

HELSINGIN YLIOPISTO  
HELSINGFORS UNIVERSITET  
UNIVERSITY OF HELSINKI

# Ympäristötilastotiede kevät 2012

Dosentti

Jukka Hoffrén

Helsingin yliopisto, Tilastokeskus

Sosiaalitieteiden laitos (Tilastotiede), Valtiotieteellinen  
tiedekunta

# Kurssin tavoitteet

- 78101 Ympäristötilastotiede (aineopintojen valinnainen erikoiskurssi / syventävien opintojen valinnainen erikoiskurssi)
- Tiiviskurssi, jonka tavoitteena on opettaa opiskelijoille ympäristön kuvaamiseen soveltuvia teorioita, metodeja ja käytännön laskentamenetelmiä.
- 3 op. + vapaaehtoinen harjoitustyö 1 op
- Kotisivu:  
<https://wiki.helsinki.fi/pages/viewpage.action?pageId=84299553>

# Luentoajat

- Luennot (12 t)
  - Ma 26.3.klo 15-18 Fabianinkatu 24, sh 135 HUOM:  
Salin muutos suuren osanottajamäärän takia
  - Ma 2.4. klo 15-18 Fabianinkatu 24, sh 135
  - Ma 16.4. klo 16-19 Fabianinkatu 24, sh 135 (HUOM:  
aika)
  - Ma 23.4. klo 15-18 Fabianinkatu 24, sh 135
- Harjoitukset (3 t)
  - Ke 2.5. klo 15-18 atk-luokka PSY K134  
(Siltavuorenpenger) HUOM: Muuttunut Sali
- Loppukuulustelu (ilmoitetaan erikseen)

# Kurssin teemat

- Ympäristötilastotieteen kehitys
- ympäristöongelmien ja ympäristötilastomenetelmien kehitys  
Luonnonvaratilastotieteen metodit ja menetelmät
- tilinpitomenetelmän toiminta, varantojen arviointi, materiaalivirtojen laskenta
- Ympäristötilastojen metodit ja menetelmät
- luonnontilan ja ihmisen toiminnan vaikutusten mittaamismenetelmät, indikaattorit ja indeksit, tilinpitomenetelmän hyödyntäminen  
Yritysten ympäristö- ja vastuullisen toiminnan raporttien menetelmät
- yritystoiminnan erityishaasteet tilastojen laskennalle
- Ympäristötilastotieteen menetelmien edut ja haitat sekä tulevat kehityssuunnat
- Tiedon hallinta ja tilastojen aggregointimenetelmät  
Ympäristötilastot Suomessa
- Metodologinen ja teoreettinen perusta, historia, tilastojen laatijat, tilastojen kuvausalueet ja kehittäminen, käytännön tilastojen laskenta.

# Tilastotieteen tehtävät

- **Tilastotiede** tutkii tilastollisten aineistojen keräämistä, käsittelyä ja tältä pohjalta tehtävää päättelyä. Sitä sovelletaan useilla tutkimusaloilla, joihin kuuluvat esimerkiksi luonnon- ja yhteiskuntatieteet sekä humanistiset tieteet. Tilastollisella päättelyllä on tärkeä osuus tieteellisessä hypoteesin testauksessa.
- Kun tilastotieteen menetelmiä käytetään aineiston esittämiseen, on kyse lähinnä kuvailevasta tilastotieteestä. Kun kuvailusta siirrytään aineiston tarkasteluun tai mallinnukseen siten, että aineiston epävarmuus ja havaintojen satunnaisuus otetaan huomioon, puhutaan tilastollisesta päättelystä. Näissä molemmissa tapauksissa on kyse soveltavasta tilastotieteestä. Matemaattinen tilastotiede keskittyy puolestaan tarkastelemaan tilastotieteen teoreettista perustaa.

# Mitä on ympäristötilastotiede?

- Ympäristötilastotiede on tilastollisten menetelmien soveltamista ympäristön tilan ja muutoksen kuvaamiseen.
- Erityisenä mielenkiinnon kohteena on ihmisen toiminnan vaikutus ympäristön tilaan ja tulevaisuuteen.
- Ympäristötilastotieteessä keskeistä on menetelmien soveltaminen.

# Tilastotieteen menetelmiä

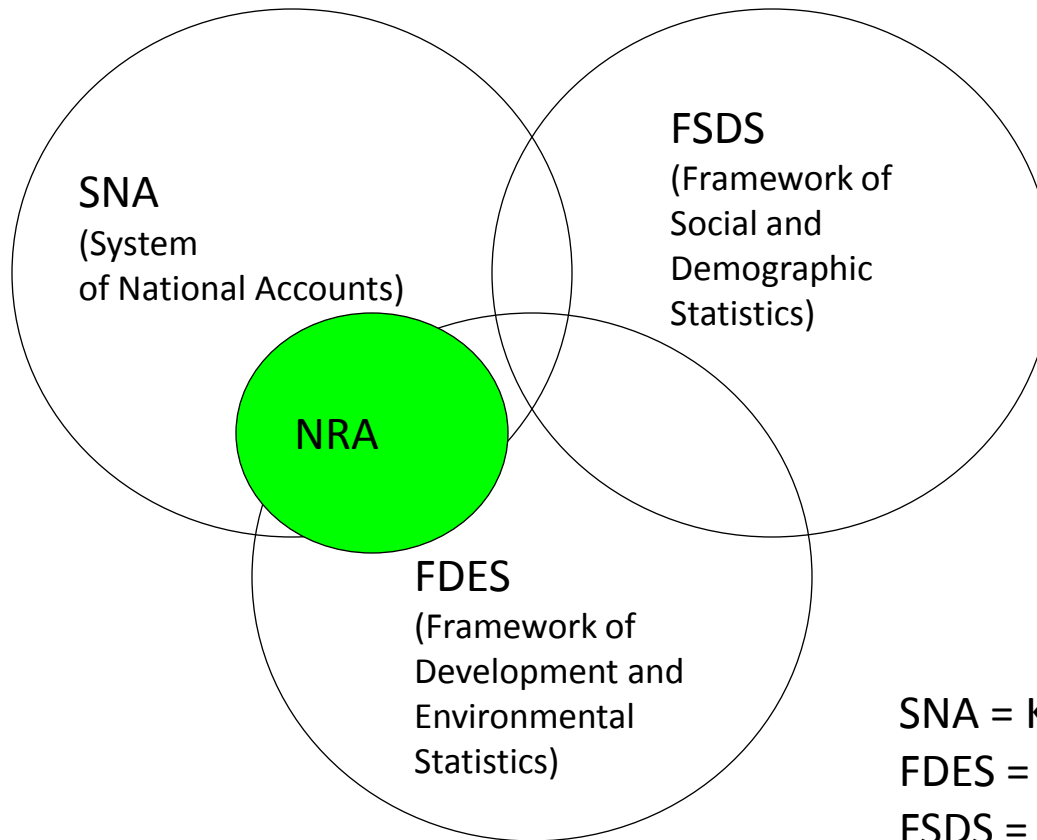
- **Aineistoa kuvaavat tunnusluvut**
  - sijaintia ilmaisevat keskiluvut, vaihtelun ja riippuvuuden tunnusluvut
- **Tilastolliset testit**
  - Tunnuslukuja ja parametrejä koskevien hypoteesien testaus
- **Mallinnusmenetelmät**
  - Lineaariset mallit
- **Otantamenetelmät**

# Yhteiskuntatilastojen tarkoitus ja käyttö

- Yhteiskuntatilastot kuvaavat maan sosiaalisia ja taloudellisia oloja ja ympäristöä numeerisin tilastotaulukoin. Näitä tilastoja myös jatkojalostetaan tiedoiksi, jotka luovat pohjan yhteiskunnalliselle päätöksenteolle ja ennusteille.
- Tilastotutkimus tähtää numeroaineistojen ilmaiseman kehityksen tulkitsemiseen tilastotieteen menetelmin.
- Tiedon tiivistäminen laajoista numeroaineistoista yhteiskunnallisiksi tai tilastollisiksi tunnusluvuiksi on yksi tilastotieteen tärkeimpiä tehtäviä. Sitä seuraa muuttujien välisten riippuvuuksien etsiminen, ilmiöiden selittäminen ja kehityksen ennustaminen.



# Tilastojärjestelmien kenttä



SNA = Kansantalouden tilinpito  
FDES = Ympäristötilastokehikko  
FSDS = Sosiaalitalastokehikko  
NRA = Luonnonvaratilinpito

# Valtion tilastotoimi ja Suomen virallinen tilasto (SVT)

- Tilastokeskus on kansallinen tilastoalan keskusvirasto, joka koordinoi ja kehittää Suomen tilastotointa
- Tilastotoimi on tilastoalan viranomaisten yhteistoiminnallinen verkosto, johon kuuluu 13 tilastoja tuottavaa organisaatiota
- Suomen virallinen tilasto (SVT) kattaa tärkeimmät säännöllisesti ilmestyvät yhteiskuntatilastot
  - Tilastokeskus tuottaa valtaosan SVT-tilastoista
  - virallisen tilaston järjestelmää koordinoi tilaston tuottajien muodostama SVT-neuvottelukunta

# Tilastojen laatukriteerit

- Analyysitulosten osumatarkkuus riippuu vahvasti tilastoaineiston laadusta. GIGA.
- Suomen virallinen tilasto SVT on yhteiskunnan kehitystä ja tilaa kuvaavien tilastojen kattava kokoelma jolla pyritään varmistamaan tilastoaineistojen laatu. SVT:hen kuuluu lähes 300 tilastoa 26 aihealueelta. Niiden perusaineistot ovat maksutta kaikkien käytettävissä.
- SVT-tilastoja tuottaa 14 julkisen hallinnon organisaatiota. Ne takaavat tilastojen jatkuvuuden ja ovat sitoutuneet yhteisiin laatukriteereihin. SVT-laatukriteerit ovat yhteensopivat Euroopan tilastojärjestelmän laatukriteerien kanssa.

