

# Ympäristötilastotieteen peruskurssi syksy 2015

Dosentti

Jukka Hoffrén

Helsingin yliopisto, Tilastokeskus

Sosiaalitieteiden laitos (Tilastotiede), Valtiotieteellinen tiedekunta

25.11.2015

# Kurssin tavoitteet

- Ympäristötilastotieteen jatkokurssi (aineopintojen valinnainen erikoiskurssi / syventävien opintojen valinnainen erikoiskurssi)
- Ympäristötilastotiede on tilastollisten menetelmien soveltamista ympäristön tilan ja muutoksen kuvaamiseen. Erityisenä mielenkiinnon kohteena on ihmisen toiminnan vaikutus ympäristön tilaan ja tulevaisuuteen. Ympäristötilastotieteessä keskeistä on tietojen oikea keruu, menetelmien soveltaminen ja tietojen analysointi. Kurssin perehdyttää ympäristötilastotieteen sovelletuimpiin menetelmiin. Pääpaino on menetelmien soveltamisessa.
- 4 op. + vapaaehtoinen harjoitustyö 2 op
- Kotisivu:  
<https://wiki.helsinki.fi/pages/viewpage.action?pageId=135071618>

# Luentoajat

- **Luennot (15 t)**
- Ke 28.10. klo 15.00-18.00 U37, sh. 1
- Ke 04.11. klo 15.00-18.00 U37, sh. 1
- Ke 11.11. klo 15.00-18.00 U37, sh. 1
- Ke 18.11. klo 15.00-18.00 U37, sh. 1
- **Ke 25.11. klo 15.00-18.00 U37, sh. 1**
- Ke 09.12. klo 15.00-18.00 U37, sh. 1
- **Kertaus ja loppukuulustelu:** Keskiviikkona 16.12.  
klo 15.00-18.00 U37, sh. 1
- **Uusintamahdollisuus:** matematiikan ja tilastotieteen laitoksen yleisessä.

# Harjoitustyö 2 op.

- Esseemuotoinen raportti, jossa sovelletaan kurssilla käytyjä menetelmiä esim. omaan tutkimusaiheeseen.
- Esseeseen laajuus 6-8 sivua (tekstiä, taulukoita ja kuvioita).
- Sovella omaan tutkimusaiheeseesi kvantitatiiviseen aineistoon jotain kurssilla esitettyä tai jotain muuta ympäristötilasto-tieteen menetelmää. Esim. ekotehokkuutta, skenaariomallintamista jne.
- Palautus viimeistään 9.12.2015. Jos esittää työnsä (10-15 min) saa 1 op lisää

# Pari/pienryhmätyö

## 18.11.2015

- Suunnitelkaa tilasto jostakin itseänne kiinnostavasta ympäristöön liittyvästä yhteiskunnallisesti tärkeästä teemasta. Vastatkaa seuraaviin kysymyksiin:
  - Mikä on asiaongelma, mikä on tutkimusongelma?
  - Mitä tietoja keräätte, millä menetelmällä, keneltä, kuinka suuri otos jne.?
  - Miten ja millä menetelmillä tulokset analysoidaan?
  - Miten tulokset raportoidaan ja esitetään suurelle yleisölle?
  - Kuinka paljon resursseja (rahaa ja ihmisiä) tilastonne toteuttaminen vaatisi? Onko hankkeenne realistinen?

# Töiden tulokset

Tekijät	Eerika Isometsä, Jenni Nieminen	Heidi Partonen, Nelli Hujanen
Asiaongelma	Yksityisautoilun CO2 päästöt	Muuttuuko kuluttaminen kestävämpään suuntaan?
Tutkimusongelma	CO2 päästöt/henkilö, 5 kaupungin vertailu	Kuluttajien asenteet ja konkreetiset toimet
Kerättävät tiedot	<p>Kysely paperisella lomakkeella, 500 hengen satunnaisotos/kaupunki</p> <p>Arvio vuosittaisista km-määristä, ka matkan pituus, asuinkunta, töissä/työtön/eläkeläinen yms., ikä, koulutusaste</p>	<p>Kysely asenteista ympäristöongelmia kohtaan, toimet liikkumisen, ravinnon, jätteiden lajittelun ja kulutus- tottumusten suhteen, Koko Suomi, otanta 1000 henkeä</p> <p>Kyselytutkimus netissä</p>
Analysointi	Tietokone matriiseilla	Korrelaatiot asenteiden ja toimien välillä
Raportointi	Kirjallinen raportti, nettisivut, interaktiivinen testi	Tunnistetaan ristiriidat asenteiden ja toimien välillä
Resurssit	Muutaman hengen työryhmä	3 ihmistä, 6 kk, 2000 e/kk= 36 000 e.
Oma arvio	On realistinen	Kyllä periaatteessa

# Töiden tulokset

Tekijät	Milla Suomalainen, Lauri Lähteenmäki	Liisa Kolehmainen, Tia-Maria Virtanen
Asiaongelma	Suomen Siikakantojen kehitys 10 vuoden aikana	Ympäristö on roskaainen; ihmiset roskaavat
Tutkimusongelma		Kuinka paljon suomalaiset roskaavat eri ikäluokissa?
Kerättävät tiedot	Kyselyillä ammattikalastus rekisteristä Koekalastuksilla (samat paikat ja ajankohdat) Jotenkin yhdistetään tiedot	Haastattelututkimus Otanta 20% ikäluokasta kunnittain 19-15, 26-36, 37-50, 50-65 vuotiaat ja yli 66v. Kuinka usein heität roskan maahan? Usein/ melko harvoin/harvoin/pakon edessä/en koskaan
Analysointi	Mitä voidaan päätellä tuloksista, epävarmuudet	Prosenttiosuudett, korrelaatiot
Raportointi	Raportti, lähetetään aiheesta kiinnostuneille	Taulukot ja piirakkadiagrammit, raportti
Resurssit	Vaatii jonkun verran rahaa	Kallis ja laaja
Oma arvio	Realistinen hanke	Ongelma ei polttava, ei suuri ongelma

# Kommentteja

Tekijät	Eerika Isometsä, Jenni Nieminen	Heidi Partonen, Nelli Hujanen
Asiaongelma	Yksityisautoilun CO2 päästöt	Muuttuuko kuluttaminen kestävämpään suuntaan?
Tutkimusongelma	CO2 päästöt/henkilö, 5 kaupungin vertailu	Kuluttajien asenteet ja konkreetiset toimet
Kerättävät tiedot	<b>Tiedot löytyvät VTT:n laskentamallista</b>	<b>Nykyisistä tilastoista saadaan jo aika hyvin aineisto kasaan tätäkin varten</b> <b>Nettikysely on aika epävarma keino hankkia edustava otos(?)</b>
Analysointi	<b>? Ollaan kiinnostuneita trendeistä vai mistä?</b>	<b>Miten ihmiset luokitellaan? Korrelaatio</b>
Raportointi	<b>Interaktiivisen sivuston rakentaminen on haaste!</b>	<b>Miksi ollaan kiinnostuneita tästä?</b>
Resurssit	<b>Ei mahdoton taloudellisesti</b>	<b>200 000-300 000 eur.</b>
Arvio	<b>Tarvitaanko tätä? Miksi?</b>	<b>Mihin näitä tietoja tarvitaan? Ympäristöpoliittisiin ohjaustoimenpiteisiin?</b>



# Kommentteja

Tekijät	Milla Suomalainen, Lauri Lähteenmäki	Liisa Kolehmainen, Tia-Maria Virtanen
Asiaongelma	Suomen Siikakantojen kehitys 10 vuoden aikana	Ympäristö on roskaainen; ihmiset roskaavat
Tutkimusongelma		Kuinka paljon suomalaiset roskaavat eri ikäluokissa?
Kerättävät tiedot	<b>Jotta koekalastukset olisivat kattavia tarvitaan niitä todella monessa vesistöissä ja todella paljon; olosuhteiden ja ajankohtien vakioiminen on haaste; onko kovin laajamittainen koekalastus eläinsuojelulain mukaista?</b>	<b>Tiedon keruu kattaisi yli 1 miljoona suomalaista!</b>
Analysointi	<b>Ilmeisesti ollaan kiinnostuneita kannan trendistä</b>	<b>Datamassa olisi aika suuri</b>
Raportointi	<b>Mitä aiheesta kiinnostuneet tekevät tiedoilla?</b>	<b>?? Alueittain vai ikäryhmittäin</b>
Resurssit	<b>Vaatii aika paljon rahaa</b>	<b>Todella kallis</b>
Arvio	<b>Mielenkiintoinen hanke, mutta jotta kattavuus olisi riittävä tarvitaan todella paljon panostusta!</b>	<b>Miten tietoja hyödynnettäisiin? Onko ikä keskeisin roskaamista selittävä tekijä?</b>

# Kommentteja

Tekijät	Eerika Isometsä, Jenni Nieminen	Heidi Partonen, Nelli Hujanen	Milla Suomalainen, Lauri Lähteenmäki	Liisa Kolehmainen, Tia-Maria Virtanen
Asiaongelma	Yksityisautoilun CO2 päästöt	Muuttuuko kuluttaminen kestävämpään suuntaan?	Suomen Siikakantojen kehitys 10 vuoden aikana	Ympäristö on roskainen; ihmiset roskaavat
Tutkimusongelma	CO2 päästöt/henkilö, 5 kaupungin vertailu	Kuluttajien asenteet ja konkreetiset toimet		Kuinka paljon suomalaiset roskaavat eri ikäluokissa?
Kerättävät tiedot	<b>Tiedot löytyvät VTT:n laskentamallista</b>	<p>Nykyisistä tilastoista saadaan jo aika hyvin aineisto kasaan tätäkin varten</p> <p>Nettikysely on aika epävarma keino hankkia edustava otos(?)</p>	<p>Jotta koekalastukset olisivat kattavia tarvitaan niitä todella monessa vesistössä ja todella paljon; olosuhteiden ja ajankohtien vakioiminen</p> <p>on haaste; onko kovin laajamittainen koekalastus eläinsuojelulain mukaista?</p>	<b>Tiedon keruu kattaisi yli 1 miljoona suomalaista!</b>
Analysointi	? Ollaan kiinnostuneita trendeistä vai mistä?	Miten ihmiset luokitellaan? Korrelaatio	Ilmeisesti ollaan kiinnostuneita kannan trendistä	Datamassa olisi aika suuri
Raportointi	Interaktiivisen sivuston rakentaminen on haaste!	Miksi ollaan kiinnostuneita tästä?	Mitä aiheesta kiinnostuneet tekevät tiedoilla?	Taulukot ja piirakkadiagrammit, raportti
Resurssit	Ei mahdoton taloudellisesti	200 000-300 000 eur.	Vaatii aika paljon rahaa	Todella kallis
Arvio	Tarvitaanko tätä? Miksi?	<p>Mihin näitä tietoja tarvitaan? Ympäristöpoliittisiin ohjaustoimenpiteisiin?</p>	<p>Mielenkiintoinen hanke, mutta jotta kattavuus olisi riittävä tarvitaan todella paljon panostusta!</p>	<p>Miten tietoja hyödynnettäisiin? Onko ikä keskeisin roskaamista selittävä tekijä?</p>

# Luento 5

## **Tulevaisuuden tutkimuksen kvantitatiiviset menetelmät**

Aikasarja-analyysi

Optimoiva mallintaminen

Selittävä mallintaminen

Forecasting & Backcasting

Ristikkäisvaikutusanalyysi

Morfologinen kenttä-analyysi

## **Soveltaminen yritystasolla**

Yritysten ympäristöraportointi

Ekotehokkuus

Aurinkotalous

# Tulevaisuuden tutkimuksen tavoitteena on

- luodata muutosta
- saada muutos ennakoitavammaksi (vähentää epävarmuutta)
- tuottaa ennakointitietoa päätöksentekoon
- vaikuttaa toivotun tulevaisuuden rakentamiseen

# Tilastolliset ennakointimenetelmät

- Menetelmät ja metodit
  - Lähtökohdat
  - Skenaariomenetelmät
  - Skenaariotekniikat
  - Skenaariotyypit
- Menetelmien hyödyntäminen tulevaisuuden tutkimuksessa
  - Esimerkki
  - Lopuksi

# Ennakoinnin määritelmä

- Tulevaisuudentutkimuksessa ennakointi on tulevaisuutta ja muuttuvan nykyisyyden hallintaa mennyttä, nykyisyyttä ja tulevaa koskevan tiedon avulla sekä tulevaisuuden kuvaamista, trendien kehityskulun arviointia määrätyn ajanjakson kuluessa, analysointijärjestelmien luomista, kehittämistä ja hyödyntämistä, sekä tulevaisuutta koskevan tiedon tuottamista (sis. tiedon hankinnan, käsittelyn, muokkauksen, analysoinnin ja raportoinnin).

