

## III. Fáze – Hodnocení environmentálních dopadů

- výstupem z inventarizační fáze je **inventarizační tabulka (ekovektor)** – víme, co vstupuje a co vystupuje z produktového systému
- pro zjištění dopadů na ŽP je ale nutné jednotlivá množství vstupů/výstupů (elementárních toků) převést na hodnoty veličin, které vystihují zasažení ŽP - **kategorie dopadu**

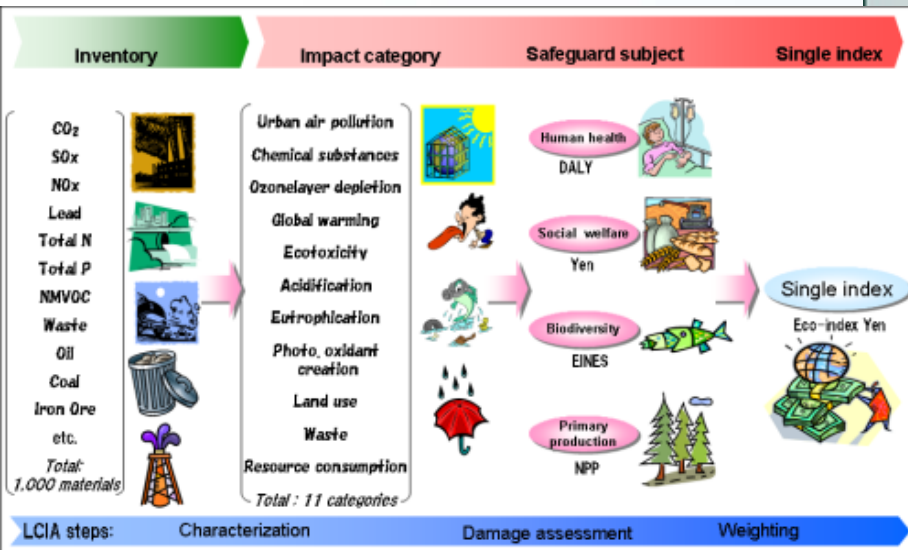
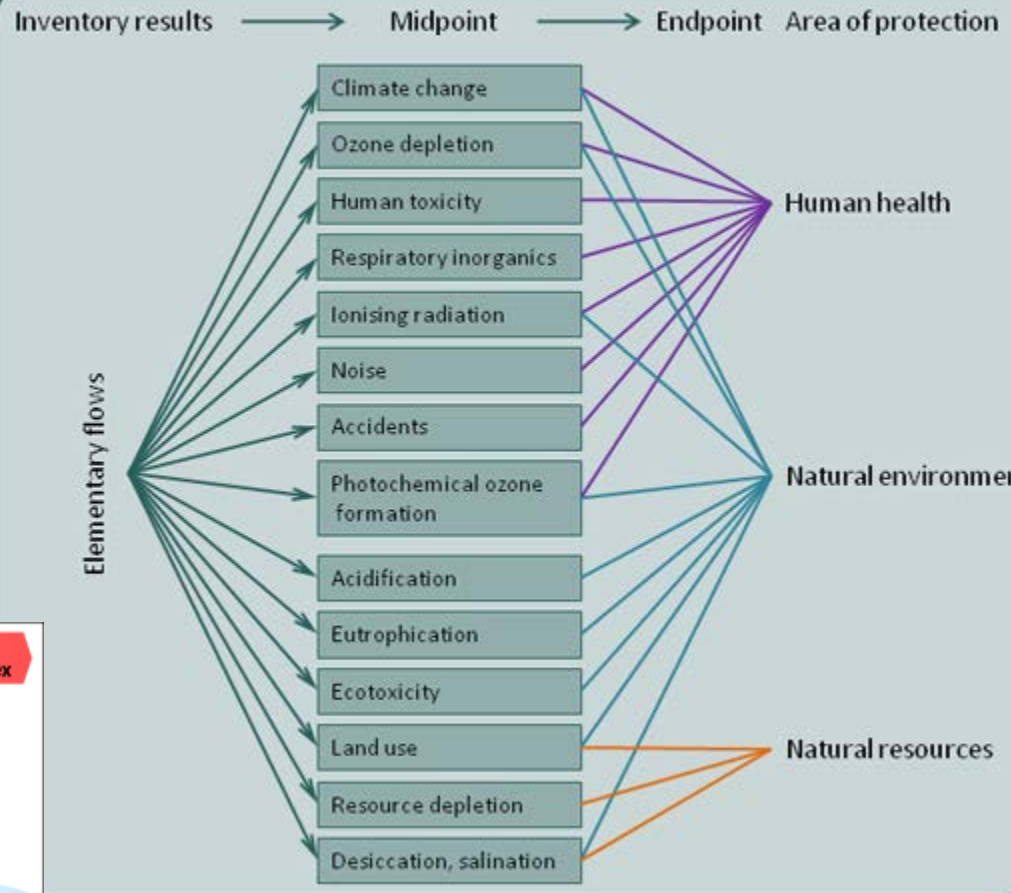
### **Problém**

- 1) ekovektory obvykle zahrnují velké množství elementárních toků, které jsou u některých toků větší u produktu A, u dalších toků však mohou být větší u produktu B
- 2) nelze vzájemně porovnávat různé element. toky s různými environmentálními účinky – např. prod. A může produkovat více skleníkových plynů, prod. B zase více karcinogenů



