

Ympäristötilastotieteen peruskurssi syksy 2014

Dosentti

Jukka Hoffrén

Helsingin yliopisto, Tilastokeskus

Sosiaalitieteiden laitos (Tilastotiede), Valtiotieteellinen tiedekunta

26.11.2014

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 29.10. klo 15.00-18.00 Athena Sali 169
- Ke 05.11. klo 15.00-18.00 SSKH 210 (Soc&Kom)
- Ke 12.11. klo 15.00-18.00 Athena Sali 169
- Ke 19.11. klo 15.00-18.00 Athena Sali 169
- **Ke 26.11. klo 15.00-18.00 Athena Sali 168**
- Ke 03.12. klo 15.00-18.00 Athena Sali 169
- **Harjoitukset (4 t)**
- To 20.11. klo 15-17 SSKH IT-luokka (Snellmaninkatu 12).
- To 27.11. klo 15-17 SSKH IT-luokka (Snellmaninkatu 12).
- **Loppukuulustelu:** Keskiviikkona 10.12. klo 15.00-18.00 Athena Sali 168 .
- **Uusintamahdollisuus:** matematiikan ja tilastotieteen laitoksen yleistentissä.

Luento 5

Tulevaisuuden tutkimuksen kvantitatiiviset menetelmät

Aikasarja-analyysi

Optimoiva mallintaminen

Selittävä mallintaminen

Forecasting & Backcasting

Ristikkäisvaikutusanalyysi

Morfologinen kenttä-analyysi

Yritysten ympäristöraportointi

Ekotehokkuus

Ympäristöraportit

Fortumin Aurinkotalous -ajattelu

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 menneyttä, 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 pienemmilläkin 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 määrättyinä 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
Ennustava Ennusteet Mitä jos?	Surveyt Paneelit Delphi menetelmät	Aikasarja-analyysi Selittävä mallintaminen Optimoiva mallintaminen	
Tutkiva Ulkoiset vaikutukset Strateginen	Surveyt Paneelit Delphi menetelmät	Selittävä mallintaminen Optimoiva mallintaminen	Muoto-opillinen kenttä- analyysi Ristikkäisvaikutus
Normatiivinen 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 ääri vaihtoehtojen 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;

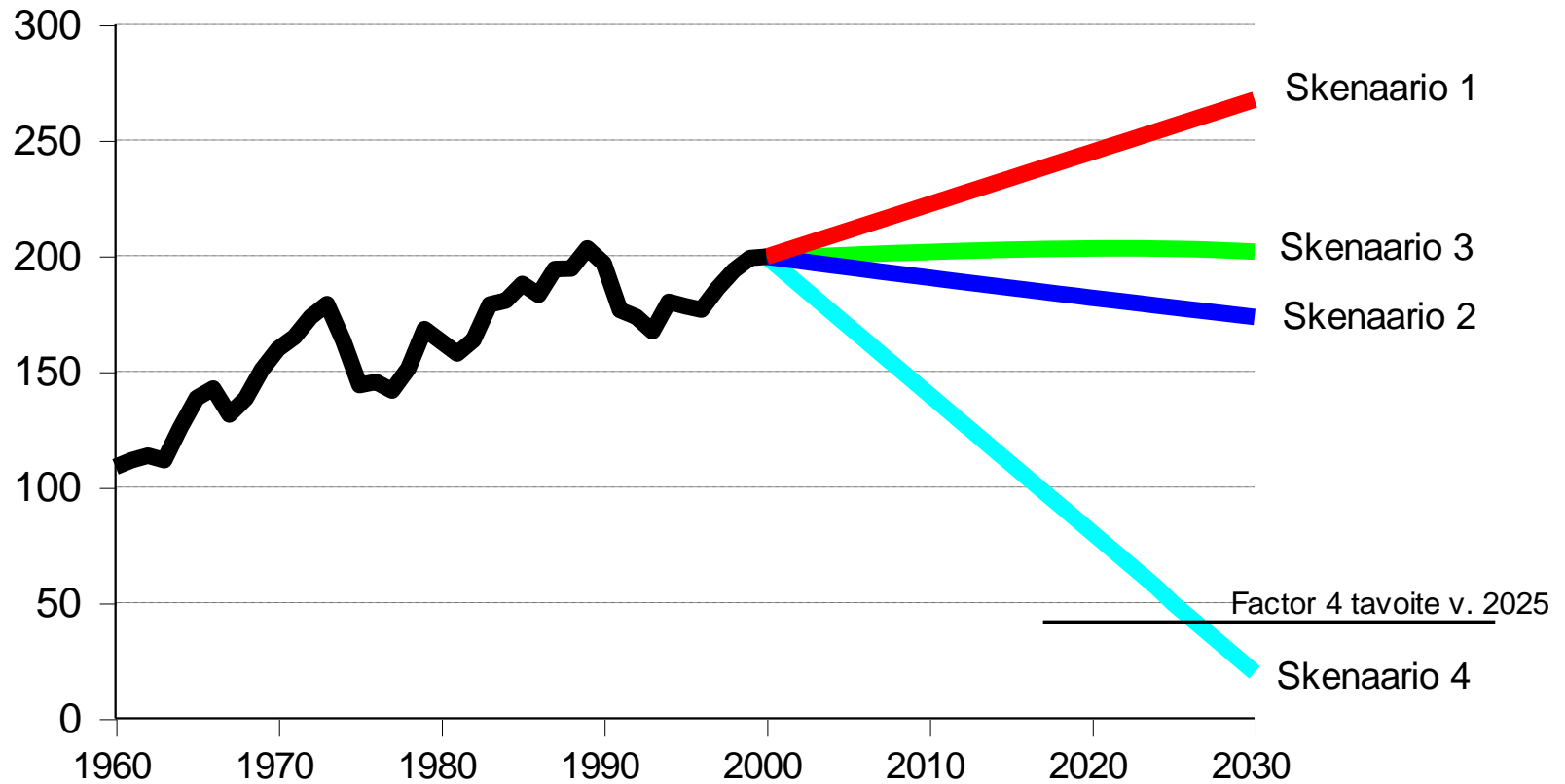
Selkeä ja johdonmukainen

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
Ennustava Ennusteet Mitä jos?	Surveyt Paneelit Delphi menetelmät	Aikasarja-analyysi Selittävä mallintaminen Optimoiva mallintaminen	
Tutkiva Ulkoiset vaikutukset Strateginen	Surveyt Paneelit Delphi menetelmät	Selittävä mallintaminen Optimoiva mallintaminen	Muoto-opillinen kenttä- analyysi Ristikkäisvaikutus
Normatiivinen 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