Lähde: Anita Rubin, Tulevaisuuden tutkimuksen käsitteitä. Teoksessa: Tulevaisuuden tutkimus. 2002.

# Kvantitatiivinen ennustaminen

- **Analyysit perustuvat keskeisesti**
  - erilaisiin todellisuutta koskeviin malleihin, joilla pyritään hallitsemaan useiden yhtäaikaisten tekijöiden vaikutusta, tai
  - aikasarjoihin, jolloin on seurattu kiinnostavaa asiaa historiassa ja ennustetaan tulevaisuus menneen perusteella.
- **Yksinkertaisimmillaan menetelmät saattavat olla todennäköisyyksien tai korrelaatioiden laskemista tai selvittämistä**
  - menetelmät on kohtuullisen helppo toteuttaa pienemmillään matemaattisilla perustaidoilla
- **Toisaalta laskennalliset menetelmät voivat olla hyvinkin monimutkaisia (epälineaarinen mallinnus, simulaatiomallit).**

# Tilastollisten menetelmien kenttä

## **Trendiennusteet** (jatketaan nykyistä kehityskulkua tulevaisuuteen)

- Aikasarjojen estimointi (huomioidaan trendeissä kausivaihtelut)
- Regressioanalyysi (tulevaisuus jatkuu ennustettavasti usean tekijän suhteen. Jokin tietty muuttuja riippuu kausaalisesti yhdestä tai useammasta muuttujasta. Riippuvuussuhde ilmaistaan tällöin algebrallisena yhtälönä, jossa seuraus eli selitettävä näyttää aineiston mukaan riippuvan syystä eli selittäjästä)
- S-käyrä-analyysi (tietyn tekijän suhteen muutosnopeus hidastuu loivan s-kirjaimen muotoiseksi, esim. kännyköiden yleisyys saturoituu ja ostohalukkuus pienenee)
- Historialliset analogiat (muuttuminen seuraa samantyyppisenä kuin historiassakin)

**Ristivaikutusanalyysi** (keskeisenä ajatuksena on käyttää ja kvantifioida tulevaisuuden kartoituksessa vaihtoehtoisia tulevaisuuskuvia)

**Simulaatiot**

**Mallinnus**



# Lineaarinen regressioanalyysi

**Lineaarinen regressioanalyysi** on analyysimenetelmä, jossa aineiston perusteella estimoidaan tarkasteltavan muuttujan lineaarista riippuvuutta selittävistä muuttujista. Menetelmää sovelletaan lähes kaikilla tieteenaloilla, joilla tehdään empiiristä tutkimusta.

**Pienimmän neliösumman menetelmällä** (PNS-menetelmä) pyritään löytämään aineistolle paras sovite. PNS-menetelmässä residuaalien eli soviteen ja aineiston pisteiden erotuksen neliöiden summaa ts. estimaatit valitaan siten, että residuaalien neliöiden summa minimoidaan.

# Lineaarinen regressioanalyysi

$$y = \alpha + \beta x + E_j$$

$E_j$  on mallin jäännösvirhe eli residuaali. Kun mallin parametrit estimoidaan pienimmän neliösumman menetelmällä, valitaan estimaatit siten, että residuaalien neliöiden summa minimoidaan. Yleensä lineaarisessa regressioanalyysissä tehdään Gauss-Markov -oletukset:

- Virhetermit ovat satunnaisia ja niiden odotusarvo on 0.
- Virhetermit ovat korreloimattomia (toisinaan tehdään vahvempi riippumattomuusoletus).
- Virhetermit ovat homoskedastisia eli niiden varianssi on vakio.

# Skenaarioiden laadinnan lähtökohdat

- Tulevaisuuden ennustaminen on vaikeaa; erotettava toisistaan se, mikä on mahdollista, todennäköistä ja toivottavaa
- Ennustamisesta skenaarioihin; tosiasioiden sekä uusien ideoiden ja näkökulmien yhdistäminen kuvauksiksi tulevaisuudesta
- Skenaario on tulevaisuudentilan kuvaus, joka sisältää kuvauksen nykytilasta ja kertoo loogisesti tapahtumaketjut ja prosessit nykytilan ja tulevaisuudentilan välillä
- Hajanaisen ja epämääräisen tiedon syntetisoimista johdonmukaisiksi kokonaiskuviksi tulevaisuudesta

# Aikasarjaennusteet

Ennusteet perustuivat aiemmin lähes poikkeuksetta nykyisille aikasarjatrendeille. Nykyisten trendien jatkaminen sellaisinaan tulevaisuuteen johtaa helposti ennusteiden ”räjähtämiseen”.

”Ennustaminen, etenkin tulevaisuuden ennustaminen on vaikeaa”. Ns. villit kortit, heikot signaalit, megatrendit (odottamattomat, kehityksen suuntaan suuresti vaikuttavat tapahtumat) pitää myös huomioida.

# Skenaariomenetelmä

Tulevaisuuden skenaario on vapaamuotoinen ja näkemyksellinen, mutta samalla myös yksityiskohdiltaan tieteellisesti perusteltu kertomus jostain mahdollisesta tulevaisuuden tilasta.

Kertomus perustuu tällä hetkellä olemassa olevaan tieteelliseen tietoon ja siitä vedettäviin loogisiin johtopäätöksiin.

Skenaariona ilmenevä tulevaisuudentilan kuvaus (kertomus) muodostuu 1) nykytilan analyysistä ja 2) niiden loogisten tapahtumaketjujen, päätösten, valintojen ja prosessien kuvauksista, jotka johtavat nykytilasta mahdolliseen tulevaisuuteen (forecasting), tai vaihtoehtoisesti mahdollisesta tulevaisuudentilasta nykyhetkeen (backcasting)

Skenaariomenetelmä kehitettiin II maailmansodan jälkeen Yhdysvalloissa sekä Ranskassa. Käsitteen toi yleiseen käyttöön Herman Kahn vuonna 1967.

# Skenaarioajattelu

Skenaarioajattelu on yhteiskunnan, organisaation tai tapahtumien kehityskulkua analysoiva tarkastelutapa. Tulevaisuutta ei nähdä yhtenä, jo valmiiksi määrättyä vaan usean erilaisen, vaihtoehdoisen tulevaisuudentilan mahdollisuutena.

Skenaarioajattelu otettiin käyttöön teatteritaiteen piiristä, jossa skenaario tarkoittaa ohjaajan käsikirjoitusversiota.

Skenaarioajattelu lisää toimijan joustavuutta strategioiden valinnassa ja antaa siten mahdollisuuden varautua samanaikaisesti moniin erilaisiin tulevaisuuksiin. Skenaarioajattelu onkin nykyisin tulevaisuudentutkimuksen piirissä yleisimmin vaikuttava ajattelutapa.

# Skenaariomenetelmät

## Ennustava

- Mitä tapahtuu?
- Ennusteet
- Mitä jos?

## Tutkiva

- Mitä voi tapahtua?
- Ulkoiset vaikutukset
- Strateginen

## Normatiivinen

- Kuinka tavoite voidaan saavuttaa?
- Säilyttävä
- Muutosten vaikutukset

# Skenaariotekniikat

Skenaarioiden rakentamisen kolme vaihetta:

- Ideoiden tuottaminen
- Ideoiden yhdistäminen kokonaisuuksiin
- Konsistenssin testaus



# Skenaariotyyppit ja tekniikat

	Tuottaminen	Yhdistäminen	Konsistenssi
<b>Ennustava</b> Ennusteet Mitä jos?	Surveyt Paneelit Delphi menetelmät	Aikasarja-analyysi Selittävä mallintaminen Optimoiva mallintaminen	
<b>Tutkiva</b> Ulkoiset vaikutukset Strateginen	Surveyt Paneelit Delphi menetelmät	Selittävä mallintaminen Optimoiva mallintaminen	Muoto-opillinen kenttä-analyysi Ristikkäisvaikutus
<b>Normatiivinen</b> Säilyttävä Muuttuva	Surveyt Paneelit Delphi menetelmät Backcasting & Backcasting Delphi	Optimoiva mallintaminen	Muoto-opillinen kenttä-analyysi

# Forecasting ja Backcasting

- Ennustamisessa (Forecasting) skenaariot perustuvat nykyisille aikasarjatrendeille.
- Backcasting on tapa generoida normatiivisia skenaarioita haluttuun tulevaisuuteen;
- ensin määritellään haluttu tulevaisuuden
- tila ja sitten määritellään strategia jolla siihen päästään nykytilasta
- Backcasting on käyttökelpoinen menetelmä kun
- ennustaminen ei johda haluttuun tulevaisuuden tilaan. Vältetään asioiden ”lukkiutuminen”

# Yhdistävät tekniikat

**Time series analysis** is a quantitative technique to make forecasts by extrapolating one variable into the future based on historical values of the same variable. In time-series analysis, the analyst looks for patterns as trends and cycles that can be projected. Example: population predictions.

**Explanatory modelling** : inter-relationships between variables are taken into account by projecting not variables but relationships into the future. The term explanatory model is used to describe one type of forecasting models , but we do not confine the term to represent forecasts. Example: Linear Energy models.

**Optimising modelling**: projects relationships into the future but are distinguished from explanatory modelling by explicitly having an optimising aim. There are a vast amount of different mathematical optimization techniques aiming at maximizing or minimizing some kind of utility or cost.

# Aikasarjaskenaariot

- Ennusteet perustuvat yleensä nykyisille aikasarjatrendeille.
- Siirryttäessä ennusteista skenaarioihin nykyisten trendien jatkamisesta tulee BAU-skenaario.
- Näiden ohella käytetään vähintään kahta muuta toivottavaan asioiden tilaan tai pahimpaan mahdolliseen lopputulokseen perustuvaa skenaariota.
- Kehityksen toivotaan löytyvän näiden äärivaihtoehtojen väliltä.