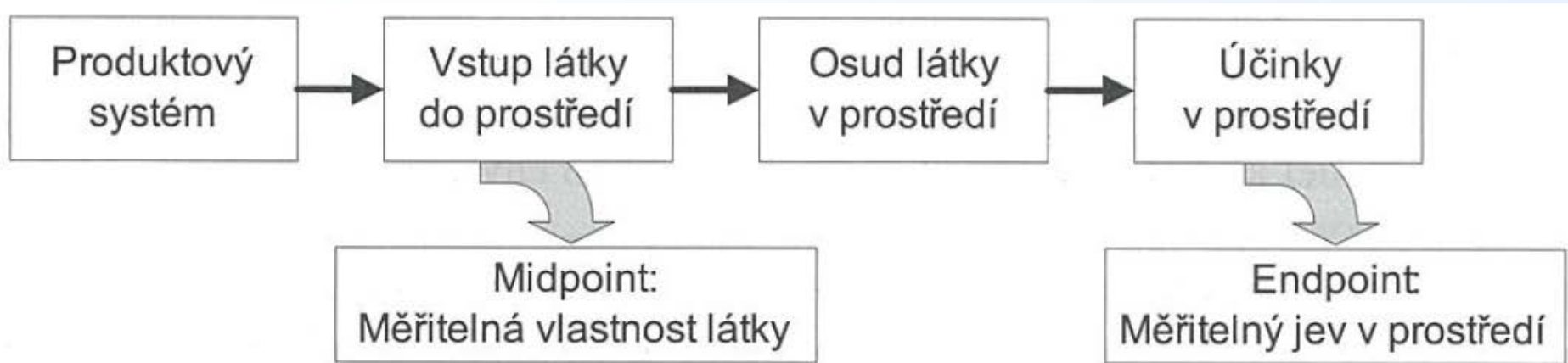
# LCIA

- life cycle **impact** assessment

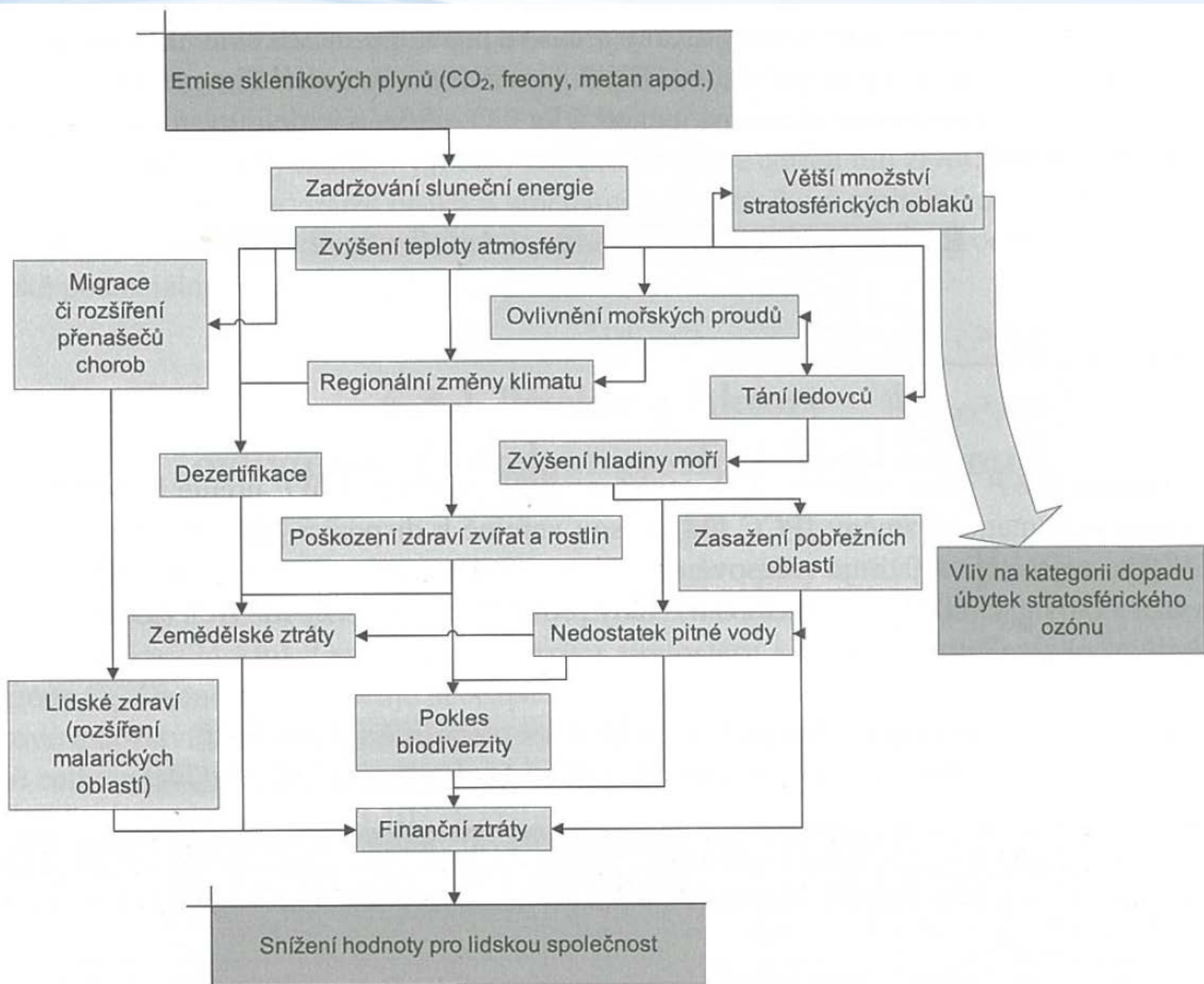


# Dopadový řetězec

- posloupnost dějů vyvolaná elementárním tokem a končící pozorovatelnými účinky
- pozorovatelný účinek – **indikátor kategorie dopadu**
- indikátor kategorie dopadu – měřitelná veličina
- slouží k vyjádření schopnosti elem. toků způsobovat nežádoucí účinky v ŽP



# Část dopadového řetězce emise skleníkových plynů



# Dopadový řetězec

- dva typy indikátorů kat. dopadu:
  - **midpointový indikátor** – vyjadřování míry potenciálního škodlivého účinku na základě chemicko-fyzikálních p.
    - měřitelné vlastnosti látek (elementárních toků)
    - neuvažuje se jeho osud v ŽP, ovlivňující výsledný efekt
    - je zvažován je environmentální mechanismus
    - v případě emisí GHG je midpoint. ind. např. GWP
  - **endpointový indikátor** – konečné poškození ŽP/zdraví+úbytek surovin (**co nás skutečně zajímá**)
    - navazuje na midpointové indikátory a zvažuje osud látek v ŽP
    - v případě GHG to je např. úmrtnost lidí v důsledku šíření nemocí atd., snížení biodiverzity atd.

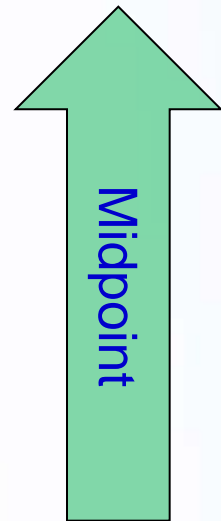
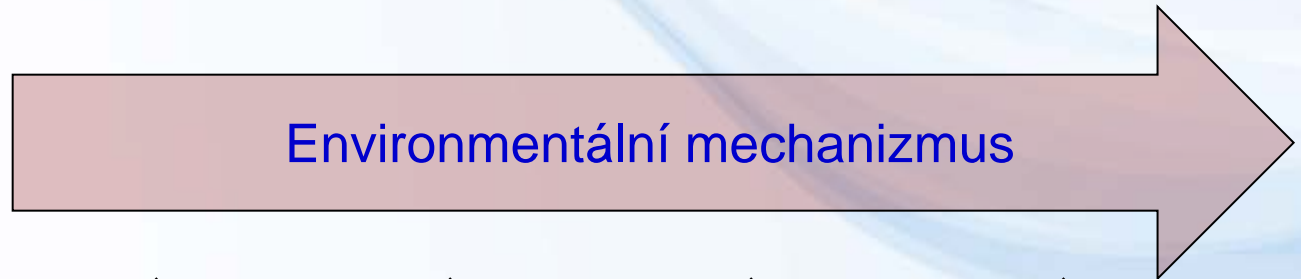




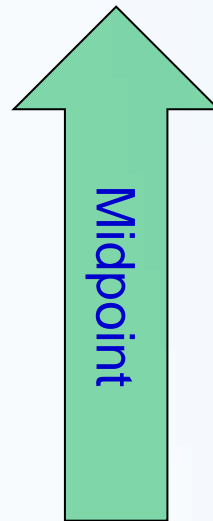
# Midpoint x endpoint

- endpointy reflektují to, co nás zajímá, např. záplavy, vymírání druhů, ztráty na lidských životech...

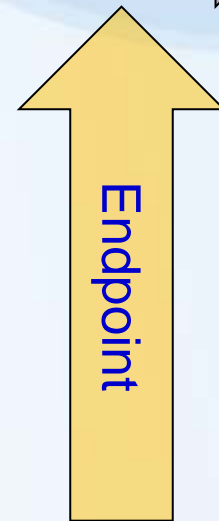
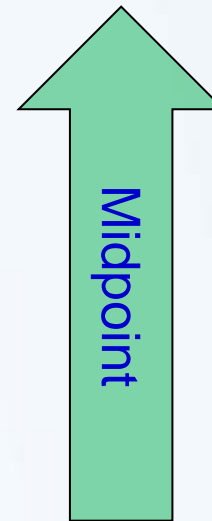
Suroviny  
Zábor půdy  
CO<sub>2</sub>  
SO<sub>2</sub>  
CFC  
NO<sub>x</sub>



např. GWP



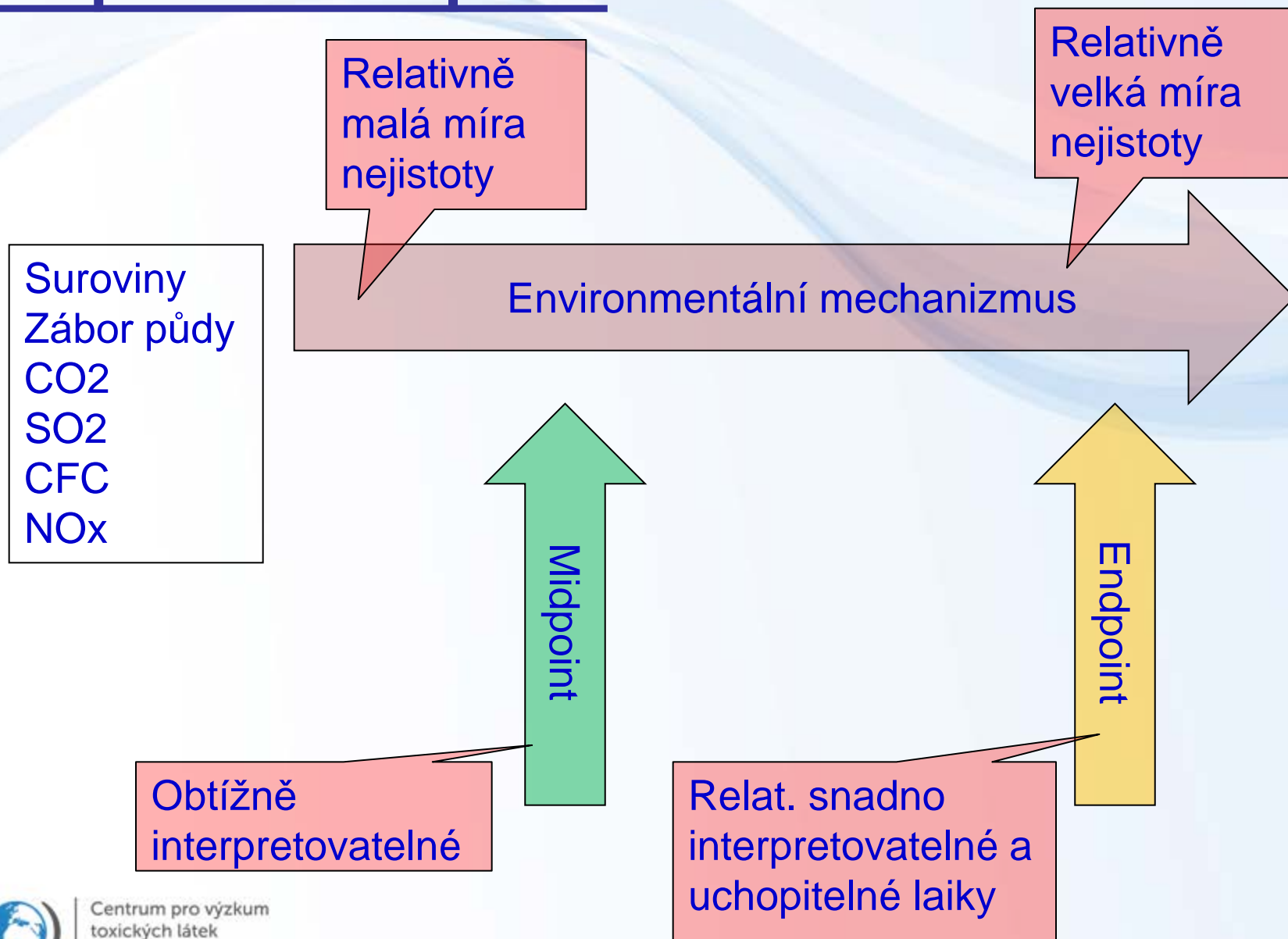
např. růst  
teploty atm.



např. zvýšení počtu  
mrtvých na malárii



# Midpoint x endpoint



# Metody hodnocení ED na úrovni midpointů

- založené na hodnocení měřitelných vlastností látek (toků)
- mají robustnější přírodovědný základ, ale hůře se interpret.