Effect > Cause V	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8	Factor 9	Factor 10	Active Sum
Factor 1	X	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2
Factor 2	1	X	0	0	1	0	0	0	0	0	2
Factor 3	0	0	X	0	1	0	1	0	0	1	3
Factor 4	1	1	0	X	1	0	0	1	0	1	5
Factor 5	1	1	0	0	X	0	0	0	0	0	2
Factor 6	0	0	1	1	0	X	0	1	1	1	5
Factor 7	0	0	1	0	1	0	X	0	0	0	2
Factor 8	1	0	0	0	1	0	0	X	0	0	2
Factor 9	0	1	0	1	0	1	0	0	X	0	3
Factor 10	1	1	0	0	1	0	0	0	0	X	3
Passive Sum	5	5	2	2	6	2	1	2	1	3	

Esimerkki

Effect > Cause V	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8	Factor 9	Factor 10	Active Sum
Factor 1	X	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2
Factor 2	1	X	0	0	1	0	0	0	0	0	2
Factor 3	0	0	X	0	1	0	1	0	0	1	3
Factor 4	1	1	0	X	1	0	0	1	0	1	5
Factor 5	1	1	0	0	X	0	0	0	0	0	2
Factor 6	0	0	1	1	0	X	0	1	1	1	5
Factor 7	0	0	1	0	1	0	X	0	0	0	2
Factor 8	1	0	0	0	1	0	0	X	0	0	2
Factor 9	0	1	0	1	0	1	0	0	X	0	3
Factor 10	1	1	0	0	1	0	0	0	0	X	3
Passive Sum	5	5	2	2	6	2	1	2	1	3	

Ristikkäisvaikutusanalyysimatriisi

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

Tauko

Soveltaminen yritystasolla

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

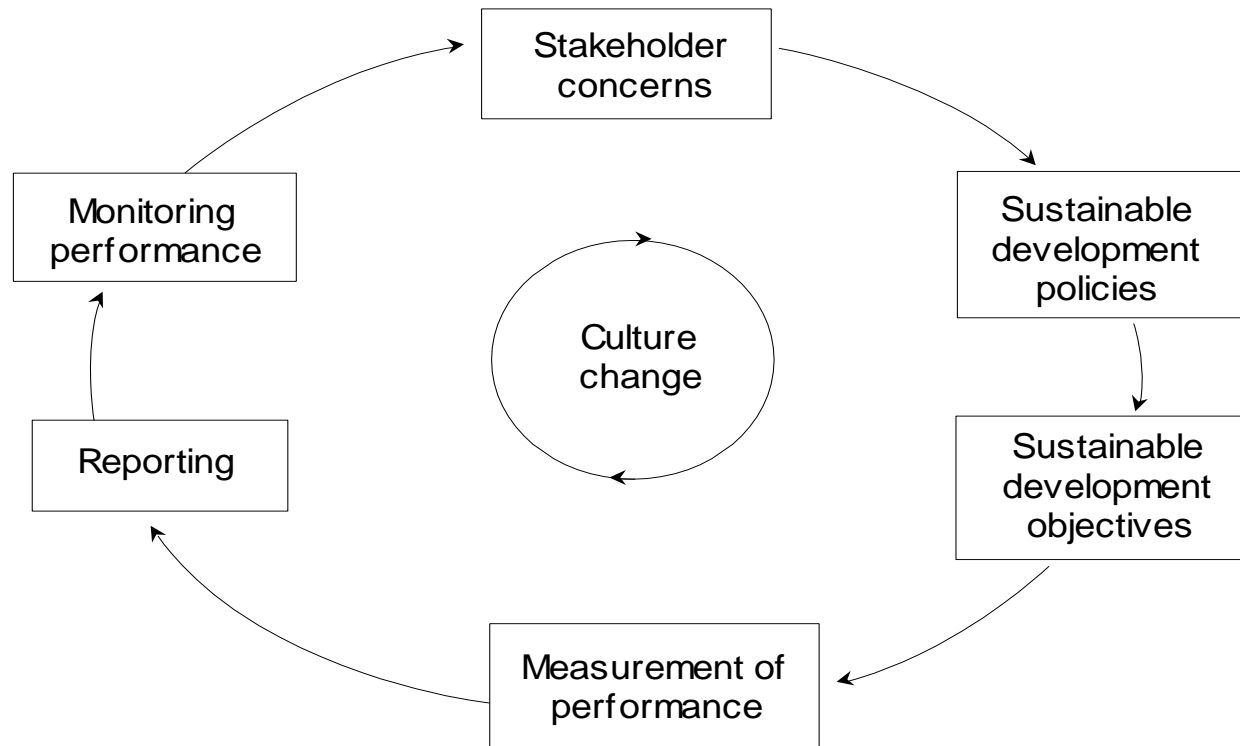
Yritysten ympäristöraportointi

- 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.