# Hyvän skenaarion ominaisuudet

## **Mahdollinen**

objektiivisesti siten, että asioiden ja tapahtumaketjujen kehityskulut ovat uskottavia käytettävissä olevan tiedon perusteella sekä psykologisesti siten, että toimijoiden valinnat ovat ymmärrettäviä ja selitettävissä henkilöhistorian ja yleisten käyttäytymistä koskevien oletusten perusteella;

## **Sosiaalisesti uskottava**

mukana ovat kuvaukset oleellisista toimijoista, toiminnoista, valinnoista, taustoista, yhteyksistä, ajankohdista ja materiaaleista;

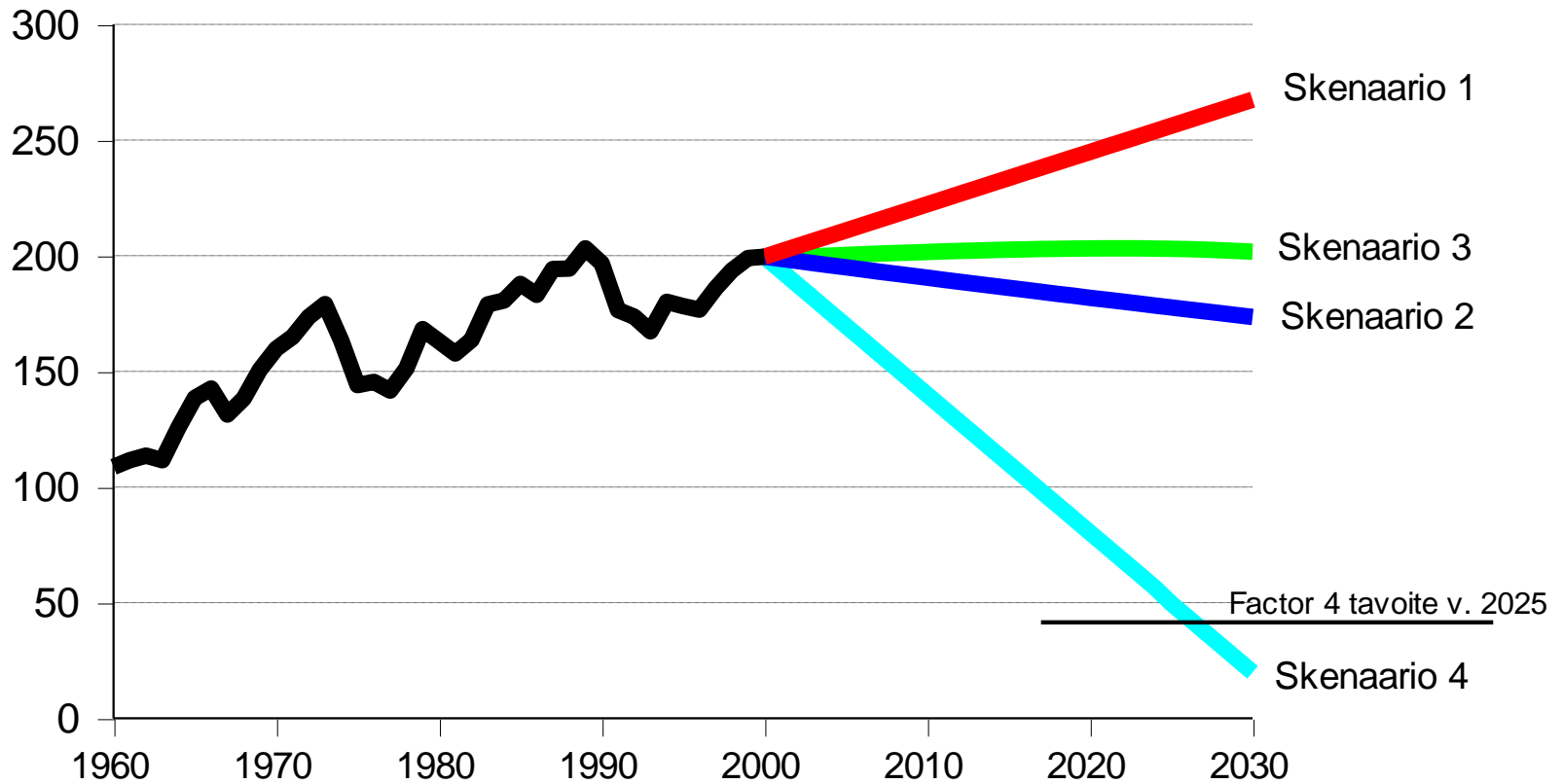
## **Selkeä ja johdonmukainen**

oletukset ihmisten toiminnoista ja valinnoista ovat selitettävissä myös arvojen, asenteiden, kulttuuristen käsitysten, perinteiden ja historian pohjalta;

## **Kiinnostava**

sisältää jotain oleellisesti uutta ja H on tehokas päätöksenteon työkalu.

# Esimerkki: Suomen suoran materiaalien kulutuksen skenaariot



# Aikasarjaskenaarioiden hyödyntäminen

- Aikasarjaskenaariot tuovat kvantitatiivisen ulottuvuuden tulevaisuuden tutkimukseen.
- Aikasarjaskenaariot vastaavat kysymykseen mitä on tapahtumassa tuottamalla vaihtoehtoisia ennusteskkenaarioita.
- Aikasarja-analyysin avulla voidaan asettaa kysymyksiä, mitä tapahtuisi jos skenaarioiden lähtökohtia muutetaan.

# Skenaariotyyppit ja tekniikat

	Tuottaminen	Yhdistäminen	Konsistenssi
<b>Ennustava</b> Ennusteet Mitä jos?	Surveyt Paneelit Delphi menetelmät	Aikasarja-analyysi Selittävä mallintaminen Optimoiva mallintaminen	
<b>Tutkiva</b> Ulkoiset vaikutukset Strateginen	Surveyt Paneelit Delphi menetelmät	Selittävä mallintaminen Optimoiva mallintaminen	Muoto-opillinen kenttä-analyysi Ristikkäisvaikutus
<b>Normatiivinen</b> Säilyttävä Muuttuva	Surveyt Paneelit Delphi menetelmät Backcasting & Backcasting Delphi	Optimoiva mallintaminen	Muoto-opillinen kenttä-analyysi



# Konsistenssi - Morphological Field Analysis

Morphological field analysis was developed by Fritz Zwicky – the Swiss-American astrophysicist and aerospace scientist based at the California Institute of Technology (CalTech) – as a method for structuring and investigating the total set of relationships contained in multi-dimensional, nonquantifiable, problem complexes. Zwicky applied this method to such diverse tasks as the classification of astrophysical objects, the development of jet and rocket propulsion systems and the legal aspects of space travel.

More recently, morphological analysis has been extended and applied by a number of researchers in the USA and Europe in the field of futures studies, policy analysis and strategy modeling.

Morphological analysis can be used as a useful, conceptual modeling method for investigating non-quantified problem complexes, which cannot be treated by formal mathematical methods, causal modeling and simulation. As is the case with all modeling methods, the output of a morphological analysis is no better than the quality of its input.



# Morfologinen kenttä

PARAMETER \ VALUE			
PARAMETER A			
PARAMETER B			
PARAMETER C			
PARAMETER D			

# Case: rannekello

Key Parameters \ Alternates		Alternates			
		1	2	3	4
Energy Source	A	Manual Winding	Vibration	Battery	Solar
Energy Store	B	Weight Store	Spring Store	Bimetallic Coil	No Store
Motor	C	Spring Motor	Electric Motor		
Regulator	D	Balance Wheel	Pendulum	Tuning Fork	Quartz
Gearing	E	Pinion Drive	Chain Drive	Worm Drive	
Indicator Device	F	Dial Hands	Slide Marks	Liquid Quartz	Light Indicators

Figure 13: A morphological matrix for clocks.

The analysis is usually initiated by starting with a well-known or existing solution (A1-B1-C1-D1-E1-F1), and changing one element at a time. Alternate methods (e.g., A2-B2-C1-D1-E1-F1) are analyzed to find potential improvements in current technology. The solutions can be examined for efficiency, and estimates then made of the time when the alternative technologies might be available.

# Morphological Field

Geographic priority	Functional priorities	Size and cramming	New construction	Maintenance	General philosophy
Metropolises	All socio-tech. functions	Large, not crammed	With new construction	More frequent maintenance	All get same shelter quality
Cities + 50,000	Tech support systems	Large & crammed	Compensation	Current levels	All take same risk
Suburbs and countryside	Humanitarian aims	Small, not crammed	New only for defence build up	No maintenance	Priority: Key personnel
No geo-priority	Residential	Small & crammed			Priority: Needy

Segment of morphological field for the Swedish bomb shelter program study, showing one of 2304 possible (formal) policy solutions

# Konsistenssi – Cross Impact Analysis

**Cross Impact Analysis** analyses interdependencies between events. The matrix lists a number of events that may occur along the rows and the columns of the matrix. Usually the events are the same in the rows and in the columns. The column element give the probability of occurrence of that row element to occur.

The consistency of different forecasts is in the cross-impact analysis tested as regards causality. One application of the cross-impact analysis is to test policies.

The probability of an event can be adjusted as if a policy were tailored for that purpose, and the influence on the probability of the other events might then be examined. The cross-impact analysis can be used to analyse forecasts no matter how they are obtained and regardless of whether they come from the same source.



# Cross Impact Matrix

Event i

<b>Effect &gt; Cause V</b>	<b>Factor 1</b>	<b>Factor 2</b>	<b>Factor 3</b>	<b>Factor 4</b>	<b>Factor 5</b>	<b>Factor 6</b>	<b>Factor 7</b>	<b>Factor 8</b>	<b>Factor 9</b>	<b>Factor 10</b>	<b>Active Sum</b>
<b>Factor 1</b>	X	1	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>2</b>
<b>Factor 2</b>	1	X	0	0	1	0	0	0	0	0	<b>2</b>
<b>Factor 3</b>	0	0	X	0	1	0	1	0	0	1	<b>3</b>
<b>Factor 4</b>	1	1	0	X	1	0	0	1	0	1	<b>5</b>
<b>Factor 5</b>	1	1	0	0	X	0	0	0	0	0	<b>2</b>
<b>Factor 6</b>	0	0	1	1	0	X	0	1	1	1	<b>5</b>
<b>Factor 7</b>	0	0	1	0	1	0	X	0	0	0	<b>2</b>
<b>Factor 8</b>	1	0	0	0	1	0	0	X	0	0	<b>2</b>
<b>Factor 9</b>	0	1	0	1	0	1	0	0	X	0	<b>3</b>
<b>Factor 10</b>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	X	<b>3</b>
<b>Passive Sum</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	

# Esimerkki

<b>Effect &gt; Cause V</b>	<b>Factor 1</b>	<b>Factor 2</b>	<b>Factor 3</b>	<b>Factor 4</b>	<b>Factor 5</b>	<b>Factor 6</b>	<b>Factor 7</b>	<b>Factor 8</b>	<b>Factor 9</b>	<b>Factor 10</b>	<b>Active Sum</b>
<b>Factor 1</b>	X	1	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>2</b>
<b>Factor 2</b>	1	X	0	0	1	0	0	0	0	0	<b>2</b>
<b>Factor 3</b>	0	0	X	0	1	0	1	0	0	1	<b>3</b>
<b>Factor 4</b>	1	1	0	X	1	0	0	1	0	1	<b>5</b>
<b>Factor 5</b>	1	1	0	0	X	0	0	0	0	0	<b>2</b>
<b>Factor 6</b>	0	0	1	1	0	X	0	1	1	1	<b>5</b>
<b>Factor 7</b>	0	0	1	0	1	0	X	0	0	0	<b>2</b>
<b>Factor 8</b>	1	0	0	0	1	0	0	X	0	0	<b>2</b>
<b>Factor 9</b>	0	1	0	1	0	1	0	0	X	0	<b>3</b>
<b>Factor 10</b>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	X	<b>3</b>
<b>Passive Sum</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	