Midpointové metodiky LCIA (příklady):

## **CML 2002**

- dobře popsaná s řadou volitelných kategorií dopadu

## **EDIP 2003**

- zohledňuje regionální aspekty, optimalizováno na Dánsko

## **ReCiPe**

- vylepšená verze CML 2002 (také na úrovni endpointů)

## **GHG Protocol**

- metoda dle standardu uhlíkové stopu

## **USEtox**

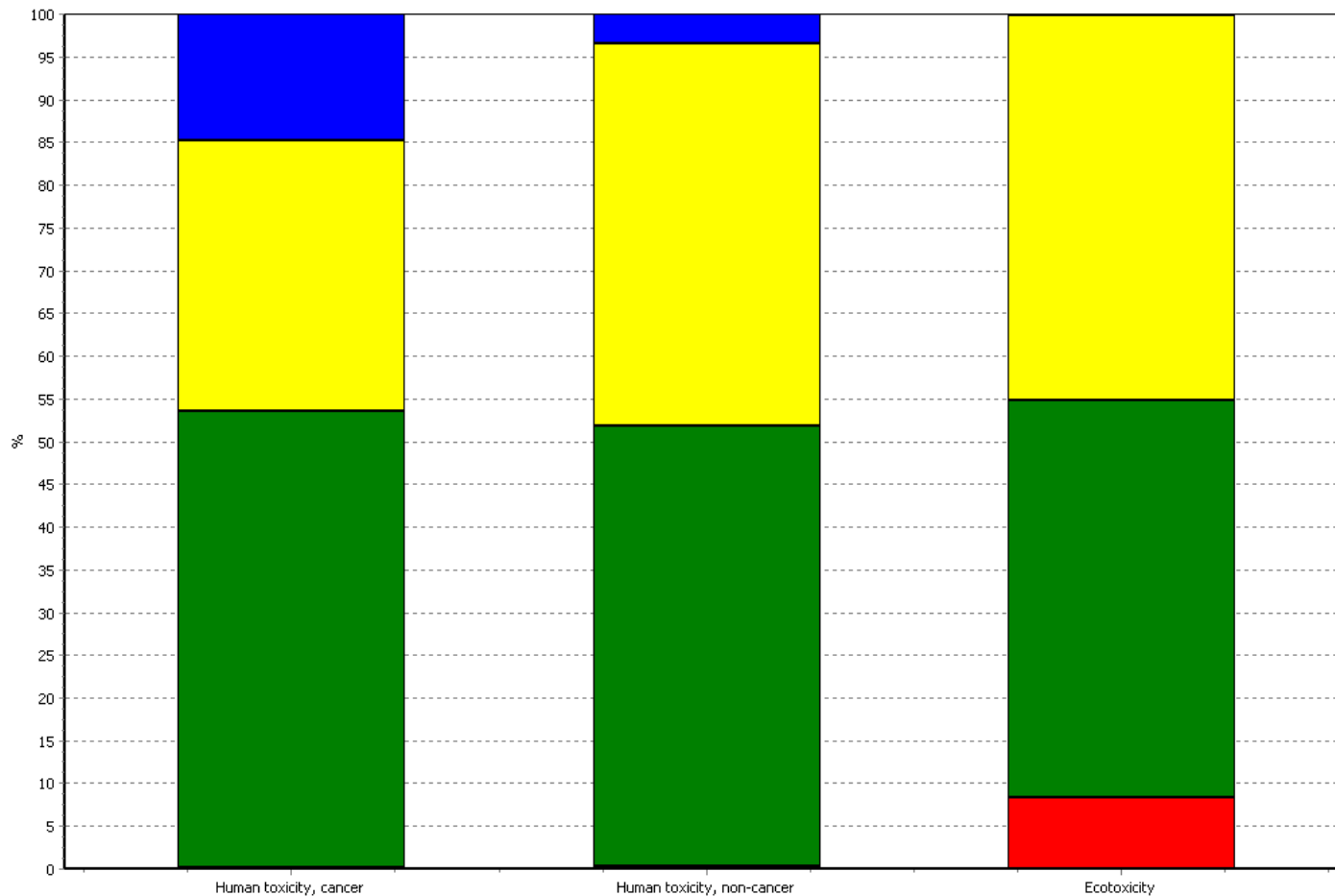
- konsenzový model pro toxické dopady (člověk, ŽP)