Jälkiteollisen talouden haasteita Suomelle

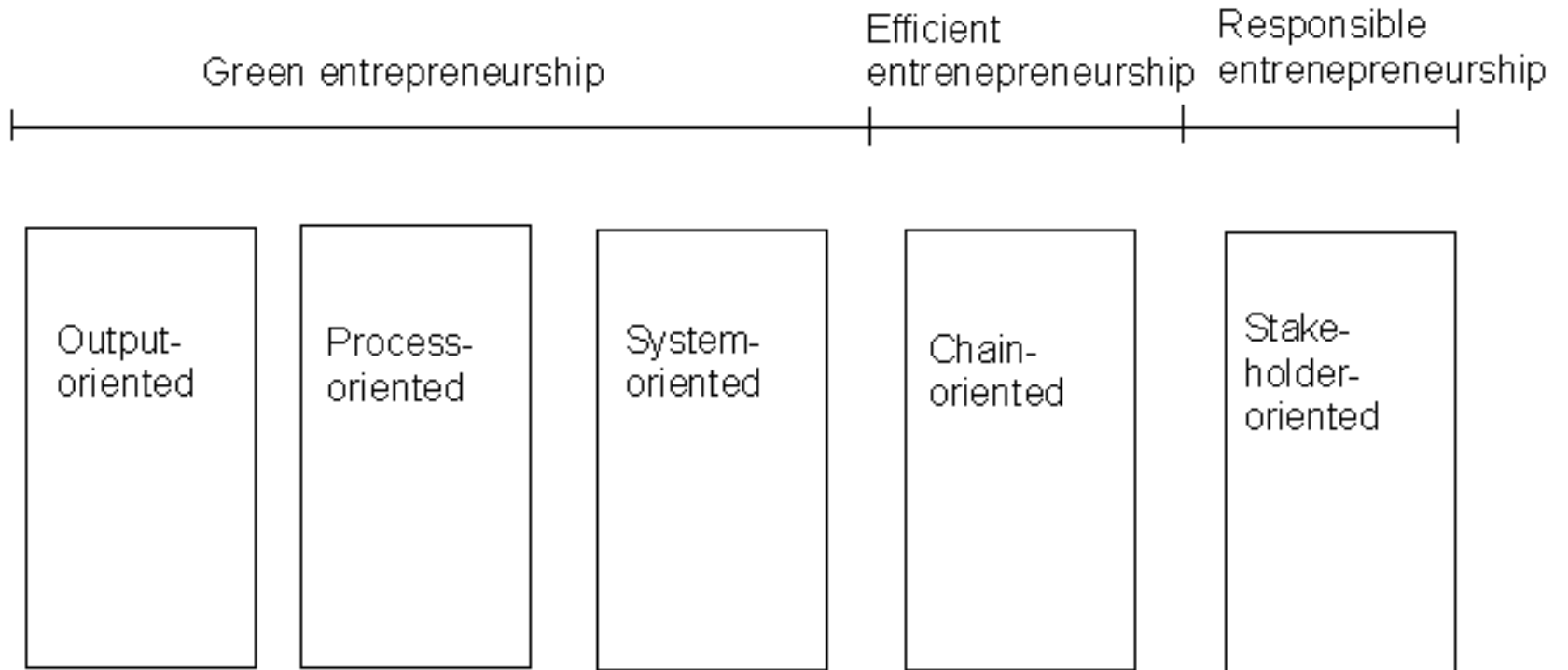
- Suomen talouden perusta on ollut huomattavan luonnonvaraintensiivinen. Vasta viime vuosina on tapahtunut talouden ja materiaalien irtikytkentää. Tätä ekotehokkuuden paranemista pitäisi vahvistaa.
- Ympäristöasioiden hallinta pitää integroida muuhun päätöksentekoon.
- Suomen päästöjen väheneminen perustuu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

Managing sustainable development in business

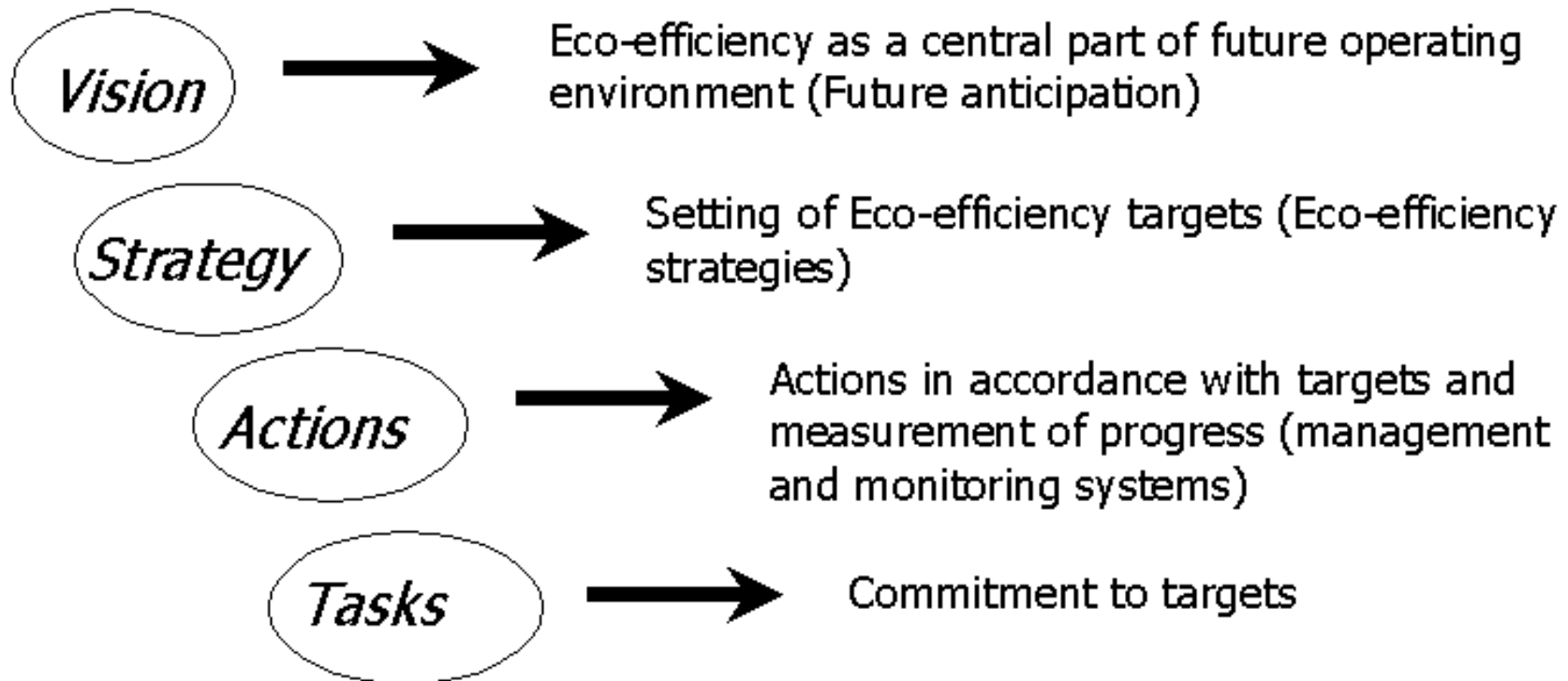


Source: Welford (1997, 200)