# Tilastojen laatukriteerit (SVT)

- Puolueettomuus ja läpinäkyvyys
  - Laadun hallinta
  - Tietosuoja
  - Tuotantoprosessin tehokkuus
  - Tilastojen relevanssi
  - Tilastotietojen tarkkuus ja luotettavuus
  - Julkaistujen tietojen ajantasaisuus ja oikea-aikaisuus
  - Tilastojen yhtenäisyys ja vertailukelpoisuus
  - Julkaistujen tietojen saatavuus ja selkeys
- 
- Kriteerien toteutuminen raportoidaan tilastojen laatuselosteissa

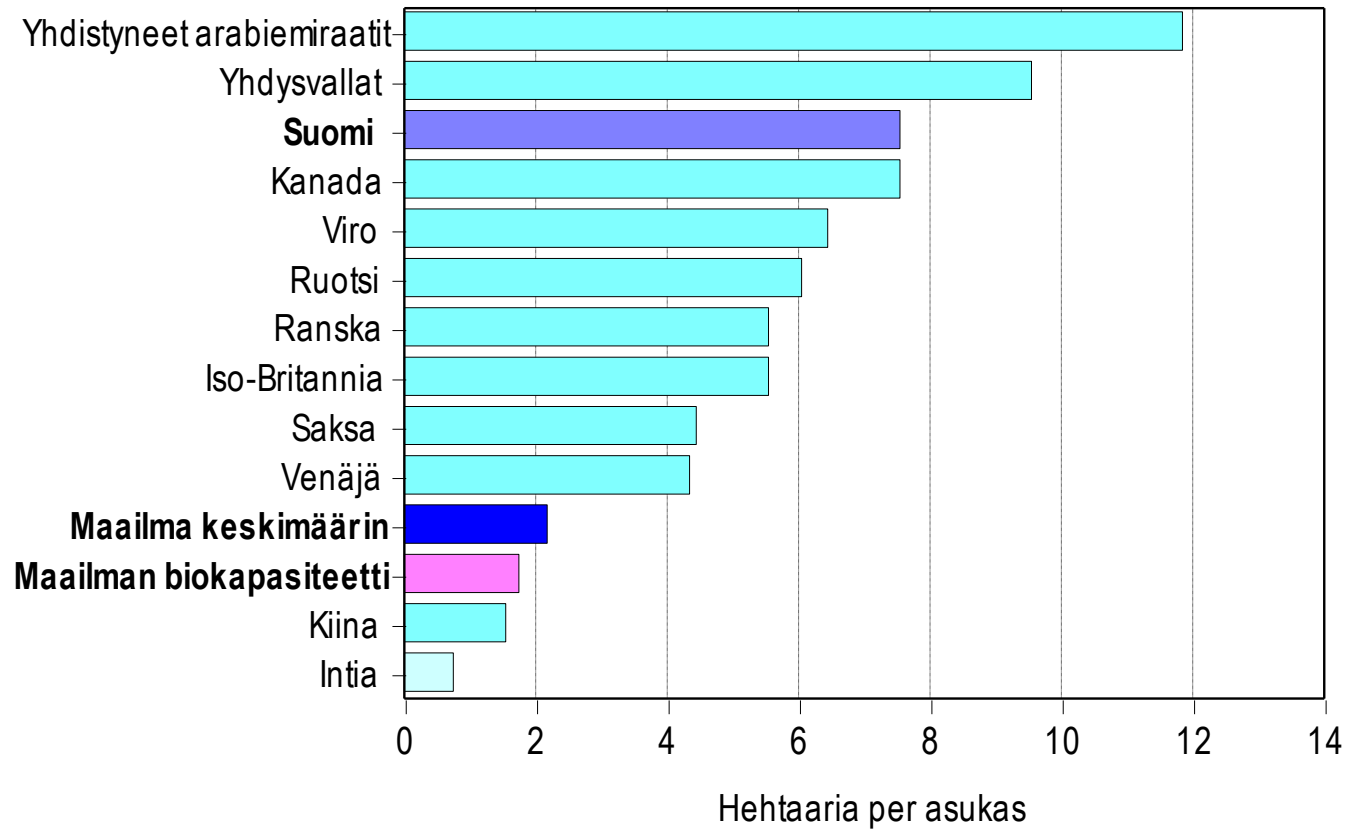
# Kestävä kehitys

- Peräisin 1900-luvun alusta metsätaloudesta. Taustalla metsien hävitys. Ns. Bruntlandin komitea (1988) toi käsitteen maailmanlaajuisten ympäristöongelmien ratkaisuksi.
- Kestävä kehitys ”tyyydyttää nykyhetken tarpeet ja säilyttää tulevien sukupolvien mahdollisuudet omien tarpeidensa tyydyttämiseen”
- Ekologisesti kestävä kehitys; Talouden toiminta ei saa vaarantaa luonnon elinvoimaisuutta ja uusiutumiskykyä.
- Kestävän kehityksen määrälliset tavoitteet on yhä määrittelemättä. Mikä on maapallon kantokyky?

# Arvioita kehityksen kestävyydestä

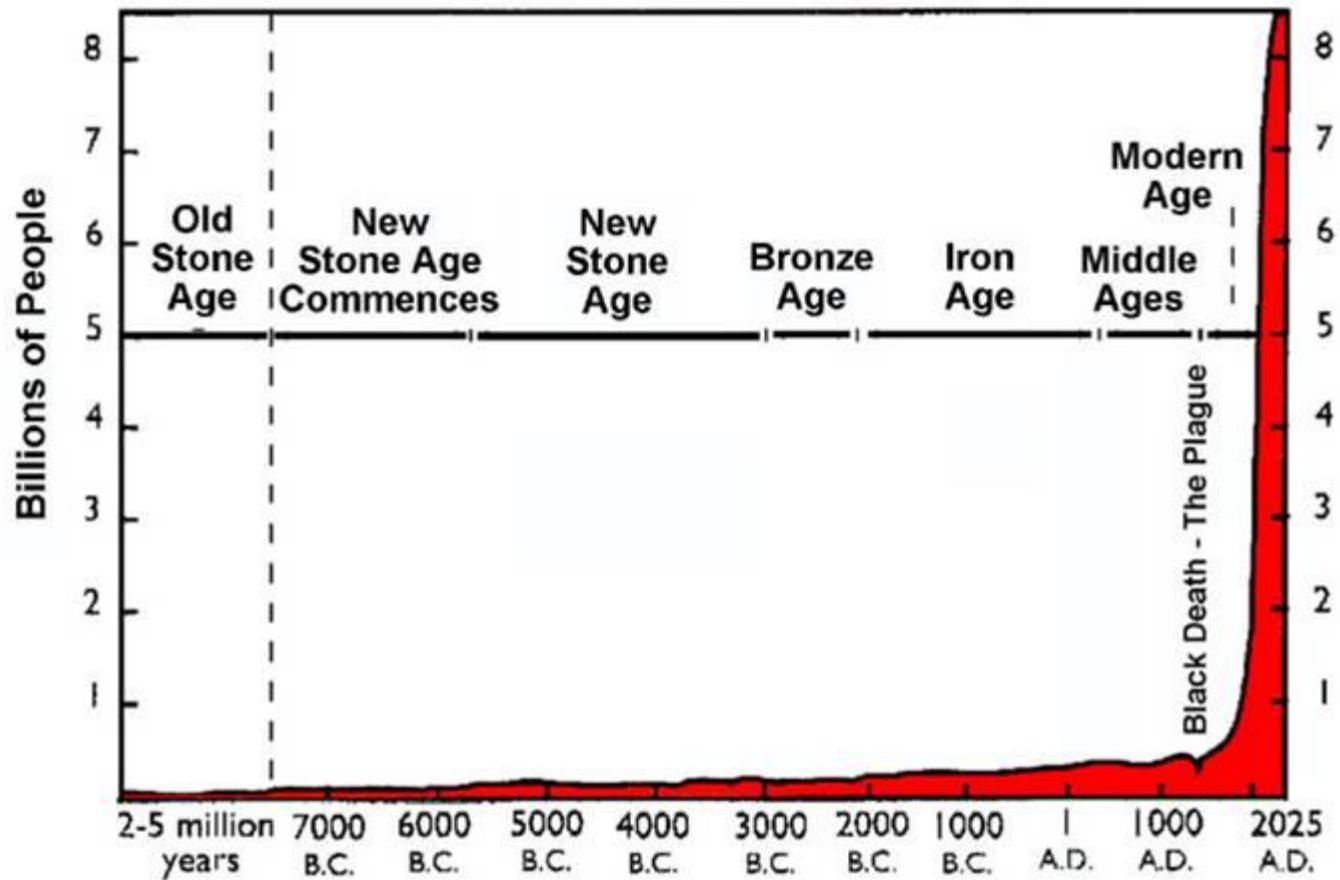
- Kestävä kehitys = ”syödään yhtä paljon kuin tienataan”. Ei oteta velkaa luonnolta.
- WWF:n Ekologinen jalanjälki (Ecological Footprint) arvion mukaan tällä hetkellä Ihmiset käyttävät luonnonvaroja 20 prosenttia yli luonnon uusiutumiskyvyn.
- Suomalaisen ekologinen jalanjälki on 3,9 kertaa suurempi kuin maapallon uusiutuvien luonnonvarojen tuottokyky henkilöä kohden laskettuna.

