



FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

# Haittakustannusmalleja ja –arvioita muualta

Väinö Nurmi  
Ilmatieteen laitos

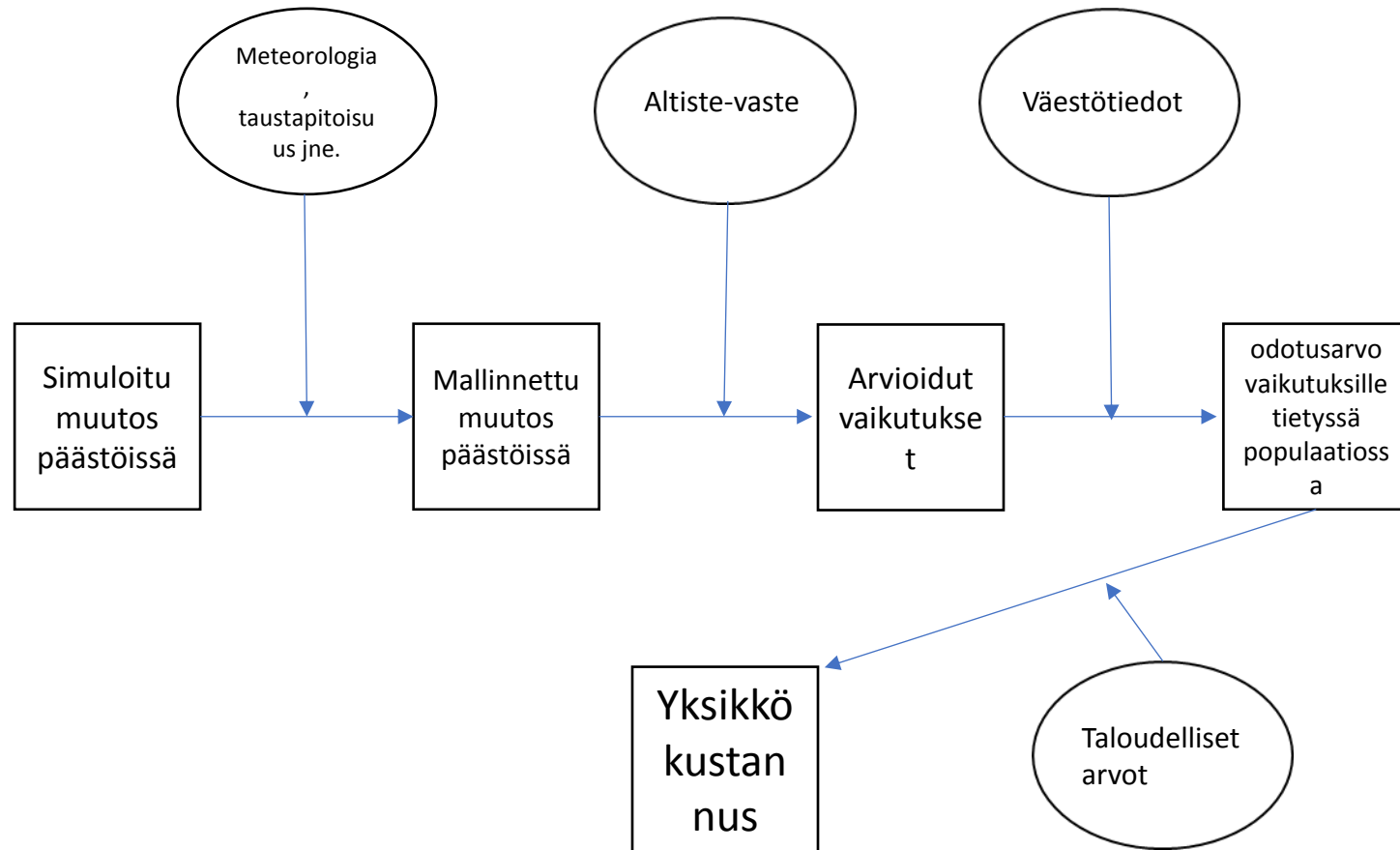


# Kirjallisuus

- Etsimme kirjallisuudesta aiempia tutkimuksia pienhiukkasten yksikkökustannuksista
  - Etsitty kirjallisuus voidaan jakaa kolmeen ryhmään: 1) kansalliset arviot, 2) projektiraportit, 3) vertaisarvioitu kirjallisuus
- Tutkimuksia etsittiin 1) Akateemisista tietokannoista ja hakukoneista avainsanoilla kuten "air pollution costs"; "emission costs"; "air pollution health costs" "emission unit costs" "air pollution marginal costs" etc. 2) asiantuntijoiden henkilökohtaisista arkistoista 3) löydettyjen tutkimusten lähteistä
- Löydetyt tutkimukset olivat joko Euroopasta tai Yhdysvalloista
- PM2.5 yksikkökustannusten lisäksi suurin osa tutkimuksista arvioi myös sekundäärihiukkasten yksikkökustannukset eri ilmansaasteille kuten Nox, NH3 ja SO2
- Keräsimme kirjallisuuden excel-tietokantaan
- Kaikissa tutkimuksissa käytettiin samaa 2000-luvun vaihteessa käytettyä menetelmää eli vaikutuspolkumenetelmää (Impact Pathway Approach)