Different phases for sustainable business development



Managing sustainable development in business



Ekotehokkuuden käsite

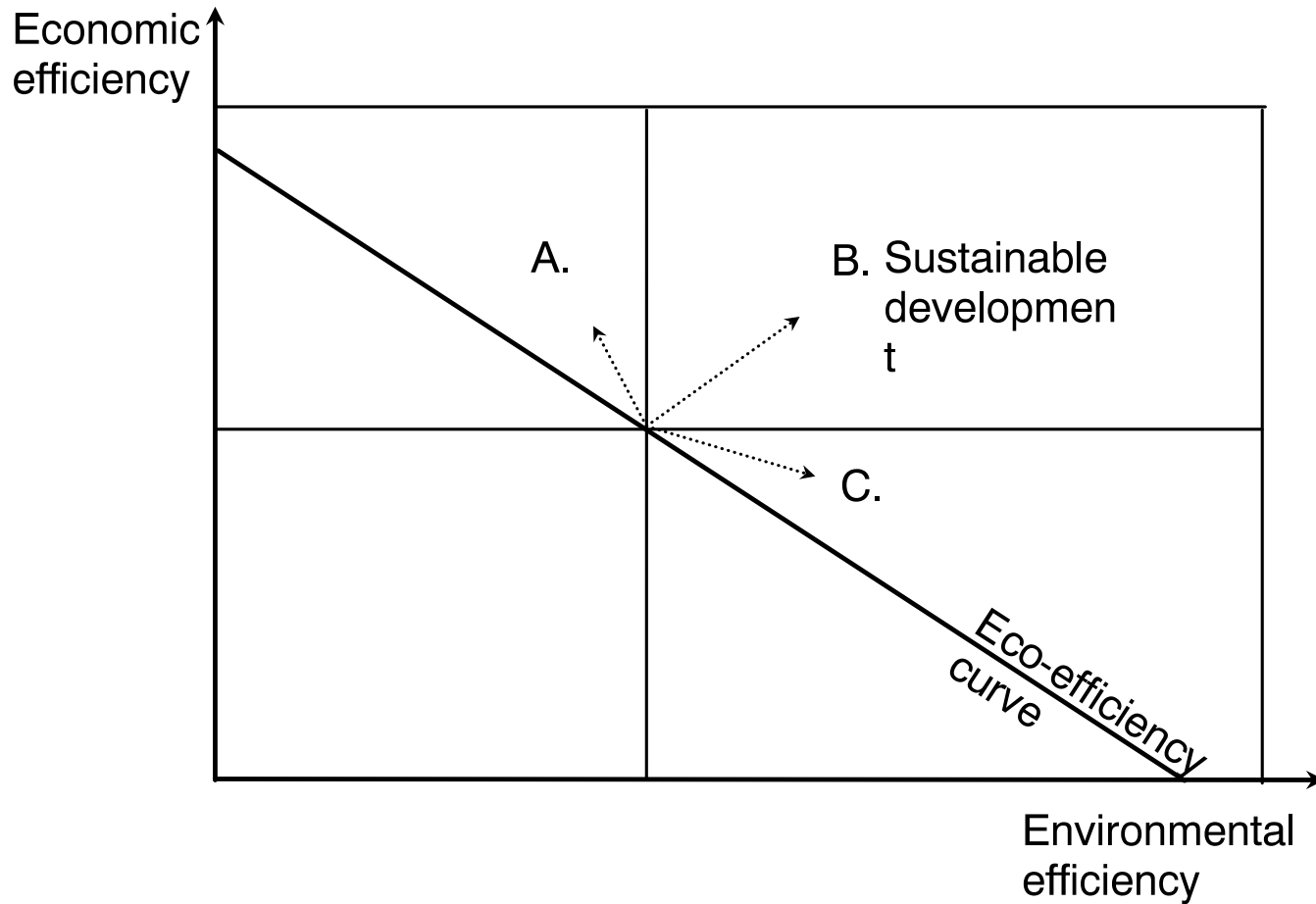
WBCSD (1992):

”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:
”tyydyttää 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.

