



Corso di formazione alla sostenibilità
1° ciclo - 15 marzo 2005

METODI DI CONTABILITA' AMBIENTALE

Silvia Battaglia – Fiorenzo Martini

IRIS



Agenda

- Misurare la sostenibilità ambientale (60')
 - IPAT
 - Indicatori DPSIR
 - ESI, Indice di Sostenibilità Ambientale
 - Ecological Footprint
 - Biocapacità
- Pausa (15')
- Metodi di contabilità ambientale (60')
 - MFA, Analisi dei Flussi di Materia
 - Bilancio ambientale territoriale e di impresa
 - Esercitazione

IRIS



MISURARE LA SOSTENIBILITA' AMBIENTALE



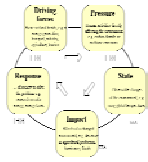
Attività in gruppi interdisciplinari di 3 persone

- Immaginate di dover costruire un indicatore che misuri la sostenibilità ambientale della Provincia di Torino.

Provate a fare una lista delle variabili di cui tenere conto ed eventualmente commentate le scelte effettuate.



QUANTIFICARE I SERVIZI DEGLI ECOSISTEMI



INDICATORI DPSIR
Driving forces-Pressure-
State-Impact-Response
OCSE

**INDICATORI BASATI
SUI FLUSSI DI MATERIA**
Material Flow Analysis
Wuppertal Institut, IFF, 2000



**VALUTAZIONI
MONETARIE**
Valore economico
(Costanza et al., 1996)

**INDICATORI BASATI
SULL'ENERGIA**
LCA, eMergy (Odum, 1996);
exergy (Jorgensen, 1998);
Energy Flow Analysis (IFF)



**INDICATORI BASATI
SULLA PRODUZIONE**
NPP (Vitousek, 1986)
HANPP (IFF Austria)

INDICATORI DI AREA/ VOLUME
Spazio ambientale (Opshoor, 1995)
Superficie produttiva,
Impronta Ecologica
(Rees, Wackernagel, 1996)



IPAT

Formula IPAT o equazione di Ehrlich

$$I = f(P, A, T)$$

I = impatto ambientale

P = popolazione

A = quantità di beni e servizi pro capite

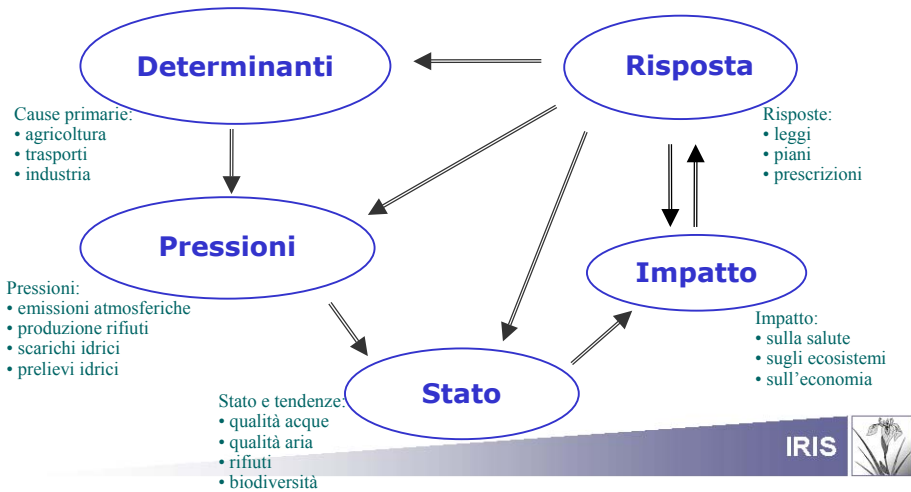
T = tecnologia, livello di conoscenza e organizzazione

- P, A e T non sono indipendenti tra di loro (non linearità del sistema)
- Misurabilità dei fattori



DPSIR

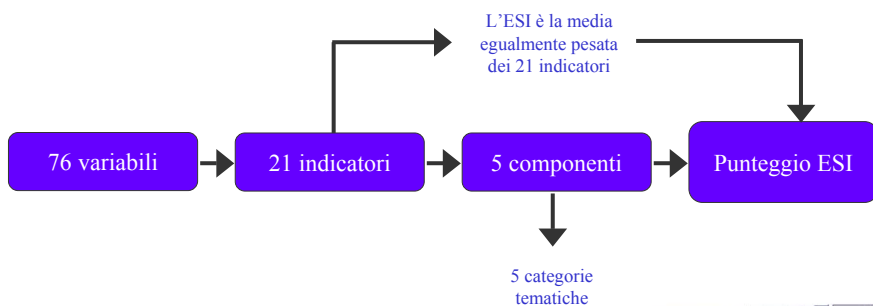
OECD, Organisation for Economic Co-Operation and Development
EEA, European Environmental Agency



ESI - Environmental Sustainability Index

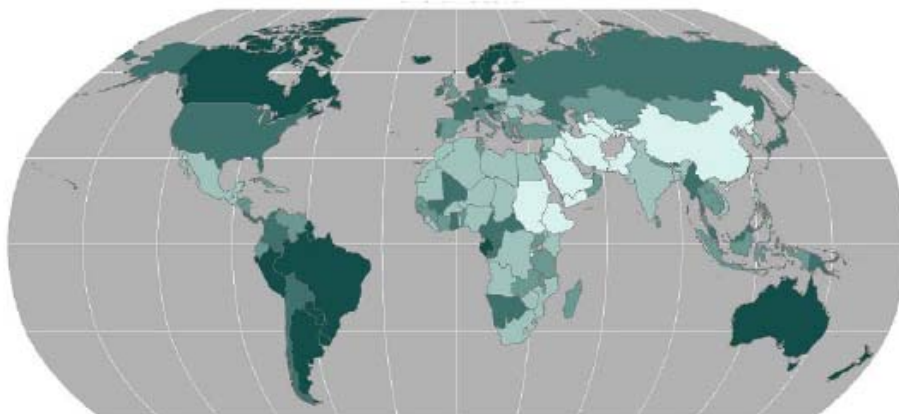
Yale Center for Environmental Law and Policy, Yale University
Center for International Earth Science Information Network, Columbia University
In collaboration with: World Economic Forum, Geneva, Switzerland; Joint Research Centre, CE, Ispra, Italy