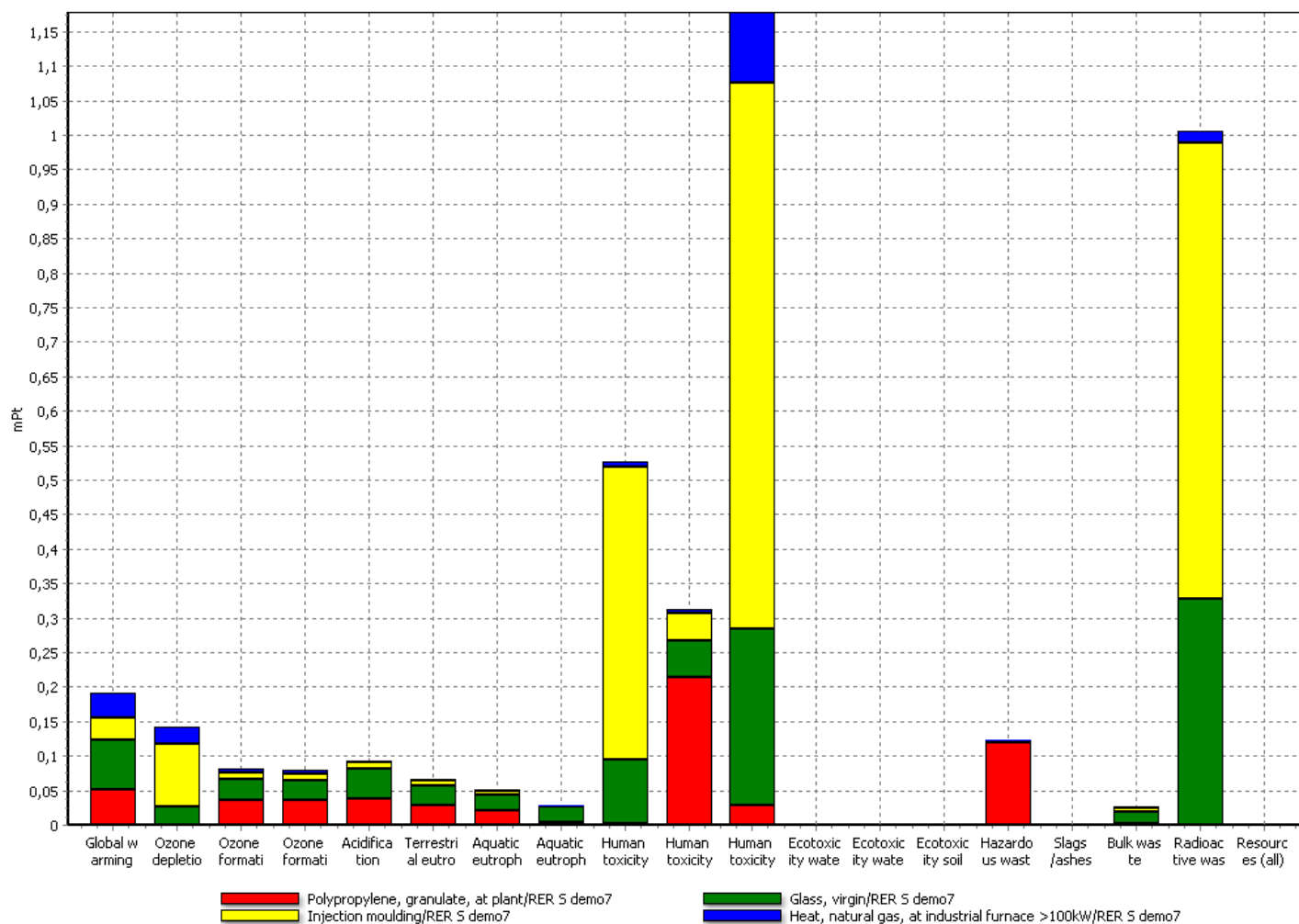
# Výstup hodnocení pomocí metody USEtox

- toxické dopady ŽC čajové konvice



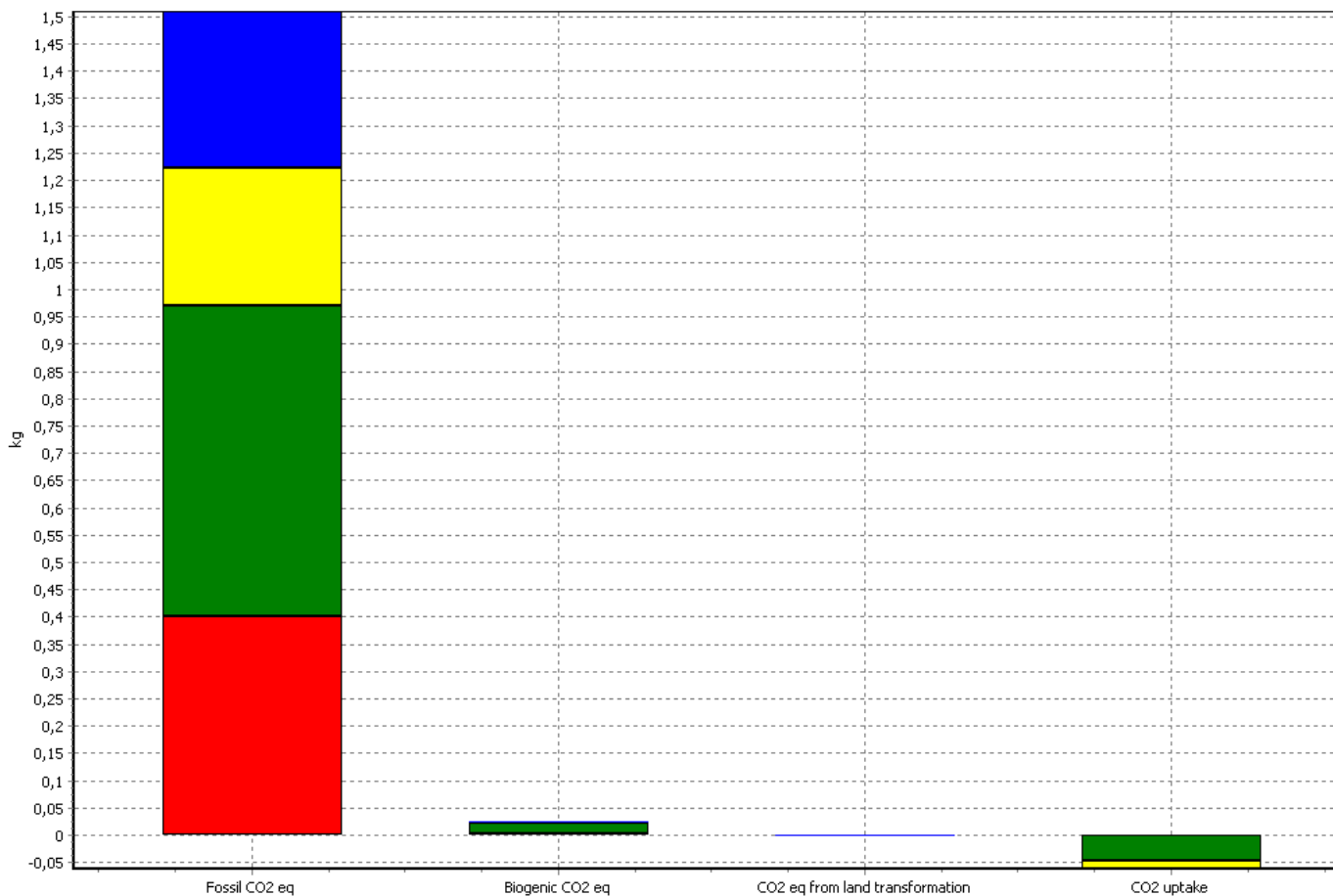
# Výstup hodnocení pomocí metody EDIP

- env. dopady ŽC čajové konvice



# Výstup hodnocení pomocí metody GHG pr.

- uhlíková stopa ŽC čajové konvice



Polypropylene, granulate, at plant/RER 5 demo7  
Injection moulding/RER 5 demo7

Glass, virgin/RER 5 demo7  
Heat, natural gas, at industrial furnace >100kW/RER 5 demo7



# Metody hodnocení ED na úrovni endpointů

- vyčíslení vztahu mezi elementárním tokem a konečným projevem poškození ŽP

Endpointové metodiky LCIA (příklady):

## **Eco-indicator 99**

- první a nejrozšířenější endpointová metoda

## **Impact 2002+**

- vychází z Eco-indicator 99 + nové modely člověka a ekotox.