# Ristikkäisvaikutusanalyysimatriisi

Case	Scenario	Groups and events																												
A1	A1-1	G1					G2					G3					G4					G5								
		O6	A6	R6	L6	W1	O5	R5	A5	L5	O3	R3	A3	L3	O4	O7	R4	R7	A4	A7	L4	L7								
		1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1								
		(0.25)	(0.16)	(0.23)	(0.33)																									
A1-2	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1									
		(0.25)	(0.14)	(0.23)	(0.33)																									
A2	A2-1	G1				G2				G3				G4				G5												
	O8	R8	A8	L8	O6	R6	A6	L6	W1	O4	O7	R4	R7	A4	A7	L4	L7	O5	R5	A5	L5	O3	R3	A3	L3	O2	R2	A2	L2	
	1	1	1	1	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1	0	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	(0.27)	(0.41)	(0.40)	(0.16)	(0.15)	(0.37)	(0.31)																							
	A2-2	1	1	1	1	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1	0	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	(0.27)	(0.41)	(0.40)	(0.16)	(0.15)	(0.37)	(0.31)																							
A2-3	0	0	0	0	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0		
(0.20)	(0.41)	(0.49)	(0.17)	(0.32)	(0.28)	(0.31)																								
A2-4	0	0	0	0	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0		
(0.20)	(0.41)	(0.49)	(0.17)	(0.32)	(0.28)	(0.31)																								
A2-5	0	0	0	0	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0		
(0.20)	(0.41)	(0.49)	(0.16)	(0.28)	(0.31)	(0.31)																								
A2-6	0	0	0	0	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
(0.20)	(0.41)	(0.49)	(0.16)	(0.28)	(0.31)	(0.31)																								
B1	B1-1	G1					G2					G3					G4					G5								
		O6	A6	R6	L6	W1	O7	O4	R7	R4	A7	A4	L7	L4	L5	A5	R5	O5	O2	O3	R2	R3	A2	A3	L2	L3				
		1	1	1	1	1	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0				
(0.36)	(0.59)	(0.27)	(0.17)																											
B1-2	1	1	1	1	1	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1 <sub>p</sub>	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0					
(0.29)	(0.15)																													
B2	B2-1	G1				G2				G3				G4				G5												
		O8	R8	A8	L8	O6	R6	A6	L6	W1	A7	L7	O7	R7	O4	R4	A4	L4	O5	R5	A5	L5	O2	R2	A2	L2	O3	R3	A3	L3
		1 <sub>p</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		(0.33)	(0.36)	(0.37)	(0.20)																									
B2-2	0	0	0	0	1 <sub>p</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
(0.33)	(0.36)	(0.37)	(0.17)																											
B2-3	0	0	0	0	1 <sub>p</sub>	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(0.33)	(0.32)	(0.37)	(0.21)																											
B2-4	1 <sub>p</sub>	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0					
(0.33)	(0.32)	(0.37)	(0.18)																											

Tauko

# Soveltaminen yritystasolla

- Ympäristötilastotieteen soveltaminen yritystasolla: yritysten ympäristö- ja vastuullisen toiminnan raportit ja menetelmät
- Yritysten ekotehokkuuden tarkastelu ja arviointi

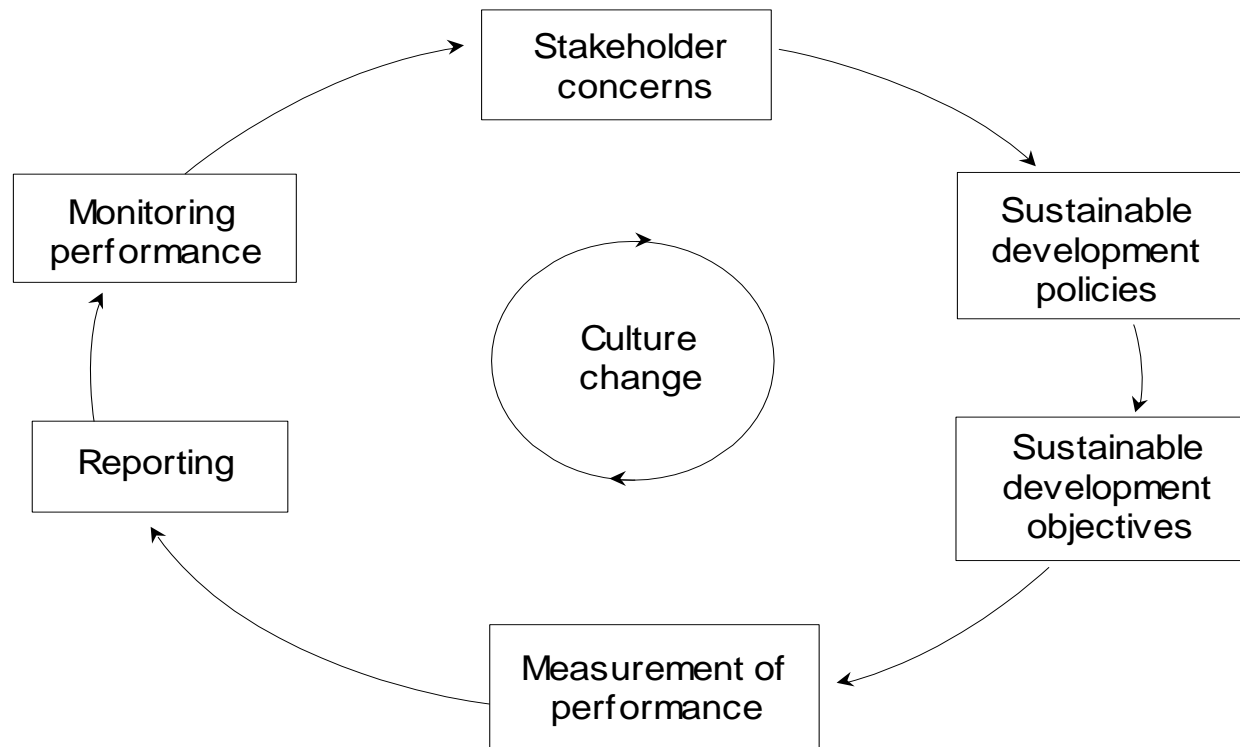
# Yritysten ympäristöraportointi

- Ympäristöraportin pitäisi kuvata rehellisesti niitä toimia, joita yritys tai organisaatio on tehnyt ja joilla on välitön tai välillinen kytkös ympäristönäkökohtiin. Välittömät ympäristönäkökohdat ovat tärkeitä teollisissa toiminnoissa ja välilliset vaikutukset korostuvat erityisesti muilla kuin teollisilla toimialoilla.
- Ympäristöraportteja vertailtaessa ei oteta kantaa ympäristönsuojelun tasoon. Silti hyvässä raportissa näkyy ympäristönsuojelun tason jatkuva parantuminen.
- Suomessa ainakin 700 yrityksellä on järjestelmä, joka tuottaa tiedot ympäristöraporttia varten. Kuitenkin vain noin 200 yritystä raportoi eli kertoo sidosryhmilleen ympäristö- ja yhteiskuntavastuuasioistaan.

# Jälkitekollisen talouden haasteita Suomelle

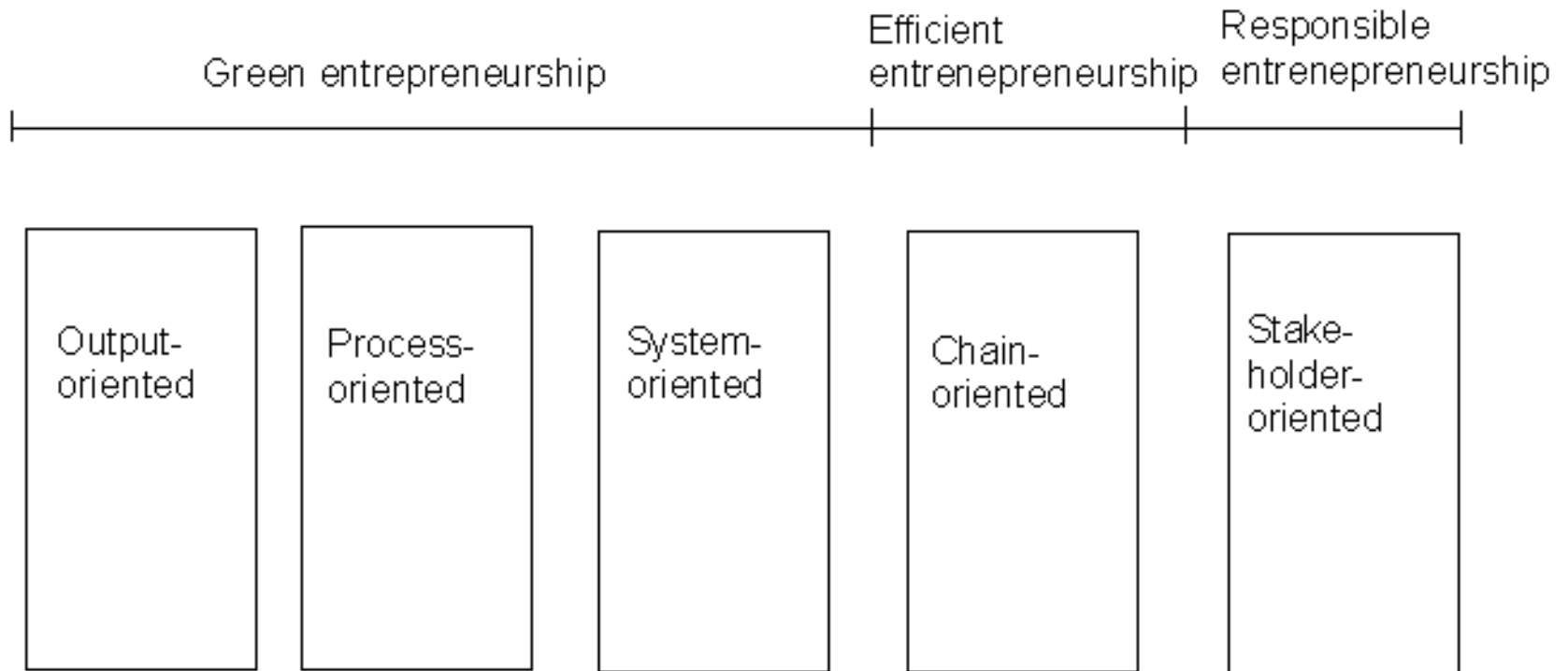
- Suomen talouden perusta on ollut huomattavan luonnonvaraintensiivinen. Vasta viime vuosina on tapahtunut talouden ja materiaalien irtikytkentää. Tätä ekotehokkuuden paranemista pitäisi vahvistaa.
- Ympäristöasioiden hallinta pitää integroida muuhun päätöksentekoon.
- Suomen päästöjen väheneminen perustuu lähes pelkästään teknisiin ratkaisuihin. Taloudellisia ohjauskeinoja ei ole vielä hyödynnetty vaikka ne olisivat tehokkaita teknisten innovaatioiden lisäämiseksi.

