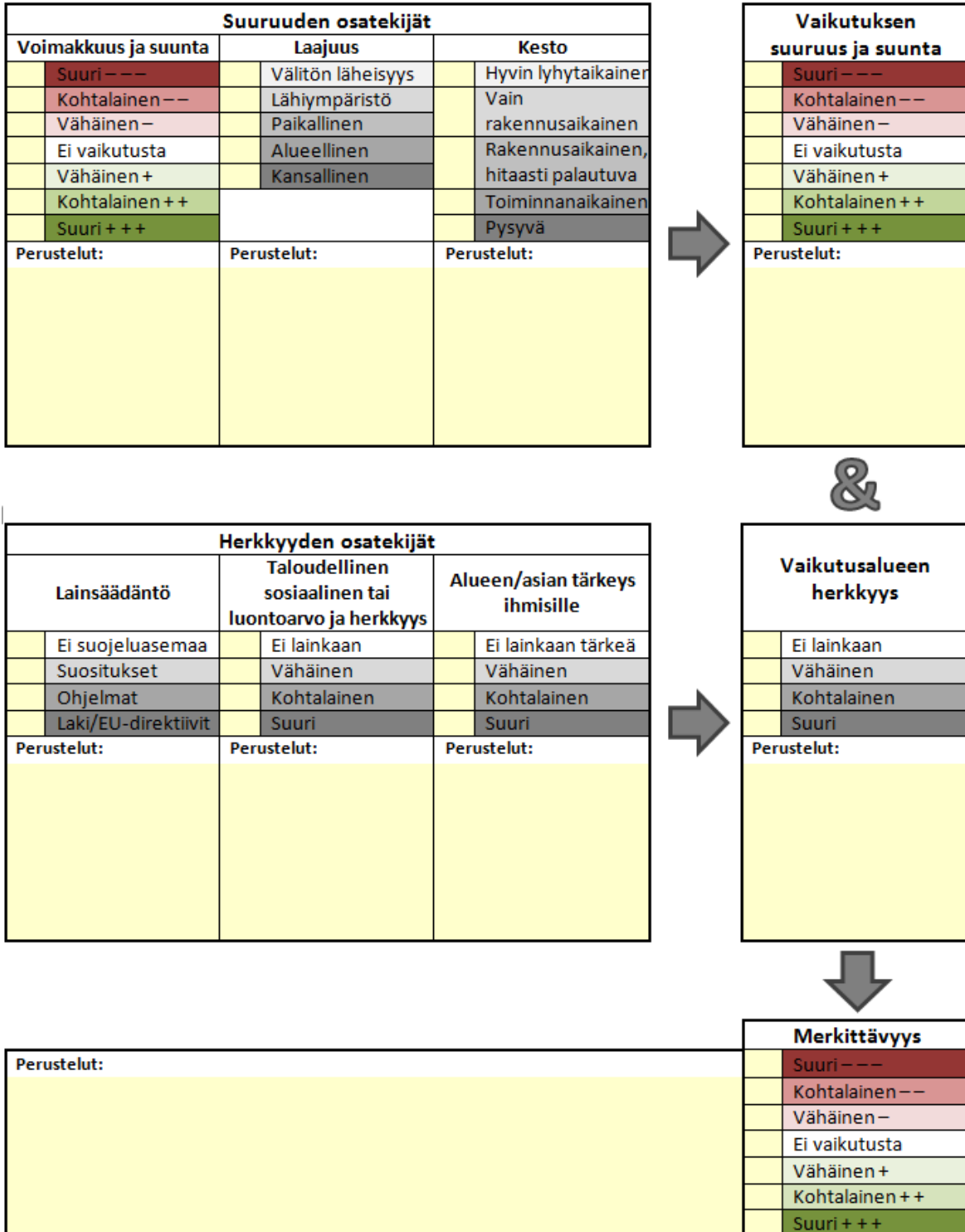
Menetelmässä asiantuntijat kirjaavat ensin arvionsa kunkin vaikutuksen merkittävyydestä Excel-lomakkeelle, joka on jäsenetty kehikon mukaan. Yhdellä lomakkeella arvioidaan yksi vaikutus yhdelle vaihtoehdolle. Piiparinmäki-Lammaslamminkankaan pilottihankkeessa käytettiin Word-lomaketta (kuva 7), mutta Word-lomakkeesta on sittemmin siirrytty Excel-lomakkeeseen sen helpomman käsittelyn takia. Lomakkeen on laatinut Jyri Mustajoki.

Lomakkeet ladataan työkaluun yhteiseen tietopankkiin, joka on sähköisesti käsiteltävässä muodossa. Työkalussa arviot kootaan vaikutusmatriiseiksi (kuva 8) siten, että jokaisesta lomakkeesta syntyy työkaluun yksi rivi. Kullakin arvioitavalla vaihtoehdolla on oma matriisi ja yhdellä matriisin rivillä on arvioidut merkittävyyden osatekijät yhdelle vaikutukselle. Arviot voidaan myös syöttää suoraan työkaluun, joten lomakkeen käyttäminen ei ole pakollista. Lomaketta käytettäessä jokaisella arvioijalla on kuitenkin oma tiedosto, jonka parissa työskentely tapahtuu.

Täyttämisen jälkeen työkalu pystyy tuottamaan automaattisesti erilaisia tulospäätelmiä. Osa tulospäätelmistä on tarkoitettu projektiryhmän sisäiseen käyttöön, mutta useiden pitäisi olla käytettävissä YVA-selostuksessa ja -ohjelmassa sellaisenaan. Työkalu tuottaa sekä yksittäisen vaikutuksen merkittävyyden muodostumista kuvaavia taulukoita (kuva 9) että yleisiä yhteenvetotaulukoita (esim. taulukko 9). Tarkoitus on tarjota useita erilaisia tulospäätelmiä, joista käyttäjä voi valita. Sellaisia tulospäätelmiä, joissa summataan erityyppisten vaikutusten pistemääriä, ei kuitenkaan tarjota niiden herättämän vastustuksen takia. Konsulteilta saadun palautteen mukaan on olemassa pelko siitä, että numerot voivat antaa liian suuren vaikutelman tarkkuudesta. Palautteen mukaan vaihtoehdoille ei myöskään haluta laskea kokonaispistemääriä, ei edes implisiittisesti pylväsdiagrammin muodossa.

## Vaikutusten merkittävyyden arviointi

Hanke: \_\_\_\_\_  
 Vaikutus: \_\_\_\_\_  
 Vaihtoehto: \_\_\_\_\_ Vaikutusalue: \_\_\_\_\_  
 Arvioija: \_\_\_\_\_ Päivämäärä: \_\_\_\_\_



Kuva 7. Ensimmäinen sivu arviointilomakkeesta, jolla asiantuntijat arvioivat kunkin vaikutuksen merkittävyyttä Piiparinmäki-Lammaslamminkankaan tuulivoimahankkeessa syksyllä 2013 (Jyri Mustajoki)

## Vaikutusarviot

Lataa tietoa lomakkeilta	Merkittävyyden muodostuminen suuruudesta ja herkkyydestä	Dialogi vaikutusarvion perusteluille	<input checked="" type="checkbox"/> Korosta solut, jotka eivät ole asteikon mukaisia <input type="checkbox"/> Korosta tyhjät solut <input checked="" type="checkbox"/> Korjaa syötettyjen arvojen kirjoitusasu	Korjaa taulukoiden ulkoasu	Merkittävyys-sarakkeen automaattinen täyttö
--------------------------	--	--------------------------------------	--	----------------------------	---

### Vaihtoehto 1

Vaikutus	Vaikutuskohteen herkkyyden osatekijät			HERKKYYS	Muutoksen suuruuden osatekijät			SUURUUS	MERKITTÄVYYS
	Lainsäädännöllinen ohjaus	Yhteiskunnallinen merkitys	Alttius muutokselle		Voimakkuus ja suunta	Laajuus	Kesto		
1.1 Kasvillisuus ja luontotyypit	Suuri	Suuri	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen -	Vähäinen	Erittäin suuri	Kohtalainen -	Kohtalainen -
1.2 Linnusto	Suuri	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen -	Vähäinen	Erittäin suuri	Kohtalainen -	Kohtalainen -
1.3 Muu eläimistö	Suuri	Vähäinen	Kohtalainen	Kohtalainen	Vähäinen -	Vähäinen	Erittäin suuri	Vähäinen -	Vähäinen -
1.4 Maa- ja kallioperä sekä vesistöt	Suuri	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Vähäinen	Kohtalainen	Vähäinen -	Vähäinen -
1.5 Ilmasto ja ilmanlaatu	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Vähäinen +	Erittäin suuri	Suuri	Vähäinen +	Vähäinen +
2.1 Yhdyskuntarakenne ja maankäyttö	Vähäinen	Vähäinen	Kohtalainen	Vähäinen	Kohtalainen -	Vähäinen	Suuri	Vähäinen -	Vähäinen -
2.2 Maisema ja kulttuuriympäristö	Kohtalainen	Kohtalainen	Suuri	Kohtalainen	Kohtalainen -	Kohtalainen	Suuri	Kohtalainen -	Kohtalainen -
2.3 Liikenne	Vähäinen	Vähäinen	Kohtalainen	Vähäinen	Kohtalainen -	Kohtalainen	Vähäinen	Kohtalainen -	Vähäinen -
2.4 Melu	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Kohtalainen	Kohtalainen -	Vähäinen	Suuri	Kohtalainen -	Kohtalainen -
2.5 Varjon vilkkuminen	Vähäinen	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Vähäinen -	Vähäinen	Suuri	Vähäinen -	Vähäinen -
2.6 Muinaisjäännekohteet	Suuri	Vähäinen	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen -	Vähäinen	Erittäin suuri	Kohtalainen -	Kohtalainen -
2.7 Ihmisten elinolot ja viihtyvyys	Vähäinen	Vähäinen	Suuri	Kohtalainen	Kohtalainen -	Kohtalainen	Suuri	Kohtalainen -	Kohtalainen -
2.8 Virkistyskäyttö	Kohtalainen	Kohtalainen	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen -	Kohtalainen	Suuri	Vähäinen -	Vähäinen -
2.9 Aluetalous ja työllisyys	Vähäinen	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Suuri +	Kohtalainen	Suuri	Kohtalainen +	Kohtalainen +
2.10 Turvallisuus	Kohtalainen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Vähäinen	Suuri	Vähäinen -	Vähäinen -