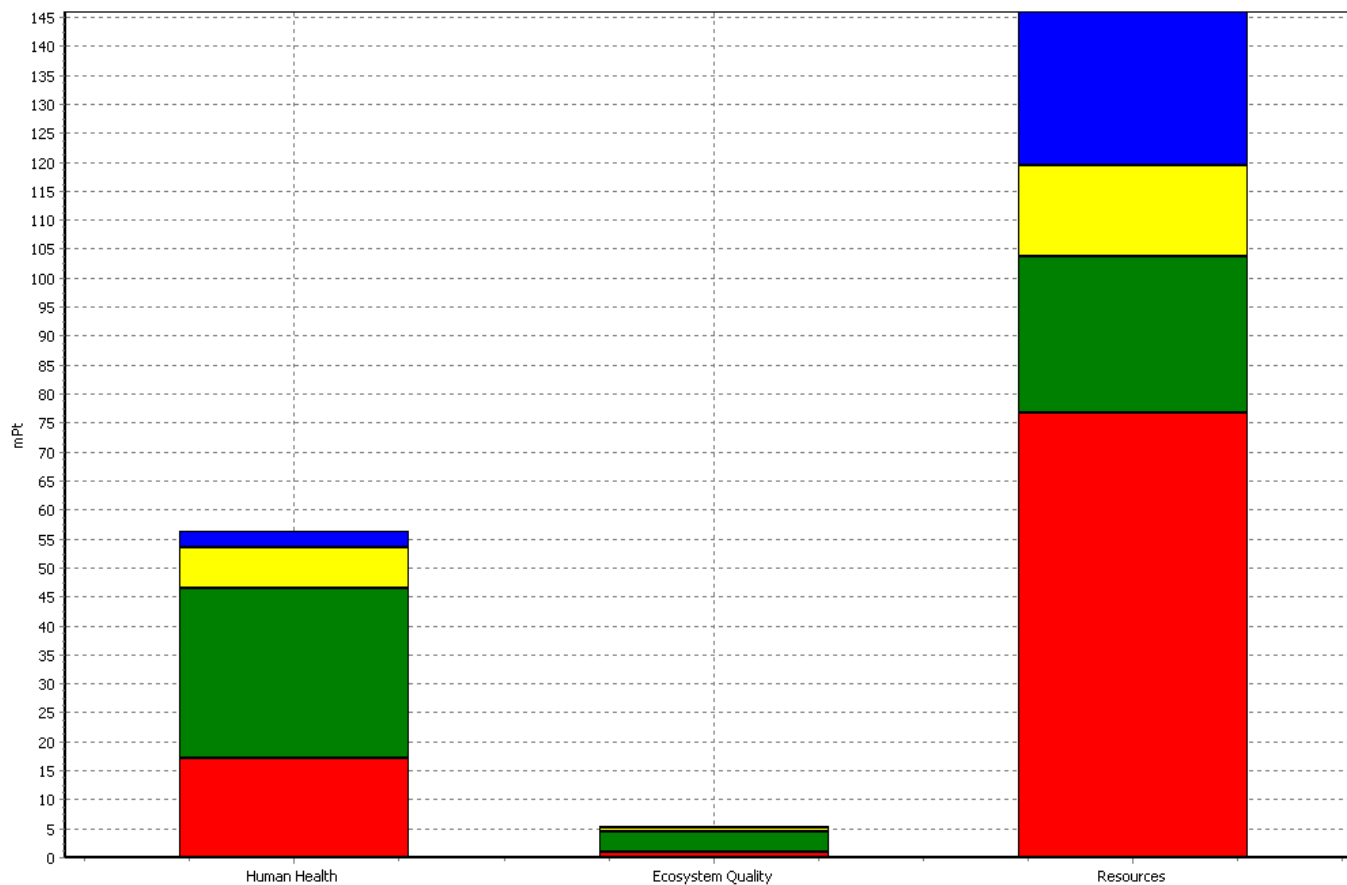
## **ReCiPe**

- nejnovější endpointová metoda, vylepšený Eco-Indicator 99



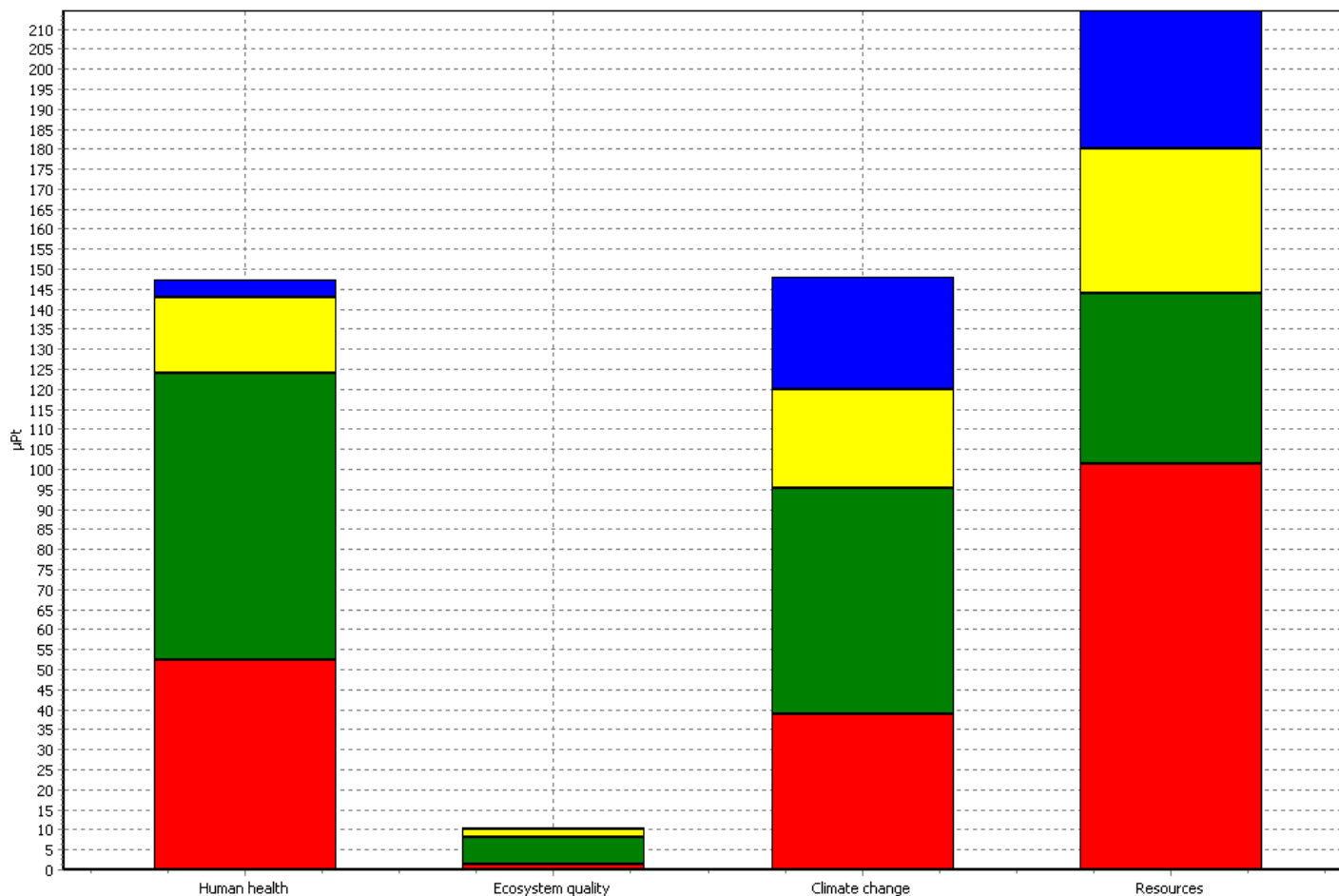
# Výstup hodnocení pomocí Eco-Indicator 99

- env. dopady ŽC čajové konvice



# Výstup hodnocení pomocí Impact 2002+

- env. dopady ŽC čajové konvice



Polypropylene, granulate, at plant/RER 5 demo7  
Injection moulding/RER 5 demo7

Glass, virgin/RER 5 demo7  
Heat, natural gas, at industrial furnace >100kW/RER 5 demo7



# Princip hodnocení env. dopadů ŽC

- převedení výstupů z **inventarizace** (elem. toků) na hodnoty popisující míru rozvoje jednotlivých kategorií dopadu, tedy na **indikátory kategorií dopadu**
  - 1) **klasifikace** – přiřazení všech elem. toků jednotlivým kategoriím dopadu (např. označení CO<sub>2</sub> za látku zachyc. záření) – vyplývá z použité metodiky LCIA
  - 2) **charakterizace** – vyčíslení, jak silně se daný elem. tok podílí na rozvoji určité kategorie dopadu
    - jedna látka může přispívat více kategoriím dopadu
  - 3) **normalizace** – vyjádření, jaký podíl z celkové škody způsobené např. celosvětově představuje námi posuzovaný systém (jsou to bezrozměrná čísla)
  - 4) **vážení** – zapojení vlivu dalších hodnotových hledisek (např. ekonomické)



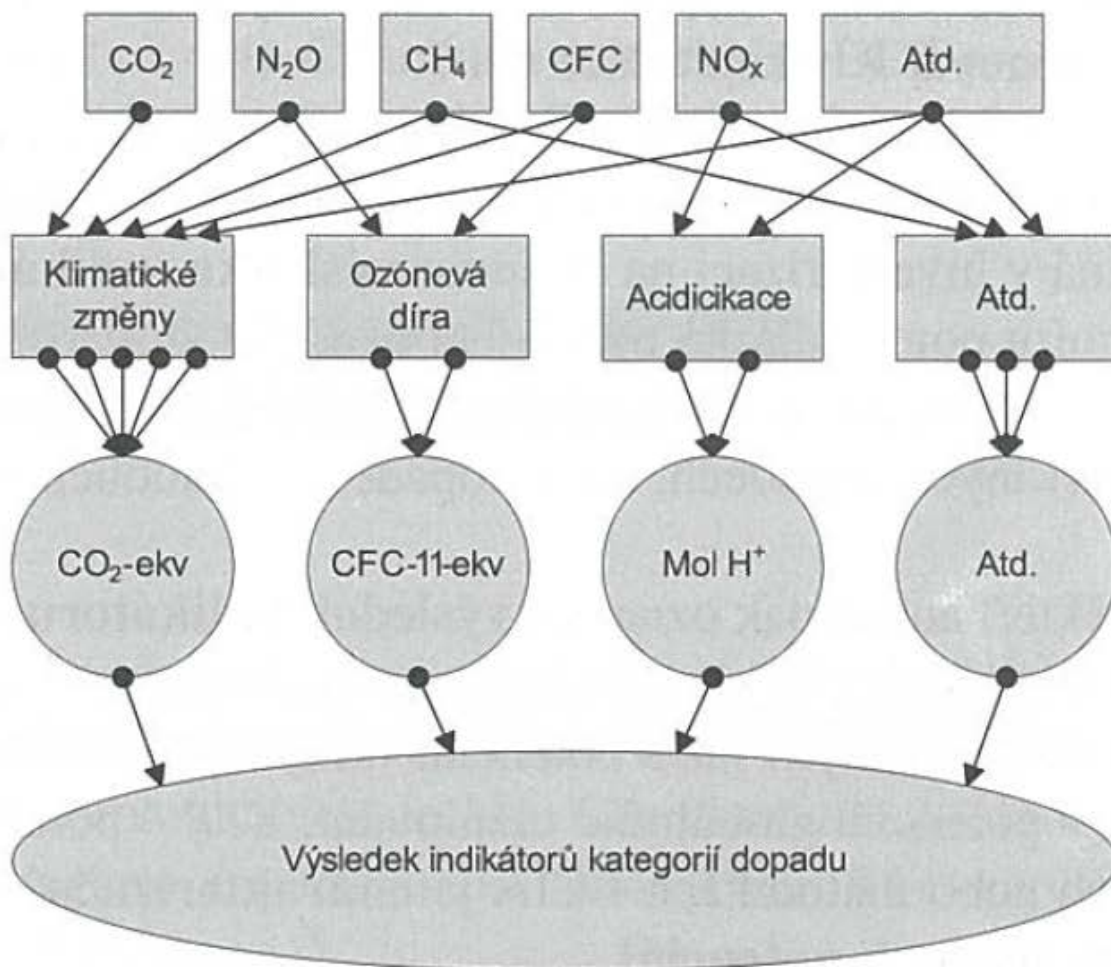
# Schéma kroků LCIA pomocí midpointových indikátorů kategorií dopadu

Výstup z inventarizace

Klasifikace

Charakterizace

Normalizace  
Seskupování  
Vážení



# Charakterizace (podrobněji)

- vyčíslení míry působení element. toků na jednotlivé kat. dopadu – dle určité metodiky LCIA
- $CF$  – charakterizační faktor – tabelované hodnoty

## Výsledný rozvoj kategorie dopadu $XY$ elem. tokem látky $i$

- látka  $i$  je obsažena v jednom emisním toku

$$V_{i, XY} = CF_{i, XY} * m_i$$

- látka  $i$  je obsažena ve více emisním tocích ( $r$ )

$$V_{i, XY} = CF_{i, XY} * \sum_r m_i$$

## Výsledný rozvoj kategorie dopadu $XY$ elem. tokem více látek

$$V_{i, XY} = CF_{látka1, XY} * \sum_r m_{látka1} + CF_{látka2, XY} * \sum_r m_{látka2} + \dots + CF_{látka i, XY} * \sum_r m_{látka i} =$$

$$= \sum_i (CF_{i, XY} * \sum_r m_i)$$



# Příklad výpočtu výsledku indikátoru GW

- během ŽC produktu se uvolnilo 0,55 kg CH<sub>4</sub>, 15 kg CO<sub>2</sub> a 0,01 kg CO