Fasi della costruzione dell'indice:



76 Variables		21 Indicators	5 Components
•Nitrogen dioxide concentration •Sulfur dioxide concentration	•Particulate concentration •Indoor air quality	Air Quality	Environmental Systems
•Ecoregions at risk •Threatened birds •Threatened mammals	•Threatened amphibians •National Biodiversity Index	Biodiversity	
•Wilderness area	•Developed area	Land	
•Dissolved oxygen •Electrical conductivity	•Suspended solids •Phosphorus concentration	Water Quality	
•Surface water availability	•Groundwater availability	Water Quantity	
•Coal consumption •Nitrogen oxide emissions •Sulfur dioxide emissions	•VOC emissions •Vehicles in use	Reducing Air Pollution	
•Forest cover change	•Acidification	Reducing Ecosystem Stresses	
•Population growth	•Total fertility rate	Reducing Population Growth	
•Ecological Footprint •Waste recycling rates	•Hazardous waste generation	Reducing Waste & Consumption Pressures	
•Industrial organic effluents •Fertilizer consumption	•Pesticide consumption •Area under water stress	Reducing Water Stress	
•Overfishing •Sustainably managed forests •Market distortions	•Salinization due to irrigation •Agricultural subsidies	Natural Resource Management	Reducing Human Vulnerability
•Deaths from intestinal infectious diseases •Child mortality rate	•Child mortality due to respiratory infections	Environmental Health	
•Malnutrition	•Safe drinking water supply	Basic Human Sustenance	
•Casualties due to environmental disasters	•Environmental Hazard Exposure Index	Reducing Environment-Related Natural Disaster Vulnerability	Social and Institutional Capacity
•Gasoline price •Corruption •Government effectiveness •Protected land area •Environmental governance •Strength of rule of law •Local Agenda 21 initiatives	•CMI and political liberties •Sustainable development data gaps •International environmental engagement •Environmental knowledge creation •Democratic institutions	Environmental Governance	
•Energy consumption / GDP	•Renewable energy production	Eco-Efficiency	
•Corporate sustainability (Dow Jones) •Corporate sustainability (Inovest) •ISO 14001 certified companies	•ISO 14001 certified companies •Private sector environmental innovation •Participation in Responsible Care Program	Private Sector Responsiveness	
•Innovation capacity •Digital Access Index •Female primary education	•University enrollment •Research scientists	Science and Technology	
•Intergovernmental environmental activities •Role in international environmental aid	•Participation in international environmental agreements	Participation in International Collaborative Efforts	
•Greenhouse gas emissions / GDP •Transboundary sulfur dioxide spillovers	•Greenhouse gas emissions / capita •Polluting-goods imports	Greenhouse Gas Emissions Reducing Transboundary Environmental Pressures	

ESI – Punteggio per nazioni



29.2 – 40.0 40.5 – 46.2 46.6 – 52.4 52.5 – 59.6 59.7 – 75.1



N.	Country	ESI	ENV. SYSTEM	RED. ENV. STRESS	RED. HUMAN VULNER.	SOC. INST. CAP.	GLOBAL
1	Finland	75,1	73,7	60,5	81,5	91,7	68,1
2	Norway	73,4	82,1	48,0	78,2	91,3	66,0
3	Uruguay	71,8	70,5	67,3	78,0	73,6	73,6
4	Sweden	71,7	69,5	48,4	78,6	91,6	75,6
5	Iceland	70,8	88,4	35,0	80,7	86,7	60,9
6	Canada	64,4	85,0	45,4	80,9	77,2	21,3
7	Switzerland	63,7	51,8	38,6	70,1	91,0	74,0
8	Guyana	62,9	90,4	65,4	37,2	40,9	46,9
9	Argentina	62,7	67,6	54,9	69,9	65,4	58,5
10	Austria	62,7	57,9	42,4	80,0	81,9	60,6
69	Italy	50,1	35,9	36,5	74,9	70,9	47,1
137	Yemen	37,3	49,6	41,8	23,7	23,5	42,4
138	Kuwait	36,6	36,7	31,2	68,6	33,7	23,6
139	Trinidad & Tobago	36,3	35,6	41,5	71,3	26,1	13,4
140	Sudan	35,9	48,3	59,6	13,2	23,3	19,2
141	Haiti	34,8	21,5	54,6	17,4	24,6	54,2
142	Uzbekistan	34,4	45,8	37,1	45,3	17,7	25,8
143	Iraq	33,6	34,8	47,2	36,8	21,8	17,9
144	Turkmenistan	33,1	50,4	49,4	24,9	14,8	15,2
145	Taiwan	32,7	17,5	24,8	24,4	70,9	41,5
146	North Korea	29,2	36,6	41,7	17,0	25,3	15,6

Fonte: ESI, 2005

IRIS



Ecological Footprint

Wackernagel e Rees, Università della British Columbia, Canada, anni '90

Definizione

Indice sintetico che stima la quantità totale di *risorse naturali e servizi ecologici* che una popolazione utilizza per vivere, calcolando *l'area totale di ecosistemi terrestri e acquatici* necessaria per fornire, in modo sostenibile, tutte le risorse utilizzate e per assorbire, sempre in modo sostenibile, tutte le emissioni prodotte.