### Vaihtoehto 2

Vaikutus	Vaikutuskohteen herkkyyden osatekijät			HERKKYYS	Muutoksen suuruuden osatekijät			SUURUUS	MERKITTÄVYYS
	Lainsäädännöllinen ohjaus	Yhteiskunnallinen merkitys	Alttius muutokselle		Voimakkuus ja suunta	Laajuus	Kesto		
1.1 Kasvillisuus ja luontotyypit	Suuri	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Vähäinen	Suuri	Vähäinen -	Vähäinen -
1.2 Linnusto	Suuri	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Vähäinen	Suuri	Vähäinen -	Vähäinen -
1.3 Muu eläimistö	Suuri	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Vähäinen	Suuri	Vähäinen -	Vähäinen -
1.4 Maa- ja kallioperä sekä vesistöt	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Vähäinen	Suuri	Vähäinen -	Vähäinen -
1.5 Ilmasto ja ilmanlaatu									Ei vaikutusta
2.1 Yhdyskuntarakenne ja maankäyttö	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Vähäinen	Suuri	Vähäinen -	Vähäinen -
2.2 Maisema ja kulttuuriympäristö	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Kohtalainen	Suuri	Vähäinen -	Vähäinen -
2.3 Liikenne	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Vähäinen -
2.4 Melu									Ei vaikutusta
2.5 Varjon vilkkuminen									Ei vaikutusta
2.6 Muinaisjäännekohteet	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Vähäinen -
2.7 Ihmisten elinolot ja viihtyvyys	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Vähäinen	Suuri	Vähäinen -	Vähäinen -
2.8 Virkistyskäyttö	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Vähäinen	Suuri	Vähäinen -	Vähäinen -
2.9 Aluetalous ja työllisyys	Vähäinen	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Vähäinen +	Kohtalainen	Vähäinen	Vähäinen +	Vähäinen +
2.10 Turvallisuus	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Vähäinen	Suuri	Vähäinen -	Vähäinen -

**Kuva 8. Näkymä ARVI-työkalun "Vaikutusarviot"-välilehdeltä. Välilehdellä on vaikutusmatriisi jokaiselle arvioitavalle vaihtoehdolle, kuvassa on kaksi vaihtoehtoa. Yhdestä lomakkeesta muodostuu yksi rivi yhteen vaikutusmatriisiin. Näkymä on ARVI-työkalun uudemmassa versiossa (05/2014).**

Työkalun kehittämistä on ohjannut käytännön harjoittajilta saatu palaute. Palautetta on saatu pääasiassa IMPERIA-hankkeessa mukana olevilta konsulteilta, jotka ovat kommentoineet työkalun testiversioita. Palautteen takia työkalun kehittämistä on ohjannut pyrkimys uusien käsitteiden selkeään esittämiseen. Ensimmäisellä kommenttikierroksella (12/2013) eniten kritiikkiä herätti vaikutusmatriisien, asetustaulukoiden ja -dialogien sekä yleensä välilehtien vaikeaselkoisuus. Esimerkiksi vaikutusmatriiseja kritisoitiin siitä, että taulukosta ei käynyt riittävän selkeästi ilmi missä järjestyksessä osatekijöitä arvioidaan ja mikä on tekijöiden struktuuri. Tämän takia työkalun kehittämisessä on pyritty helppokäyttöisyyteen muun muassa esitystapoja parantamalla.

Palautteessa on tuotu ilmi, että YVA-hankkeiden joukossa on sekä kalliita että pienemmillä kustannuksilla tehtäviä töitä ja että alalla on hintakilpailua. Tämän takia arviointiprosessia on haluttu virtaviivaistaa muun muassa automatisoimalla arviointilomakkeiden käsittelyä. Palautteessa on myös tunnistettu tarve panostaa koulutukseen, jota kohdistetaan sekä arvioita tekeville konsulteille että niitä tarkastaville yhteysviranomaisille.

Vaikutusalueen tärkeys ja herkkyys – Melu - Vaihtoehdot VE1 ja VE2

	Tärkeyden/herkkyuden osatekijät			Vaikutusalueen tärkeys/herkkyys
	Lainsäädäntö	Taloudellinen, sosiaalinen tai luontoarvo ja herkkyys	Alueen/asian tärkeys ihmisille	
Tuulivoimapuisto	Suosituksset	Kohtalainen	Suuri	Kohtalainen
Voimajohto	--	--	--	--

Yhteenveto meluvaikutusten suuruudesta – Vaihtoehdot VE1 ja VE2

	Suuruuden osatekijät			Vaikutuksen suuruus ja suunta
	Voimakkuus ja suunta	Laajuus	Kesto	
Tuulivoimapuisto	Kohtalainen --	Lähiympäristö	Toiminnan-aikainen	Kohtalainen --
Voimajohto	--	--	--	--

Yhteenveto meluun kohdistuvien vaikutusten merkittävydestä – Vaihtoehdot VE1 ja VE2

Tärkeys \ Suuruus	Suuruus		
	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri
Vähäinen			
Kohtalainen	T*	T	
Suuri			

**Asteikko merkittävyydelle**

- = Vähäinen
- = Kohtalainen
- = Suuri

**VE1 ja VE2:**  
**Tuulivoimapuisto (T):** Tuulivoimahankkeen vaikutukset ovat haitallisia ja merkittävyydeltään kohtalaisia. Tuulivoimamelun vaikutusalue kohdistuu lähiympäristöön, jossa on pääsääntöisesti loma-asutusta. Vaikutuskohteen herkkyys on kohtalainen. Melun kokonaisvoimakkuus on kohtalainen, mutta melun luonne on sellainen että se voi mallinnustulosten perusteella aiheuttaa paikallisesti häiritsevyyttä. Lieventämistoimenpiteiden avulla vaikutusten voimakkuutta näissä suurimmin häiriintyvissä kohteissa voidaan vähentää merkittävästi, jolloin hankkeen meluvaikutusten arvioidaan jäävän merkittävyydeltään vähäisiksi (T\* viereisessä matriisissa).

**Voimajohto (V):** Voimajohtohanke ei aiheuta merkittäviä meluvaikutuksia. Johtimen pinnalla syntyvät paikalliset sähköpurkaukset (koronat) saattavat aiheuttaa ääntä. Korona-ilmiötä esiintyy etenkin huonoissa sääolosuhteissa. koronasta aiheutuvat melutasot eivät ylitä Valtioneuvoston asettamia ohjearvoja.

Kuva 9. Taulukoita, jotka kuvaavat yhden vaikutuksen merkittävyyden muodostumista. Kuvassa on arvioitu tuulivoimapuiston meluvaikutusta. Taulukot ovat peräisin Piiparinmäki-Lammaslamminkankaan tuulivoimahankkeen YVA-selostuksesta (Pöyry 2014), johon ne on tuotettu ARVI-työkälulla

Taulukko 9. Merkittävyyden perusteella tehty luokittelu tuulivoimapuiston toiminnan ja rakentamisen aikaisille vaikutuksille (Pöyry 2014)

Haitallinen ← → Myönteinen	Suuri	
	Kohtalainen	- Aluetalous ja työllisyys
	Vähäinen	- Ilmasto ja ilmanlaatu
	Ei vaikutusta	- Natura 2000 -alueet ja muut suojelualueet - Liikenne
	Vähäinen	- Yhdyskuntarakenne ja maankäyttö - Maa- ja kallioperä sekä vesistöt - Muu eläimistö - Varjon vilkkuminen - Turvallisuus
	Kohtalainen	- Muinaisjäännökset - Maisema ja kulttuuriympäristö - Kasvillisuus ja luontotyypit - Linnusto - Melu - Ihmisten elinolot ja asuinviihtyvyys sekä virkistyskäyttö
Suuri		

Merkittävyyden arviointia tehdään YVA-hankkeissa sekä ohjelmavaiheessa, jossa määritellään, mitä vaikutuksia tullaan selvittämään, että selostusvaiheessa, jossa dokumentoidaan selvitysten tulokset. Ohjelmavaiheessa merkittävyyksiä arvioidaan, jotta voidaan muodostaa alustava näkemys merkittävistä vaikutuksista ja kohdistaa työpanosta tärkeimmiksi katsottuihin vaikutuksiin. Tämän lisäksi sidosryhmien edustajille voidaan tarjota mahdollisuus kommentoida arvioituja merkittävyyksiä. Työkalua ei suositella käytettäväksi suurissa yleisötilaisuuksissa, mutta se voi soveltua työpajamuotoiseen työskentelyyn pienen asiaan perehtyneen sidosryhmän kanssa.

## 4 Tapaustutkimus: Piiparinmäki-Lammaslamminkankaan tuulivoimapuiston YVA

IMPERIA-hankkeessa kehitettyjä menetelmiä kokeillaan käytännössä kolmessa pilottihankkeessa, joissa IMPERIAlla on keskeisempi rooli, ja useammassa minipilotissa. Pilottihankkeissa saadut kokemukset ovat ja ovat olleet pohjana menetelmien jatkokehitykselle. Ensimmäinen pilottihanke oli Piiparinmäki-Lammaslamminkankaan tuulivoimahankkeen ympäristövaikutusten arviointi.

Tämä tapaustutkimus pohjautuu hankkeesta julkaistuun ympäristövaikutusten arviointiselostukseen (Pöyry 2014) ja hankkeeseen osallistuneen IMPERIAN päätutkijan suulliseen selontekoon (Jyri Mustajoki). Lisäksi on ollut käytössä Pöyryn projektipäällikön täyttämä ARVI-työkalun tiedosto, johon merkittävyyssarviot on koottu.

Metsähallitus Laatumaa suunnittelee Siikalatvan, Pyhännän, Kajaanin ja Vieremän kuntien alueella sijaitsevalle Piiparinmäki-Lammaslamminkankaan alueelle tuulivoimapuistoa. Hankkeesta tehdyssä YVA-selostuksessa on tarkasteltu kahta vaihtoehtoa. Vaihtoehdossa 1 rakennetaan alueelle 127 tuulivoimalaa, joista kunkin yksikköteho on noin 3 MW. Vaihtoehdossa 2 rakennetaan ainoastaan hankealueen eteläosa, noin 85 tuulivoimalaa. Voimaloiden nimellisteho on yhteensä noin 255 - 381 MW ja vuosituotanto noin 765 - 1 143 GWh valitusta vaihtoehdosta riippuen. Voimalat kytketään kantaverkkoon 18 km pitkällä 110 kV tai 400 kV voimajohdolla, joka rakennetaan pääosin olemassa olevan voimajohdon rinnalle. Tarkastelussa oli mukana myös nollavaihtoehto, jossa hanketta ei toteuteta. Mikäli hanke toteutetaan, alustavan arvion mukaan tuulivoimapuistoa aletaan rakentaa vuonna 2015, jolloin sähköntuotanto voisi alkaa vuonna 2016 tai 2017.

YVA-selostuksessa arvioitiin suunnitellun tuulivoimapuiston ja sen sähkönsiirron aiheuttamia ”välittömiä ja välillisiä, tilapäisiä ja pysyviä vaikutuksia sekä rakentamisen että käytön aikana” (Pöyry 2014) (taulukko 10). Pöyry Finland Oy toteutti ympäristövaikutusten arvioinnin Metsähallitus Laatumaan toimeksiannosta. YVA-prosessi alkoi syksyllä 2012 suunnilleen samaan aikaan IMPERIA-hankkeen kanssa. Ympäristövaikutusten merkittävyyden arviointi ajoittui vuoden 2013 viimeiselle neljännekselle. Arvioijat olivat Pöyryn asiantuntijoita. Poikkeus oli arkeologinen inventointi, jonka teki alihankkija. Arvioinnin tekijöiden nimet ja heidän vastuualueensa löytyvät YVA-arviointiselostuksesta (Pöyry 2014, sivu 19).