# Vaikutuspolkumenetelmä





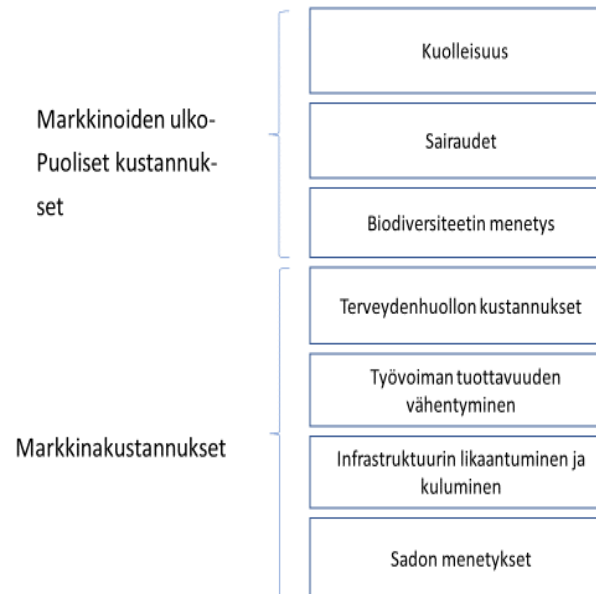
# Ilmanlaatumallinnus

- Monia erilaisia menetelmiä on käytetty ilmanlaatumallinnuksessa, ne voidaan kreaasti jakaa seuraaviin:
  - Alueellisen skaalan kemialliset kulkeutumismallit (Brandt et al. 2011; 2013)
  - Kaupunkimittakaavan mallit (Walton et al. 2015; Bicket et al. 2003)
  - Tilastollisin menetelmin yleistetyt (esim. kriging, regressiomallit) alueellisen skaalan mallit (Heo et al. 2016; Holland et al. 2012; Buonocore, 2010; Fann et al. 2009)
  - Lähde-kohde -matriisit (Muller and Mendeelson, 2009; Holland et al. 2011)
- Erityisesti sekundäärihiukkasten käsittely on tarkinta alueellisen skaalan mallien avulla
- Trade-off monien eri lähteiden (jopa 60,000) ja mallinnuksen tarkkuuden välillä



# Huomioidut vaikutukset ja käytetyt pitoisuus-vaikutus funktiot

- Kaikki tutkimukset huomioivat enneaikaisen kuoleman riskin lisääntymisen
- Yli 90% pienhiukkasten yksikkökustannuksista liittyy terveysvaikutuksiin ja yli 90% terveysvaikutuksista liittyy kuolleisuuden kasvuun
  - Tämä liittyy osittain siihen, että nämä kustannukset osataan laskea jo melko tarkasti, sillä kuolleisuuden altiste-vaikutus -funktioita on estimoitu jo pitkään, toisin kuin esimerkiksi biodiversiteettivaikutukset
  - Myös kokonaiskustannuksista yli 90% liittyy markkinoiden ulkopuolisiin kustannuksiin, vaikka biodiversiteetin menetystä ei otettaisikaan huomioon
- Kuolleisuuden kasvua on tutkimuksissa kuvattu lineaarisilla pitoisuus-vaste –funktioilla, mallin lineaarinen parametri on siis tärkeä selittävä tekijä yksikkökustannusten kannalta
- Kirjallisuudessa käytettyjä arvoja:
  - Bicket et al. (2003) käytti arvoa 2.3%
  - 7.7% on yleisin käytetty arvo Pope et al. (2002)
  - Korkein arvo 12% Levy et al. (2009) ja Fann et al. (2009) perustuu Harvard Six Cities -tutkimukseen
  - State-of-the-art on 6.2%
- Muilla vaikutuksilla vain pieni merkitys yksikkökustannuksiin
  - Suurin osa tutkimuksista ottanut huomioon myös sairastumisesta aiheutuvat haitat ja kustannukset
  - Jotkut tutkimukset (esim. Muller and Mendehlson, 2009; Preiss et al. 2008) on ottanut huomioon myös vaikutukset maataloudelle, mutta niiden merkitys on pieni