Presupposto

Ad ogni unità materiale o di energia consumata corrisponde una certa *estensione di territorio*, appartenente ad uno o più *ecosistemi*, che garantiscono, tramite l'erogazione di servizi naturali, il relativo apporto per il consumo di risorse e/o per l'assorbimento delle emissioni.



IRIS



**Circa 10,3 Mld ha, il 68 % delle terre emerse (15 Mld ha)
sono terre bio-produttive**

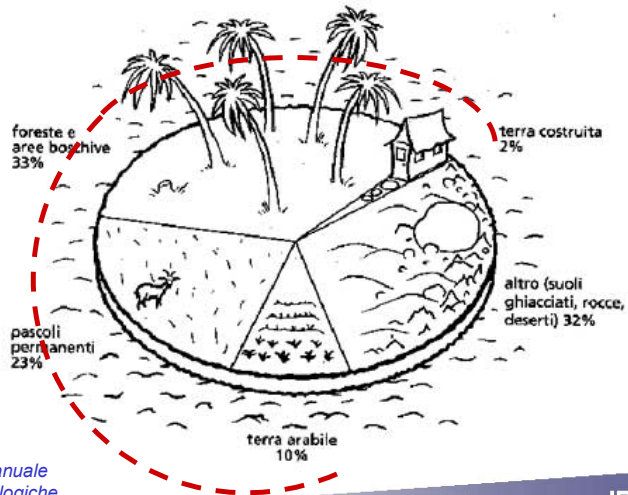


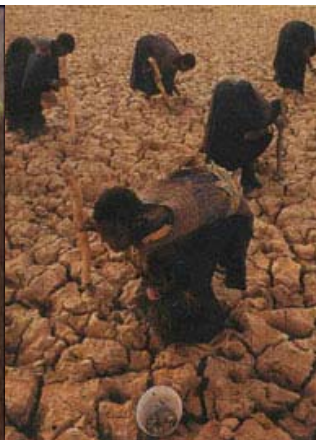
Immagine da: *Manuale delle Impronte Ecologiche*, Edizioni Ambiente

IRIS



Terra coltivabile

- è utilizzata tipicamente per le coltivazioni principali come cereali, legumi e tuberi;
- è la più produttiva, nel senso della quantità di biomassa vegetale prodotta per unità di superficie.



*Esempio:
Produttività media
cereali:
2800 kg/ha/anno*

IRIS



Terra da pascolo

- terra per l'allevamento del bestiame o dei suoi alimenti (es. fieno);
- è meno produttiva della terra coltivabile;

Produttività:

es. carne bovina: 40 kg/ha/anno



Terra forestata

- fornisce legname;
- altre funzioni: stabilità climatica, prevenzione dell'erosione del suolo, equilibrio idrologico, protezione della biodiversità.

Produttività media:

1.9 t/ha/anno



Mare produttivo

- porzione di mare compresa entro i 300 km dalla linea di costa, in cui avviene il 90% della pesca complessiva;
- è l' 8% della superficie marina complessiva, pari a 2,9 Mld ha

Produttività: 24 kg/ha/anno



Terra edificata

- area ricoperta da edifici, strade ed altro;
- ha perso la sua capacità bio-produttiva;
- il modello degli insediamenti umani mostra che si costruisce invariabilmente sui terreni coltivabili (i più produttivi).



Terra per l'energia

- area che sarebbe necessaria per una gestione sostenibile del fabbisogno energetico;
- la tipologia di terra utilizzata varia in funzione della politica energetica; ad es.
 - energia da biomassa è terra in prevalenza coltivabile
 - energia da fonti fossili è terra in prevalenza forestata per assorbire la CO₂

Produttività: 80-100 GJ/ha/anno



Terra per la biodiversità

- è necessaria alla sopravvivenza dei circa 15 milioni di specie del pianeta;
- secondo la World Comm. on Env. and Development è necessario lasciare almeno il 12% della sup. terrestre complessiva alla salvaguardia della biodiversità;
- molti Autori ritengono però che sarebbe necessaria una percentuale di sup. ben più ampia;
- gli Autori della I.E. fanno riferimento al 12% per motivi di opportunità politica (evitare critiche di eccessivo conservazionismo).



La metodologia

Tipologie di territorio

1. terreno “utilizzato” per la produzione di energia o l’assorbimento di CO₂
2. terreni arabili
3. terreni a pascolo
4. foreste (gestite e vergini)
5. superficie degradata (terreno edificato, aree non produttive)
6. superficie marina

Categorie di consumo

- 1) consumi alimentari
- 2) abitazioni
- 3) trasporti
- 4) altri beni di consumo
- 5) servizi
- 6) rifiuti

IRIS



- Calcolo dei **consumi medi** C_n , (espressi in kg/anno) per ogni bene o prodotto n consumato dalla popolazione residente nella regione in esame.