IMPERIA laati asiantuntijoiden käyttöön arviointilomakkeen, joka noudatti uutta arviointikehikkoa. Ennen arvioinnin aloittamista pidettiin syksyllä muutaman tunnin koulutus, jossa olivat läsnä melkein kaikki vaikutusten arvioijat. Tilaisuudessa opetettiin arviointikehikon ja arviointilomakkeen käyttöä. Tämän jälkeen asiantuntijat tekivät työnsä itsenäisesti seuraavien 2-3 kuukauden aikana. Kun tarvittavat selvitykset oli tehty, asiantuntija laativat vaikutuksille merkittävyyden arvioinnit. Kutakin arvioitavaa vaikutusta kohden täytettiin kaksi arviointilomaketta, yksi kummallekin arvioitavalle vaihtoehdolle. Asiantuntijat laativat nämä merkittävyyssarviot itsenäisesti.

**Taulukko 10. Piiparinmäki-Lammaslamminkankaan tuulivoimahankkeen ympäristövaikutusten arvioinnissa arvioidut välittömät ja välilliset vaikutukset (Pöyry 2014)**

Vaikutusluokka	Vaikutus
Luontovaikutukset	A Kasvillisuus ja luontotyytit
	B Linnusto
	C Muu eläimistö
	D Maa- ja kallioperä sekä vesistöt
	E Ilmasto ja ilmanlaatu
Sosiaalinen ja sosioekonominen ympäristö	F Yhdyskuntarakenne ja maankäyttö
	G Maisema ja kulttuuriympäristö
	H Liikenne
	I Melu
	J Varjon vilkkuminen
	K Muinaisjäännökset
	L Ihmisten elinolot ja viihtyvyys
	M Virkistyskäyttö
	N Aluetalous ja työllisyys
	O Turvallisuus

Täytetyt arviointilomakkeet toimitettiin projektipäällikölle. Projektipäällikkö keräsi tiedot yhteen syöttämällä lomakkeiden tiedot ARVI-työkaluun. Työkalu ei tässä vaiheessa vielä tukenut arviointilomakkeiden automaattista lukua. Tietojen kokoamisen jälkeen projektipäällikkö vertaili arvioituja merkittävyyksiä ja tarvittaessa säätö yksittäisiä arvioita, jotta arviot olivat yhtenäisiä. Julkaistua arviointiselostukseen tuotettiin ARVI-työkalulla erilaisia taulukoita. Selostuksessa käytettiin erityisesti vaikutuskohtaisia taulukoita (kuva 9), joilla kuvattiin jokaisen 15 vaikutuksen osalta ensin kohteen herkkyys nykytilassa, muutoksen suuruus ja lopulta vaikutuksen merkittävyys. Vaikutuskohtaisten taulukoiden lisäksi tuotettiin joitakin yhteenvetotaulukoita.

ARVI-työkaluun tallentuneista **vaikutustaulukoista ja perusteluteksteistä muodostui aineisto, jota on hyödynnetty tässä työssä**. Tähän aineistoon kuuluvat vaikutustaulukot esitetään kootusti liitteessä 3. Laajempi aineisto on taltioitu YVA-selostukseen. Aineistossa on tarkasteltu kahta vaihtoehtoa, mutta merkittävyyden arvioinnissa vaihtoehtojen välille ei syntynyt eroa. Arviointi on kuitenkin tehty erikseen tuulivoimapuistolle ja sen vaatimalle voimajohdolle, joka kytkee voimat kantaverkkoon. Vaikutustaulukoita on siten kaksi ja kummassakin on 15 vaikutusta, yhteensä 30 merkittävyyden arviota.

## 5 Laskennallisten vertailuarvojen muodostaminen

### 5.1 Ongelman kuvaus

Arviointikehikossa vaikutuksen merkittävyys koostuu strukturoidusti kohteen herkkyydestä nykytilassa ja hankkeen aiheuttaman muutoksen suuruudesta. Nämä tekijät arvioidaan kehikossa määriteltyjen osatekijöiden avulla. Kohteen herkkyys muodostuu 1) lainsäädännöstä, 2) ”yleisestä arvosta” ja 3) alueen tai asian tärkeydestä ihmisille. Hankkeen aiheuttaman muutoksen osalta arvioidaan muutoksen 1) voimakkuus, 2) laajuus ja 3) kesto.



Arviointikehikossa asiantuntija yhdistää arvioimansa suuruuden ja herkkyuden osatekijät laatimalla holistisen kokonaisarvion. Kehikon kehittäjillä on ollut ennakkoon tietty ajatus siitä, miten kokonaisarvioita tullaan muodostamaan, perustuen muun muassa monitavoitteisen päätöksenteon teoriaan ja erilaisten vaikutustyyppien analyysiin. Käytännön hankkeissa kukin asiantuntija kuitenkin muodostaa arviot käyttäen kyseisen vaikutustyyppin asiantuntemusta ja kaikkea käytettävissä olevaa tietoa. Koska kyseessä on holistinen arvio, asiantuntijalla on liikkumavaraa silloinkin, jos kehikkoa on vaikea soveltaa johonkin vaikutustyyppiin. Kirjallisuudessa on kuitenkin esitetty erilaisia yhtälöitä osatekijöiden yhdistelyyn. Joitakin näistä menetelmistä käsiteltiin luvussa 2.3.

Seuraavassa kokeessa yritetään selvittää ovatko asiantuntijoiden kokonaisarviot **keskimäärin samansuuntaisia** jollakin laskentatavalla muodostettujen vertailuarvojen kanssa. Kokeessa käytetään tapaustutkimuksen yhteydessä kuvattua aineistoa, joka on peräisin Piiparinmäki-Lammaslamminkankaan tuulivoimahankkeesta. Aineisto sisältää Pöryryn asiantuntijoiden arvioiman merkittävyyden 15 vaikutukselle (liite 3).

Vertailuarvojen muodostamisen tarkoitus on asiantuntija-arvioinnin täydentäminen. Tavoite on muodostaa suuntaa-antavia vertailuarvoja, ei tarkkoja arvoja. Vertailuarvot muodostetaan sen jälkeen kun asiantuntijat ovat tehneet omat arvionsa, jolloin niiden avulla voidaan ehkä arvioida asiantuntija-arvioiden keskinäistä yhdenmukaisuutta. Taustalla on oletus siitä, että jos asiantuntija-arviot ja vertailuarvot ovat keskimäärin samansuuntaisia, suuret poikkeamat erottuvat havaittavasti muiden joukosta. Suuret poikkeamat ovat tällöin vaikutuksia, joista projektipäällikön on hyvä keskustella arvion tehneen asiantuntijan kanssa.

## 5.2 Koeasetelma

Kokeessa verrataan erilaisia laskentatapoja suuruuden ja herkkyuden muodostamiseen niiden osatekijöistä. Aineistona käytetään Piiparinmäki-Lammaslamminkankaan tuulivoimahankkeen ympäristövaikutusten merkittävyyden arviointia (liite 3). Kokonaismerkittävyys ei ole mukana kokeessa, koska kokonaismerkittävyydet on muodostettu aineistossa valmiin taulukon mukaan (taulukko 8). Koeasetelmassa tarkastellaan sen takia vain suuruuden ja herkkyuden muodostumista.

Kokeessa tarkastellaan kolmea erilaista tapaa yhdistää kriteerin osatekijät: geometrinen keskiarvo, aritmeettinen keskiarvo ja maksimifunktio. Suuruuden muodostamiseen käytetään vain geometrinen ja aritmeettinen keskiarvo. Herkkyuden muodostamiseen käytetään lisäksi maksimifunktio. Koeasetelma on kuvattu taulukossa 11.

**Taulukko 11. Koeasetelmaan kuuluvat laskentatavat, joita käytetään vertailuarvojen muodostamiseen**

Kriteeri	Tarkasteltavat laskentatavat
Suuruus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometrinen keskiarvo</li> <li>• Aritmeettinen keskiarvo</li> </ul>
Herkkyys	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometrinen keskiarvo</li> <li>• Aritmeettinen keskiarvo</li> <li>• Maksimifunktio</li> </ul>

Geometrinen keskiarvo vastaa multiplikaatiivista mallia tasapainoilla ja aritmeettinen keskiarvo additiivista mallia tasapainoilla. Nämä ovat yleisesti käytössä monikriteerimallien maailmassa. Lisäksi on mahdollista, että asiantuntijat käyttävät jonkinlaista keskiarvoistamista osana holistista arviotaan. Maksimifunktion käyttöä herkkyuden arvioinnissa voidaan perustella ajattelemalla lailla säädetyjä

kohteita, joiden herkkyys on suuri riippumatta muista tekijöistä. Tällöin suurin osatekijä on määräävä. RIAM ja eksponenttifunktio eivät ole mukana tarkasteluissa. Nämä menetelmät sisältävät oman arviointikehikon määritelmän, joten niitä on vaikeampi yleistää. Niitä muistuttavia kaavoja olisi silti varmaan mahdollista muodostaa vapaampaa tulkintaa käyttäen.

### 5.3 Tulokset vertailuarvojen muodostamisesta

Aineistoon kuuluvia, kullekin vaikutukselle arvioituja suuruuksia ja herkkyyksiä on verrattu näille laskettuihin vertailuarvoihin. Tarkastelu on tehty vertaamalla kutakin arviota ja sen vertailuarvoa keskenään. Vertailut on esitetty pistediagrammeina ja niistä on laskettu muutamia tunnuslukuja.