# Vaikutusten taloudellinen arvo

- Merkittävin haittakustannusten tasoon vaikuttava tekijä taloudellisten oletusten osalta on ennenaikaisien kuolemantapausten arvon määrittäminen
- Kaksi tapaa:
  - Elämän tilastollinen hinta ("Value of Statistical life" – VSL)
  - Elinvuoden tilastollinen hinta ("Value of a life year")
  - Molemmat perustuu siihen, kuinka paljon ihmiset ovat valmiita maksamaan välttyäkseen pieniltä kuoleman riskeiltä (esim. 0.01%)
- Euroopassa useimmiten käytetty VOLY ja Yhdysvalloissa VSL
  - Pienemmät arvot VOLYä käyttäen, koska kuolleisuus on suurempi vanhoilla ihmisillä ja laskennallisesti vähemmän menetettyjä elinvuosia
  - Yhdysvalloissa tämän on katsottu rikkovan pykälää ihmisten yhdenvertaisuudesta
- Käytettyjä arvoja:
  - VSL: Matalin 1.16 miljoonaa dollaria, korkein 8.6 miljoonaa dollaria
  - VOLY: Matalin 35000 puntaa, korkein 70000€
  - Tässä tutkimuksessa: "Viralliset" EU-arvot: VSL: 2,65m€; VOLY: mediaani 69000€, keskiarvo 160 000€
  - Perustuu 3 maassa vuonna 2003 toteutettuun kyselytutkimukseen



# Tulosten normalisointi

- Ennen kuin tuloksia voidaan vertailla on ne yhteismitallistettava:
  - 1) Valuutta/inflaatio
  - 2) Käytetyissä tilastollisissa arvoissa
  - 3) Terveysvaikutusparametreissa
- Koska 90% yksikkökustannuksista liittyy kuolleisuuden kasvuun, käytämme VSL/VOLY –arvoja ja kuolleisuuden kasvun parametriarvoa tulosten normalisointiin
- Vertailtavuus on silti vaikeaa, koska lähteen sijainnin merkitys yksikkökustannuksessa on niin suuri



# Lähimmät vertailukohtat

- Gynther et al. (2012) tieliikenteen päästökustannukset
  - Ilmanlaatumallien käyttö ei kovin tarkasti dokumentoitu, perustuu ilmeisesti melko vanhoihin lähde-kohde –matriiseihin
  - 1,077 altiste ja 55 000€ VOLY kuolleisuuden arvottamisvalinnat
  - Alla taulukossa normalisoidut tulokset liikenteen pienhiukkasille (1,066 ja 160 000€)
- Korkeiden päästöjen osalta EEA (2011); Brandt et al. (2011) ja Preiss et al. (2008)

Pääkaupunkiseutu	547 000
Suuret kaupungit >100t	464 000
Keskisuuret kaupungit 50-100t	125 000
Pienet kaupungit <50 000t	67 000
Muut kunnat	19 000

	<b>Korkea päästölähde, Suomi</b>
EEA (2011)	16 000€
Brandt et al. (2013)	23 000€
Preiss et al. (2008)	12 000

- Kertauksena IHKU:ssa:
  - Liikenne, taajama: 140 000€
  - Korkea päästölähde: 10 000€





# Joitain (normalisoituja) tuloksia kirjallisuudesta

Tutkimus	Alue	Yksikkökustannuksia
Brand et al. 2011	Tanska	Liikenne: 89 000€ Paikalliset päästölähteet: 57000€ Teollisuus, keskimääräinen: 39000€ Energia, korkea: 38000€
Bicket et al. 2003	Eri kaupunkialueita Euroopassa	Liikenteen päästökustannuksia eri kaupungeista: Berliini: 498 000€ Stuttgart: 1 106 000€ Florence: 276 000€ Helsinki: 526 000€
Walton et al. 2015	Lontoo	Liikenteen päästökustannuksia eri Lontoon alueille: Keskusta: 605 000€ Sisäinen asutuskeskusta: 760 000€ Ulkoisen asutuskeskusta: 436 000€
Heo et al. 2016	Yhdysvallat, jokainen hilapiste erikseen	Kaikki eri päästökorkeudet. Ohessa muutama liikenteen päästökustannus suurille kaupungeille: New York: 293 000€ Chicago: 123 000€ Minneapolis: 79 000€
Gynther et al. 2012	Suomi	Liikenteen yksikkökustannuksia: Pk-seutu: 547 000€ Suuret kaupungit: 464 000€ Keskisuuret kaupungit: 125 000€ Pienet kaupungit: 67 000€ Muut kunnat: 19 000€
EEA, 2011	EU-maat	Korkeat päästölähteet: Suomi: 16 000€ Saksa: 100 000€ Tanska: 25 000€ Ruotsi: 25 000€



# Epävarmuuksia taloudellisessa arvottamisessa

- Onko elinvuoden tilastollinen hinta vakio?
  - Tutkimusten mukaan nousee henkilöiden vanhentuessa
- VOLY / VSL ?
  - VSL antaa paljon korkeampia tuloksia
- Keskihinta vai mediaani ?
  - Keskihinta antaa lähes 2,5 kertaisen tuloksen verrattuna mediaaniin
- Tulojen kasvu kirjallisuuden mukaan otettava huomioon, EU:ssa näin ei olla tehty
  - Tämä lähes kaksinkertaistaa tuloksen
- Muut vaikutukset ja muiden saasteiden suorat vaikutukset (NO<sub>2</sub>)