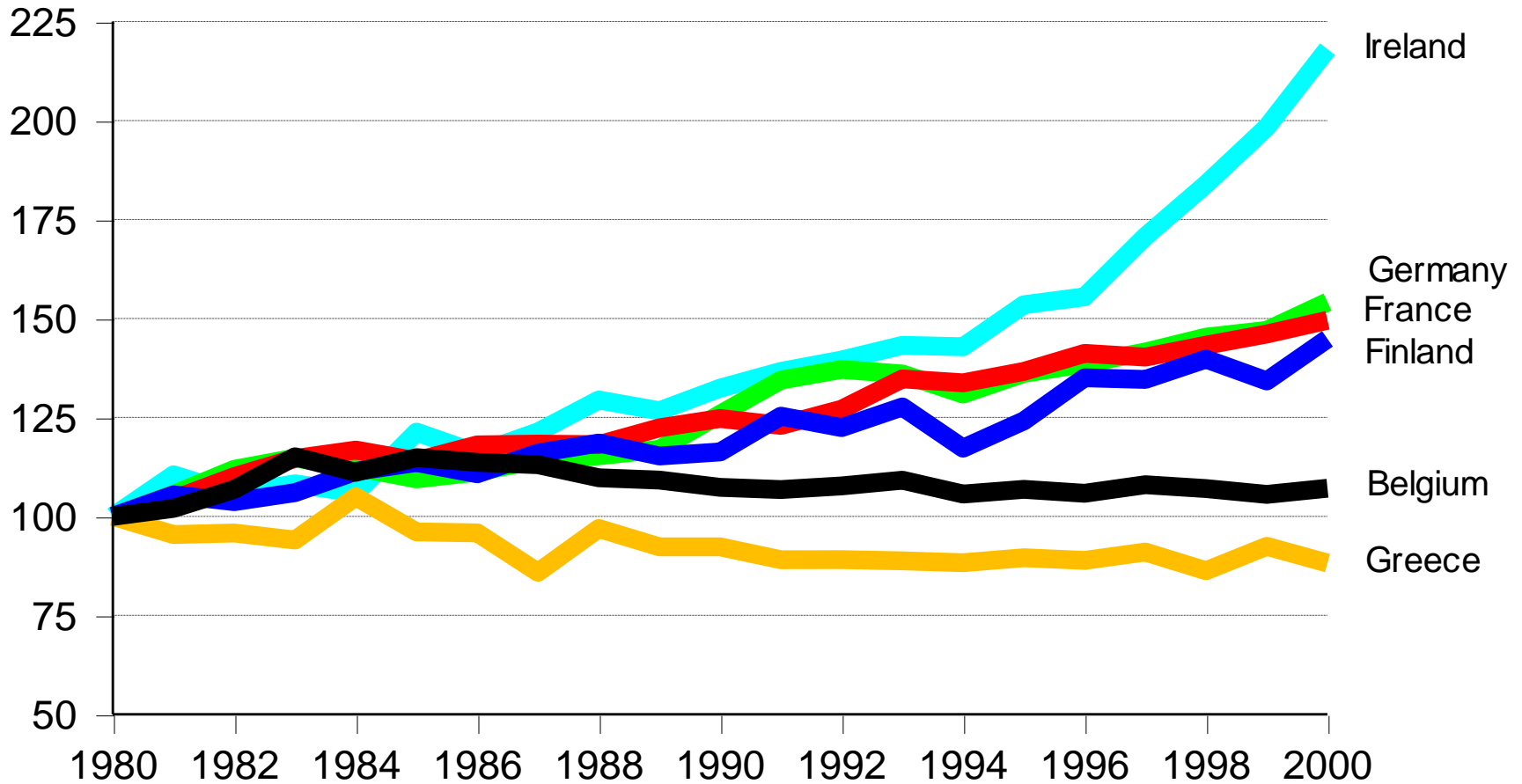
Improvement in the quality of life

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

Value added

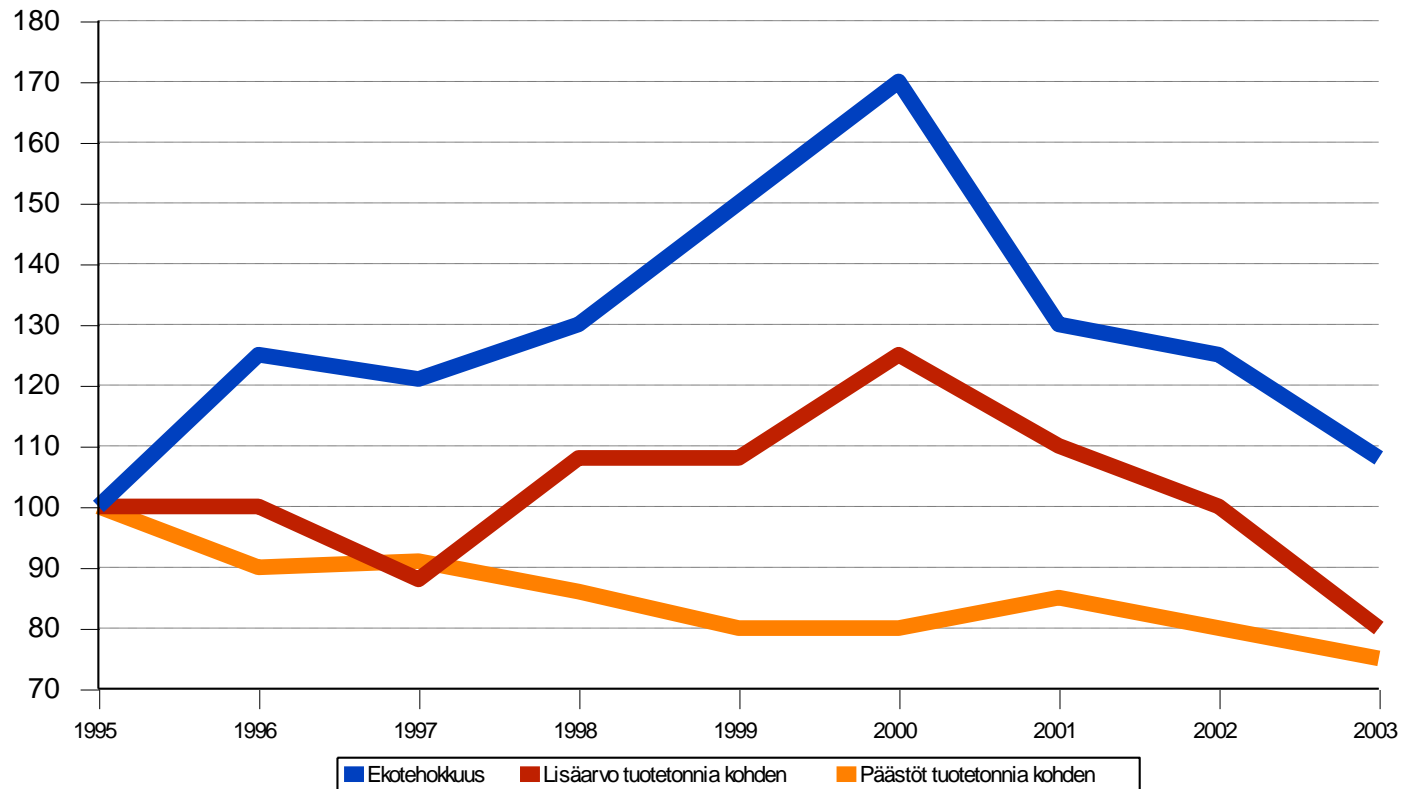
$$\text{Schaltegger\&Burritt (2000): Eco-efficiency} = \frac{\text{Value added}}{\text{Environmental impact added}}$$