# Eräiden maiden ekologinen jalanjälki vuonna 2003



# Population explosion

## World Population Growth Through History



From "World Population: Toward the Next Century," copyright 1994  
by the Population Reference Bureau



# Materiaalien ja energian kestävä kierto

- Herman Daly (1991); Materiaalien ja energian kierron kestävyuden kolme ehtoa:
  - 1. Uudistuvien luonnonvarojen käytön vauhti ei saa ylittää sitä vauhtia jolla niitä luonnon omissa prosesseissa syntyy,
  - (2) uudistumattomien luonnonvarojen käytön vauhti ei saa ylittää sitä vauhtia jolla korvaavia luonnonvaroja kehitetään,
  - (3) saastepäästöjen syntymisvauhti ei saa ylittää ympäristön kykyä ottaa vastaan saasteita.

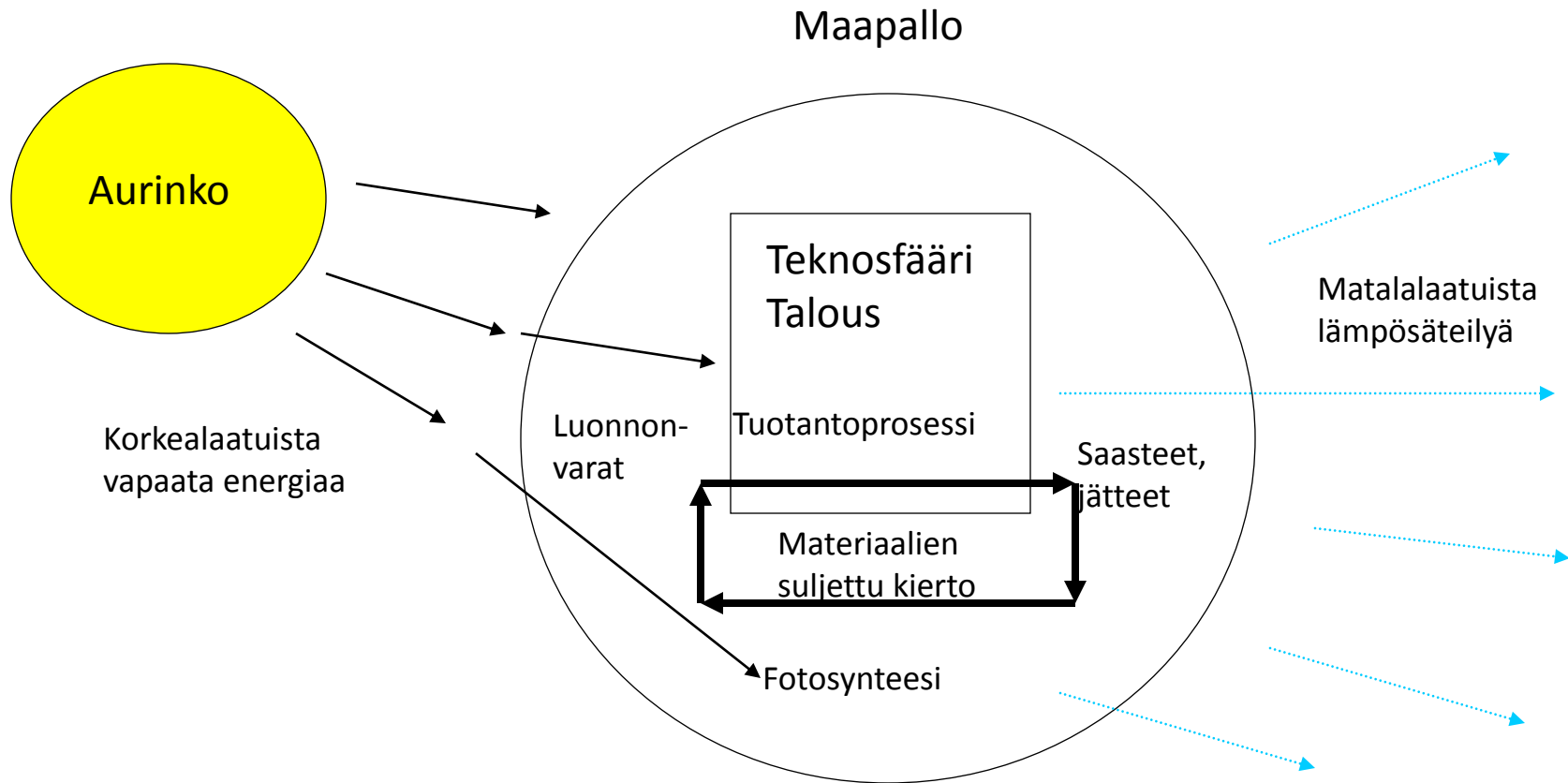
# Termodynamiikan peruslait

- (a) Energian ja materian säilymisen laki: energian ja materian (ns. massaenergian) määrä maailmankaikkeudessa säilyy vakiona.
  - -> materia ja energia eivät talouden tuotantoprosesseissa häviä vaan ne muuttuvat hyödykkeiksi, saasteiksi ja jätteiksi.
- (b) Entropialaki: lämpö ei virtaa itsestään kylmemmästä kuumempaan.
  - -> Talouden tuotantoprosessit eivät voi yltää 100 % tehokkuuteen, joten saastuttaminen ja jätteiden synty on väistämätöntä.

# Termodynaaminen maailmakuva

- Maapallo on energian suhteen avoin, mutta materian suhteen suljettu systeemi.
- Biosfäärin toiminta perustuu auringon energian hyväksikäyttöön.
- Dissipatiiviset rakenteet luovat prosessiensa kautta ihmisen kannalta korkealaatuisia ja käyttökelpoisia ympäristö- ja luonnonvaroja. Talouden toiminta on tälle käänteinen prosessi.
- = > Nykyisellään maailmantalous hyödyntää näitä varoja nopeammin kuin niitä luonnon prosesseissa syntyy.

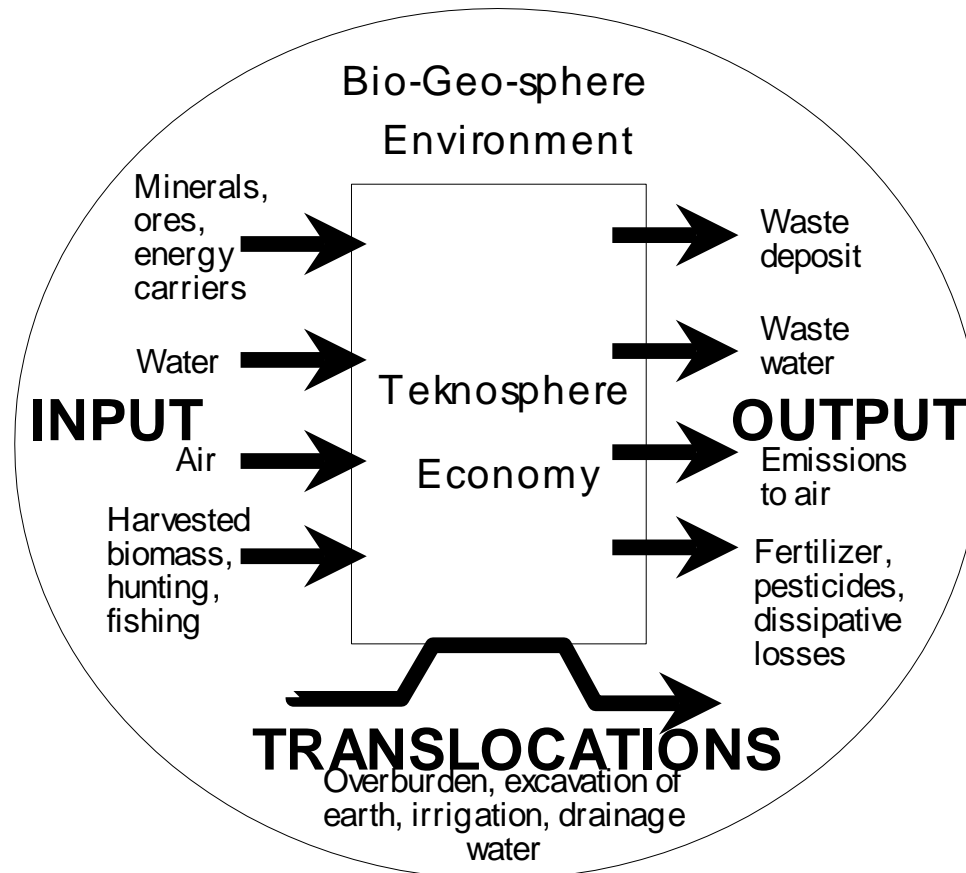
# Materiaalien suljettu kierto



# Yhteiskunnallinen termodynamiikka

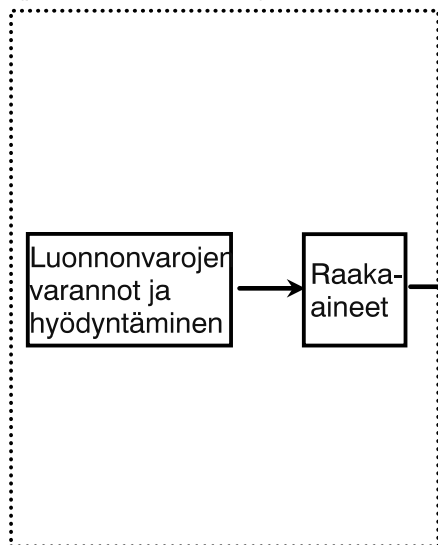
- Saastuttaminen ja jätteiden synty on väistämätöntä, sillä loppujen lopuksi kaikista hyödykkeistä tulee talouden prosesseissa saastetta ja jätettä. Kierrätyksellä prosessia voidaan hidastaa.
- Ainoa keino pienentää ympäristövaikutusten määrää on tuotantoprosessien ympäristöllisen tehokkuuden nostaminen ja käytettyjen materiaali- ja energiapanosten pienentäminen.
- Talouden prosesseja tulee kehittää sellaisiksi että materiaali- ja energiapanosten käyttö minimoituu sekä hyödykkeiden hyödyllisyys ja käyttöaika maksimoidaan.