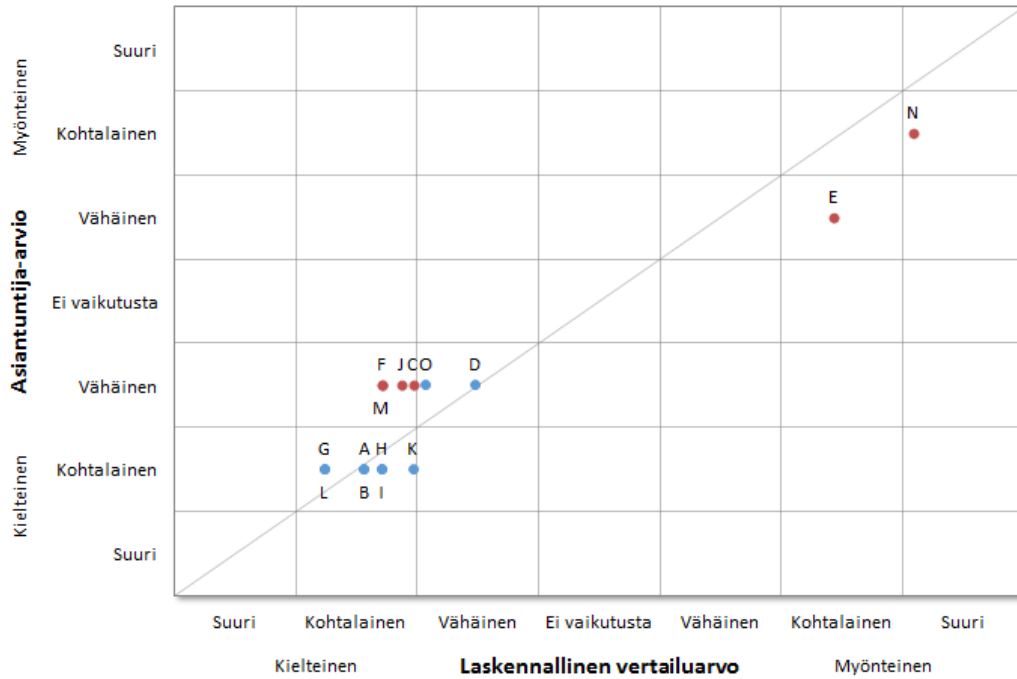
Aineisto sisältää 2 datajoukkoa, tuulivoimalan ja voimajohdon. Vertailussa on mukana 2 datajoukkoa ja 5 laskutapaa (2 laskutapaa suuruudelle ja 3 herkkyydelle), joten on saatu  $2 \times (2 + 3) = 10$  pistediagrammia (liite 4). Näistä on poimittu tähän joitakin esimerkkejä. Yhdessä kuvaajassa on 15 pistettä, yksi piste per arvioitu vaikutus. **Pisteiden kirjaintunnukset** on selitetty taulukossa 10 ja liitteessä 3.

Suuruuden arvioinnissa geometrinen ja aritmeettinen keskiarvo antavat hyvin samanlaisia arvoja. Kaikki vertailuarvot joko kuuluvat samaan luokkaan kuin asiantuntija-arvio tai ovat sitä yhtä luokkaa suurempia. Vaihteluväli on siten 0-1 luokkaa ylöspäin. Aritmeettinen keskiarvo tuottaa kuitenkin voimajohdon datajoukolla poikkeuksellisen tuloksen. Siinä syntyy tilanne, jossa 9-10 vaikutusta kaikkiaan 15 vaikutuksesta on asiantuntija-arviota yhtä suuremmissa luokassa, mutta hyvin lähellä oikean luokan rajaa (kuva 11). Vertailuarvojen poikkeama jatkuvalla asteikolla on pieni, mutta diskreetin luokkajaon takia syntyvä virhe yhteensä on erittäin suuri.

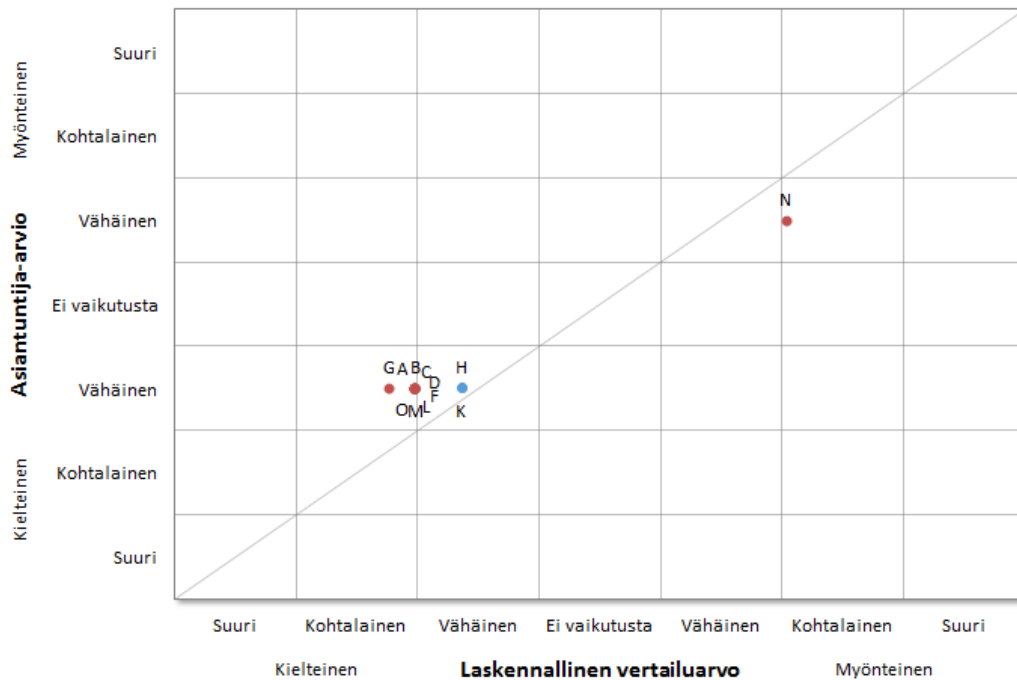
Herkkyyden arvioinnissa geometrisen ja aritmeettisen keskiarvon välille syntyy eroa, joka johtuu nolla-arvoista. Tuulivoimapuiston aineistossa on 3 ja voimajohdon aineistossa 8 vaikutusta, joiden kohde on luokiteltu lainsäädännön asteikolla nolla-luokkaan "ei suojeluasemaa". Tällaisen kohteen herkkyys geometrisella keskiarvolla arvioituna on nolla, "ei lainkaan", vaikka asiantuntijan arvioima herkkyys on "vähäinen" tai jopa "kohtalainen" (kuva 12). Geometrisella ka:lla arvioitu herkkyys ei huomioi lainkaan kahta muuta osatekijää niissä vaikutuksissa, joissa yksi osatekijä on nolla.

Suuruuden vertailuarvojen vaihteluväli oli 0-1 luokkaa ylöspäin, mutta osa herkkyyden vertailuarvoista on asiantuntija-arviota pienempiä. Aritmeettisellä keskiarvolla poikkeama on -1 ... +1 asteikon luokkaa. Geometrisella keskiarvolla nolla-arvojen osalta enemmänkin.

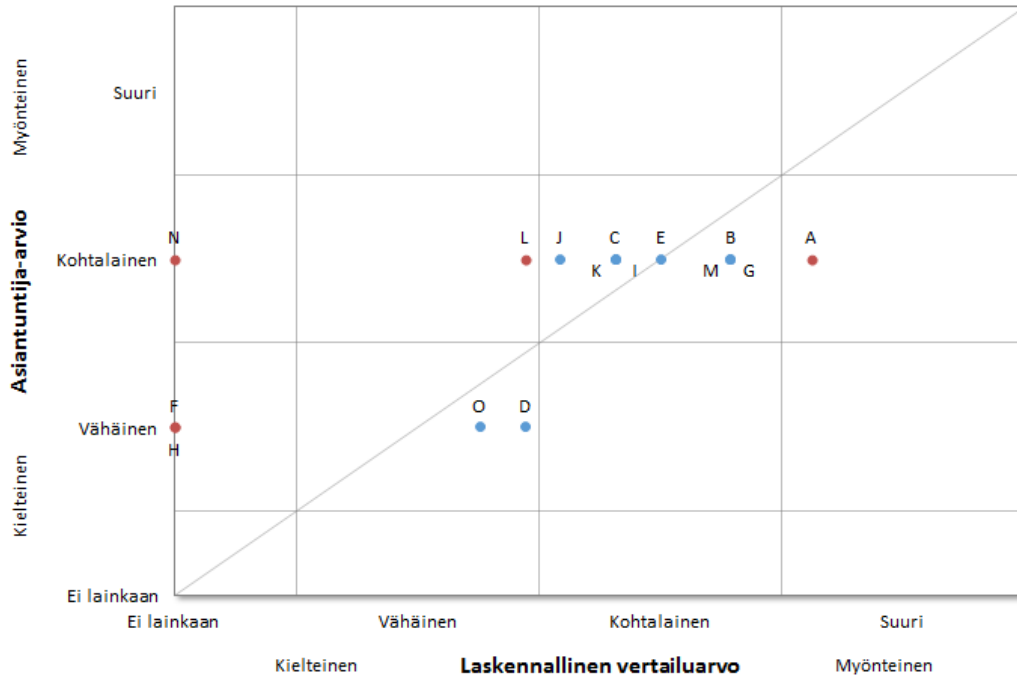
Kohteen herkkyyttä arvioitiin myös maksimifunktiolla. Tuulivoimapuiston aineistolla maksimifunktio selvästi yliarvioi vaikutuskohteen herkkyyden. Tällä aineistolla maksimifunktio yliarvioi herkkyyden vähintään yhden luokan verran 12 vaikutuksessa 15:stä (kuva 13). Tulos on kuitenkin siitä erikoinen, että voimajohdon aineistolla maksimifunktio puolestaan arvioi oikein 12 vaikutusta 15:stä. Toisella aineistolla tulos on varsin huono ja toisella varsin hyvä.



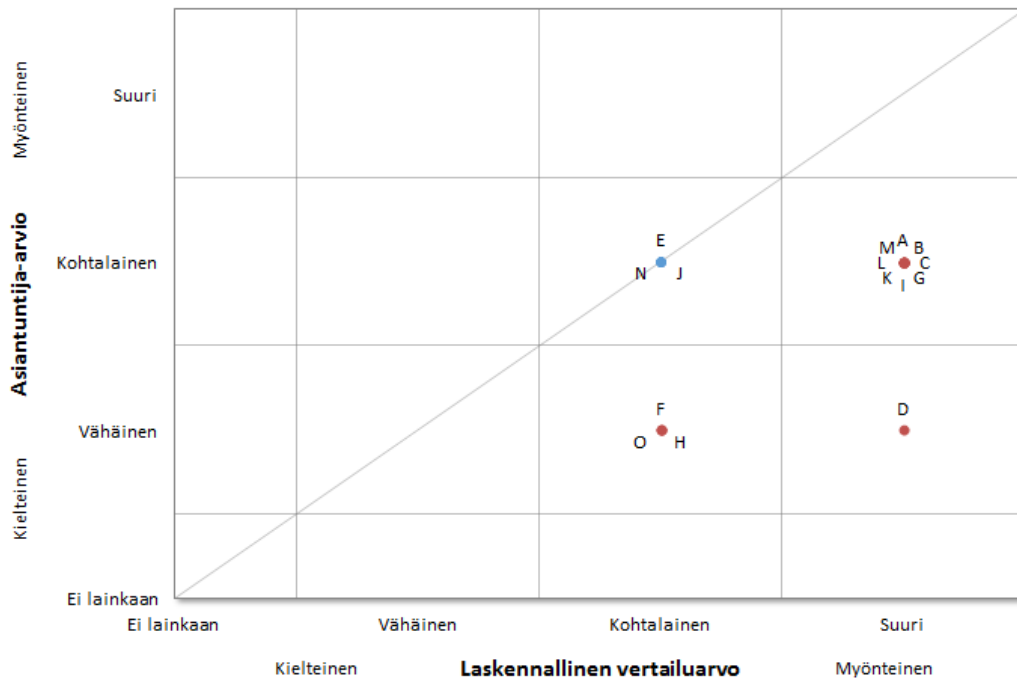
Kuva 10. Edustava esimerkki suuruuden vertailuarvoista: vertailuarvot poikkeavat enintään yhden asteikon luokan verran asiantuntija-arvioista. Geometrisella keskiarvolla muodostettu vaikutuksen *suuruus* tuulivoimajuuston datajoukolle