Elementární tok	Množství, kg	GWP, kg CO <sub>2</sub> -eq/kg	Množství × GWP
CH <sub>4</sub>	0,550	21	11,55
CO <sub>2</sub>	15,0	1	15,0
CO	0,01	2	0,02

$$V_{GW} = 26,57 \text{ kg CO}_2\text{-eq}$$

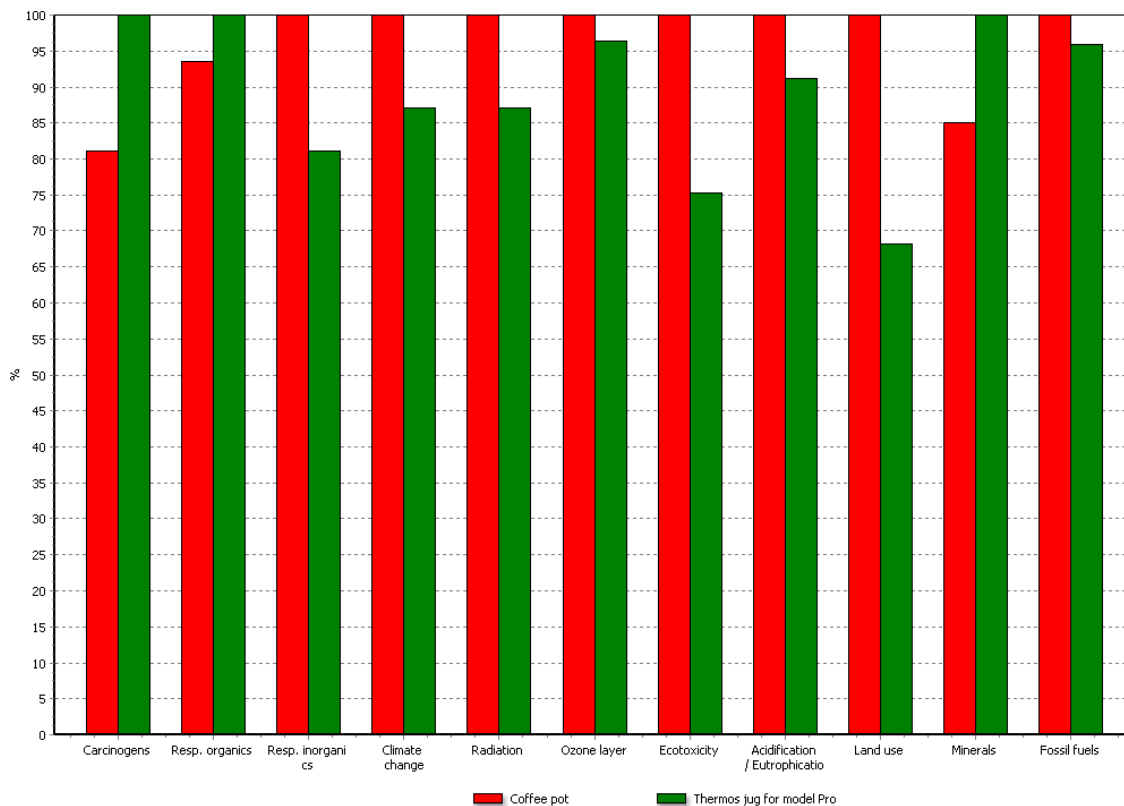
## Charakterizační profil produkt. systému

Kategorie dopadu	Celkem
Úbytek surovin, kg Sb-eq	83,26
Acidifikace, kg SO <sub>2</sub> -eq	301
Eutrofizace, kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq	675,9
Akvatická ekotoxicita, kg DCB-eq	5,706E+5
Globalní oteplování, kg CO <sub>2</sub> -eq	12550
Humánní toxicita, kg DCB-eq	1,443E+7
Mořská ekotoxicita, kg DCB-eq	8,25E+7
Vznik fotooxidantů, kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -eq	12,04
Půdní ekotoxicita, kg DCB-eq	1,23E+5



# Normalizace

- chceme-li porovnat env. dopady dvou prod. systémů, často má jeden větší dopad např. v karcinog., druhý zas v ekotox.
- např. srovnání env. dopadů skleněné konvice a termosky



Fresh Promotions

# Normalizace

- navíc má každá kategorie různé jednotky, tak je nelze vzájemně porovnávat
- chceme-li zjistit, která kategorie env. dopadu je výrazněji zasažena, pak musíme výsledky **normalizovat**
- normalizace = vztažení  $V_{XY}$  k referenční hodnotě  $RV_{XY}$
- výsledná hodnota  $NV_{xy}$  vyjadřuje procentuální podíl na referenčním výsledku indikátoru kategorie dopadu

$$NV_{xy} = V_{XY} / RV_{XY} \quad (\text{bezrozměrné})$$

- často se používá **normalizační faktor**  $NF_{xy}$ , což je  $1/RV_{xy}$

$$NV_{xy} = V_{XY} * NF_{XY} \quad (\text{bezrozměrné})$$

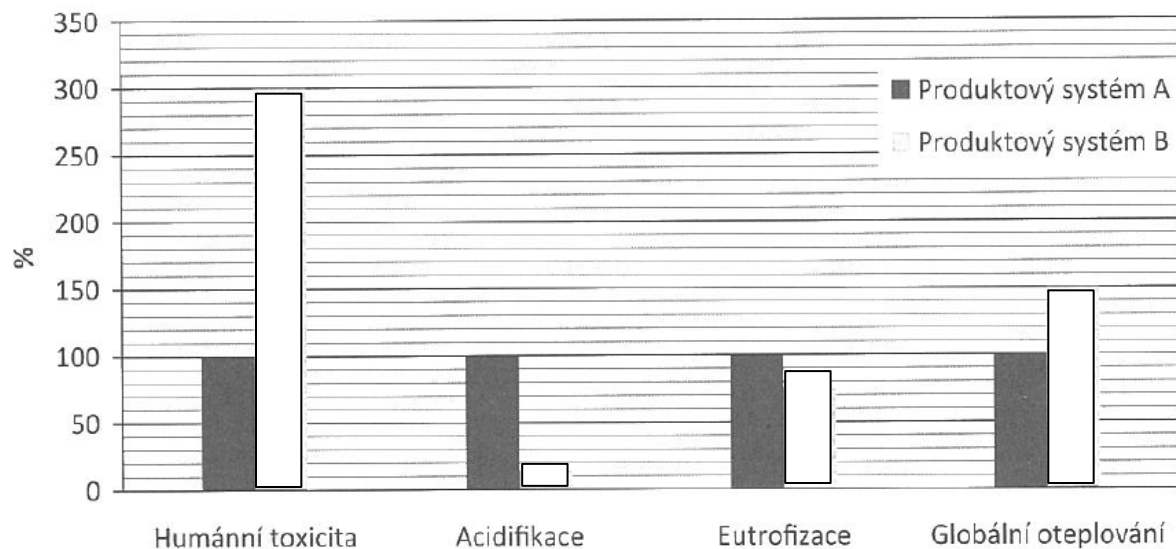




# Interní normalizace

- omezená pouze na porovnání ED dvou produkt. systémů
- jeden systém zvolen za vztažný – všechny kat. dop. = 100%
- výsledkem je procentuální porovnání lepší/horší produkt

Kategorie dopadu	Výsledek indikátoru kategorie dopadu		Normalizovaný výsledek indikátoru kategorie dopadu	
	Produktový systém A	Produktový systém B	Produktový systém A	Produktový systém B
Humánní toxicita	5 kg 1,4DCB-eq	15 kg 1,4DCB-eq	100 %	300 %
Acidifikace	35 kg SO <sub>2</sub> -eq	5 kg SO <sub>2</sub> -eq	100 %	14 %
Eutrofizace	24 kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq	18 kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq	100 %	75 %
Globální oteplování	80 kg CO <sub>2</sub> -eq	120 kg CO <sub>2</sub> -eq	100 %	150 %



# Externí normalizace

- hodnota referenčního výsledku indikátoru kat. dop.  $RV_{XY}$  je nezávislá na posuzovaném systému
- $RV_{XY}$  často představuje celkovou míru poškození dané kat. dopadu způsobeného lidmi (ve zvoleném regionu či glob.)
- např. pro normalizaci  $V_{GW}$  se používá  $RV_{GW}$  = emise všech GHG v daném roce (v kg CO<sub>2</sub> ekv)

## Obecný výpočet $RV_{XY}$

$$RV_{XY} = \sum_i m_i * CF_{i, XY}$$

- externí normalizace nám tedy říká, jakou měrou se podílí posuzovaný produktový syst. na celkovém narušování určité kategorie dopadu (jak moc se ten vliv zhorší naším produktem)