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

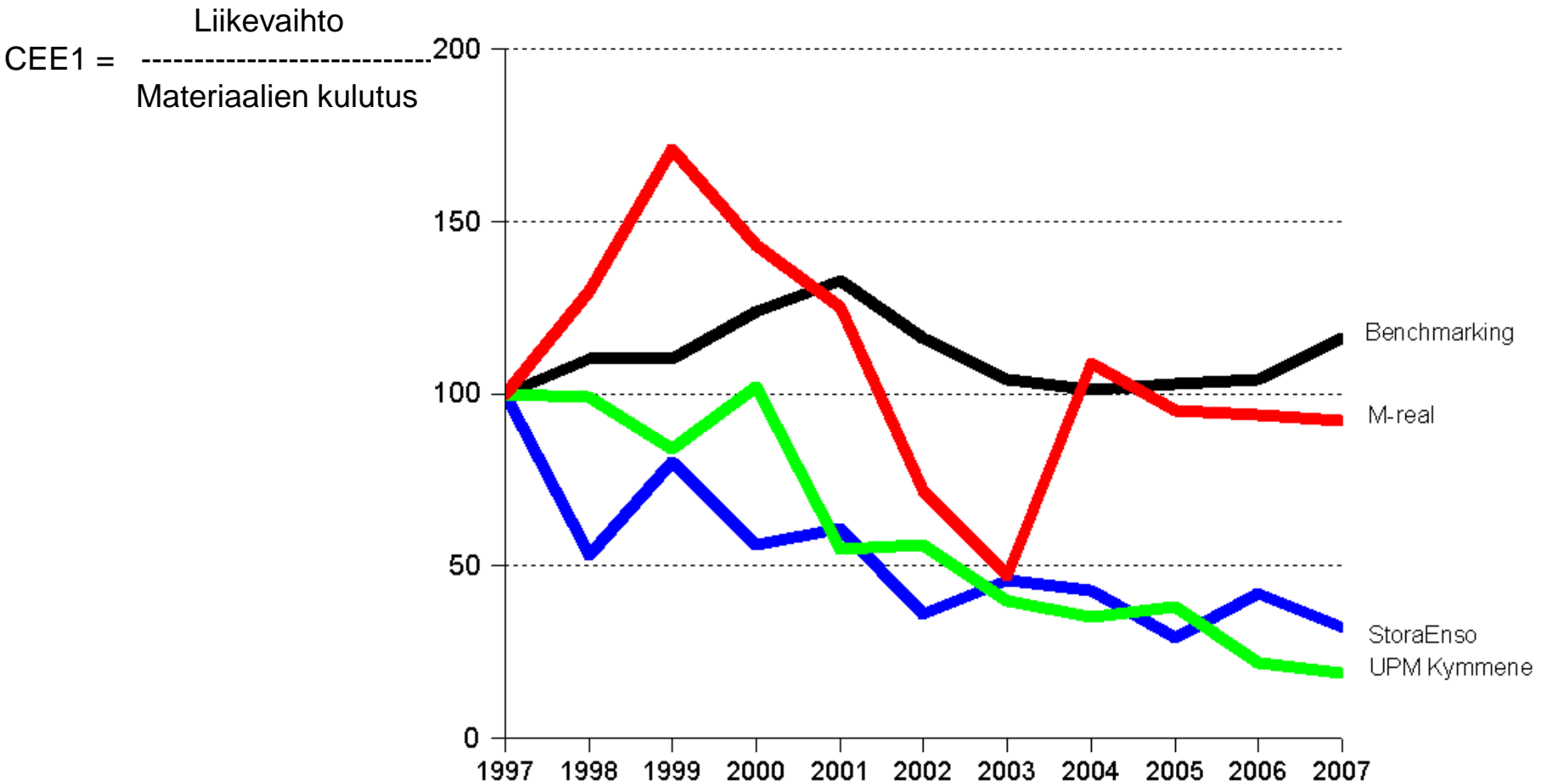


CASE: M-Realin ekotehokkuusmittari 1997-2003

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



Metsäteollisuusyritysten ekotehokkuuden kehitys (1997=100)

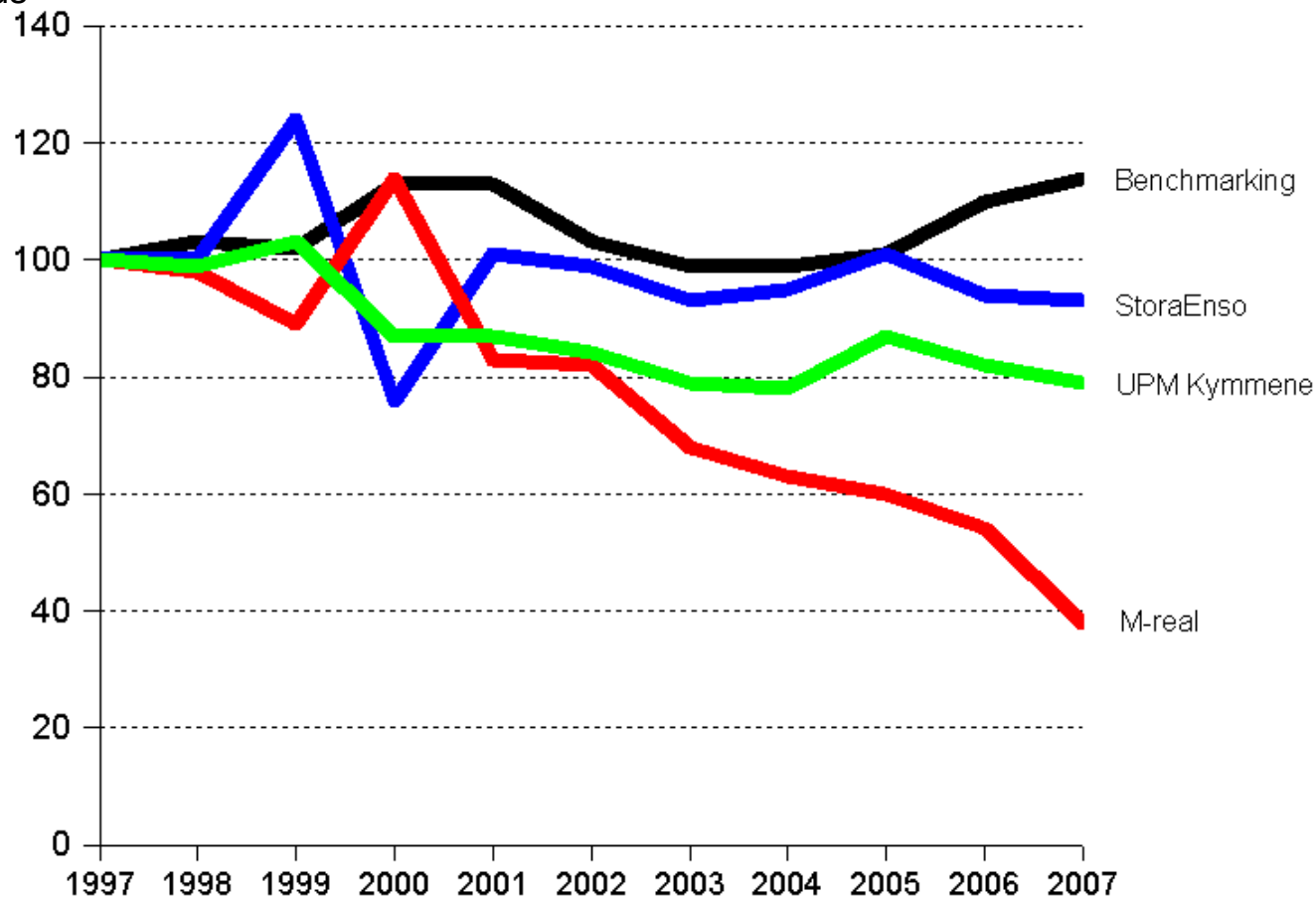


Metsäteollisuusyritysten ekotehokkuuden kehitys (1997=100)