# Läpivirtaustalousajattelu materiaalivirtatilinpidon perustana

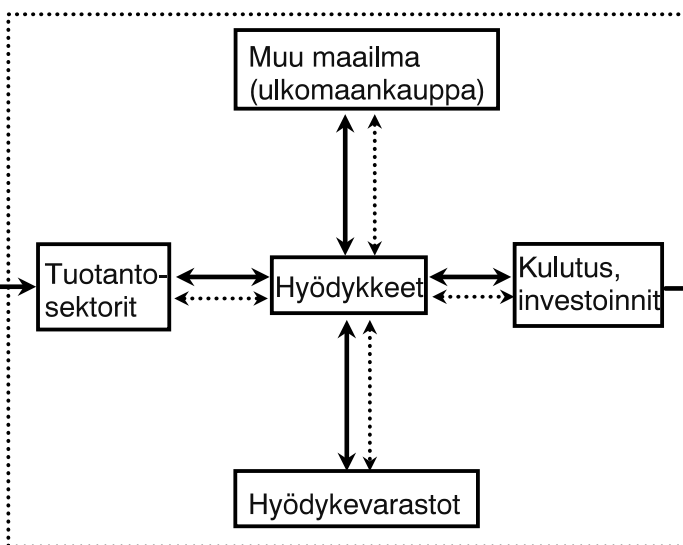


# Teknosfäärin tilastollinen kuvaaminen

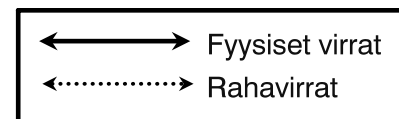
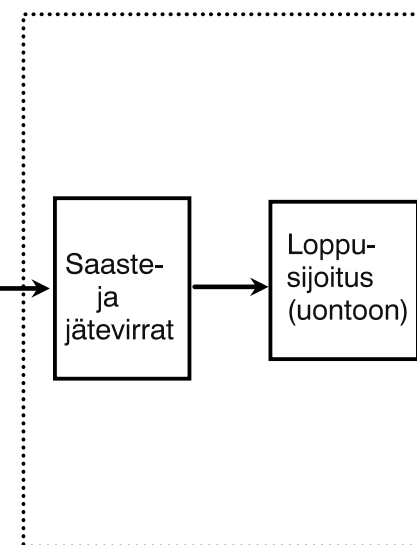
Luonnonvaratilinpitojärjestelmä  
(perustuu MFA:han)



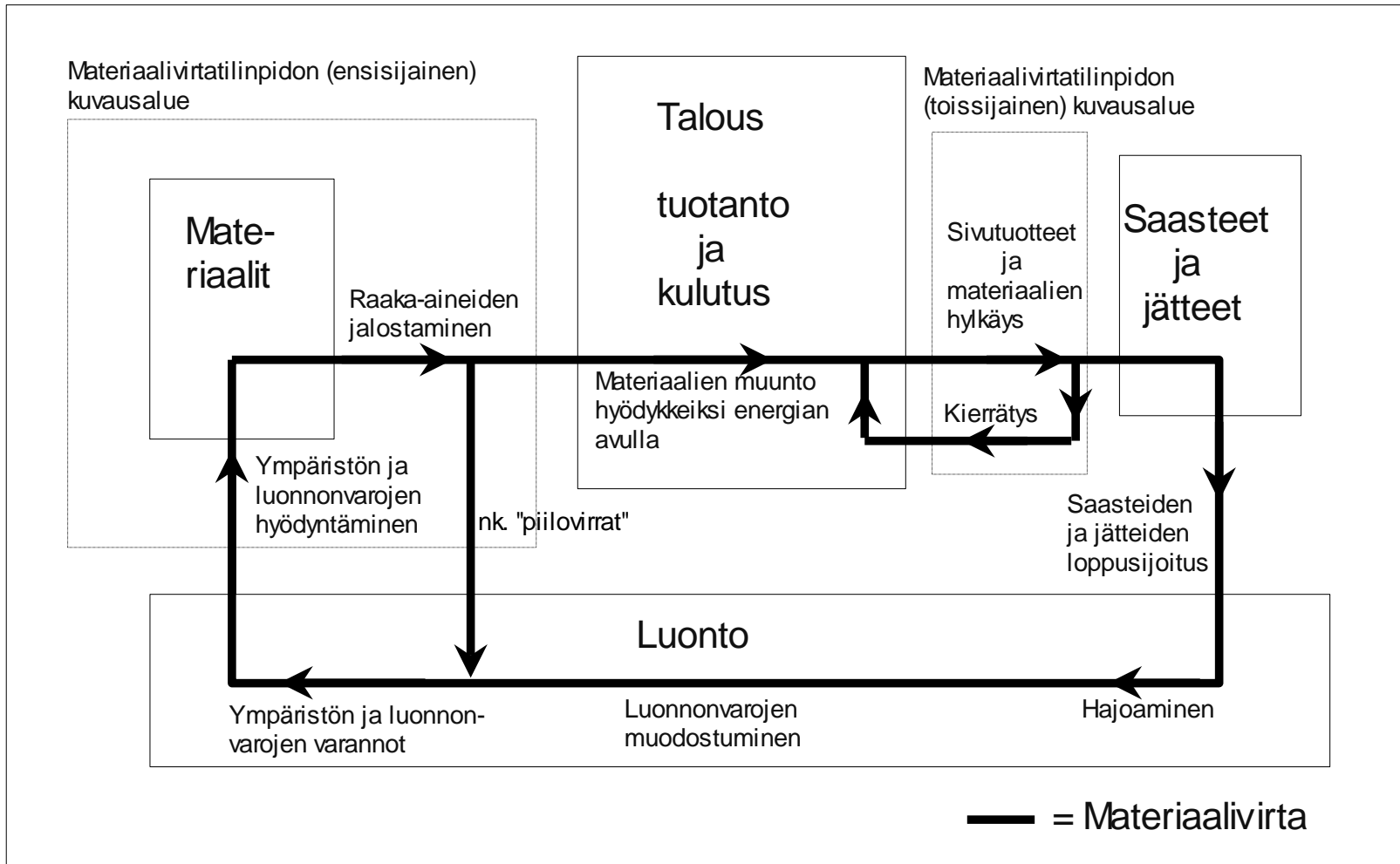
Kansantalouden tilinpitojärjestelmä (SNA)