- Calcolo della **superficie** S_n (espressa in ha) necessaria per la produzione dello specifico bene n , ottenuta dividendo il consumo medio annuale di quel bene C_n per la sua produttività o rendimento medio annuale p_n , espresso in kg/(ha anno)

$$S_n = \frac{C_n}{p_n}$$

- Calcolo dell’**Impronta Ecologica** F (espressa in ha):

$$F = \sum_n^{\text{tutti i beni}} S_n$$

- Calcolo dell’**Impronta Ecologica pro capite** f :
(espressa in ha/persona)

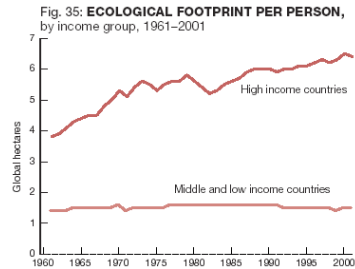
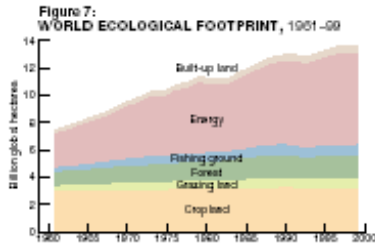
$$f = \frac{F}{P}$$

IRIS



Impronta Ecologica a livello mondiale (anno 2001)

2,2 global ha/pc

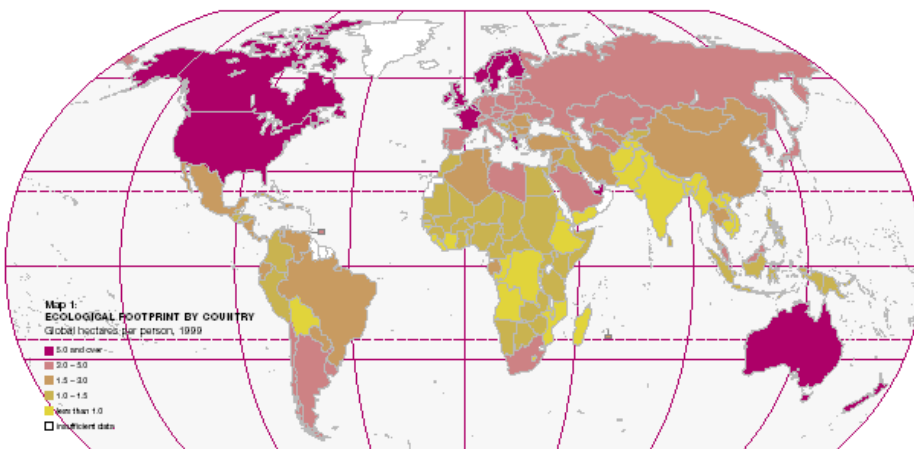


Fonti: LPR 2002, LPR 2004

IRIS



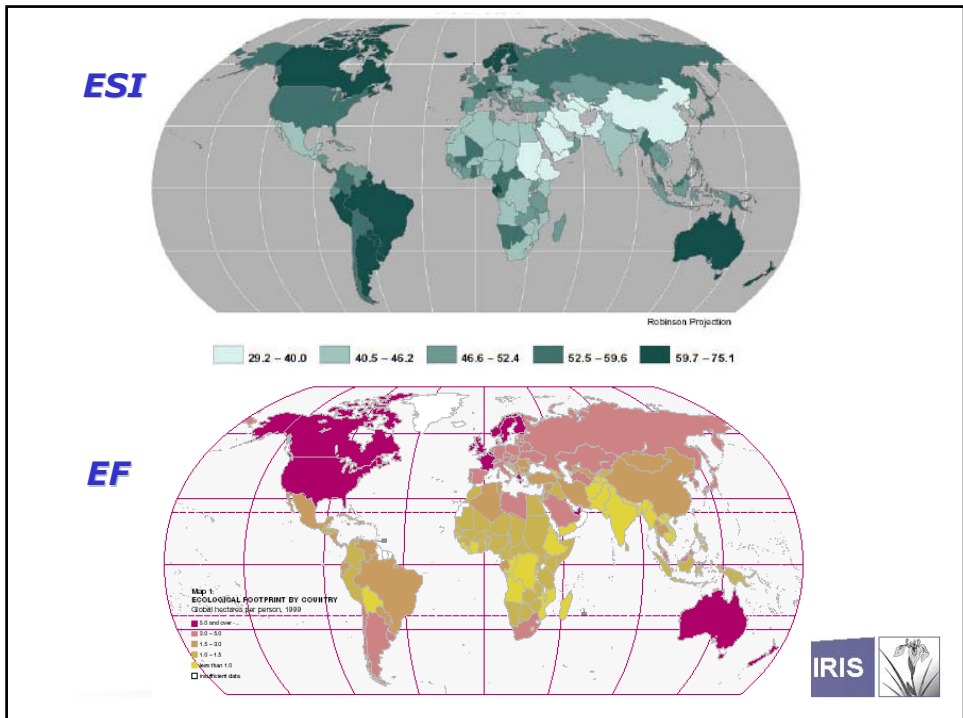
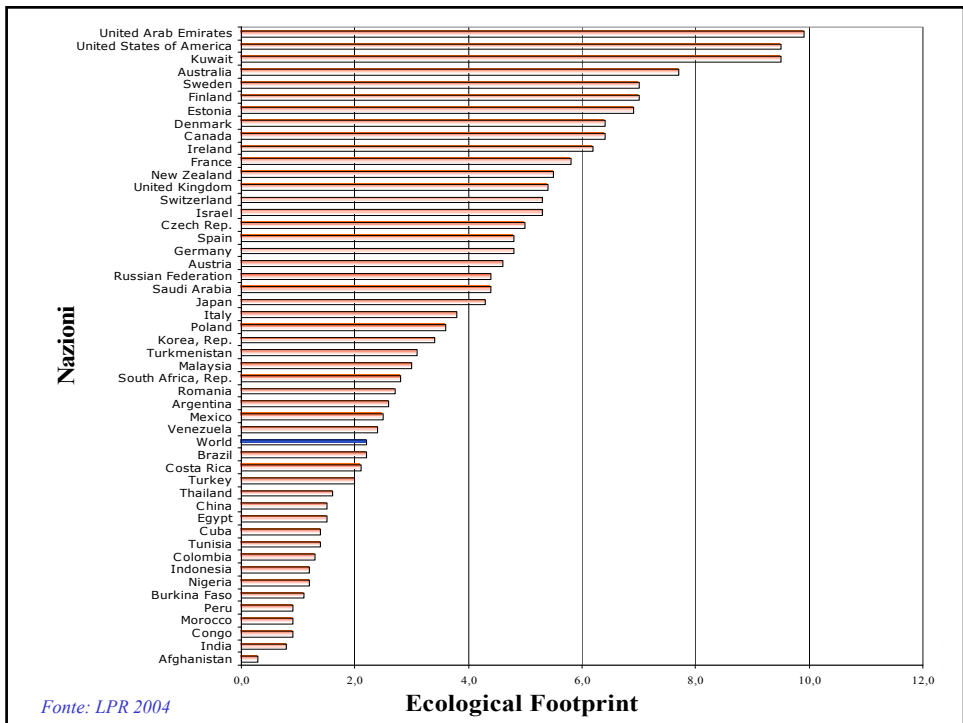
Ecological Footprint delle nazioni