Kuva 11. Poikkeuksellinen tilanne, jossa suuri joukko vertailuarvoja on väärässä luokassa, mutta lähellä oikean luokan rajaa. Aritmeettisella keskiarvolla muodostettu vaikutuksen *suuruus* voimajohdon datajoukolle



Kuva 12. Geometrisella keskiarvolla arvioitu herkkyys on nolla muista osatekijöistä riippumatta niillä vaikutuksilla, joilla lainsäädäntö-osatekijä on luokassa "ei suojeleasemaa" (F, H, N). Kuva on edustava esimerkki herkkyyden arvioimisesta, sillä muuten virhe on  $\pm 1$  asteikon luokkaa. Geometrisella keskiarvolla muodostettu *herkkyys* tuulivoimapuiston datajoukolle



Kuva 13. Maksimifunktio yliarvioi herkkyyden tuulivoimapuiston aineistolla: maksimifunktiolla muodostettu *herkkyys* tuulivoimapuiston datajoukolle

Pistediagrammeissa vertailuarvot ovat X-koordinaatteja ja asiantuntija-arviot Y-koordinaatteja. Y-arvot ovat aina kokonaislukuja, jotka ovat pystysuunnassa kuvaajan ruutujen (luokkavälien) keskipisteissä. Kunkin ruudun leveys ja korkeus on tasan 1. **Asiantuntija-arvio ja vertailuarvo kuuluvat samaan luokkaan, jos niiden erotuksen itseisarvo on enintään 0,5.**

Erotusten itseisarvoista on laskettu keskiarvot (taulukko 12). Kynnysarvoksi on otettu sama 0,5. Tälle kynnysarvolle annetaan sellainen tulkinta, että asiantuntija-arviot ovat ”keskimäärin samansuuntaisia” jonkin laskutavan kanssa, kun erotusten keskiarvo on enintään 0,5.

Taulukko 12. Tunnuslukuja vertailuarvojen virheiden tarkastelusta (virheiden lukumäärän maksimi on 15)

Kriteeri	Laskutapa	Erotusten keskiarvo (kynnysarvo $\leq 0,5$ )		Virheiden lkm (X ja Y eri luokassa)	
		Tuulivoimap.	Voimajohto	Tuulivoimap.	Voimajohto
Suuruus	Geometrinen ka.	0,4	0,4	6	1
	Aritmeettinen ka.	0,4	0,5	7	10
Herkkyyys	Geometrinen ka.	0,5	0,9	5	8
	Aritmeettinen ka.	0,3	0,4	3	4
	Maksimifunktio	0,9	0,5	12	3

## 5.4 Johtopäätökset vertailuarvojen muodostamisesta

Vertailuarvoja on tutkittu tässä työssä, koska ARVI-työkalussa on kokeellinen lisäominaisuus, jonka tarkoitus on auttaa projektipäällikköä arvioimaan ovatko merkittävyyden arviot yhtenäisiä kaikkien vaikutusten osalta. Tämä ominaisuus perustuu siihen, että kutakin arviota verrataan jonkinlaiseen laskennalliseen vertailuarvoon. Tässä työssä on vasta pyritty löytämään sopivia tapoja muodostaa sellaisia laskennallisia vertailuarvoja, jotka olisivat keskimäärin samansuuntaisia asiantuntija-arvioiden kanssa. **Vasta tulevissa hankkeissa nähdään koetaanko tällainen lisäominaisuus hyödylliseksi.**

Aineiston perusteella suuruuden ja herkkyyden vertailuarvojen muodostamiseen suositellaan käytettäväksi keskiarvoja: tässä työssä tarkasteltiin aritmeettista ja geometrista keskiarvoa. Tarkastellussa aineistossa geometrinen keskiarvo sopii paremmin suuruuden arviointiin ja aritmeettinen keskiarvo sopii paremmin herkkyyden arviointiin. Tällä tavalla muodostetut vertailuarvot ovat tarkastellulla aineistolla  $\pm 1$  asteikon luokan sisällä asiantuntija-arviosta. Maksimifunktiolle saatu tulos oli ristiriitainen.

Asiantuntijoiden arvioimat suuruudet olivat joissakin vaikutuksissa keskiarvoja varovaisempia, yhdessäkään vaikutuksessa ne eivät olleet suurempia. Arvioidut herkkyydet olivat joissakin vaikutuksissa jopa keskiarvoja suurempia. Matemaattisesti tiedetään, että geometrisella keskiarvolla saadaan jonkin verran varovaisempia arvioita kuin aritmeettisellä keskiarvolla. Se voi osin selittää miksi geometrinen keskiarvo vastasi paremmin asiantuntijoiden arvioimia suuruuksia (ja aritmeettinen keskiarvo herkkyyksiä). Keskiarvot ovat hyvin yksinkertaisia approksimaatioita. Yksinkertaisuus voi kuitenkin olla etu: tulokset ovat joka tapauksessa vain suuntaa-antavia, joten on perusteltua käyttää mahdollisimman ymmärrettävää laskentatapaa, joka täyttää vähimmäisvaatimukset.

Tässä kokeessa saadut tulokset ovat alustavia, koska aineisto perustuu yhteen hankkeeseen. Arviointikehikkoa on myös muokattu jonkin verran siitä muodosta, jossa sitä on tarkasteltu tässä työssä. Nykyisessä muodossa herkkyyden osatekijöiden asteikoista on poistettu nollaluokka, koska sitä on pidetty epärealistisena. Nollaluokkaan kuuluvat kohteet olisivat sellaisia, jotka ”eivät ole lainkaan herkkiä”. Herkkyyden nollaluokan pois jättäminen poistaa myös ongelman, joka oli kun herkkyyttä arviointiin geometrisella keskiarvolla. Kirjoittajan kokemuksen mukaan herkkyyden arviointi on ylipäänsä hankalampaa kuin suuruuden arviointi ja erilaiset tulkinnat ovat mahdollisia alkuvaiheessa ennen käytännön vakiintumista.

## 6 Yhteenveto

Tässä työssä on esitelty työkalu ympäristövaikutusten merkittävyyden arviointiin. Työkalu käyttää IMPERIA-hankkeessa kehitettyä monikriteeristä arviointikehikkoa, jossa vaikutuksen merkittävyys rakentuu strukturoidusti vaikutuksen kohteen herkkyydestä ja hankkeen aiheuttaman muutoksen suuruudesta. Menetelmä pohjautuu sekä monitavoitearvioinnin järjestelmällisiin menetelmiin että ympäristövaikutusten arvioinnin kotimaisiin ja kansainvälisiin menetelmiin. Näitä menetelmiä on sovellettu käytännön ehdoilla yhteistyössä ympäristövaikutusten arviointeja tekevien konsulttien ja muiden käytännön harjoittajien kanssa.

Ympäristövaikutusten merkittävyyden arviointi on tapa analysoida aineistoa, jota ympäristövaikutusten selvittäminen tuottaa. Merkittävyyden arvioinnissa suhteutetaan toisiinsa hyvin erityyppisiä vaikutuksia ottaen huomioon kunkin vaikutuksen erityispiirteet ja osallisten erilaiset arvostukset. Merkittävyys on yleistajuinen mittari, joka kuvaa yhteisellä asteikolla kunkin vaikutuksen haitallisuutta tai hyödyllisyyttä sekä mahdollista hyväksyttävyyttä kokonaisvaltaisen arvion perusteella. Ei ole yhtä oikeaa vastausta siihen, miten tällainen asteikko pitäisi rakentaa. **IMPERIA-hankkeessa on pyritty luomaan konsensusta**, johon kuuluvat peruskäsitteet merkittävyyden jäsentämiseen, strukturoitu menettelytapa merkittävyyden arviointiin sekä yhteinen sanasto ja esitystapa tulosten viestintään. Lisäksi on rakennettu vapaasti saatavilla oleva Excel-työkalu, joka tukee menetelmän käyttöä.

Työkalun kehittämistä on ohjannut käytännön harjoittajilta saatu palaute. Palautteen perusteella työkalun kehittämistä on ohjannut pyrkimys uusien käsitteiden selkeään esittämiseen ja sillä tavoiteltuun helppokäyttöisyyteen. Hankkeessa on tunnistettu, että YVA-hankkeiden joukossa on sekä kalliita että pienemmällä kustannuksella tehtäviä töitä. Tämän takia arviointiprosessia on haluttu virtaviivaistaa muun muassa automatisoimalla arviointilomakkeiden käsittelyä ja kehittämällä käytäntöjä, joilla allokoidaan resursseja ennakoon merkittäviksi arvioitujen vaikutusten selvittämiseen. Palautteessa on myös tunnistettu tarve panostaa koulutukseen, jota kohdistetaan sekä arvioita tekeville konsulteille että niitä tarkastaville yhteysviranomaisille.

Työkalua on tähän mennessä testattu kahdessa pilottihankkeessa, joista ensimmäinen oli enintään 127 tuulivoimalan tuulivoimapuiston ympäristövaikutusten arviointi ja toinen oli Vihdin jätevesien käsittelyn vaihtoehtojen ympäristövaikutusten arviointi. Meneillään on pilotti, jossa tutkitaan Itämeren pohjassa kulkevan kaasuputken rakentamista Viron ja Suomen välille. Työkalua on käytetty näissä hankkeissa apuvälineenä merkittävyyden arvioinnissa ja työkalulla tehdyt arviot on esitetty ympäristövaikutusten arviointiselostuksissa.