Ympäristövaikutusten tilinpito



# Materiaalien suljettu kierto materiaalivirtatilinpidossa

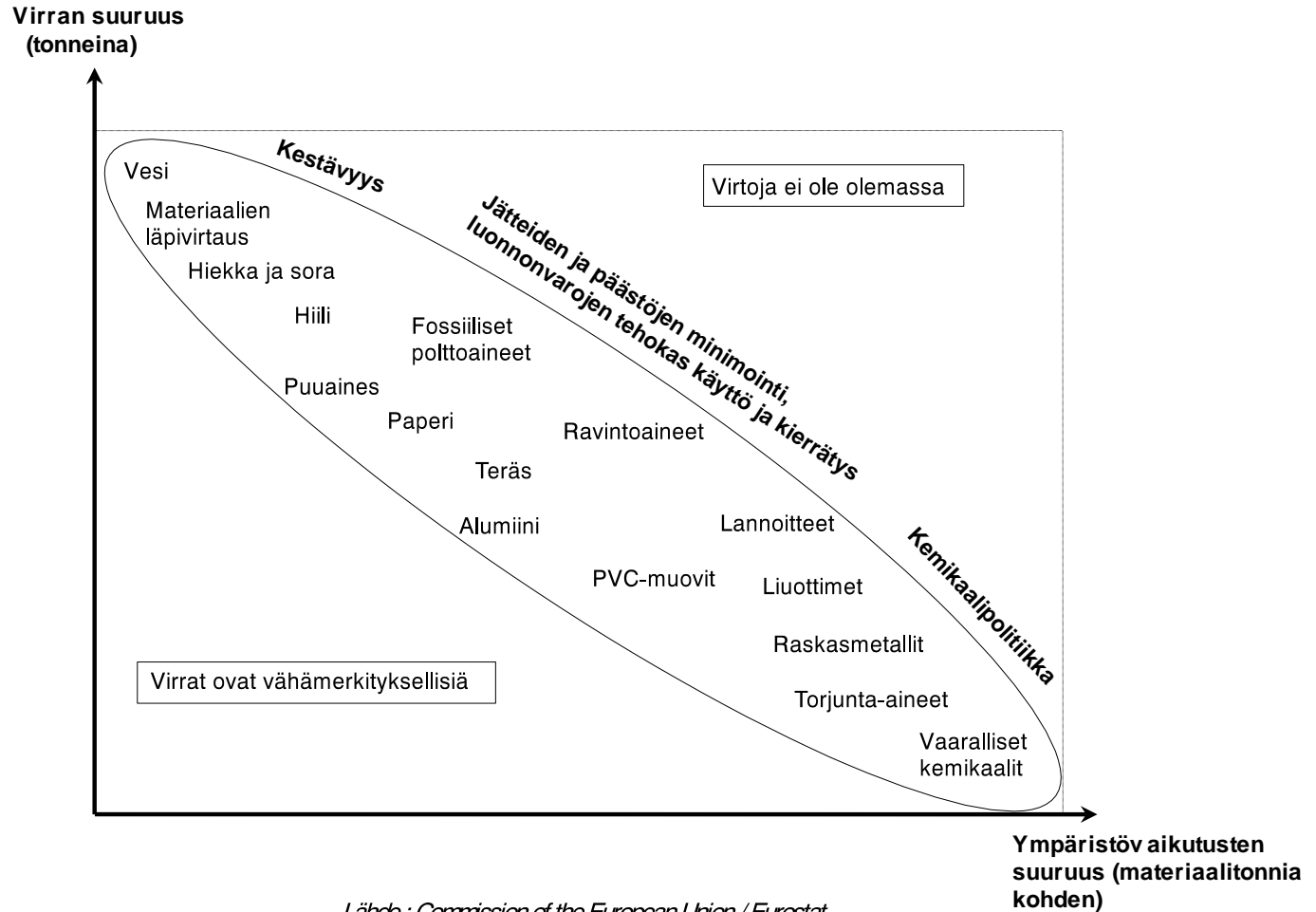




# Keskeiset käsitteet

- Luonnonvaratilinpito: Luonnonvarojen varantojen, virtojen ja tilan systemaattisesti järjestetty tilastokokonaisuus
- Kuvausalueena taloudellisten ilmiöiden ja fyysisen ympäristön välinen vuorovaikutus
- Osa kestävän kehityksen politiikan seurannan välineistöä
- Uusiutuva ja uusiutumaton luonnonvara:
  - Mineraalivarat (uusiutumattomia)
  - Biologiset varat (ehdollisesti uusiutuvia)
    - Virtaavat varat (uusiutuvia)
    - Tilavarat (ehdollisesti uusiutuvia)

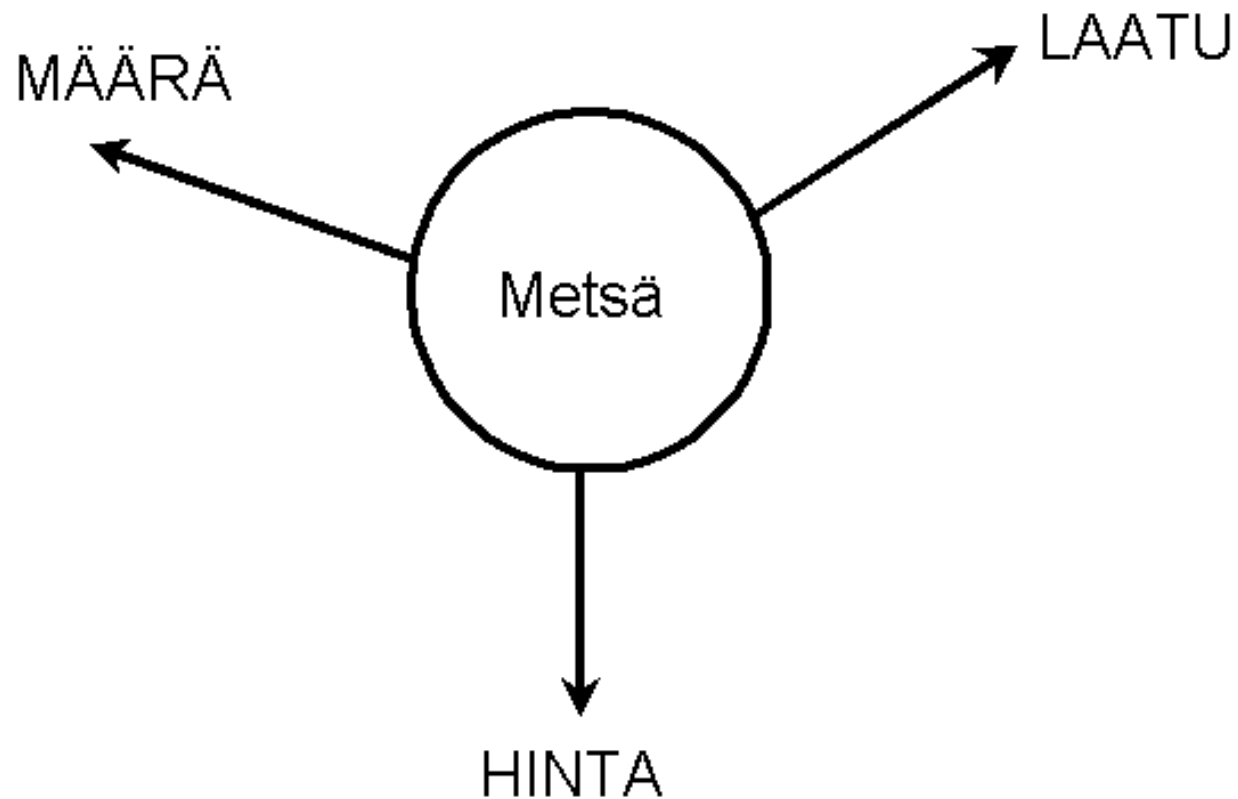
# Materiaalien merkitys kestävyyyden kannalta



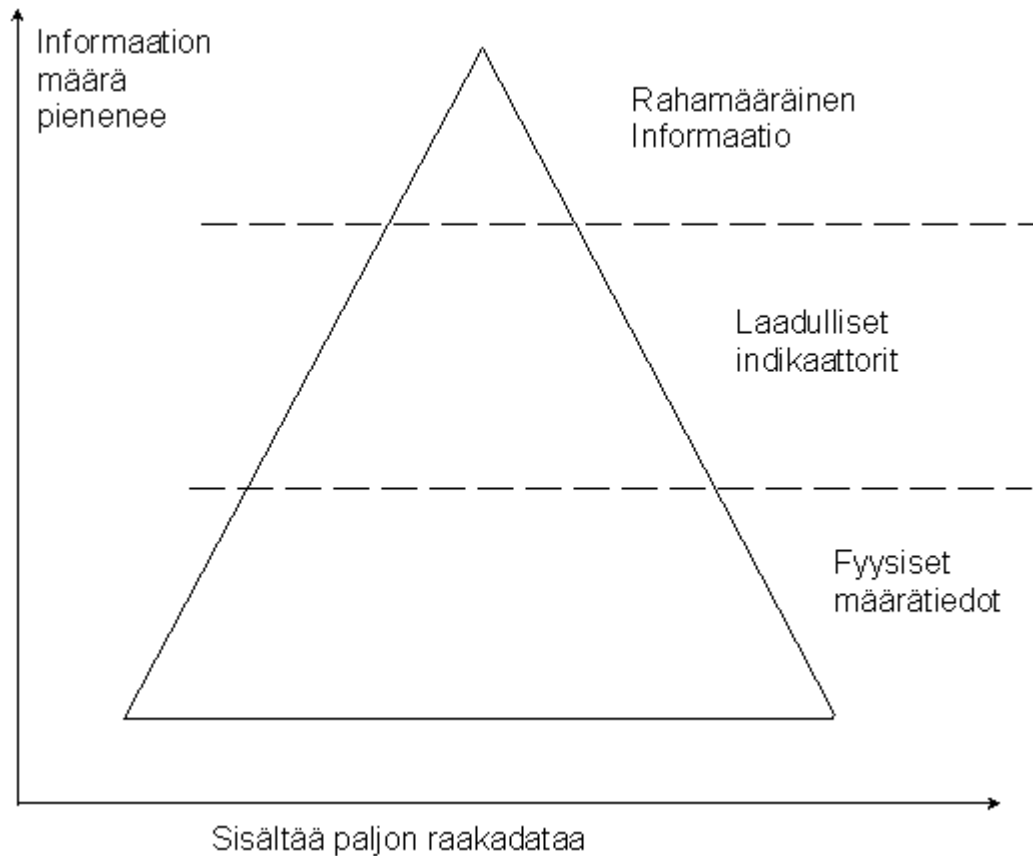
# Ympäristövarojen luokittelu

Yksityinen	Puuaines Turve Malmit ja mineraalit Maa-ainekset
Puolijulkinen	Marjat ja sienet
Julkinen	Puhdas ilma Kansallispuistot

# Luonnonvaran ulottuvuudet



# Luonnonvaratilinpidon tiedot



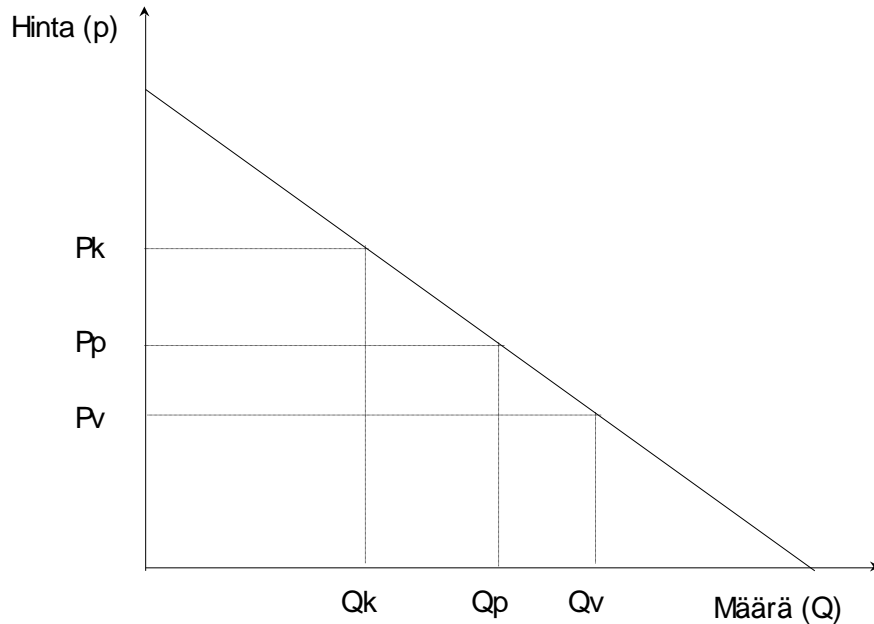
# Tilastotietojen tiivistäminen

- Yhteiskuntatilastojen tiettyjen ominaisuuksien kuvaamiseen käytetään erilaisia tunnuslukuja:
- **Indikaattori** (suom. osoitin tai ilmaisin) ilmaisee jonkin ilmiön tilaa tai kehitystä karkealla tasolla tai epäsuorasti. Indikaattori ilmaisee muutoksen suuntaa eli suhteellista muutosta jossakin asiassa verrattuna esimerkiksi johonkin perusvuoteen. Tarkkojen absoluuttisten numeroarvojen sijasta indikaattori keskittyy nimenomaan muutoksen kuvaamiseen.
- **Indeksi** tarkoittaa usean indikaattorin tiedot kokoava yhdistelmäindikaattori, joka pyrkii kuvaamaan laajempaa yhteiskunnallista ilmiötä tai kehityskulkua.