# Managing sustainable development in business

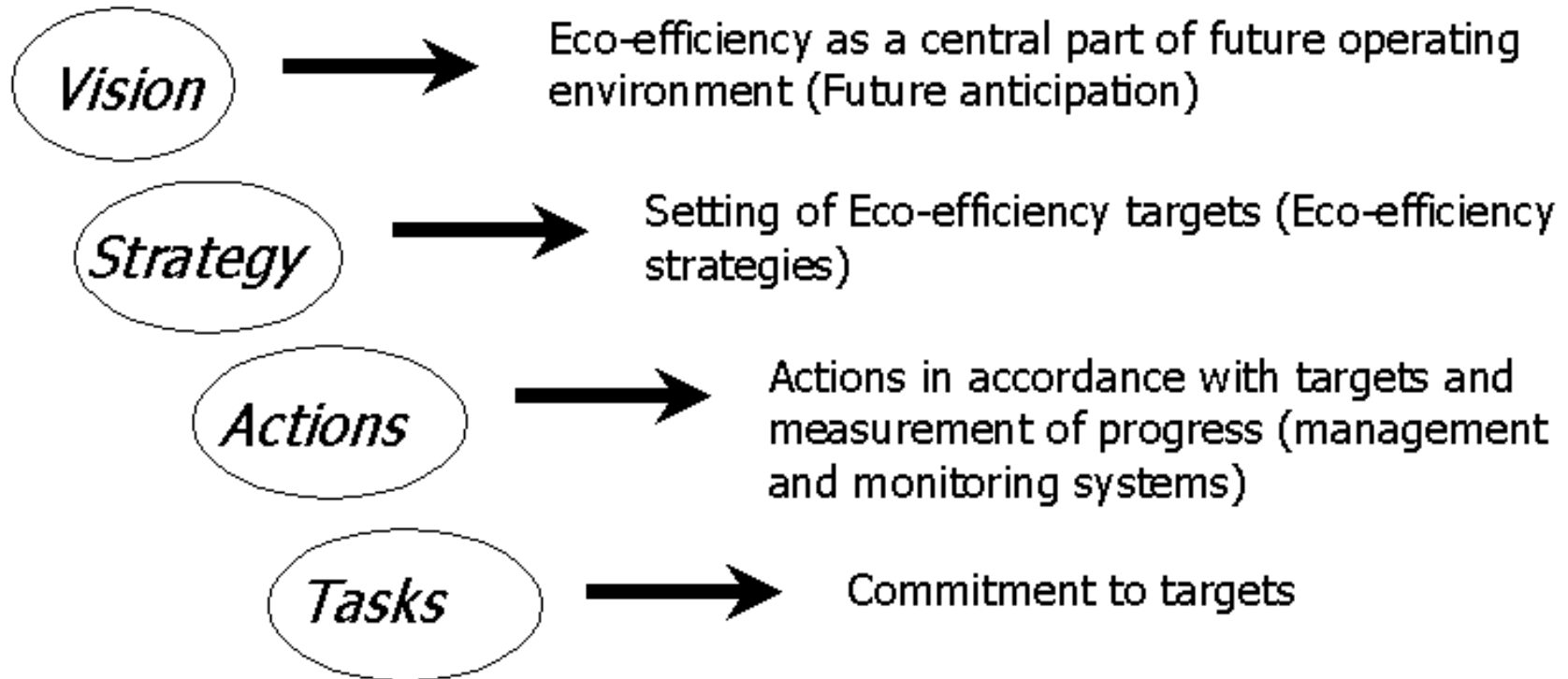


Source: Welford (1997, 200)

# Different phases for sustainable business development



# Managing sustainable development in business





# Ekotehokkuuden käsite

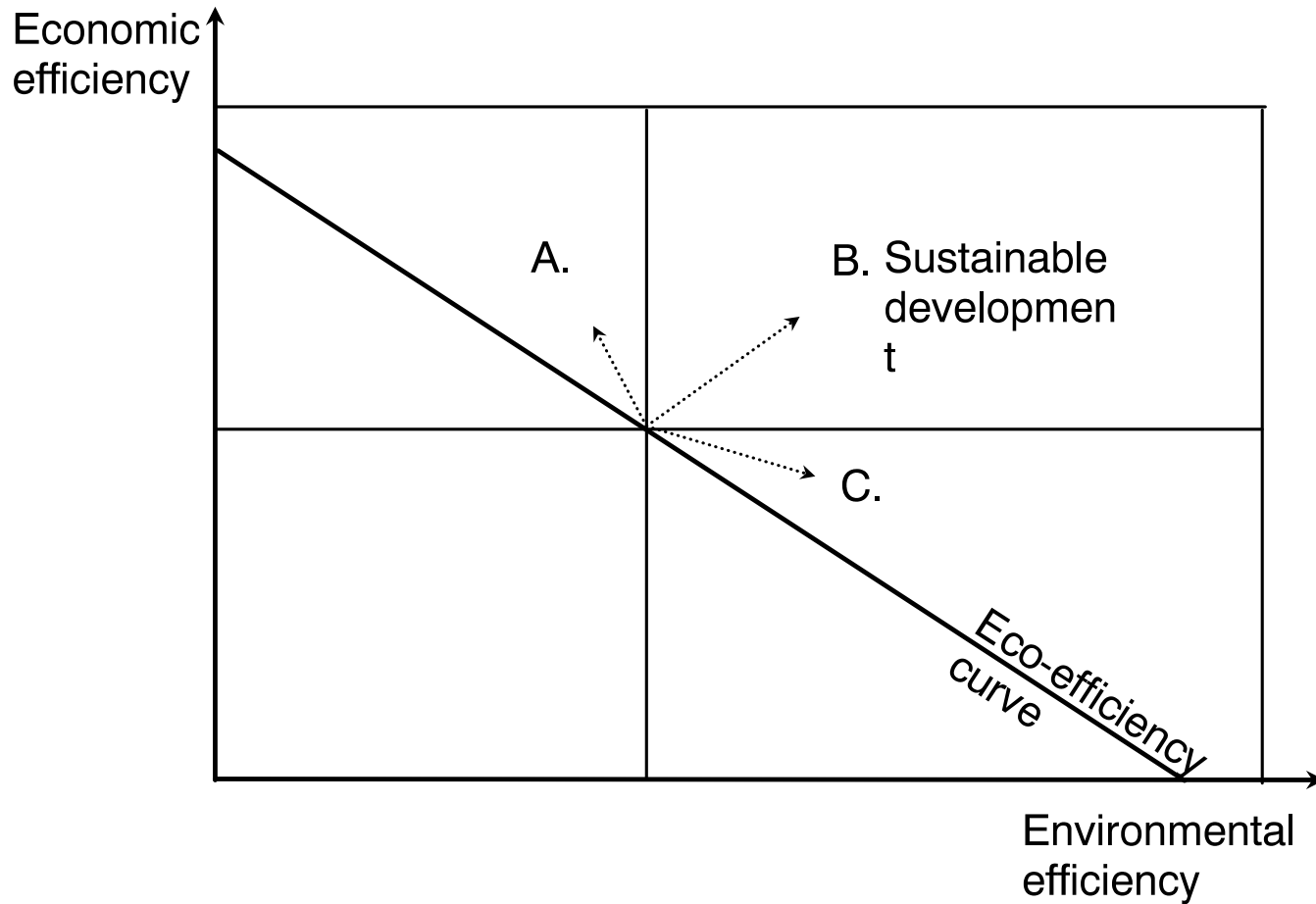
WBCSD (1992):

”Ekotehokkuus saavutetaan tarjoamalla kilpailukykyisesti hinnoiteltuja tuotteita ja palveluja, siten että inhimilliset tarpeet tyydytetään ja elämän laatu taataan, ja samalla lisääntyvässä määrin vähennetään tuotannon elinkaaren aikaisia ekologisia vaikutuksia ja tuotteiden resurssi-intensiivisyyttä vähintään tasolle, joka vastaa maapallon arvioitua kantokykyä.”

# Ekotehokkuuden käsitteen tausta

- Materiaalivirtatilinpidot 1970 -
- Kestävä kehitys 1987:  
”tydyttää nykyhetken tarpeet ja säilyttää tulevien sukupolvien mahdollisuuden omien tarpeidensa tyydyttämiseen”
- Rion ympäristö- ja kehityskonferenssi 1992:  
”Maapallon kantokyvyn määrittely?”
- SEEA käsikirja 1993
- Schaltegger ja Sturm 1990:  
Ekotehokkuus on ”halutun tuotoksen suhde yhtä ympäristövaikutusyksikön lisäystä kohden”.

# Ekotehokkuus



# Ekotehokkuuden mittaaminen

Generally efficiency is equal to benefit per costs, which is smaller than 1.

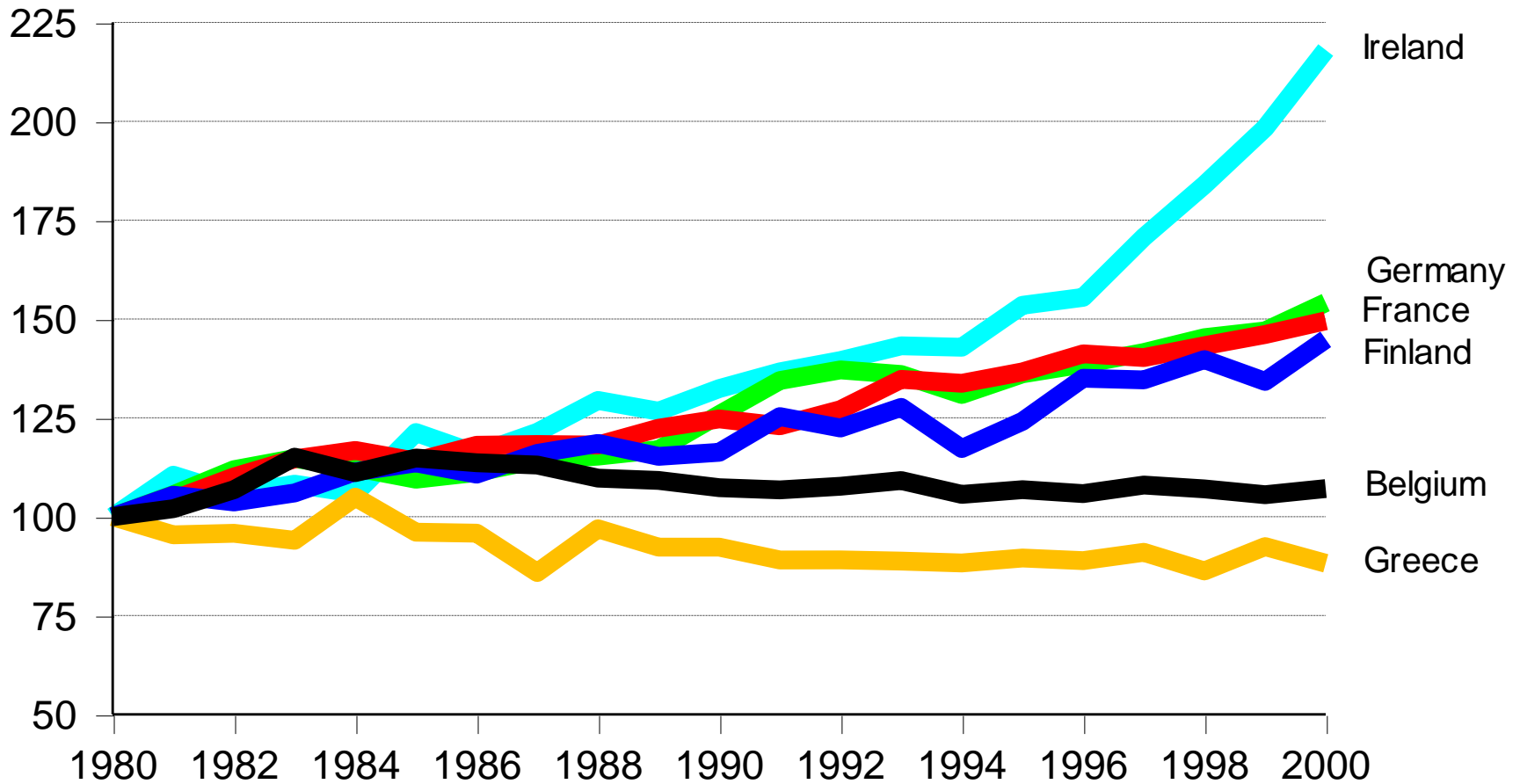
Improvement in the quality of life

OECD (1997): Eco-efficiency =  $\frac{\text{Improvement in the quality of life}}{\text{Costs + Resources + Damages}}$