## 7 Lähteet

1. Belton, Valerie & Stewart, Theodor J. 2001. *Multiple criteria decision analysis. An integrated approach*. Kluwer Academic Publishers.
2. Bojórquez-Tapia, L. A. & Ezcurra, E. & García, O. 1998. *Appraisal of environmental impacts and mitigation measures through mathematical matrices*. Journal of Environmental Management, 53 (1), pp. 91-99.
3. Eisenführ, Franz & Weber, Martin & Langer, Thomas. 2010. *Rational decision making*. Springer-Verlag.
4. Ikkäheimo, Erkki. 2013. *International Financiers' Environmental Assessment, Comparison of Project Alternatives and Significance – Best Practices*. IMPERIA working paper. The Finnish Environmental Institute, 14.6.2013.
5. Jalava, Kimmo & Pasanen, Sanna & Saalasti, Mikko & Kuitunen, Markku. 2010. *Quality of Environmental Impact Assessment: Finnish EISs and the opinions of EIA professionals*. Impact Assessment and Project Appraisal, 28(1), March 2010, s. 15-27.
6. Kuitunen, Markku & Ijäs, Asko. 2013. *RIAM-menetelmän (Rapid Impact Assessment Matrix) käyttö ympäristövaikutusten arvioinnissa ja vaikutusten merkittävyyden hallinnassa*. IMPERIA-raportti 13.9.2013.
7. Lawrence, David. 2005. *Significance Criteria and Determination in Sustainability-Based Environmental Impact Assessment*. Final report prepared for the Mackenzie Gas Project Joint Review Panel.
8. Mustajoki, Jyri. 2014a. *Ohje vaikutusten merkittävyyksien arvioinnin ARVI-lomakkeen täyttöön*. Luonnos 14.3.2014.
9. Mustajoki, Jyri & Marttunen, Mika. 2014b. *Työkalu vaikutusten merkittävyyden arviointiin ja kokemuksia sen soveltamisesta*. Esitys YVA-päivillä 19.3.2014.
10. Pastakia, Jensen. 1998. *The Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) for EIA*. Environmental Impact Assessment Review. 18. pp. 461-482.
11. Pöyry Finland. 2014. *Piiparinmäki-Lammaslamminkangas, tuulivoimapuiston ympäristövaikutusten arviointiselostus*.
12. Riikonen, Janna. 2014. *Esimerkkejä vaikutusarvioinnin menetelmistä. Kaivosalan tapaustutkimuksia*. Liite IMPERIA-hankkeen tilaamaan working paper -raporttiin. Golder Associates, luonnos 11.4.2014.
13. Scottish Natural Heritage. 2013a. *Environmental Assessment Handbook, Guidance on the Environmental Impact Assessment Process, Part D* [viitattu 15.5.2014]. Saatavilla: <http://www.snh.org.uk/publications/on-line/heritagemanagement/eia/d.index.shtml>
14. Scottish Natural Heritage. 2013b. *A Handbook on Environmental Impact Assessment. Guidance for Competent Authorities, Consultees and others involved in the Environmental Impact Assessment Process in Scotland, 4th edition*. Saatavilla: <http://www.snh.org.uk/pdfs/publications/heritagemanagement/EIA.pdf>
15. Suomen ympäristökeskus, a. *Tilasto ympäristövaikutusten arvioinnin (YVA) soveltamisesta vuoteen 2011*. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu [viitattu 15.5.2014]. Saatavilla: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi\\_ja\\_luvat/Ymparistovaikutusten\\_arviointi](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_ja_luvat/Ymparistovaikutusten_arviointi)
16. Suomen ympäristökeskus, b. *Ympäristövaikutusten arviointi*. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu [viitattu 15.5.2014]. Saatavilla: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi\\_ja\\_luvat/Ymparistovaikutusten\\_arviointi](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_ja_luvat/Ymparistovaikutusten_arviointi)
17. The World Bank. *Environmental Assessment Sourcebook and Updates* [viitattu 15.5.2014]. Saatavilla: <http://go.worldbank.org/LLF3CMS1I0>

# Liite 1: IMPERIA-hankkeen arviointikehikon kriteerit

Taulukko 13. IMPERIA-hankkeen arviointikehikon kriteerit ja kriteerasteikot (syksy 2013)

Kriteeri	Arvo	Asteikko
<b>Vaikutuksen merkittävyys</b>	+3	Suuri myönteinen vaikutus
	+2	Kohtalainen myönteinen vaikutus
	+1	Vähäinen myönteinen vaikutus
	0	Ei vaikutusta
	-1	Vähäinen kielteinen vaikutus
	-2	Kohtalainen kielteinen vaikutus
	-3	Suuri kielteinen vaikutus
<b>Vaikutuskohteen herkkyys</b>	3	Suuri
	2	Kohtalainen
	1	Vähäinen
	0	Ei lainkaan
Lainsäädäntö	3	Laki/EU-direktiivit
	2	Ohjelmat
	1	Suosituksset
	0	Ei suojeluasemaa
Taloudellinen, sosiaalinen tai luontoarvo ja herkkyys	3	Suuri
	2	Kohtalainen
	1	Vähäinen
	0	Ei erityistä arvoa
Alueen/asian tärkeys ihmisille	3	Suuri
	2	Kohtalainen
	1	Vähäinen
	0	Ei lainkaan
<b>Muutoksen suuruus ja suunta</b>	+3	Suuri myönteinen vaikutus
	+2	Kohtalainen myönteinen vaikutus
	+1	Vähäinen myönteinen vaikutus
	0	Ei vaikutusta
	-1	Vähäinen kielteinen vaikutus
	-2	Kohtalainen kielteinen vaikutus
	-3	Suuri kielteinen vaikutus
Voimakkuus ja suunta	+3	Suuri myönteinen vaikutus
	+2	Kohtalainen myönteinen vaikutus
	+1	Vähäinen myönteinen vaikutus
	0	Ei vaikutusta
	-1	Vähäinen kielteinen vaikutus
	-2	Kohtalainen kielteinen vaikutus
	-3	Suuri kielteinen vaikutus
Alueellinen laajuus	5	Kansallinen
	4	Alueellinen
	3	Paikallinen
	2	Lähiympäristö
	1	Välitön läheisyys
	0	Ei vaikutusta
Kesto	5	Pysyvä
	4	Toiminnanaikainen
	3	Rakennusaikainen, hitaasti palautuva
	2	Vain rakennusaikainen
	1	Hyvin lyhytaikainen



## Liite 2: RIAM-menetelmän arviointikriteerit

Taulukko 14. RIAM-menetelmän arviointikriteerit (Kuitunen, Jalava 2013 ja Pastakia 1998)

Kriteeri	Arvo	Kuvaus
$A_1$ . Vaikutuksen laajuus	4	Kansallinen tai kansainvälinen merkittävyys
	3	Alueellinen merkitys (vaikutus merkittävä lääni- tai kuntayhteisötasolla)
	2	Paikallinen merkitys (vaikutus merkittävä kuntatasolla)
	1	Paikallinen/pisteittäinen merkitys (vaikutus ulottuu vain alueen lähiympäristöön)
	0	Ei vaikutusta
$A_2$ . Vaikutuksen suuruus	+3	Suuri positiivinen vaikutus
	+2	Merkittävä positiivinen kehitys nykytilaan
	+1	Positiivinen kehitys nykytilaan
	0	Ei vaikutusta
	-1	Negatiivinen muutos nykytilaan
	-2	Merkittävä negatiivinen muutos nykytilaan
$B_1$ . Vaikutuksen pysyvyys	3	Vaikutus pysyvä
	2	Vaikutus väliaikainen
	1	Ei merkitystä / Ei määriteltävissä
$B_2$ . Vaikutuksen palautuvuus	3	Vaikutus palautumaton
	2	Vaikutus palautuva
	1	Ei merkitystä / Ei määriteltävissä
$B_3$ . Vaikutuksen kumulatiivisuus	3	Vaikutus kumuloituu ajan kuluessa tai yhdysvaikutuksia muiden vaikutusten kanssa esiintyy
	2	Vaikutus yksittäinen
	1	Ei merkitystä / Ei määriteltävissä

Taulukko 15. Kokonaispisteiden luokittelu RIAM-menetelmässä (Pastakia 1998)

Kokonaispisteet	Luokka	Kuvaus
+72 – +108	+E	Huomattava positiivinen muutos/vaikutus
+36 – +71	+D	Merkittävä positiivinen muutos/vaikutus
+19 – +35	+C	Kohtuullinen positiivinen muutos/vaikutus
+10 – +18	+B	Positiivinen muutos/vaikutus
+1 – +9	+A	Vähäinen positiivinen muutos/vaikutus
0	N	Ei muutosta/Status quo/Ei soveltuva
-1 – -9	-A	Vähäinen negatiivinen muutos/vaikutus
-10 – -18	-B	Negatiivinen muutos/vaikutus
-19 – -35	-C	Kohtuullinen negatiivinen muutos/vaikutus
-36 – -71	-D	Merkittävä negatiivinen muutos/vaikutus
-72 – -108	-E	Huomattava negatiivinen muutos/vaikutus

## Liite 3: Piiparinmäen tuulivoimahankkeen ympäristövaikutusten merkittävyyden arviointi

Taulukko 16. Ympäristövaikutusten merkittävyyden arviointi suunnitellulle Piiparinmäki-Lammaslamminkankaan tuulivoimapuistolle (Pöyry 2014). Tämä arvio ei sisällä voimajohtoa, jonka vaikutukset on arvioitu erikseen. Hankkeessa tarkasteltiin kahta vaihtoehtoa, mutta arvioidut merkittävyydet olivat yhtä suuret molemmille vaihtoehdoille

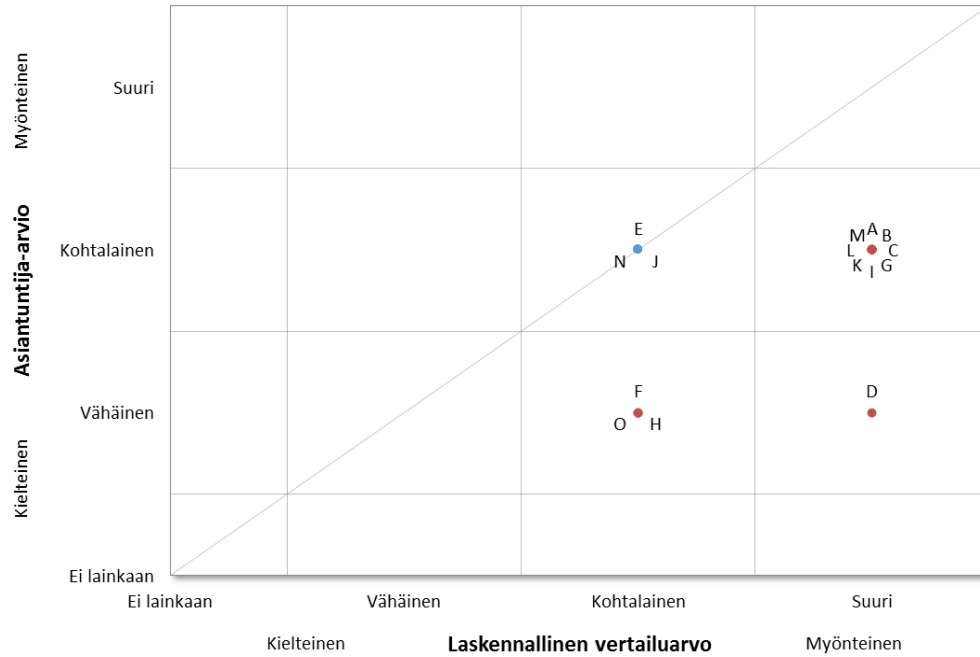
Tuulivoimapuisto									
Vaikutus	Vaikutuskohteen herkkyyden osatekijät				Muutoksen suuruuden osatekijät			SUURUUS	MERKITTÄVYYS
	Lainsäädäntö	Taloudellinen, sosiaalinen tai luontoarvo ja herkkyys	Alueen/asian tärkeys ihmisille	HERKKYYS	Voimakkuus ja suunta	Laajuus	Kesto		
A Kasvillisuus ja luontotyypit	Laki/EU-direktiivit	Suuri	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen -	Lähiympäristö	Pysyvä	Kohtalainen -	Kohtalainen -
B Linnusto	Laki/EU-direktiivit	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen -	Lähiympäristö	Pysyvä	Kohtalainen -	Kohtalainen -
C Muu eläimistö	Laki/EU-direktiivit	Vähäinen	Kohtalainen	Kohtalainen	Vähäinen -	Lähiympäristö	Pysyvä	Vähäinen -	Vähäinen -
D Maa- ja kallioperä sekä vesistöt	Laki/EU-direktiivit	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Välitön läheisyys	Rakennusaikainen, hit. pal.	Vähäinen -	Vähäinen -
E Ilmasto ja ilmanlaatu	Ohjelmat	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Vähäinen +	Kansallinen	Toiminnanaikainen	Vähäinen +	Vähäinen +
F Yhdyskuntarakenne ja maankäyttö	Ei suojeluasemaa	Vähäinen	Kohtalainen	Vähäinen	Kohtalainen -	Lähiympäristö	Toiminnanaikainen	Vähäinen -	Vähäinen -
G Maisema ja kulttuuriympäristö	Ohjelmat	Kohtalainen	Suuri	Kohtalainen	Kohtalainen -	Alueellinen	Toiminnanaikainen	Kohtalainen -	Kohtalainen -
H Liikenne	Ei suojeluasemaa	Vähäinen	Kohtalainen	Vähäinen	Kohtalainen -	Alueellinen	Vain rakennusaikainen	Kohtalainen -	Vähäinen -
I Melu	Suosituks	Kohtalainen	Suuri	Kohtalainen	Kohtalainen -	Lähiympäristö	Toiminnanaikainen	Kohtalainen -	Kohtalainen -
J Varjon vilkkuminen	Suosituks	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Vähäinen -	Paikallinen	Toiminnanaikainen	Vähäinen -	Vähäinen -
K Muinaisjäännökset	Laki/EU-direktiivit	Vähäinen	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen -	Välitön läheisyys	Pysyvä	Kohtalainen -	Kohtalainen -
L Ihmisten elinolot ja viihtyvyys	Suosituks	Vähäinen	Suuri	Kohtalainen	Kohtalainen -	Alueellinen	Toiminnanaikainen	Kohtalainen -	Kohtalainen -
M Virkistyskäyttö	Ohjelmat	Kohtalainen	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen -	Alueellinen	Toiminnanaikainen	Vähäinen -	Vähäinen -
N Aluetalous ja työllisyys	Ei suojeluasemaa	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Suuri +	Alueellinen	Toiminnanaikainen	Kohtalainen +	Kohtalainen +
O Turvallisuus	Ohjelmat	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Lähiympäristö	Toiminnanaikainen	Vähäinen -	Vähäinen -