# Tilastotietojen tiivistäminen 2

- **Mittari** tiivistää eli aggregoi suuria tietoaaineistoja yhdeksi tunnusluvuksi. Mittari kuvaa yleensä yhteiskunnallisesti merkittäviä ilmiöitä aikasarjoina. Mittarille ominaista on absoluuttisten numeroarvojen ja muutosten ilmaisemisen. Esimerkiksi BKT on kansantalouden tilinpidon tärkein mittari. Tietoa kokoavasta mittarista käytetään myös joskus nimitystä aggregaatti-indikaattori, kun sitä käytetään nimenomaan muutoksen kuvaamiseen.
- **Yhdistelmäindikaattori** on moniulotteista ilmiötä ja sen kehitystä kuvaava aggregaatti-indikaattori, joka koostuu useista näennäisen yhteismittattomista, ilmiön eri ulottuvuuksia kuvaavista indikaattoreista.

# Luonnonvarojen alihinnoitteluongelma



- $P_k$  = Kestävän kehityksen mukainen hinta
- $Q_k$  = Kestävän kehityksen mukainen hyödynnetty määrä
- $P_p$  = Pareto-optimaalinen hinta
- $Q_p$  = Pareto-optimaalinen määrä
- $P_v$  = Voiton maksimoiva hinta
- $Q_v$  = Voiton maksimoiva määrä



# 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

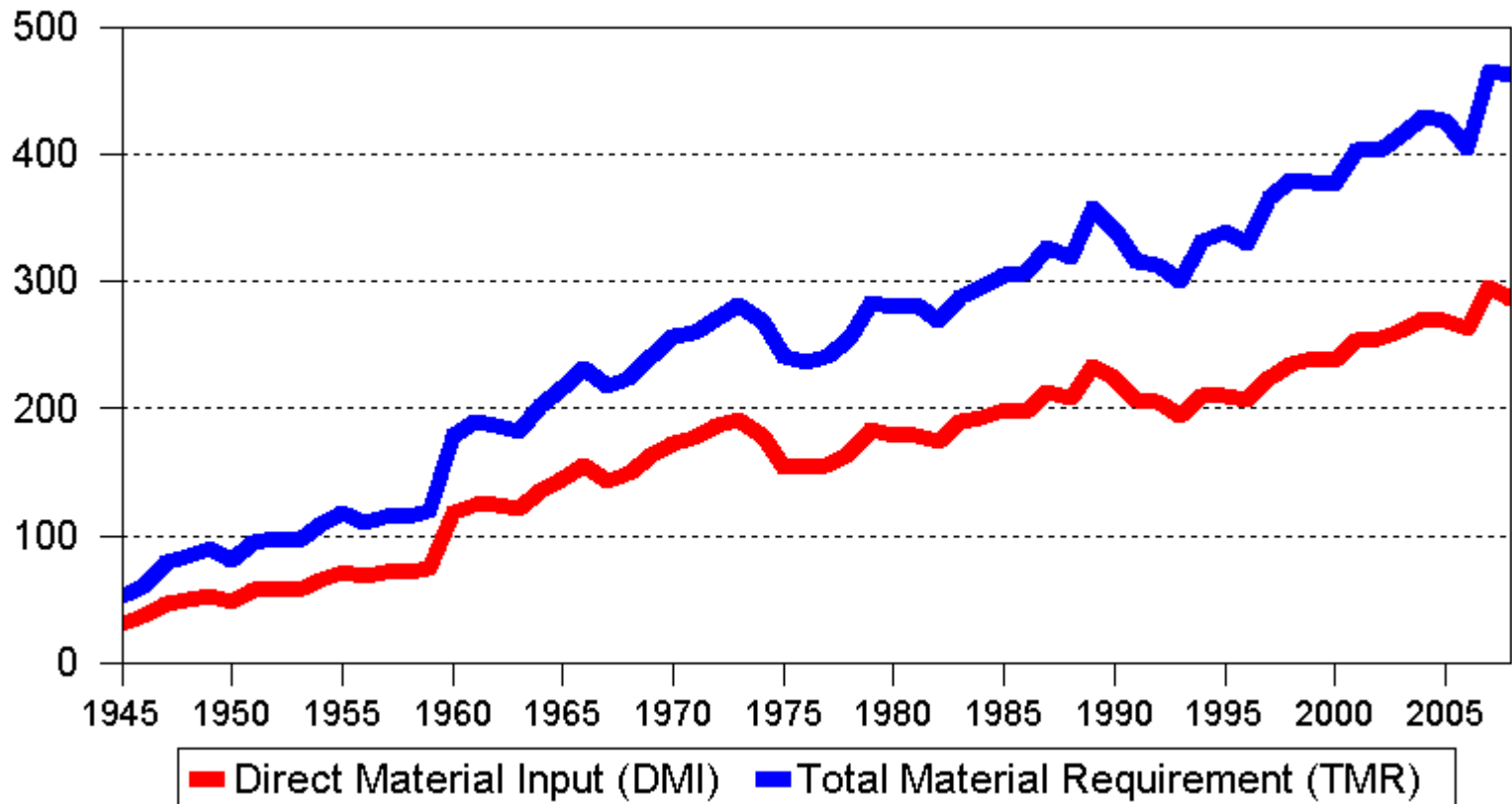
# Ympäristöhyödykkeiden hinnoittelumenetelmät

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

# Luonnonvaratilinpidon perusrakenne

- Varanto kauden alussa (esim. 1.1.)
- Varannon mahdolliset uudelleenarvioinnit (uudet löydöt) (+)
- Luonnonvaran kasvu (+)
- Poistuma (hyödyntäminen ja luonnollinen poistuma) (-)
- Varanto kauden lopussa (esim. 31.12)