Fonte: LPR 2002

IRIS





Biocapacità

Definizione di Biocapacità

E' l'insieme dei *servizi ecologici* erogati dagli *ecosistemi locali*, stimata attraverso la quantificazione della superficie dei terreni ecologicamente produttivi che sono presenti all'interno della regione in esame.

- La biocapacità non dipende dalle sole condizioni naturali.



- **EF**: stima i servizi ecologici *richiesti* dalla popolazione locale.
- **BC**: stima la capacità potenziale di *erogazione* di servizi naturali a partire dagli ecosistemi locali.

$$\text{DEFICIT/SURPLUS ECOLOGICO} = \text{BC} - \text{EF}$$

IRIS



Impronta Ecologica e Biocapacità

LA SITUAZIONE MONDIALE

Impronta Ecologica

2,2 gha/pc

Biocapacità

1,8 gha/pc

Deficit ecologico mondiale:

0,4 gha/pc

(-20% dell'area bioproductiva disponibile)



Impoverimento del capitale naturale del pianeta

IRIS



	Impronta Ecologica pro capite (ettari)	Biocapacità pro capite (ettari)	Deficit/Surplus Ecologico pro capite (ettari)
USA	9.5	4.9	-4.7
Svezia	7.0	9.8	2.7
Germania	4.8	1.9	-2.9
Svizzera	5.3	1.6	-3.7
Italia	3.8	1.1	-2.7
Mondo	2.2	1.8	-0.4
China	1.5	0.8	-0.8
Afghanistan	0.3	1.1	0.8
Congo	0.9	8.1	7.3
Mozambico	0.7	2.1	1.5

Dati relativi al 2001
 Fonte: Living Planet Report 2004

IRIS



IL CASO DEL PIEMONTE



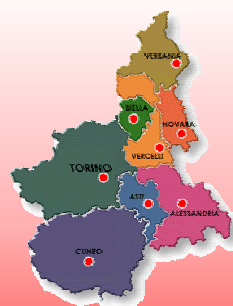
IMPRONTA ECOLOGICA

5,2 ha/persona



BIO CAPACITA'

1,4 ha/persona



DEFICIT ECOLOGICO

-3,8 ha/per cap.



CARICO ECOLOGICO

2,4 ha/persona

Che cos'è la contabilità ambientale?

- Sistema di metodologie orientato a misurare le interazioni fra attività umane e sistemi naturali prevalentemente in termini di scambi fisici
- Muove dalla consapevolezza che il circuito produzione-consumo è sostenuto da un più fondamentale processo di utilizzo unidirezionale di beni ecologici e servizi da e verso l'ecosfera
- Campo di studi dallo statuto epistemologico "incerto". Si avvale di contributi e apporti di diversa origine (scienze bio-fisiche, ingegneria ambientale, economia, ecc.)

IRIS



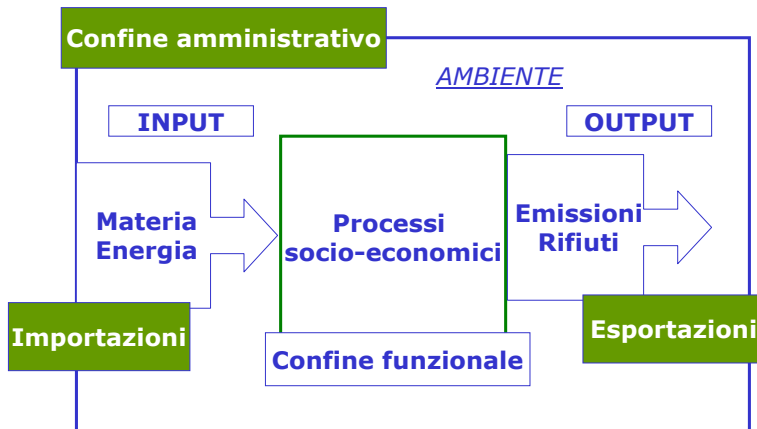
Principali aree della contabilità ambientale

- Rappresentazione del complesso dei rapporti fra sfera antropica ed ecosfera mediante la costruzione di cicli di rapporti causali (Modello DPSIR: Determinanti – Pressioni – Stato – Impatto - Risposte)
- Costruzione, a diverse scale geografiche, di indicatori sintetici di orientamento alla sostenibilità basati sul consumo di materia, energia, area bioproduttiva, ecc.
- Considerazione dell'impresa e dell'ente locale come unità di analisi economico-ecologiche