Value added

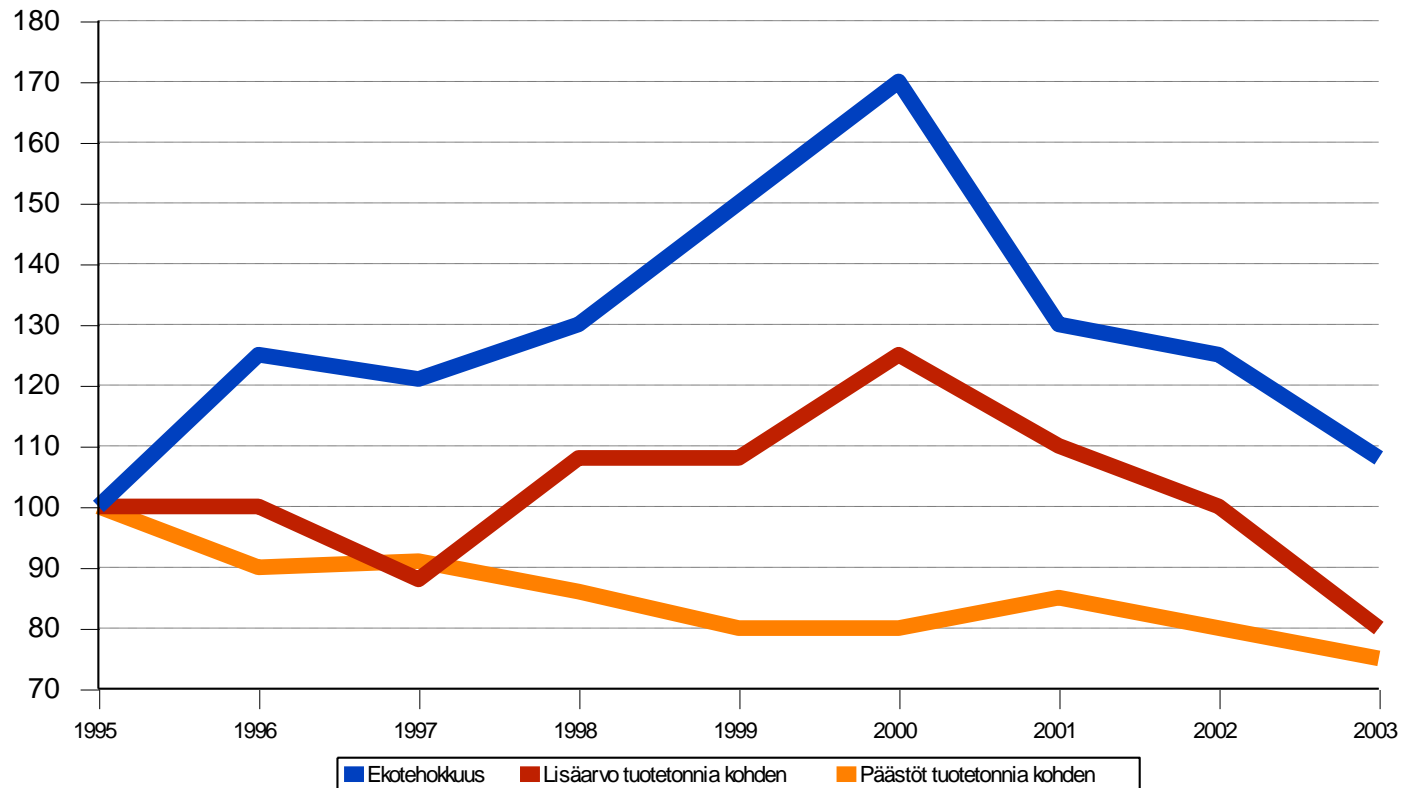
Schaltegger&Burritt (2000): Eco-efficiency =  $\frac{\text{Value added}}{\text{Environmental impact added}}$

# Ekotehokkuus eräissä EU maissa (BKT per DMI) (1980=100)

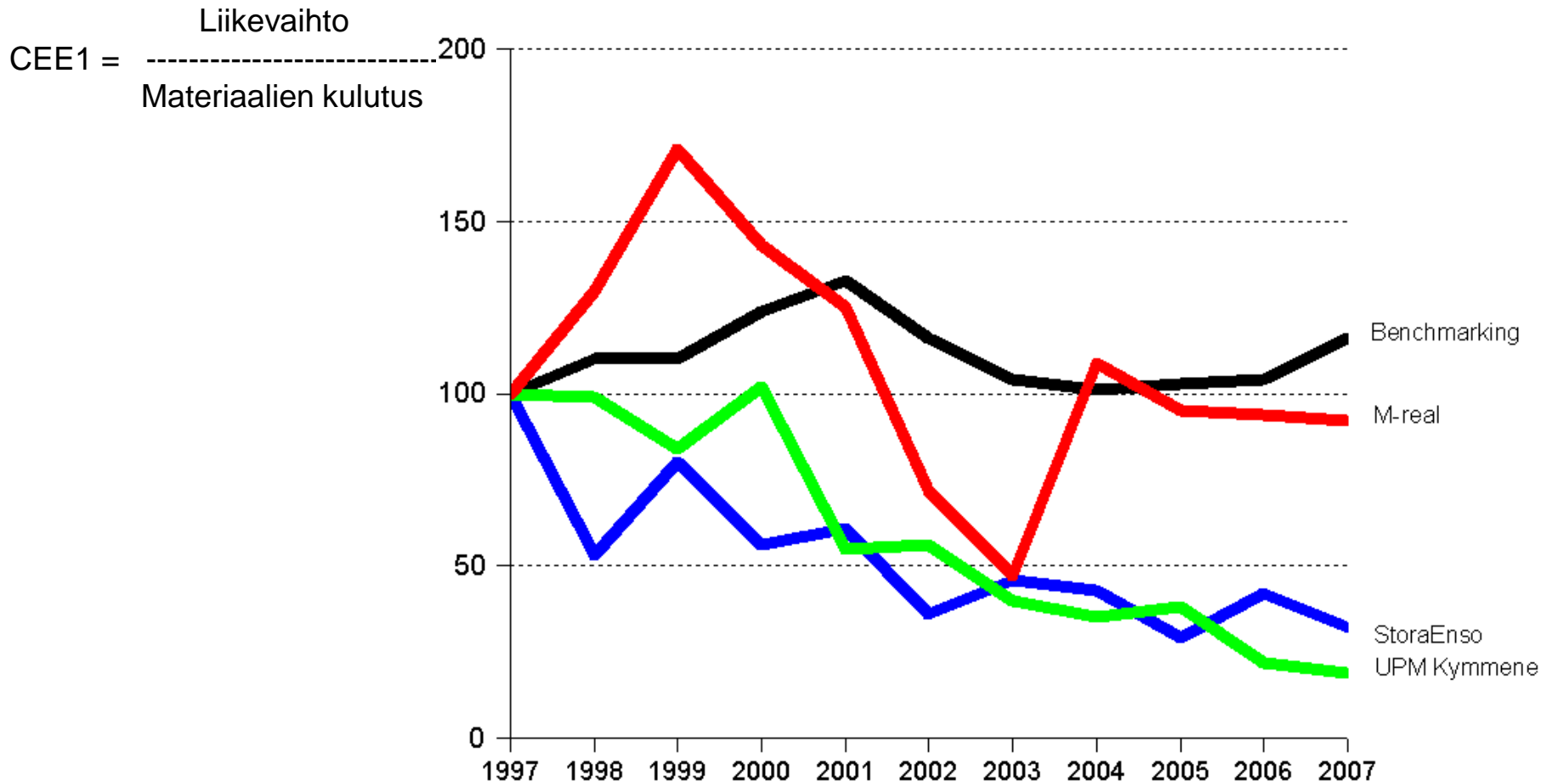


# CASE: M-Realin ekotehokkuusmittari 1997-2003

$$\text{Ekotehokkuus} = \frac{\text{lisäarvo}}{\text{ympäristöhaitta}} = \frac{\text{palkkakulut + voitto}}{\text{kokonaishaitta (painotetut päästöt)}}$$