# Suomen DMI ja TMR mittareiden kehitys 1945-2008 (miljoonaa tonnia)



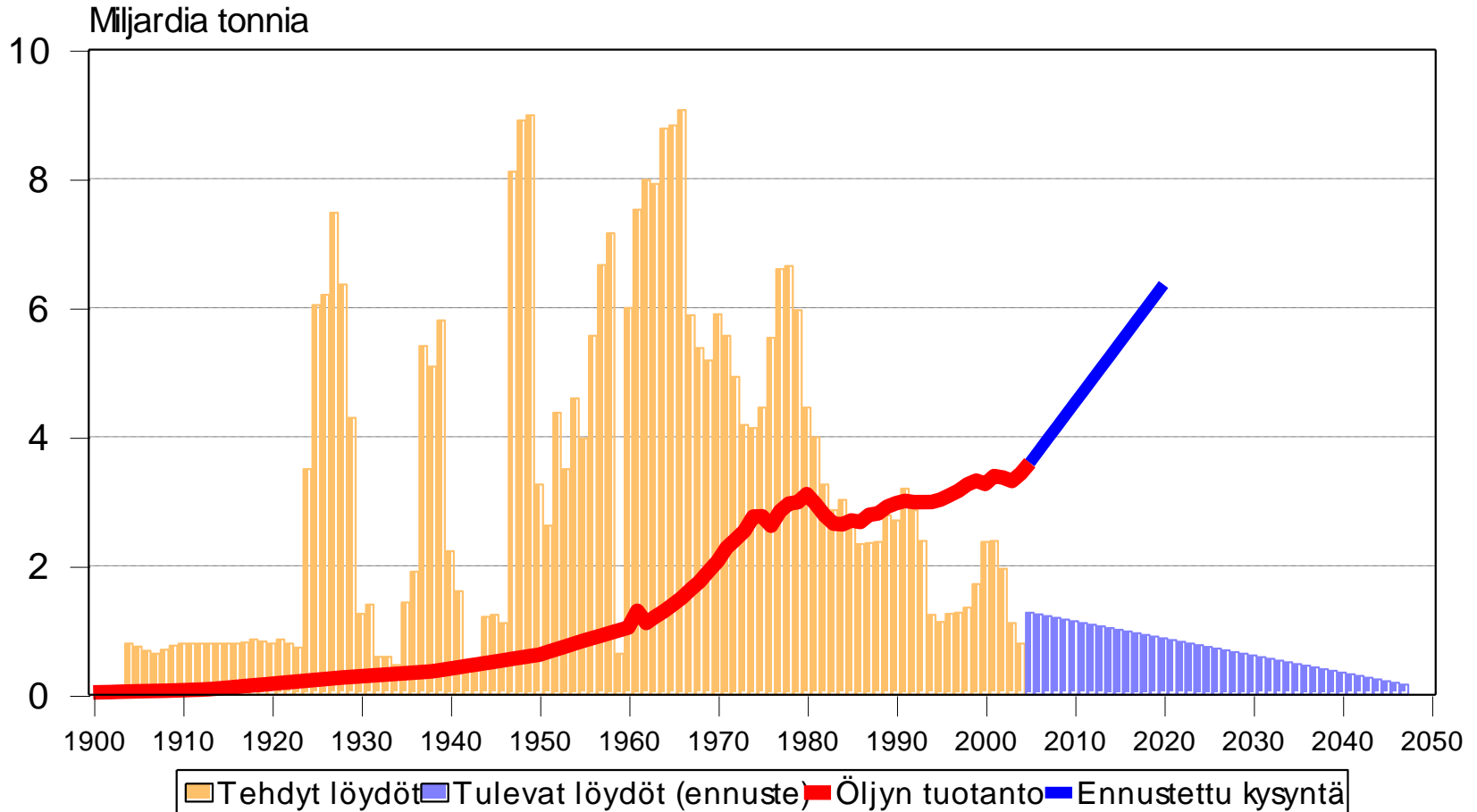
# Kohti kestäväää tulevaisuutta

- Maapallon kantokyky ei pysty ylläpitämään nykyistä globaalia talouskasvua (talouden laajentumista) -> hyvinvoinnin romahdus
- Materiaalien ja energian käyttöä tulee vähentää. Meidän tulee siirtyä määrällisen kasvun tavoittelusta laadullisen kasvun tavoitteluun. (ts. saada “enemmän vähemmästä”)
- Ainoa käytännössä toimiva keino nopeasti muuttaa asenteita yhteiskunnassa ja yrityksissä, on ympäristö- ja luonnonvarojen sekä ympäristöhaittojen hinnoittelu (OECD price where you can). Tällöin ne voidaan ottaa huomioon kaikessa päätöksenteossa.

# Uusiutumattoman luonnonvaran estimaatin todennäköisyysjakautuma



# Maailman öljylöydöt ja öljyn tuotanto 1904-2005 ja ennustetut trendit



# Earth, lighted by fossil fuels

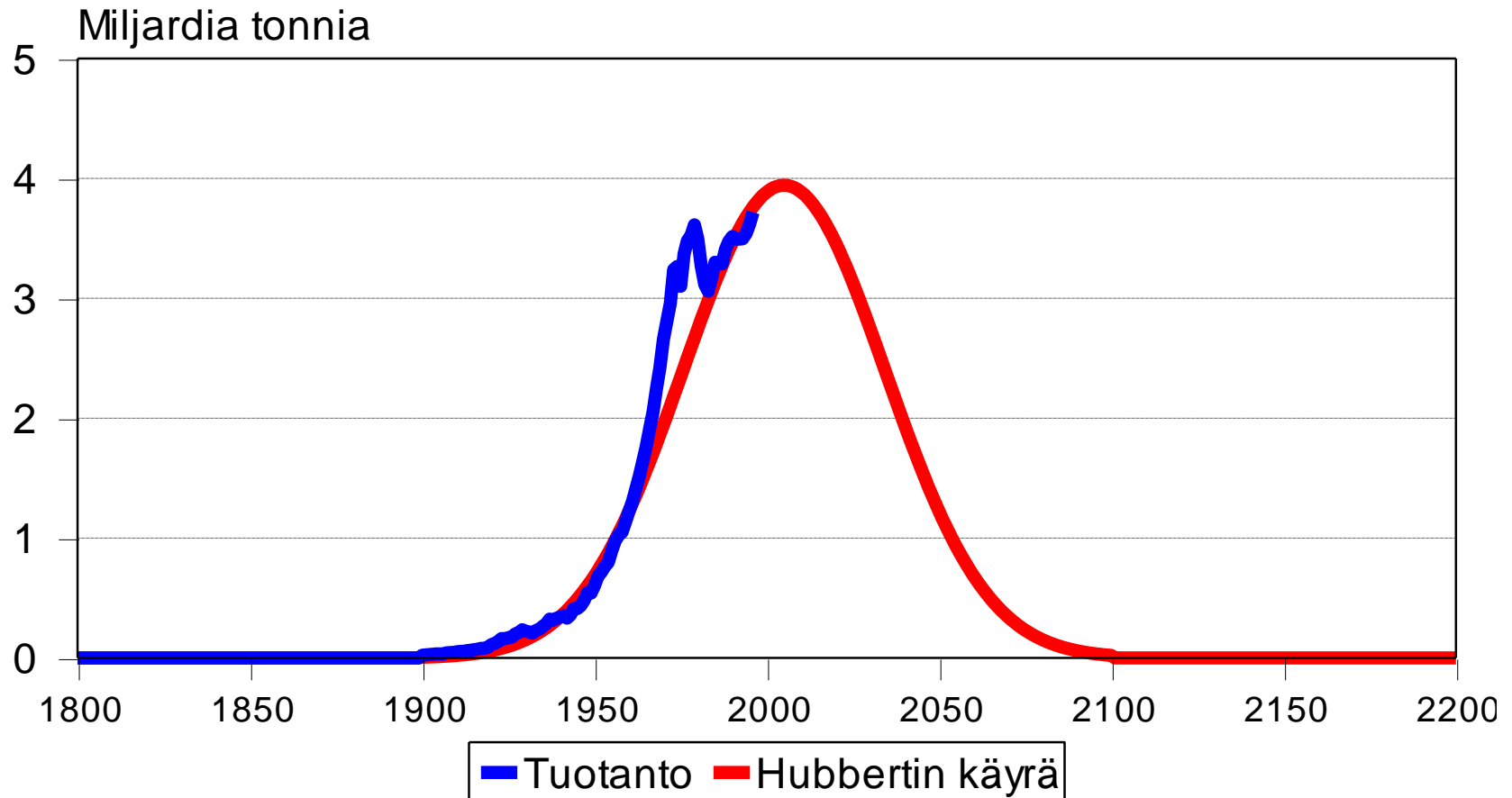




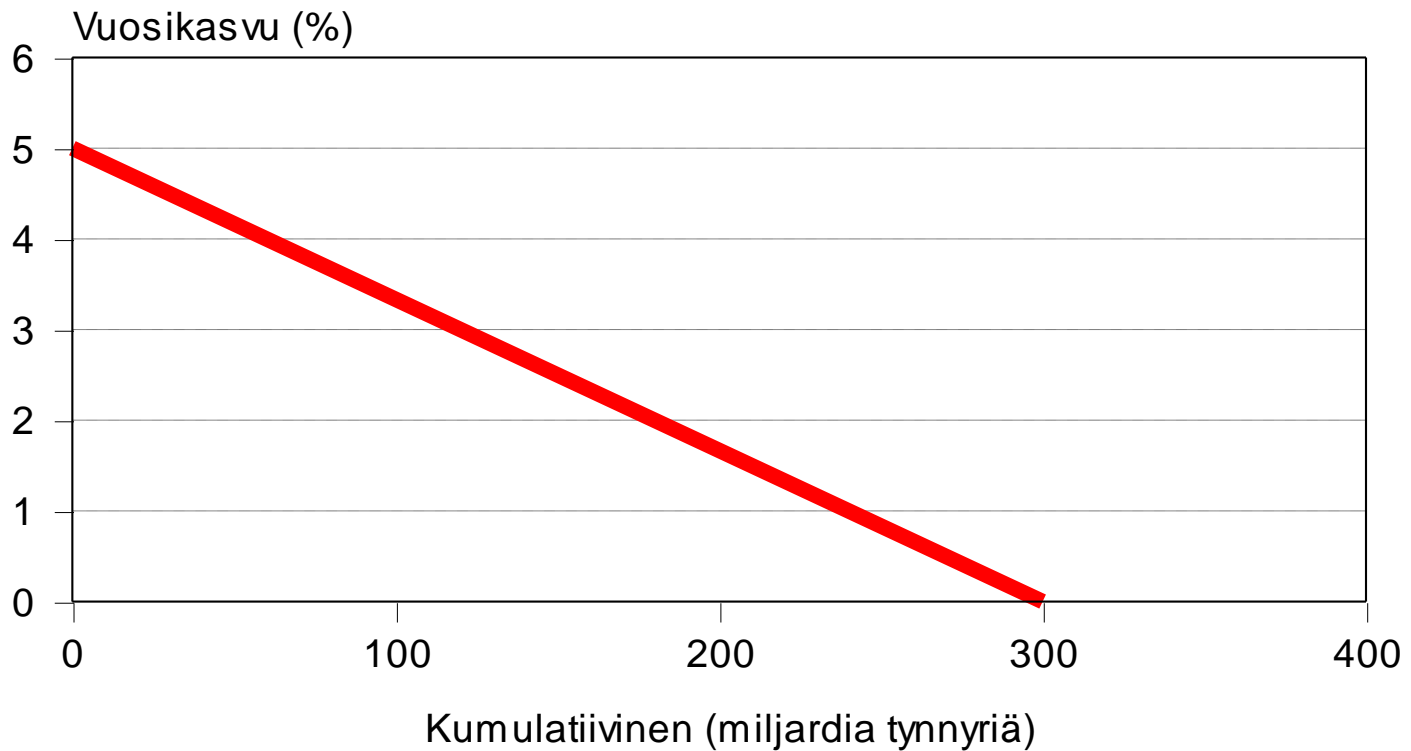
# Hubbertin käyrä

- Matemaattinen malli, joka on tarkoitettu mallintamaan öljyn tuotannon ja varannon määriä
- Kehittäjä: Marion King Hubbert 1956
- Käyrä kuvaa luonnonvaran varannon hyödyntämistä ajassa (virtaa) olettaen että varantoa hyödynnetään optimaalisesti (parhainta mahdollista tekniikkaa käyttäen)
- Käyrä on luonteeltaan logaritminen
- Käyrän tarkka muoto riippuu varannon koosta ja hyödyntämisen intensiivisyydestä