**Taulukko 17. Ympäristövaikutusten merkittävyyden arviointi voimajohtolle, joka kytkisi suunnitellun Piiparinmäki-Lammaslamminkankaan tuulivoimapuiston kantaverkkoon (Pöyry 2014). Tuulivoimapuiston vaikutukset on arvioitu erikseen. Hankkeessa tarkasteltiin kahta vaihtoehtoa, mutta arvioidut merkittävyydet olivat yhtä suuret molemmille vaihtoehdoille**

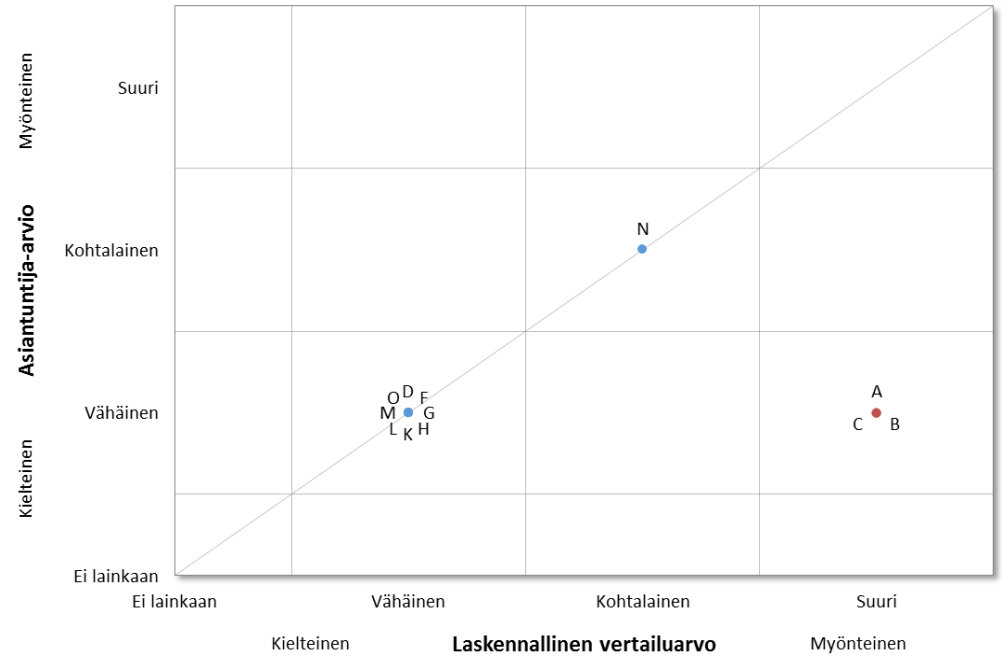
Voimajohto										
Vaikutus	Vaikutuskohteen herkkyyden osatekijät				HERKKYYS	Muutoksen suuruuden osatekijät			SUURUUS	MERKITTÄVYYS
	Lainsäädäntö	Taloudellinen, sosiaalinen tai luontoarvo ja herkkyys	Alueen/asian tärkeys ihmisille			Voimakkuus ja suunta	Laajuus	Kesto		
A Kasvillisuus ja luontotyypit	Laki/EU-direktiivit	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Lähiympäristö	Toiminnanaikainen	Vähäinen -	Vähäinen -	
B Linnusto	Laki/EU-direktiivit	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Lähiympäristö	Toiminnanaikainen	Vähäinen -	Vähäinen -	
C Muu eläimistö	Laki/EU-direktiivit	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Lähiympäristö	Toiminnanaikainen	Vähäinen -	Vähäinen -	
D Maa- ja kallioperä sekä vesistöt	Ei suojeluasemaa	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Lähiympäristö	Toiminnanaikainen	Vähäinen -	Vähäinen -	
E Ilmasto ja ilmanlaatu									Ei vaikutusta	
F Yhdyskuntarakenne ja maankäyttö	Ei suojeluasemaa	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Lähiympäristö	Toiminnanaikainen	Vähäinen -	Vähäinen -	
G Maisema ja kulttuuriympäristö	Ei suojeluasemaa	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Paikallinen	Toiminnanaikainen	Vähäinen -	Vähäinen -	
H Liikenne	Ei suojeluasemaa	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Lähiympäristö	Vain rakennusaikainen	Vähäinen -	Vähäinen -	
I Melu									Ei vaikutusta	
J Varjon vilkkuminen									Ei vaikutusta	
K Muinaisjäännökset	Ei suojeluasemaa	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Lähiympäristö	Vain rakennusaikainen	Vähäinen -	Vähäinen -	
L Ihmisten elinolot ja viihtyvyys	Ei suojeluasemaa	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Lähiympäristö	Toiminnanaikainen	Vähäinen -	Vähäinen -	
M Virkistyskäyttö	Ei suojeluasemaa	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Lähiympäristö	Toiminnanaikainen	Vähäinen -	Vähäinen -	
N Aluetalous ja työllisyys	Ei suojeluasemaa	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Vähäinen +	Alueellinen	Vain rakennusaikainen	Vähäinen +	Vähäinen +	
O Turvallisuus	Suositukses	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen -	Lähiympäristö	Toiminnanaikainen	Vähäinen -	Vähäinen -	

## Liite 4: Tuloskuvaajat vertailuarvojen muodostamisesta

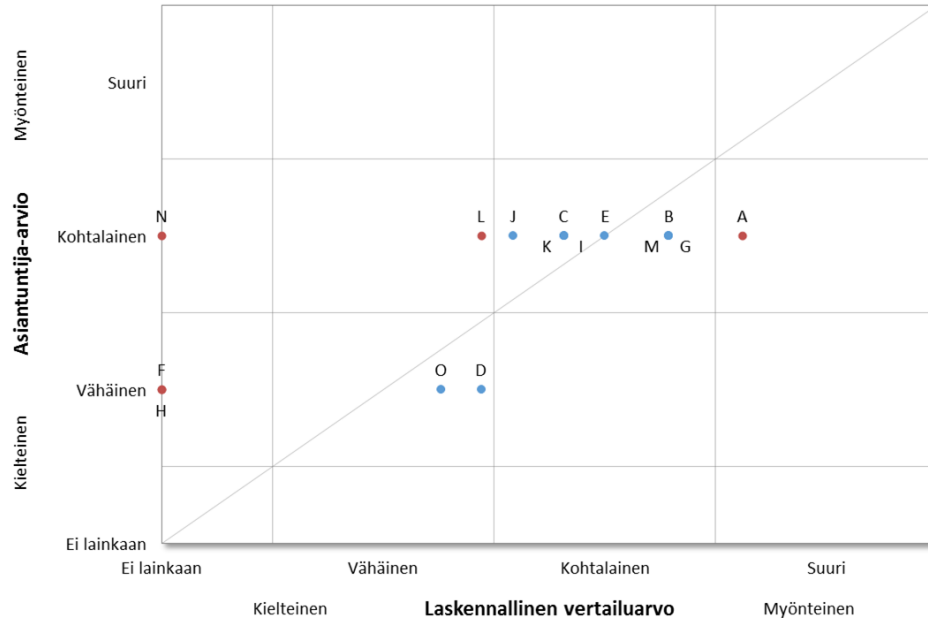
**Tuulivoimapuisto - Herkkyys maksimifunktio**



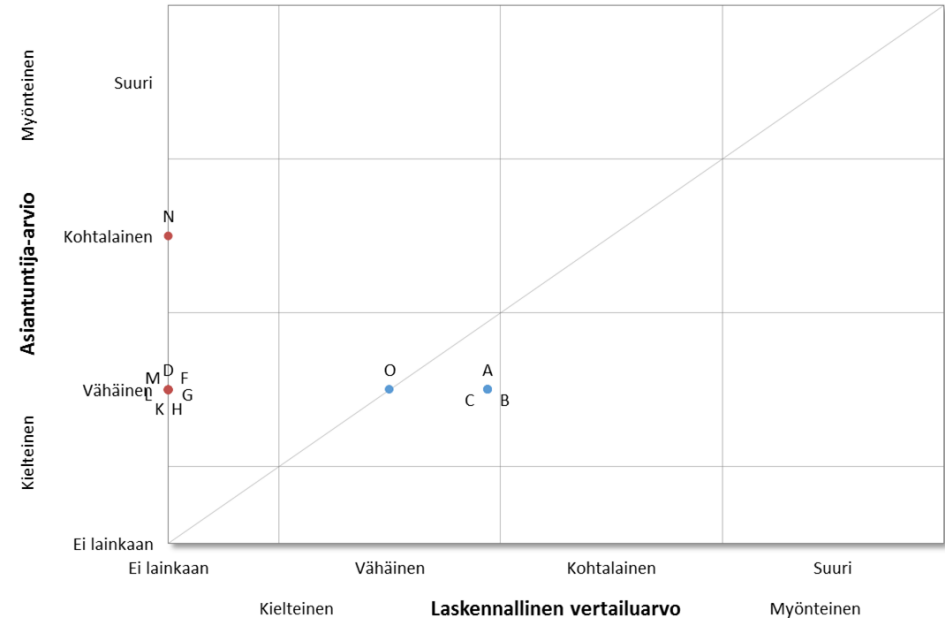
**Voimajohto - Herkkyys maksimifunktio**