Maksetut palkat + voitto

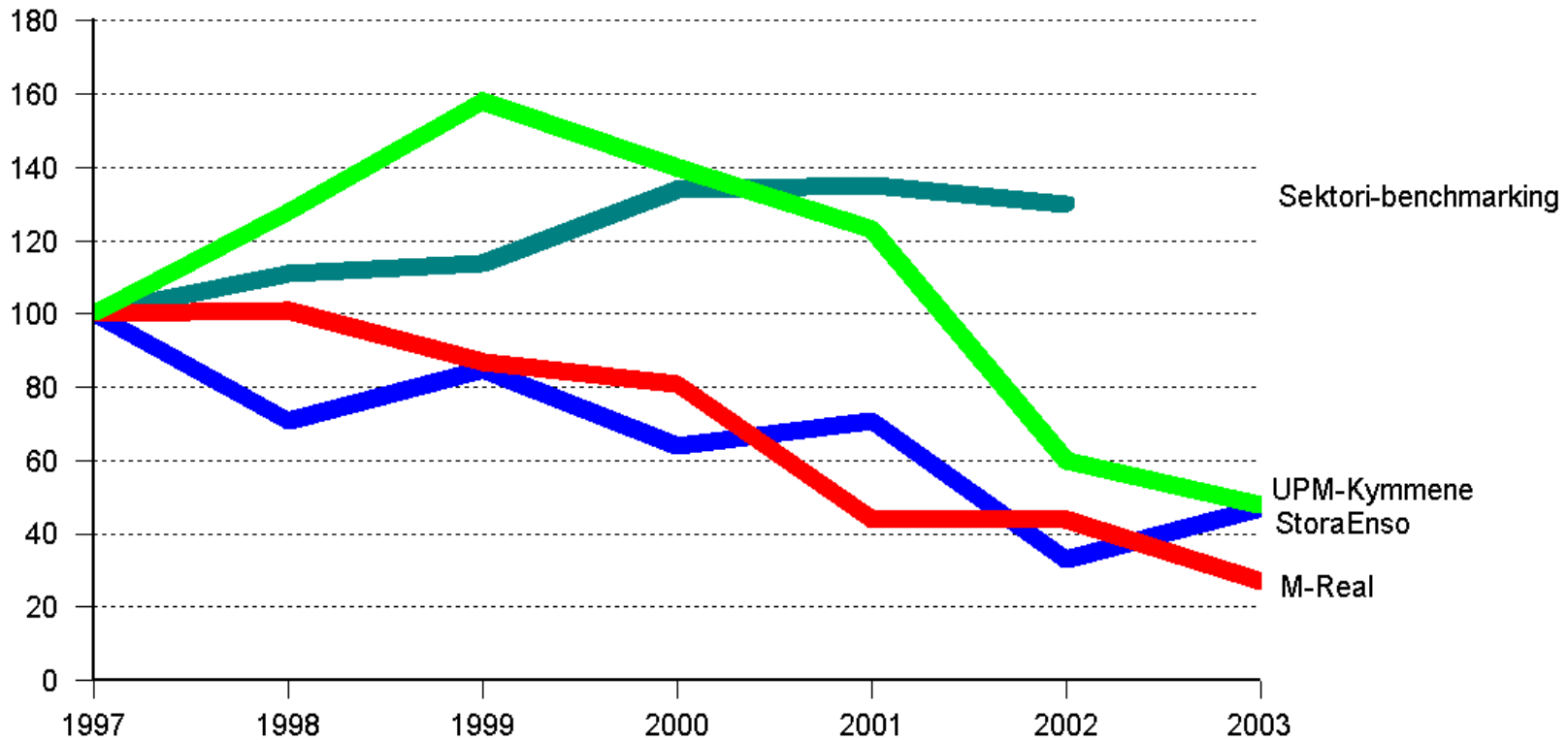
CEE2 = -----

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 ¹	Environmental/CSR report ²	Environmental monitoring ³	Eco-efficiency mentioned ⁴	Eco-efficiency as a target ⁵	Eco-efficiency in numbers ⁶
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
Total	76	32	36	8	5	1

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.

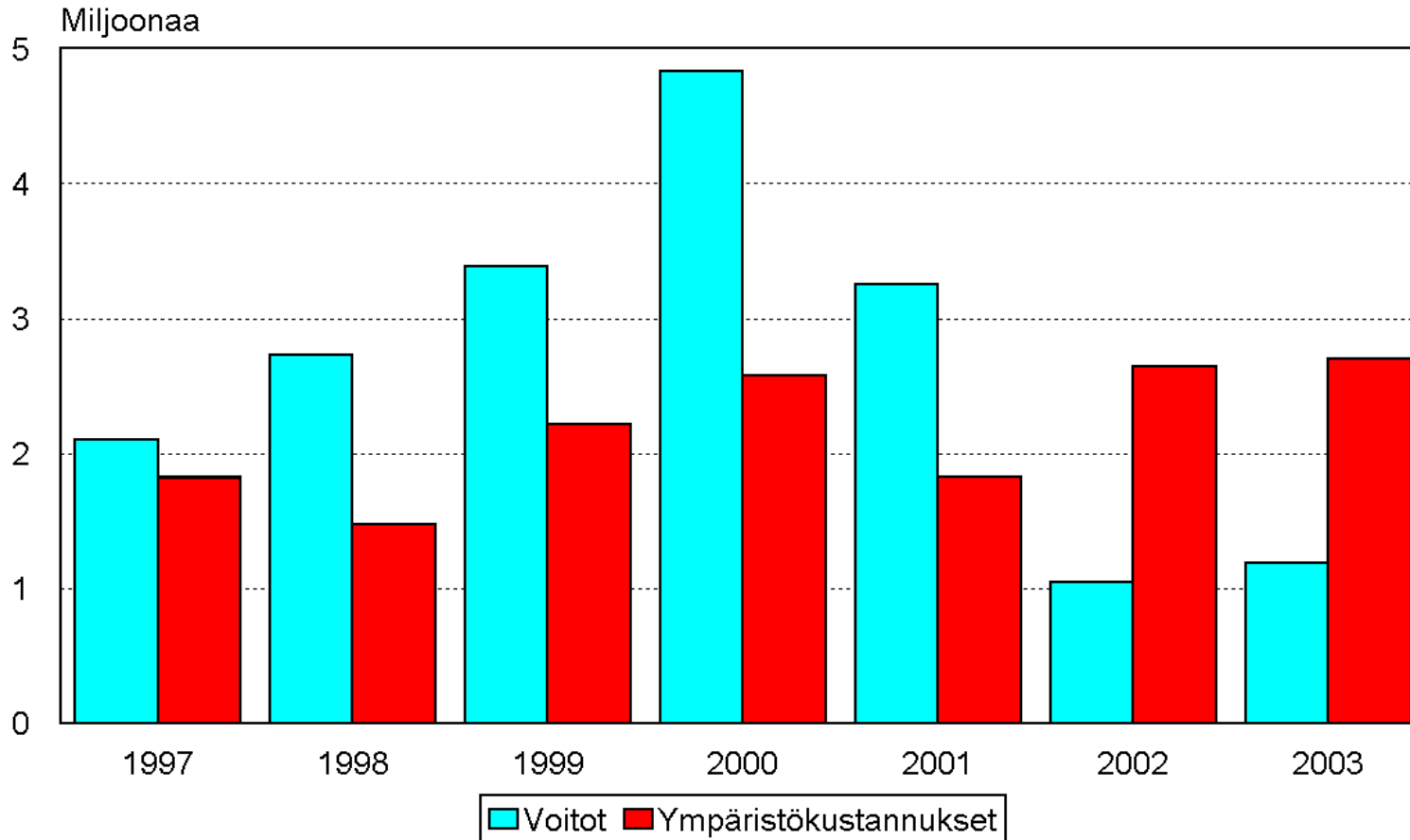
5 Number of companies regarding eco-efficiency as an environmental target

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 ₂)	1000	1 681	3 361
Hiilidioksidi (CO ₂)	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 insinöoritieteiden keinoin
Päästöjen puhdistamiskustannusten perusteella	Aineisto todellisista kustannuksista
Päästöjen kokonaan poistamiskustannusten perusteella	Vaikutusten hinnoittelu insinöoritieteiden 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.