IRIS



Il metabolismo sociale



Fonte: Ecosistemi

IRIS



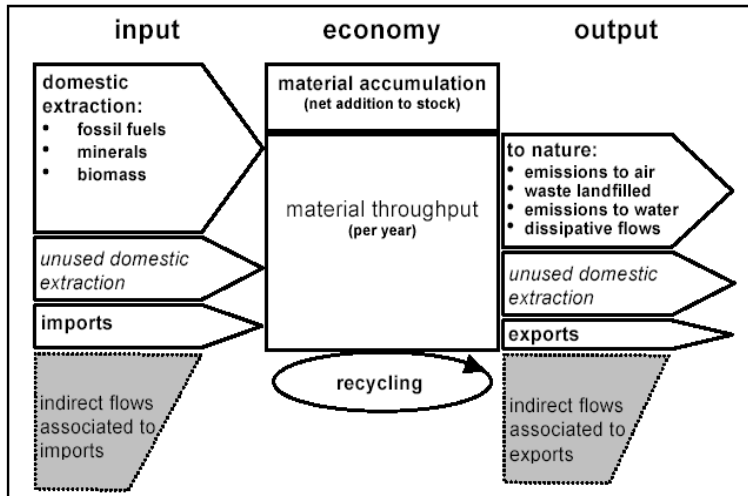
METODOLOGIA FMA - Material Flows Analysis and Accounting

- Misura di tipo “olistico” degli scambi fisici tra antroposfera e ambiente naturale che si concentra sulla dimensione dei sistemi umani di trasformazione della materia: oggetto di calcolo sono infatti i flussi materiali (espressi in tonnellate) direttamente e indirettamente attivati a sostegno del metabolismo socio-economico di un dato territorio
- E' basata sul principio di conservazione della materia, per cui tutto ciò che entra nel sistema economico necessariamente ne esce come aggiunta agli stocks esistenti, scarto restituito alla natura o bene che varca il confine amministrativo
- Si articola in un complesso sistema di indicatori che consentono una valutazione effettiva del “de-coupling” (assoluto, relativo) e un bilancio materiale del commercio estero

IRIS



Schema generale di FMA (aria e acqua escluse)



Fonte: Eurostat 2000

IRIS



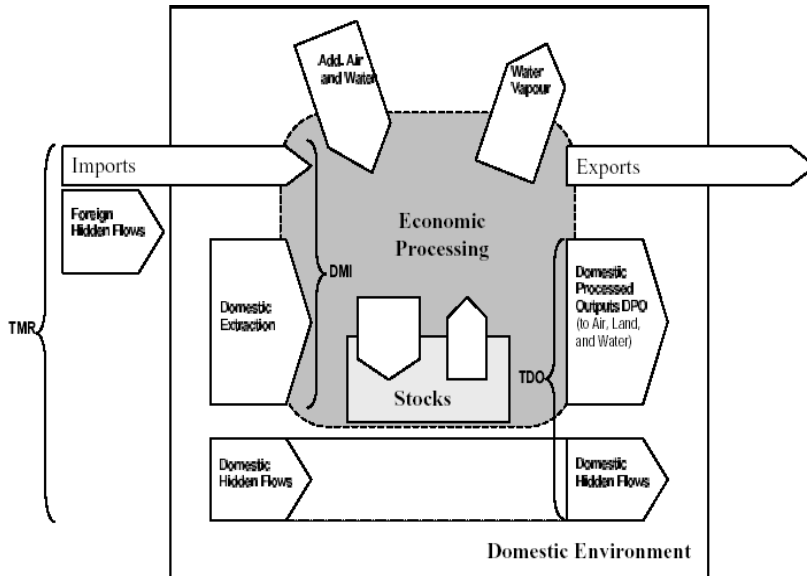
HIDDEN FLOWS

- INTERNI (materiali inutilizzati di estrazione interna): scarti della produzione primaria, scavi
- ESTERI (indirettamente connessi alle importazioni): materiali, sia utilizzati che inutilizzati, che non sono incorporati nei beni importati, ma la cui estrazione è avvenuta nell'ambito del ciclo di produzione svoltosi all'estero

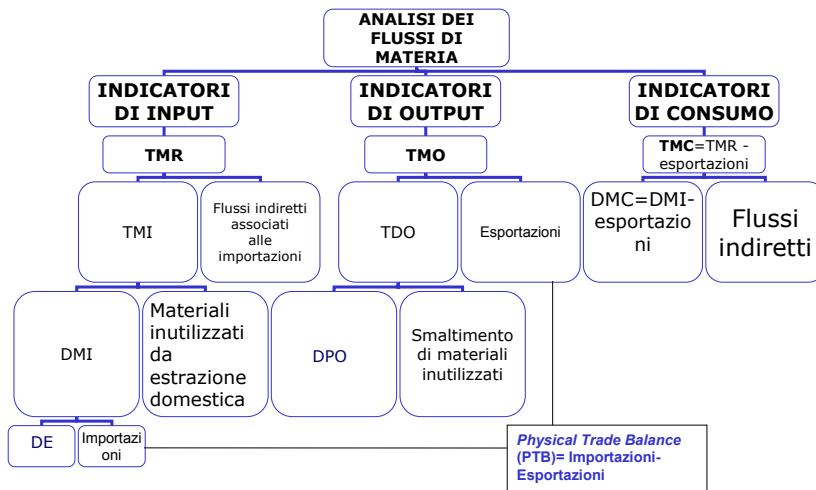
IRIS



Economy-wide material flows (Matthews et al.2000)



Gli indicatori



Fonte: Ecosistemi

IRIS



INDICATORI DI INPUT

DMI - Direct Material Input

Misura l'ammontare dei materiali direttamente usati
Risulta dalla somma delle biomasse, dei combustibili fossili e degli altri materiali estratti dal suolo nazionale, nonché dei beni di ogni tipo importati dall'estero

TMR - Total Material Requirement

E' uguale alla somma di DMI e di tutte le quantità di materia (escluse aria e acqua) che sono state movimentate nel paese o fuori per consentire le attività di produzione e consumo.