# Maailman öljyntuotanto ja Hubbertin käyrä



# Kasvuvauhti varannon ennusteena (vuosikasvu/kumulatiivinen tuotanto)



# Tuotantoon perustuvien varannon arviointimenetelmien edut ja haitat

- Haitat: lyhytaikaisten ennustusten teko on vaikeaa, aikaiset ennusteet epävarmoja, myöhemmät ampuvat helposti yli, ei kerro mitään epäkonventionaalisista mahdollisuuksista
- Edut: tuotantodata parempi saatavuus, mallinnuksen läpinäkyvyys, poliittiset näkemykset jäävät pois, nopeus

# Ekotehokkuuden käsite

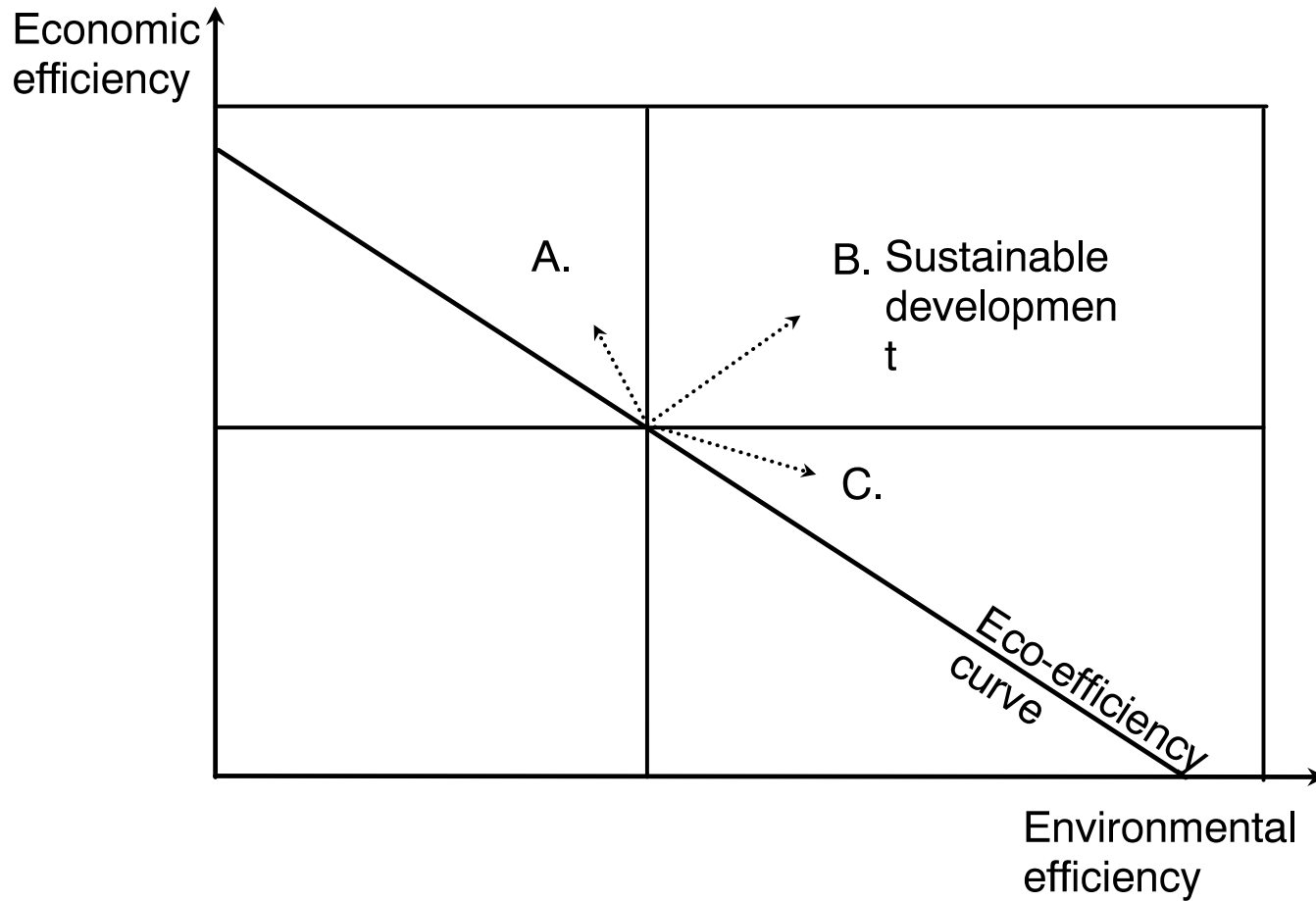
WBCSD (1992):

”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

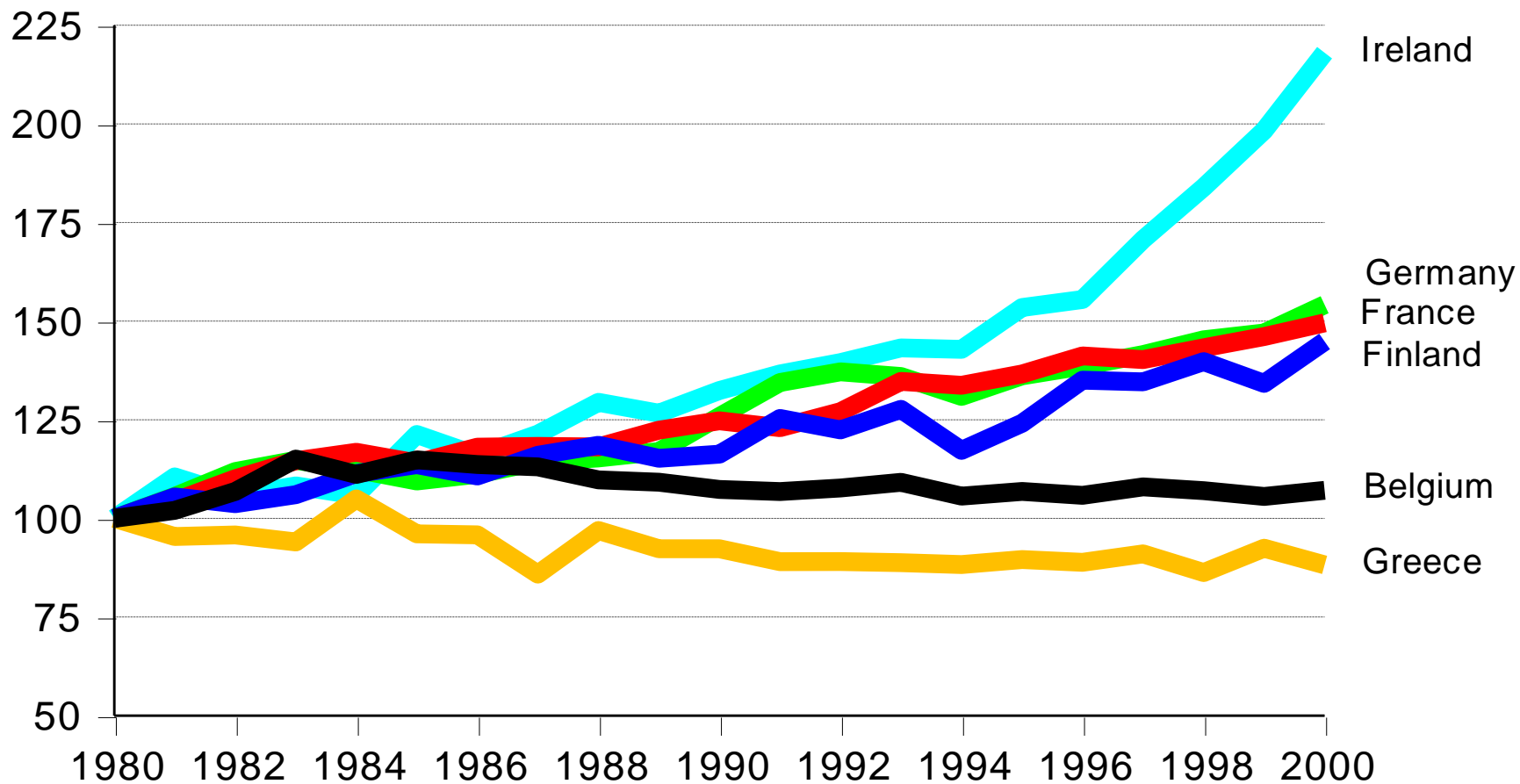
OECD (1997): Eco-efficiency =  $\frac{\text{Improvement in the quality of life}}{\text{Costs + Resources + Damages}}$

Value added

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



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



# Yhteiskunnan käytössä olevat ympäristö-ohjauskeinot

	Hallinnolliset ohjauskeinot (nk. määräohjaus)	Taloudelliset ohjauskeinot (nk. hintaohjaus)	Informaatio-ohjaus
Ohjausvaikutus	Määräävät saastuttavan toiminnan laajuuden	Pyrkii korjaamaan markkinoiden ulkoisvaikutuksia	Pyrkii vaikuttamaan kuluttajien asenteisiin
Keinot	Lait ja määräykset	Ympäristöverot, ympäristönsuojelun taloudellinen tuki, panttimaksujärjestelmät	Ympäristötutkimus, ympäristöraportointi, kasvatus ja neuvonta
Käyttökelpoisuus	Perinteisesti suosittu ohjauskeino. Oikein sovellettuina tehokkaita.	Talousjärjestelmän mukaisia	Käytännössä poliittisesti monesti ainoa mahdollinen ohjausmuoto

# Kiitos!

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