# Externí normalizace

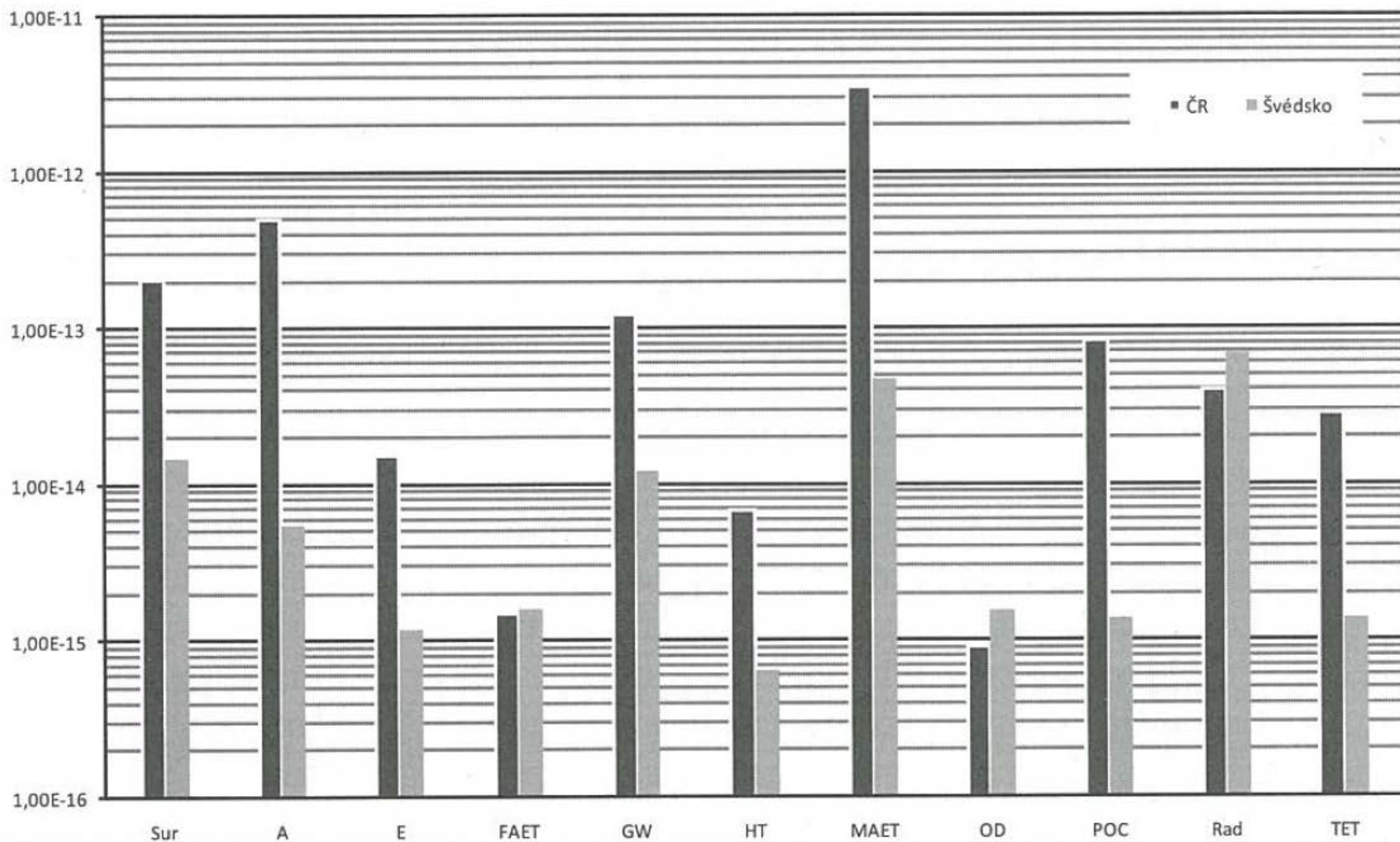
- porovnání ED výroby elektřiny v ČR a ve Švédsku

Kategorie dopadu	$V_{xy}$		$RV_{xy}$ (Evropa 2001)	$NV_{xy}$	
	ČR	Švédsko		ČR	Švédsko
Abiotické suroviny ADP, kg Sb-eq	0,004149402	0,000302316	20249480000	2,05E-13	1,49E-14
Acidifikace A, kg SO <sub>2</sub> -eq	0,018712928	0,000207894	37308860000	5,02E-13	5,57E-15
Eutrofizace E, kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq	0,000264816	2,03E-05	17010750000	1,56E-14	1,19E-15
Ekotoxicita sladkovodní FAET inf., kg DCB-eq	0,001022066	0,001116275	6,88423E+11	1,48E-15	1,62E-15
Globální oteplování GW <sub>100</sub> , kg CO <sub>2</sub> -eq	0,799129647	0,080227064	6,44828E+12	1,24E-13	1,24E-14
Humánní toxicita, HTP <sub>inf.</sub> , kg DCB-eq	0,070312848	0,006630825	1,03205E+13	6,81E-15	6,42E-16
Ekotoxicita mořská MAET <sub>inf.</sub> , kg DCB-eq	546,3406543	7,347883321	1,54809E+14	3,53E-12	4,75E-14
Úbytek stratosfér. ozónu OD, kg R11-eq	1,03E-07	1,77E-07	113226600	9,11E-16	1,57E-15
Vznik fotooxidantů POC, kg Ethene-eq	0,000927278	1,59E-05	11240710000	8,25E-14	1,41E-15
Ionizující záření RAD, DALY	2,68E-09	4,61E-09	66352,27	4,05E-14	6,95E-14
Ekotoxicita terestrická TET <sub>inf.</sub> , kg DCB-eq	0,001851236	9,12E-05	64486270000	2,87E-14	1,41E-15



# Externí normalizace

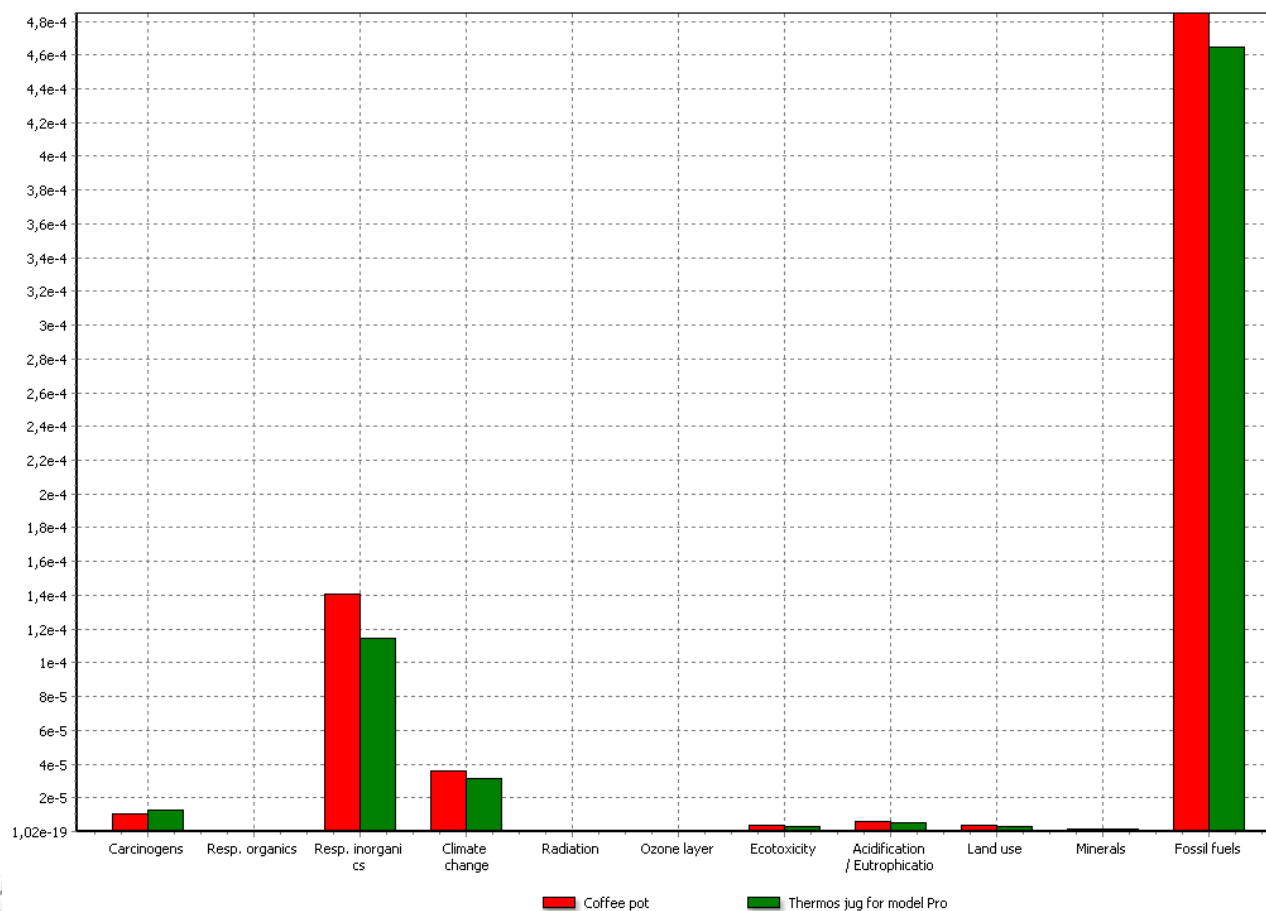
- porovnání ED výroby elektřiny v ČR a ve Švédsku