IRIS



INDICATORI DI OUTPUT

• DPO – Domestic Processed Output

Costituisce l'insieme delle emissioni in aria (CO₂, SO₂, NO_x, COV, CH₄, ecc.), in acqua (azoto, fosforo, metalli pesanti, ecc.), dei rifiuti (urbani, pericolosi, non pericolosi), degli utilizzi e perdite dissipativi di prodotti (fertilizzanti e concimi, spargimento sali e sabbia, erosione e corrosione)

• TDO – Total Domestic Output

E' uguale alla somma di DPO e dei flussi nascosti interni

• DMO = Direct Material Output = DPO + Esportazioni

• TMO = Total Material Output = TDO + Esportazioni

IRIS



INDICATORI DI CONSUMO

DMC – Domestic Material Consumption

E' la quantità totale di materia che resta nel paese. E' eguale a DMI meno le quantità esportate.

TMC – Total Material Consumption

TMR meno esportazioni inclusi i flussi indiretti collegati

NAS – Net Addition to Stock

Indica i flussi netti di materia che rimangono incorporati nei beni durevoli (edifici, macchinari, impianti, veicoli, elettrodomestici, ecc.)

PTB – Physical Trade Balance

Misura il surplus o il deficit di un'economia in termini fisici. Differenza fra la materia che entra e quella che esce dal paese in relazione al commercio estero

IRIS



Economy-wide material balance

INPUTS (origin)	OUTPUTS (destination)
Domestic extraction Fossil fuels (coal, oil...) Minerals (ores, sand...) Biomass (timber, cereals...)	Emissions and wastes Emissions to air Waste landfilled Emissions to water Dissipative use of products and losses (fertiliser, manure, seeds; corrosion...)
Imports <hr/> DMI - direct material inputs	<hr/> DPO - domestic processed output to nature
Unused domestic extraction From mining/quarrying From biomass harvest Soil excavation <hr/> TMI – total material input	Disposal of unused domestic extraction From mining/quarrying From biomass harvest Soil excavation <hr/> TDO - total domestic output to nature
<hr/> Indirect flows associated to imports <hr/> TMR - total material requirements	<hr/> Exports <hr/> TMO – total material output
	<hr/> Net Additions to Stock Infrastructures and buildings Other (machinery, durable goods, etc.) <hr/> Indirect flows associated to exports

Note: excludes water and air flows (unless contained in other materials).

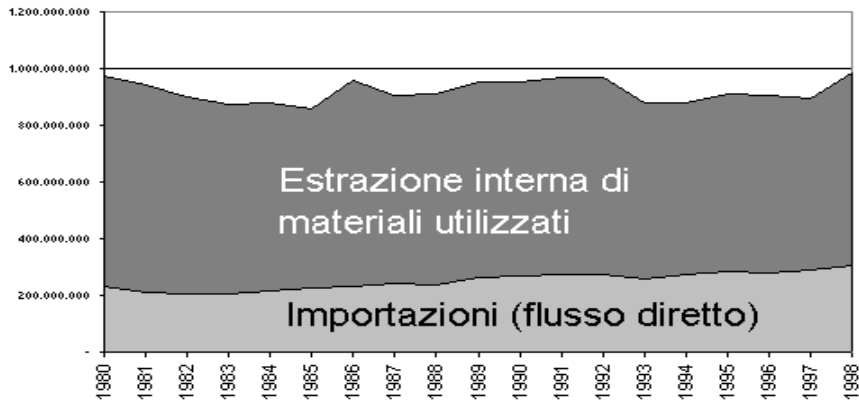
Fonte: Eurostat 2002

IRIS



DMI-Direct Material Input: indica la quantità di materia che entra nel sistema economico, sia essa estratta dal suolo nazionale, sia essa importata

Figura 1 - Direct Material Input (DMI), Italia 1980-1998, tonnellate



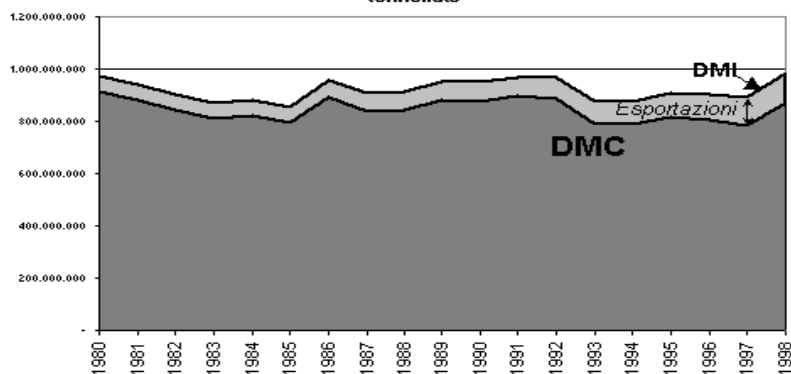
Fonte: ISTAT

IRIS



DMC-Domestic Material Consumption: include i materiali, sia estratti internamente che importati, che rimangono nel paese. Si ottiene sottraendo dal DMI le quantità esportate