# Metsäteollisuusyritysten ekotehokkuuden kehitys (1997=100)

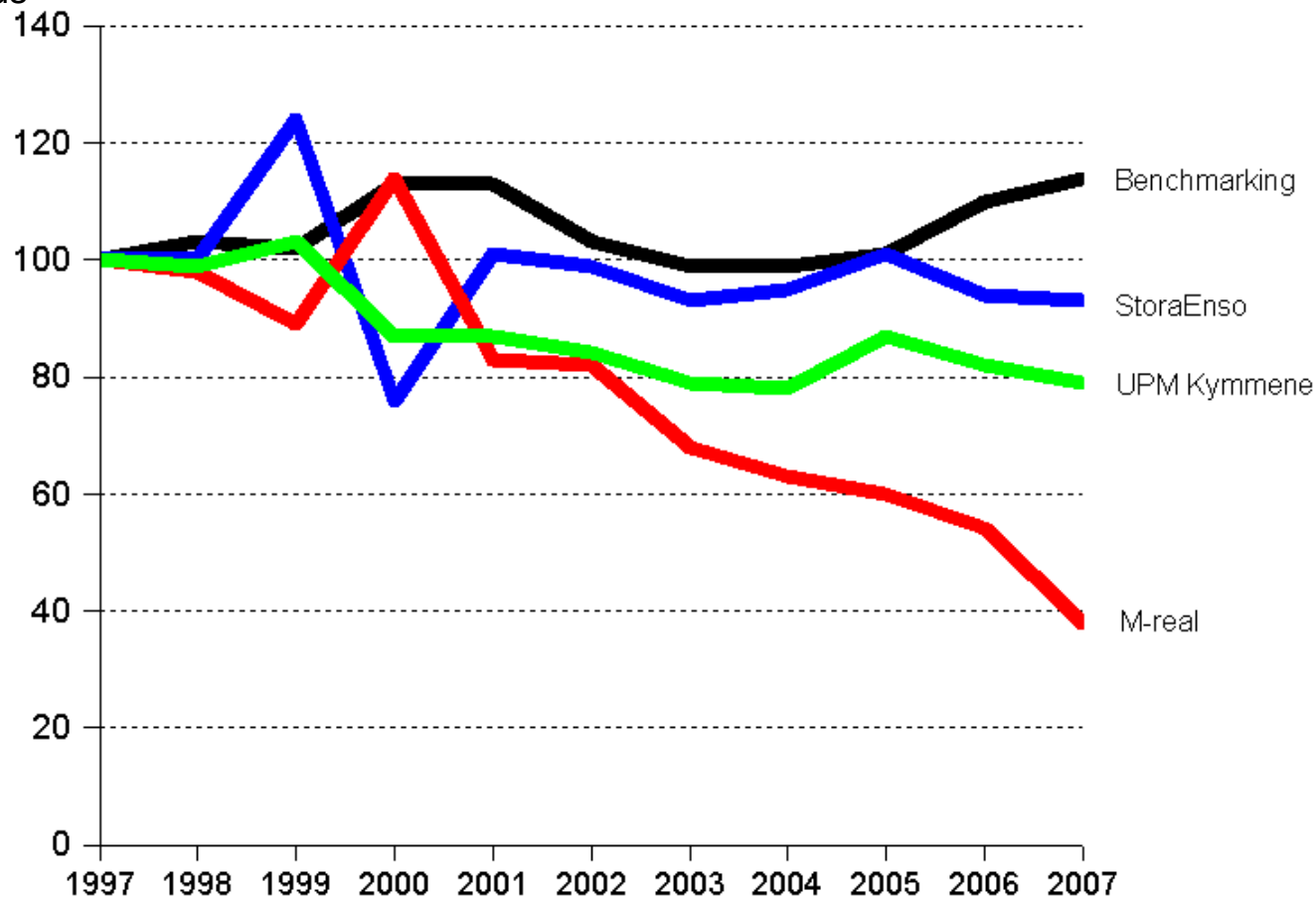


# Metsäteollisuusyritysten ekotehokkuuden kehitys (1997=100)

Maksetut palkat + voitto

CEE2 = -----

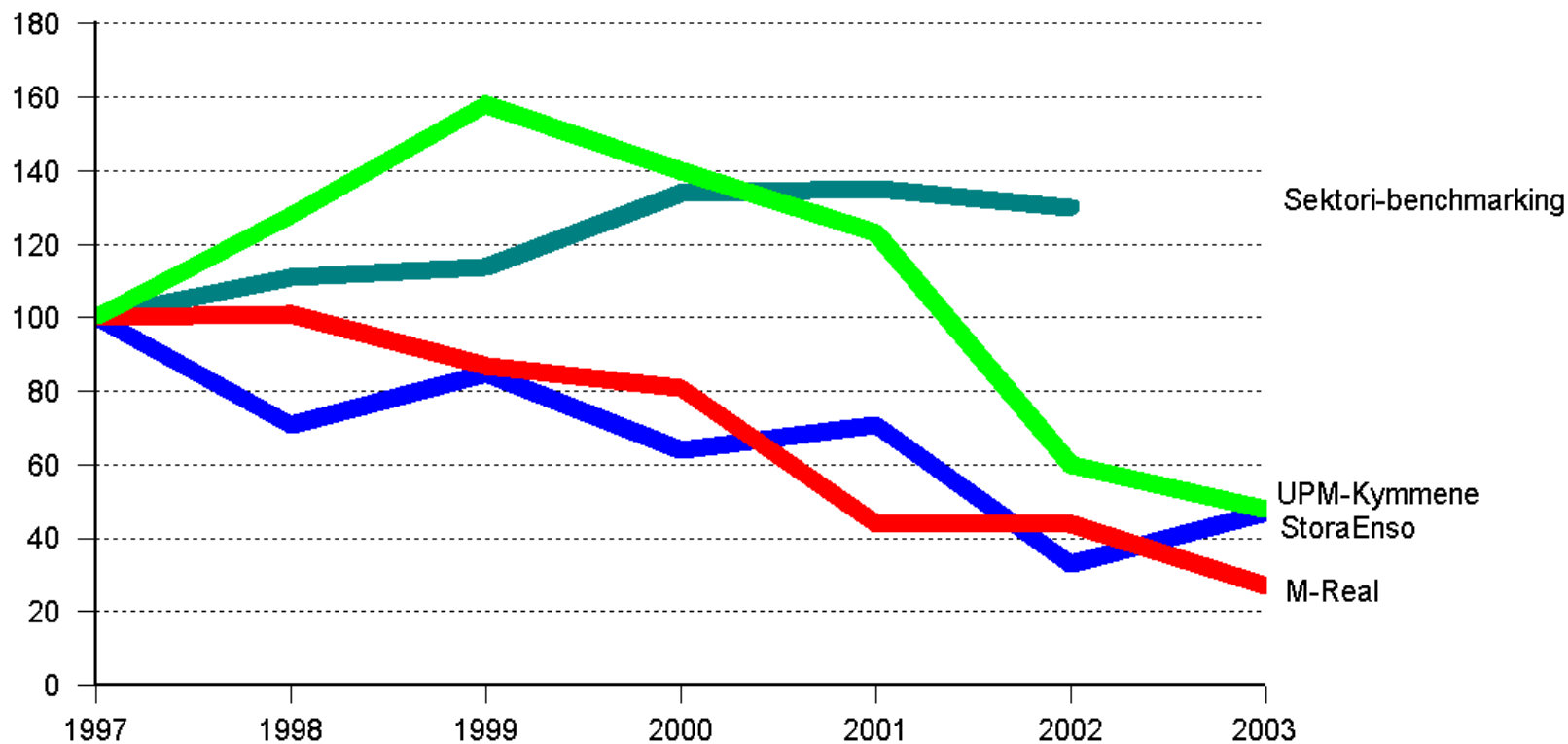
Materiaalien kulutus





# Metsäteollisuusyritysten ekotehokkuuden kehitys (1997=100)

$$CEE3 = \frac{\text{Maksetut palkat} + \text{Liikevoitto} - \text{Päästökustannukset}}{\text{Materiaalien kulutus}}$$



# Environmental reporting and use of eco-efficiency approach at Helsinki Stock Exchange in August 2007

Branch	No. of companies <sup>1</sup>	Environmental/CSR report <sup>2</sup>	Environmental monitoring <sup>3</sup>	Eco-efficiency mentioned <sup>4</sup>	Eco-efficiency as a target <sup>5</sup>	Eco-efficiency in numbers <sup>6</sup>
Energy	1	1	1	0	0	0
Basic Industry	10	7	9	0	0	0
Industrial products and services	23	9	9	3	2	0
Consumer goods and services	11	3	3	1	0	0
Daily consumer goods	5	4	5	2	2	1
Health care	3	1	1	0	0	0
Finance	11	2	2	0	0	0
Information technology	9	3	4	1	1	0
Telecommunication service	2	1	1	1	0	0
Community services	1	1	1	0	0	0
<b>Total</b>	<b>76</b>	<b>32</b>	<b>36</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>1</b>

1 Number of large and medium size companies listed at the Helsinki Stock Exchange.

2 Number of companies with separate environmental reports, Corporate Sustainability Reports (CSR) or environmental sections in their annual reports by which the company has monitored its environmental impacts.

3 Number of companies having monitored and reported environmental impacts as comparable figures between years.

4 Number of companies having mentioned eco-efficiency in their report.

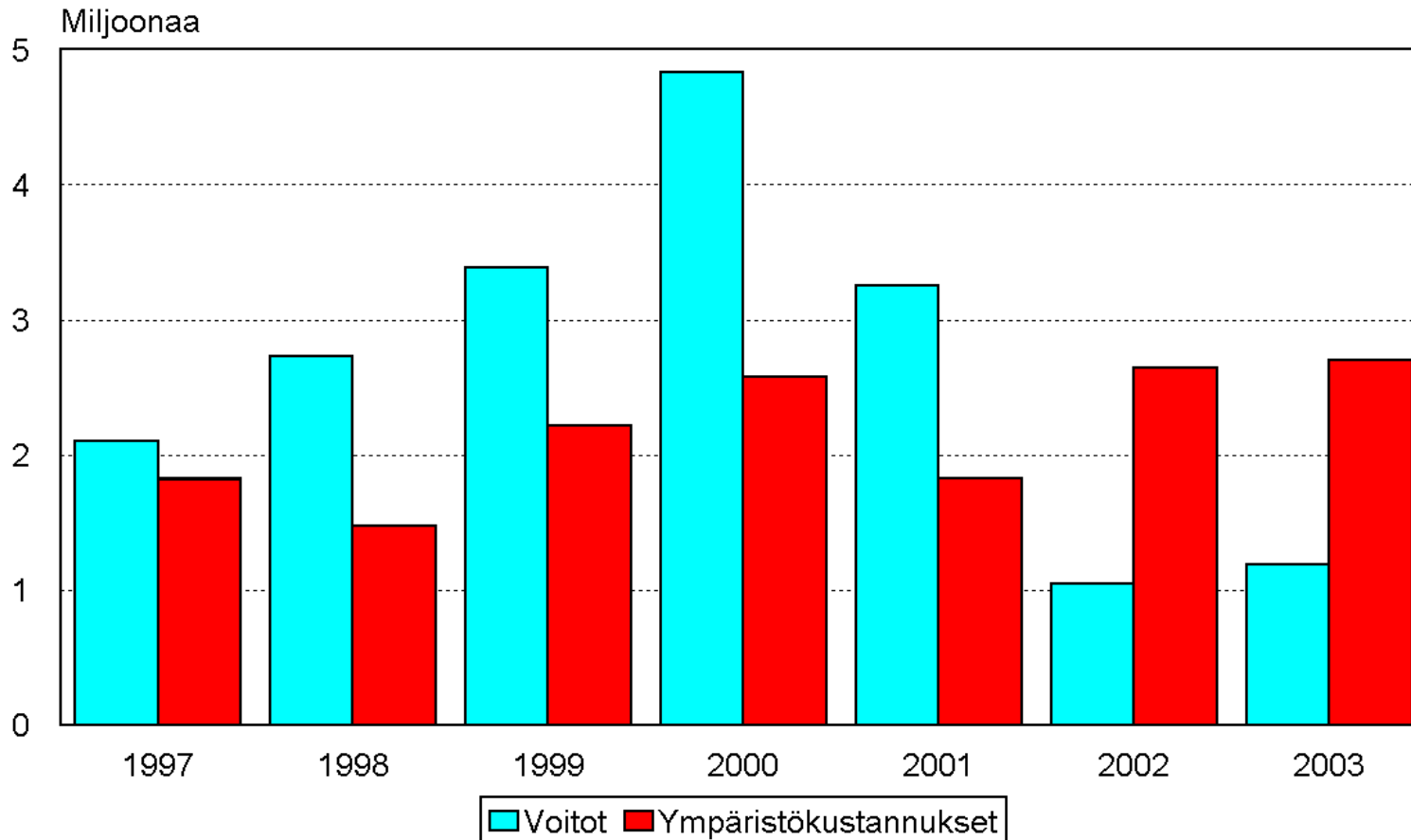
5 Number of companies regarding eco-efficiency as an environmental target

6 Number of companies with eco-efficiency calculations in their report.

# Ekotehokkuuden haasteita

- Ekotehokkuuden popularisointi on vaikeaa; insinöörimäinen ajattelutapa, asteikko suhteellinen, tarvitsee muita mittareita tuekseen... Jää helposti asiantuntijoiden työkaluksi.
- Muut indikaattorit, kuten ekologinen jalanjälki ja selkäreppu, havainnollisempia. Maapallon kantokykyäkökulmaa vaikea soveltaa yksittäisiin prosesseihin.
- Erialaisten yhteen summattujen materiaalien käyttö ympäristövaikutusten approksimaationa ongelmallista.
- Toiminnan tuottaman hyödyn arviointia vaikeuttavat hintojen vaihtelut; suuria vaihteluita ekotehokkuuden kehityksessä.