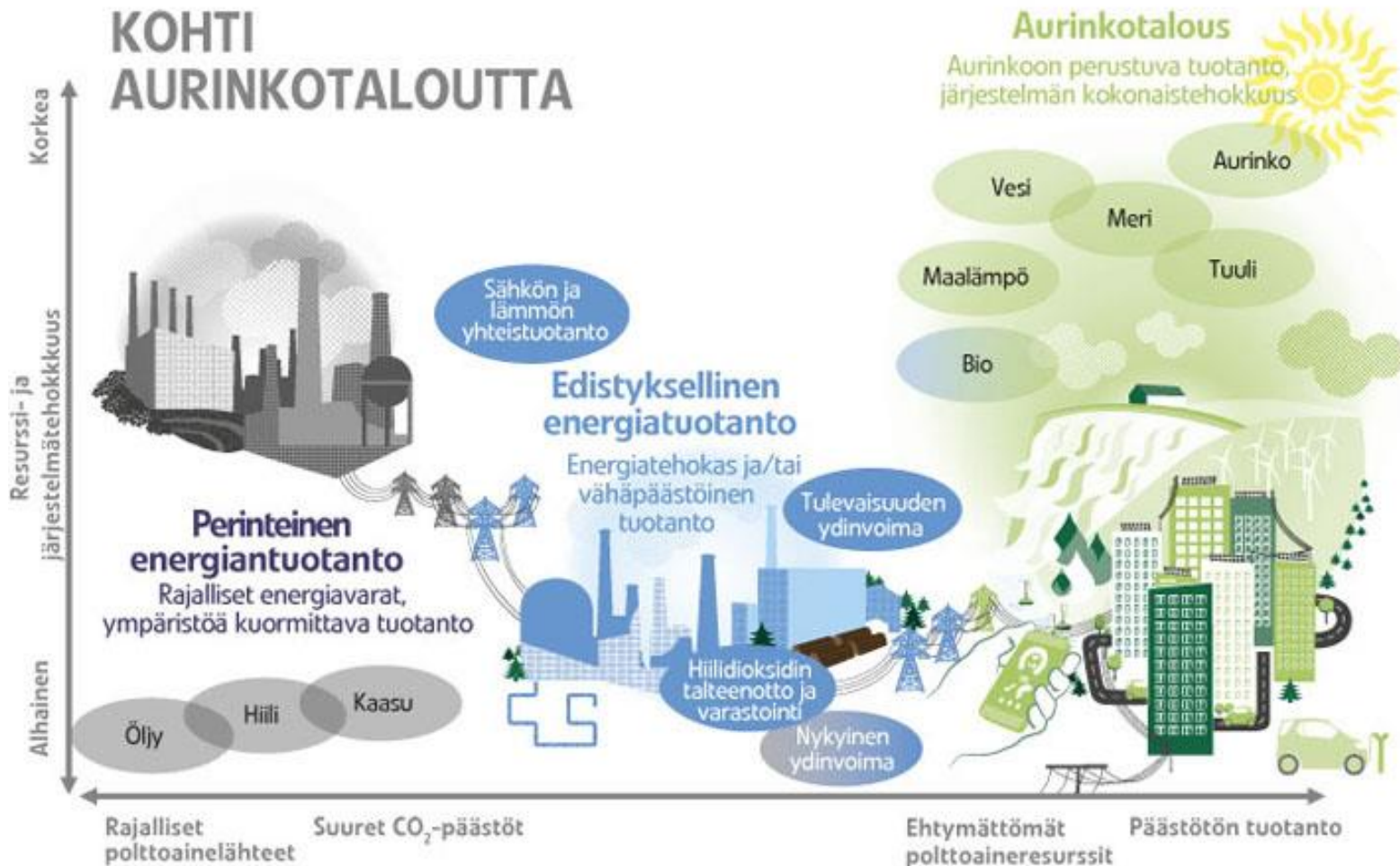
Case: Fortumin Kestävän kehityksen raportti

- 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

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 CO₂-ominaispäästö EU:ssa kilowattituntia kohden viiden vuoden keskiarvona <80 g/kWh; Toteutuminen 67 g/kWh.
- Energian kokonaistuotannon (sähkö ja lämpö) CO₂-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 CO ₂	23,5	25,3	21,8
Rikkidioksidipäästöt, tonnia SO ₂	24 900	20 700	14 600
Typenoksidien päästöt, tonnia NO _x	36 000	36 700	31 400
Hiukkaspäästöt, tonnia	16 600	16 800	10 600
ISO 14001 -sertifioidut toiminnot, %	95	86	87
Sähköntuotannon CO ₂ -ominaispäästöt, g/kWh	192	189	155
5 vuoden keskiarvo EU:n alueella, g/kWh	67	69	59
Lämmöntuotannon CO ₂ -ominaispäästöt, g/kWh	191	213	205
Energian tuotannon CO ₂ -ominaispäästöt, g/kWh	192	196	172
CO ₂ -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 m ³	3 850	3 860	2 460
Lämpökuorma vesistöön, TWh	21	23	20

Kohti hiiliniukkaa yhteiskuntaa

- Fortumin sähköntuotantokapasiteetista 65 % oli CO₂-päästötöntä vuonna 2011. CO₂-päästötön sähkö tuotetaan vesivoimalaitoksissa, ydinvoimalaitoksissa, tuulivoimaloissa sekä bioenergiaan perustuvissa sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksissa (Combined Heat and Power, CHP).
- Tavoitteena on CO₂-päästöttömän energiantuotannon lisääminen. EU:n alueella CO₂-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 CO₂-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!

Harjoitukset To 27.11. klo 15-17 SSKH IT-luokka
(Snellmaninkatu 12).

[Jukka.hoffren\(a\)helsinki.fi](mailto:Jukka.hoffren(a)helsinki.fi)