Figura 3 - Domestic Material Consumption (DMC), Italia 1980-1998, tonnellate



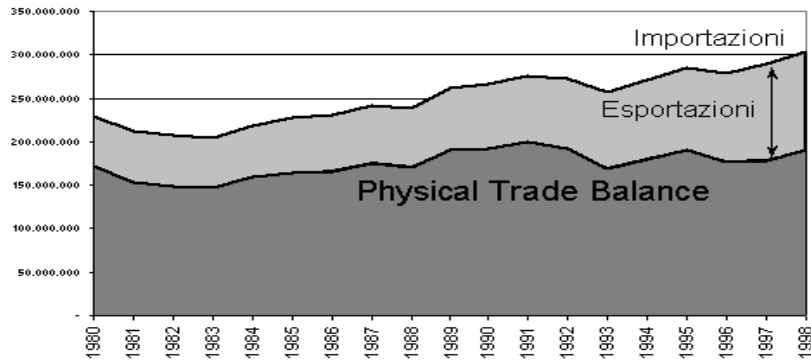
Fonte: ISTAT

IRIS



PTB-Physical Trade Balance: differenza fra materia che entra e materia che esce con il commercio estero. Indicatore grezzo del ruolo del paese nella divisione internazionale del lavoro

Figura 4 - Physical Trade Balance (PTB), Italia 1980-1998, tonnellate



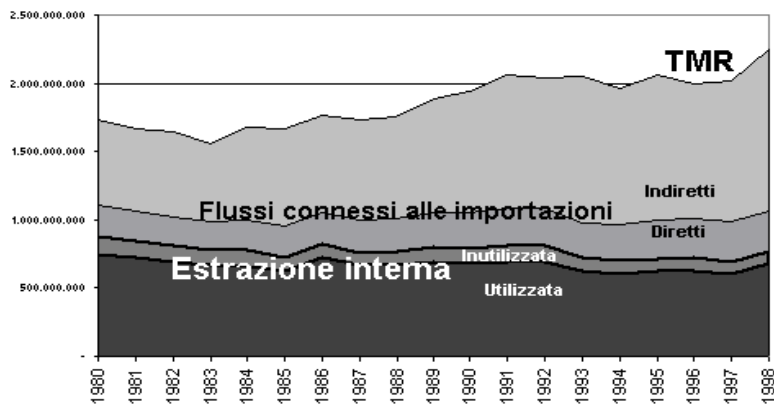
Fonte: ISTAT

IRIS



TMR-Total Material Requirement: rappresenta l'intensità materiale di un'economia. E' uguale alla somma di DMI e dei "flussi nascosti" sia interni che esteri

Figura 5 - Total Material Requirement, Italia 1980-1998, tonnellate



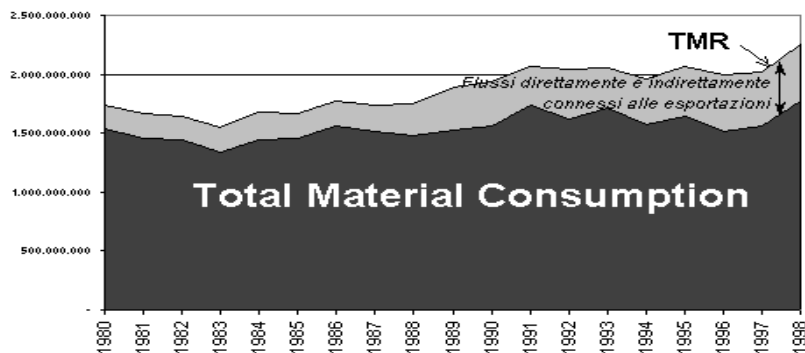
Fonte : ISTAT

IRIS



TMC-Total Material Consumption: rappresenta l'uso totale di materia associato a produzione e consumo interni. Si ottiene sottraendo a TMR le esportazioni e i flussi indiretti ad esse connessi

Figura 7 - Total Material Consumption, Italia 1980-1998, tonnellate



Fonte: ISTAT

IRIS



Contabilità ambientale territoriale (degli enti locali)

- Anche in considerazione dei ritardi legislativi, non ha ancora trovato una piena e condivisa espressione (soltanto progetti sperimentali)
- Si può dire che essa riguardi i seguenti tre ambiti:
 - prelievi di risorse e fattori di impatto relativi all'ente locale inteso come organizzazione
 - valutazione economico-ambientale dei servizi pubblici erogati
 - stato dell'ambiente riferito all'intero territorio di competenza e all'attività di tutti i soggetti (famiglie, imprese, altre amministrazioni) che vi operano

IRIS



Contabilità ambientale di impresa

- Modalità con cui un'organizzazione produttiva, in parte attraverso una riformulazione degli strumenti tradizionali di contabilità generale e analitica, mette in relazione i flussi da e verso l'ambiente che conseguono dalla propria attività economica (grandezze fisiche) e valuta le spese effettuate per la protezione dell'ambiente (grandezze monetarie)
- Confluisce nel rapporto o bilancio ambientale. Esso si differenzia dall'ecobilancio di prodotto o *life-cycle assessment* (*LCA*), che invece considera l'intero ciclo di vita ("dalla culla alla tomba")
- Strumenti ausiliari di contabilità ambientale d'impresa possono essere considerati le dichiarazioni ambientali EMAS e quelle UNI EN ISO 14001

IRIS



Struttura del bilancio o rapporto ambientale

Si compone di una parte qualitativa e di una parte quantitativa
In genere i dati quantitativi vengono organizzati in quattro sezioni:

Sezione 1- Produzione e prodotto

- Volumi commercializzati

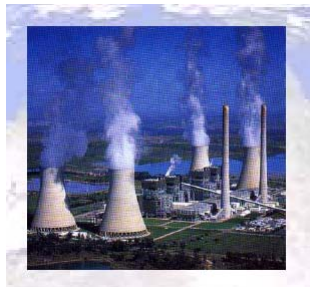
Sezione 2- Risorse

- Materie prime
- Energia elettrica, gasolio, ecc
- Risorse idriche
- Materiali di consumo

Sezione 3- Effetti sull'ambiente

- Emissioni in atmosfera
- Scarichi idrici
- Rifiuti prodotti

Sezione 4- Indicatori di prestazione



IRIS



Esempio di bilancio ambientale – enipower 2002