# Metsäteollisuusyritysten ympäristökustannukset ja voitot



# Ilmapäästöjen yksikköhintoja

	Tielaivos (1998)	YM (1991)	YM (1991)
	Euroa / tonni 1997	Euroa / tonni 1995	Euroa / tonni 2000
Hiilivedyt (HC)	1 760	–	–
Typen oksidit (NOx)	890	1 681	3 361
Hiukkaset	16 050	–	–
Rikkidioksidi (SO <sub>2</sub> )	1000	1 681	3 361
Hiilidioksidi (CO <sub>2</sub> )	31	25	25

# Luonnonvarojen eri hintojen muodostuminen

Kestävän kehityksen mukainen hinta →

Pareto-optimaalinen hinta →

Markkinahinta →

Muut yhteiskunnalle ja luonnolle aiheutuneet kustannukset

Ulkoiset kustannukset

Luonnon pääoman arvon alentuminen hyödyntämisen seurauksena

Toiminnan voitto

Hyödyntämiskustannukset

# Ympäristöhyödykkeiden hinnoittelumenetelmät

Hinnoitteluperiaate	Hinnoittelu käytännössä
Ympäristön puhdistamiskustannusten perusteella	Vaikutusten määrittely luonnon- ja insinöörیتieteiden keinoin
Päästöjen puhdistamiskustannusten perusteella	Aineisto todellisista kustannuksista
Päästöjen kokonaan poistamiskustannusten perusteella	Vaikutusten hinnoittelu insinöörیتieteiden keinoin
Yhteiskunnan tekemin poliittisin päätöksin	Hinnoittelu ympäristöverojen ja -maksujen avulla
Ihmisten mielipiteet kartoittamalla	Kyselytutkimukset ihmisten kokemien haittojen rahallisista arvoista

# Vihreä kasvu

- Finanssi- ja talouskriisin seurauksena huomattiin että tarvitsemme uudenlaista taloudellista kasvua.
- OECD Towards Green Growth: 25.5.2011: puhtaampi, vähähiilinen talous voidaan sovittaa yhteen talouskasvun kanssa.
- Vihreä kasvu tarkoittaa talouskasvun suuntaamista niin että varmistetaan hyvinvointimme perustan muodostavien luonnonvarojen ja ympäristöpalvelujen saanti myös jatkossa.
- EEA 25.11.2011: Euroopan unionissa 10 000 suurinta ilmansaastuttajaa aiheutti kansalaisille jopa 169 miljardin euron kustannukset vuonna 2009, josta hiilidioksidipäästöjen osuus oli 63 miljardia euroa. "We cannot afford to ignore these issues".
- Tavoitteena on entistä korostuneemmin nykyisen hyvinvointimme turvaaminen myös tulevaisuudessa.



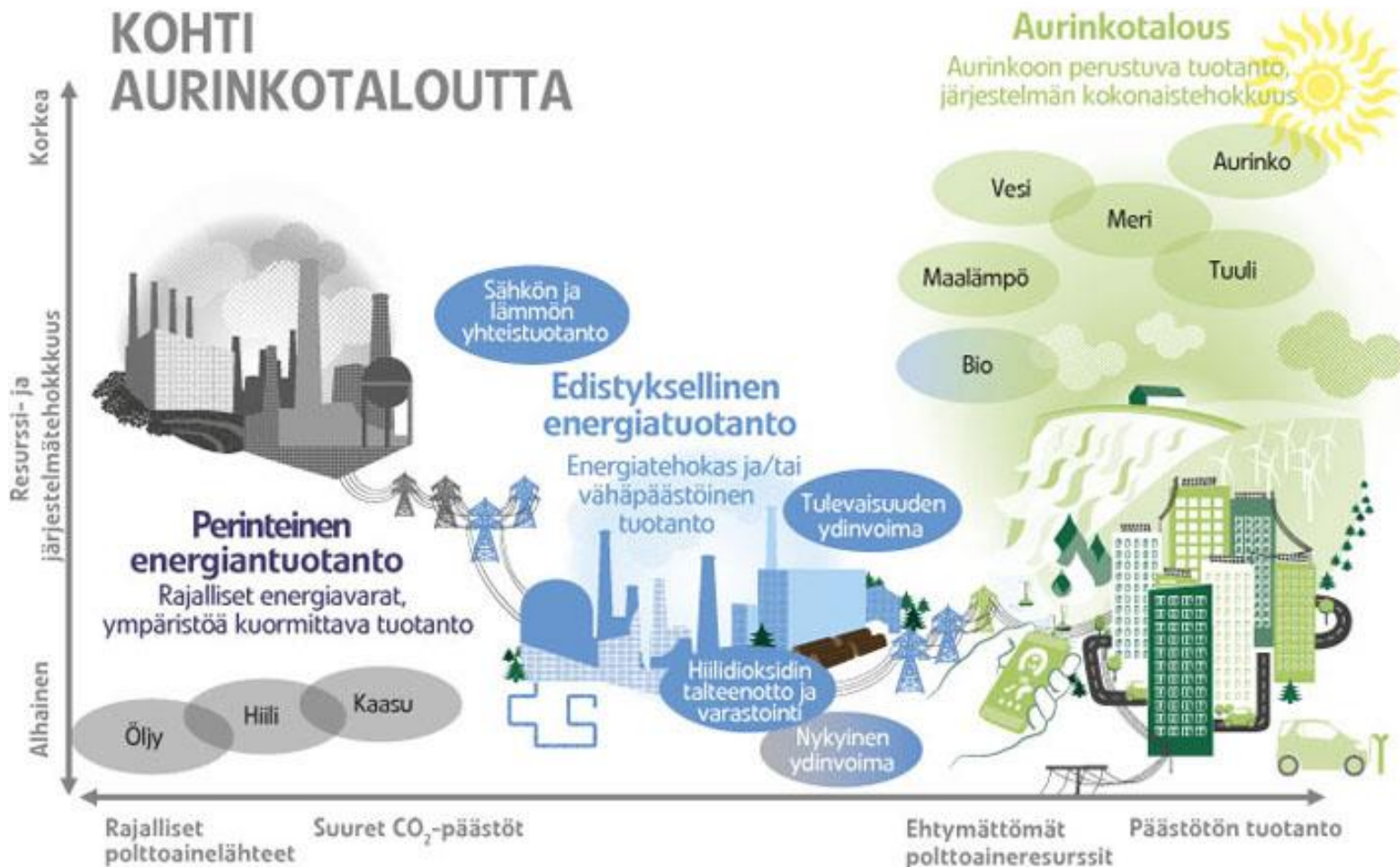
# Case: Fortumin Kestävän kehityksen raportti

- Fortum on markkina-arvolla ja liikevaihdoltaan mitattuna Suomen suurin yritys.
- Kaiken toiminnan päämääränä on kestävän kehityksen periaatteet.
- Fortumin johto vastaa Kestävän kehityksen raportin laatimisesta Global Reporting Initiativen Sustainability Reporting Guidelines G3.1 –ohjeistuksen sekä AA1000 AccountAbility Principles Standard -periaatteiden (sidosryhmien osallistaminen, olennaisten yhteiskuntavastuun näkökohtien määrittäminen ja sidosryhmien odotuksiin vastaaminen) mukaisesti.
- Raportti netissä:  
[http://apps.fortum.fi/gallery/fortum\\_kestavankehityksenraportti\\_2011\\_final.pdf](http://apps.fortum.fi/gallery/fortum_kestavankehityksenraportti_2011_final.pdf)

# Fortumin visio ja strategia

- Fortumin näkemyksen mukaan tulevaisuuden energiajärjestelmä perustuu aurinkotalouteen.
- Fortumin pitkän aikavälin tavoitteena on olla hiilidioksidipäästötön sähkö- ja lämpöyhtiö.
- Fortumin strategia: Fortumin toiminnan tarkoitus on tuottaa energiaa, joka edesauttaa nykyisten ja tulevien sukupolvien elämää. Tarjoamme kestäviä ratkaisuja, jotka auttavat vähentämään päästöjä, tehostamaan resurssien käyttöä ja varmistamaan energian saatavuuden – samalla tuotamme merkittävää lisäarvoa osakkeenomistajillemme. Fortum haluaa olla edelläkävijänä kehittämässä tulevaisuuden energiajärjestelmää – aurinkotaloutta.

# Kohti aurinkotaloutta



# Tavoitteita ja toteutumisia

- Sähköntuotannon CO<sub>2</sub>-ominaispäästö EU:ssa kilowattituntia kohden viiden vuoden keskiarvona <80 g/kWh; Toteutuminen 67 g/kWh.
- Energian kokonaistuotannon (sähkö ja lämpö) CO<sub>2</sub>-ominaispäästö kilowattituntia kohden viiden vuoden keskiarvona <200 g/kWh; Toteutuminen 169 g/kWh.
- Kokonaishyötysuhde polttoaineiden käytössä viiden vuoden keskiarvona >70 %: Toteutuminen 68,3 %.

Lisähuomiot vuodelle 2011: (1) Päästöt vuonna 2011 olivat 88g/kWh. Liukuva 5 vuoden keskiarvo on hieman alle vuoden 2010 keskiarvon 69 g/kWh. (2) Päästöt vuonna 2011 olivat 192 g/kWh

Q1:n korkeiden päästöjen seurauksena. Liukuva 5 vuoden keskiarvo ylittää vuoden 2010 keskiarvon 157 g/kWh. (3) Hyötysuhde vuonna 2011 oli 67,1 %. Liukuva 5 vuoden keskiarvo on alle vuoden 2010 keskiarvon 69,4 %.

# Fortumin ympäristövastuun tunnuslukuja

	2011	2010	2009
Hiilidioksidipäästöt, miljoonaa tonnia CO2	23,5	25,3	21,8
Rikkidioksidipäästöt, tonnia SO2	24 900	20 700	14 600
Typenoksidien päästöt, tonnia NOx	36 000	36 700	31 400
Hiukkaspäästöt, tonnia	16 600	16 800	10 600
ISO 14001 -sertifioidut toiminnot, %	95	86	87
Sähköntuotannon CO2-ominaispäästöt, g/kWh	192	189	155
5 vuoden keskiarvo EU:n alueella, g/kWh	67	69	59
Lämmöntuotannon CO2-ominaispäästöt, g/kWh	191	213	205
Energian tuotannon CO2-ominaispäästöt, g/kWh	192	196	172
CO2-päästöttömän sähköntuotannon osuus, %	65	66	69
Uusiutuvan energian osuus sähköntuotannossa, %	31	35	36
Uusiutuvan energian osuus lämmöntuotannossa, %	16	18	17
Primäärienergian kulutus, TWh	157	166	152
Kipsin hyötykäyttö, %	89	92	91
Tuhkan hyötykäyttö, %	52	59	65
Ympäristöluparikkomukset	20	21	17
Vedenkäyttö, miljoonaa m3	3 850	3 860	2 460
Lämpökuorma vesistöön, TWh	21	23	20

# Kohti hiiliniukkaa yhteiskuntaa

- Fortumin sähköntuotantokapasiteetista 65 % oli CO<sub>2</sub>-päästötöntä vuonna 2011. CO<sub>2</sub>-päästötön sähkö tuotetaan vesivoimalaitoksissa, ydinvoimalaitoksissa, tuulivoimaloissa sekä bioenergiaan perustuvissa sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksissa (Combined Heat and Power, CHP).
- Tavoitteena on CO<sub>2</sub>-päästöttömän energiantuotannon lisääminen. EU:n alueella CO<sub>2</sub>-päästöttömän sähköntuotannon osuus on 85 %. Venäjällä sähkön-
- tuotanto perustuu kokonaan fossiilisiin polttoaineisiin.
- CHP:llä saavutetaan jopa 90 % kokonaishyötysuhde. CHP:n osuus Fortumin sähköntuotannossa oli 29 % ja lämmöntuotannossa 71 % vuonna 2011 .

# Aurinkotalous

- Aurinkotaloudessa hyödynnetään useita energianlähteitä ja teknologioita. Auringon energiaa hyödynnetään joko suoraan aurinkosähköinä tai -lämpönä tai epäsuorasti vesi-, valtameri-, tuuli- ja bioenergiana tai maalämpönä.
- Fortum uskoo tulevaisuuden energiajärjestelmän perustuvan CO<sub>2</sub>-päästöttömään sähköntuotantoon ja energiatehokkuuteen. Fortum on viime vuosina syventänyt näkemystään tulevaisuuden energiajärjestelmästä - aurinkotaloudesta.
- Aurinkotalouteen siirtyminen muuttaa tulevaisuudessa energiantuotantoa ja -kulutusta sekä koko energiajärjestelmää. Fortumin näkemyksen mukaan aurinkotalouteen siirrytään vähitellen teknologian ja yhteiskunnan kehittyessä.

# Kiitos!

Seuraava luento 9.12. klo 15

[Jukka.hoffren@helsinki.fi](mailto:Jukka.hoffren@helsinki.fi)