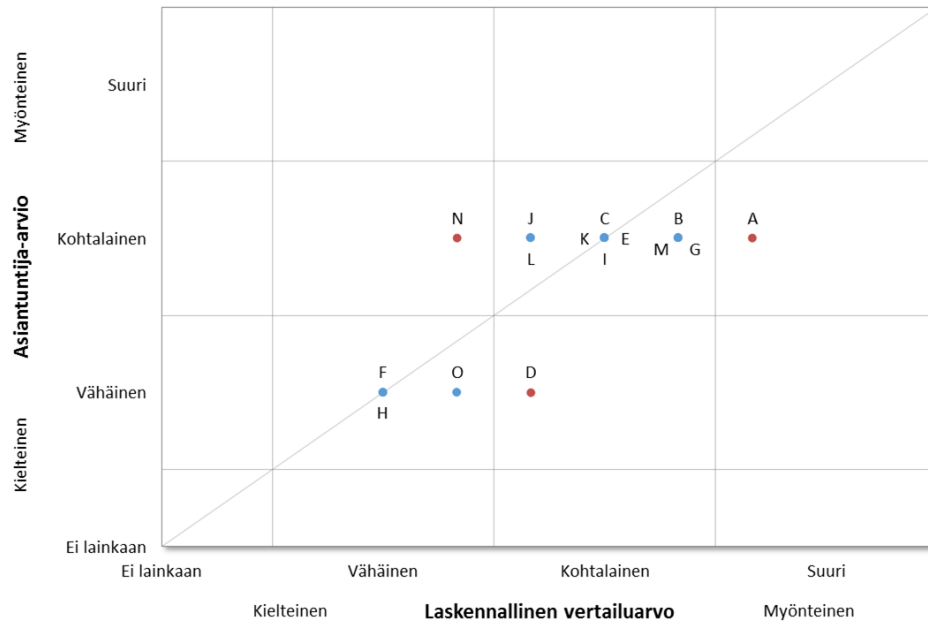
**Tuulivoimapuisto - Herkkyys geometrinen ka.**



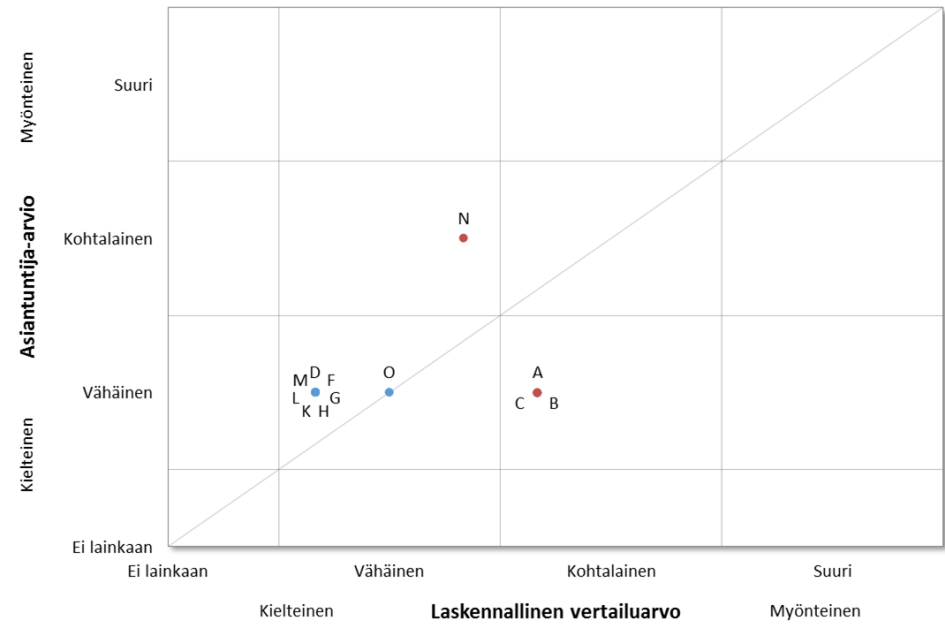
**Voimajohto - Herkkyys geometrinen ka.**



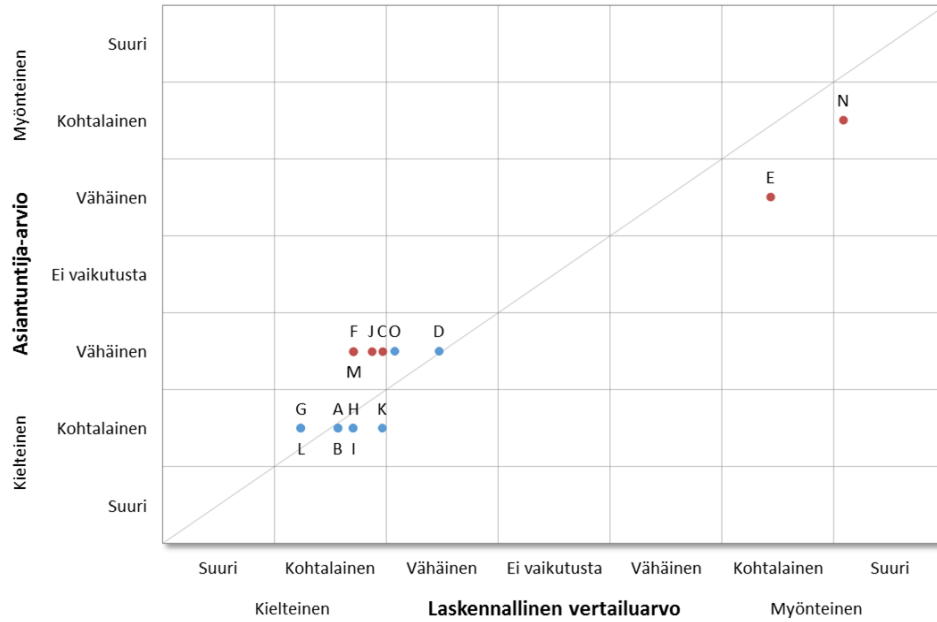
**Tuulivoimapuisto - Herkkyys aritmeettinen ka.**



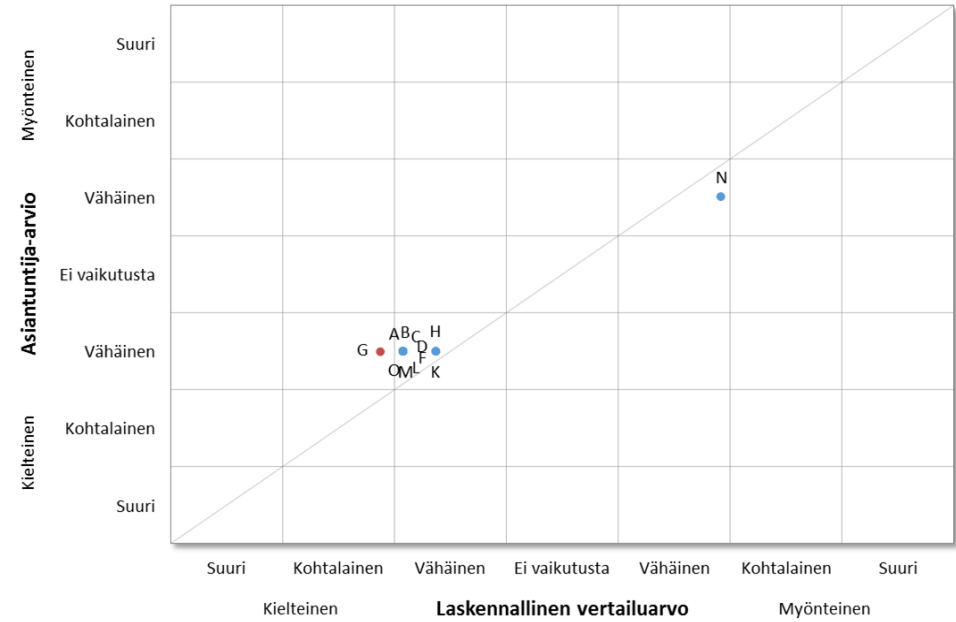
**Voimajohto - Herkkyys aritmeettinen ka.**



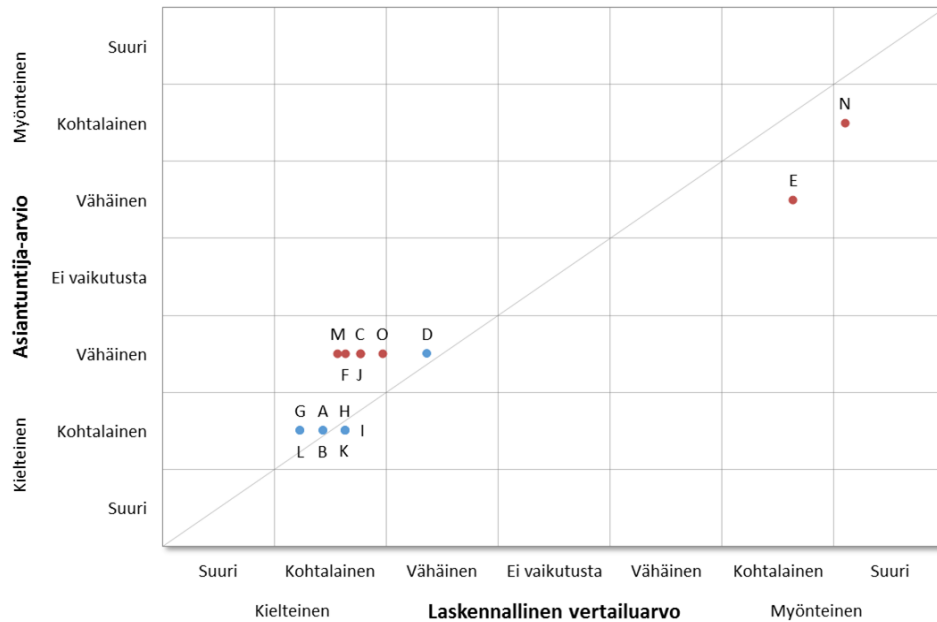
**Tuulivoimapuisto - Suuruus geometrinen ka.**



**Voimajohto - Suuruus geometrinen ka.**



**Tuulivoimapuisto - Suuruus aritmeettinen ka.**



**Voimajohto - Suuruus aritmeettinen ka.**