# Externí normalizace

- např. srovnání env. dopadů skleněné konvice a termosky



Fresh Promotions

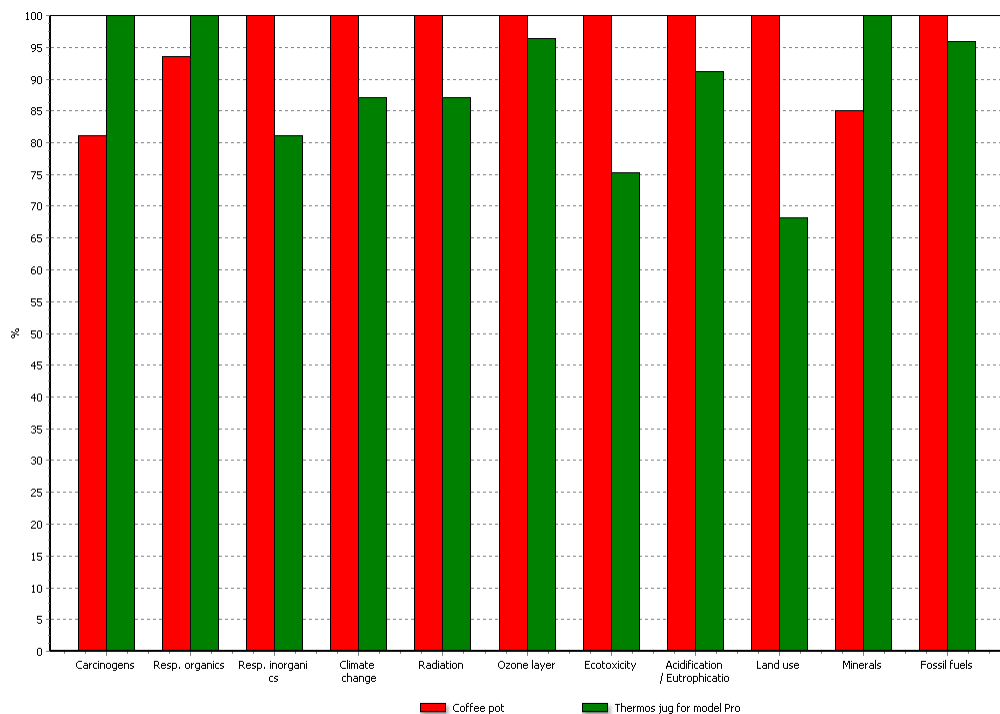


Centru  
toxicky  
v prostredni

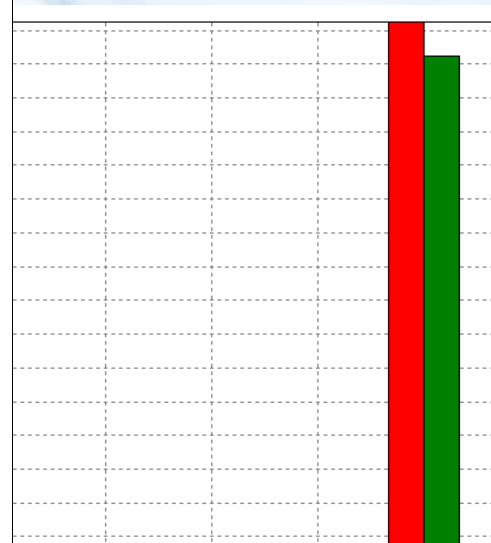
Comparing 1 p 'Coffee pot' with 1 p 'Thermos jug for model Pro';  
Method: Eco-indicator 99 (H) V2.08 / Europe EI 99 H/A / Normalization

# Externí normalizace

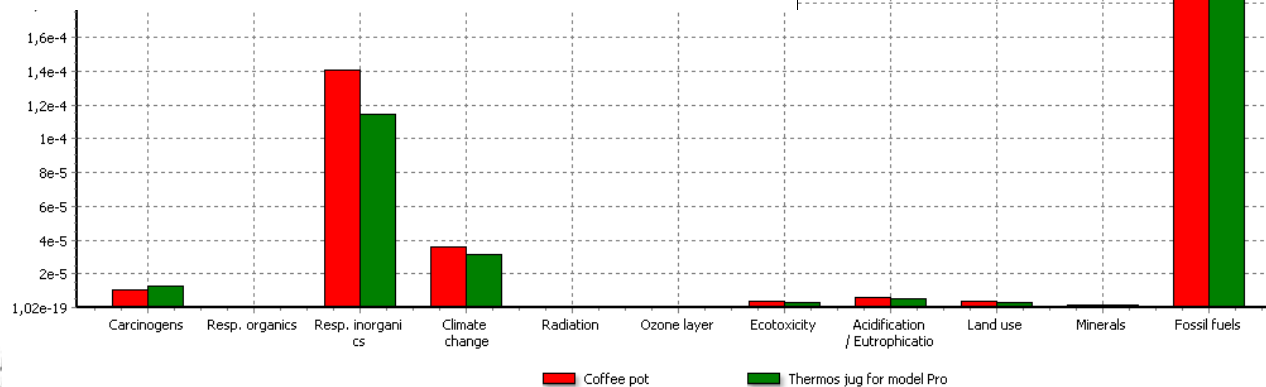
## ěné konvice a termosky



Comparing 1 p 'Coffee pot' with 1 p 'Thermos jug for model Pro';  
Method: Eco-indicator 99 (H) V2.08 / Europe EI 99 H/A / Characterization



Fresh Promotions



Comparing 1 p 'Coffee pot' with 1 p 'Thermos jug for model Pro';  
Method: Eco-indicator 99 (H) V2.08 / Europe EI 99 H/A / Normalization



Centru  
toxický  
v prostředí



# Vážení

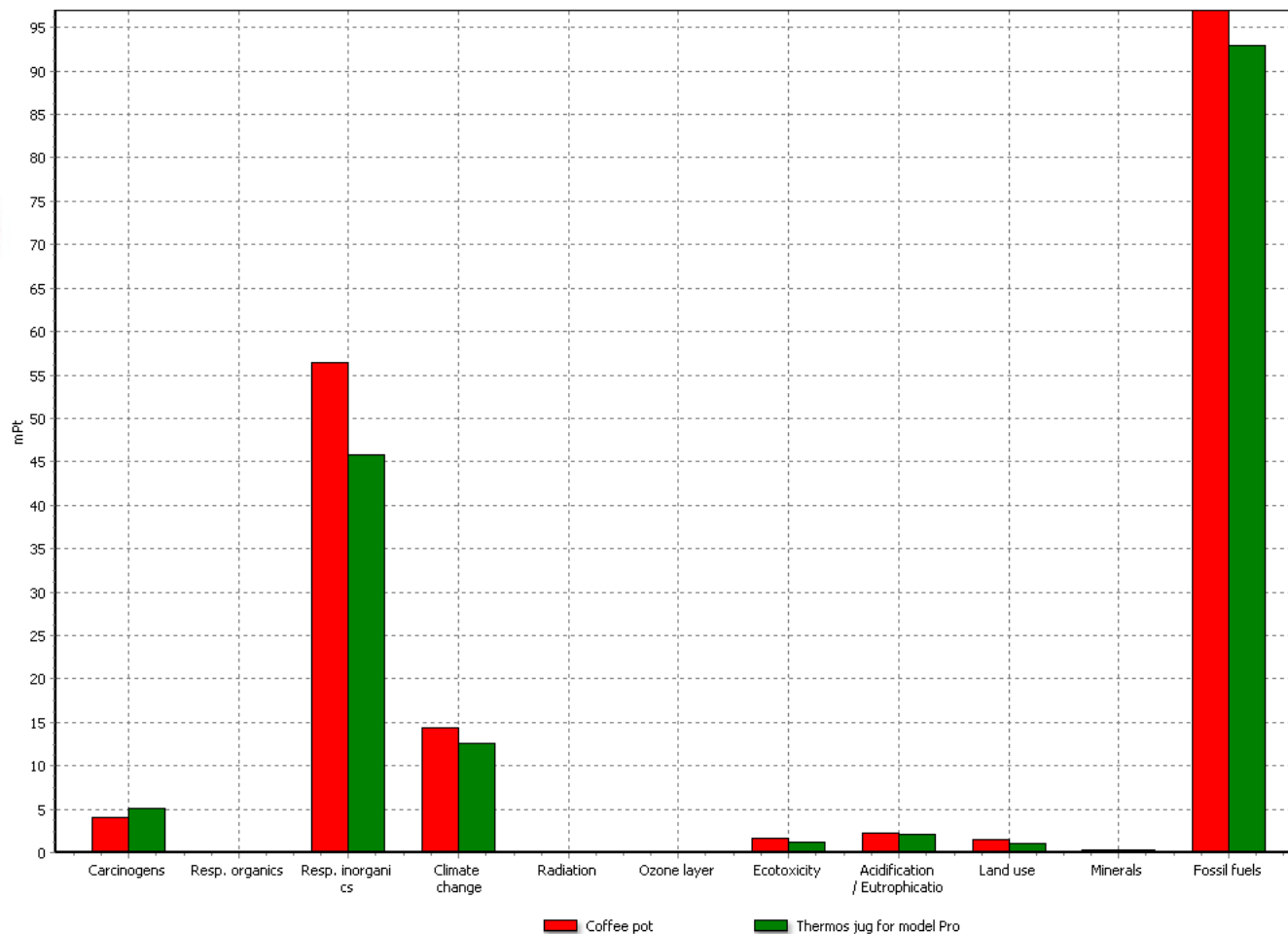
- vyjadřování významnosti kategorií dopadu s ohledem na socio-ekonomická hlediska
- není založeno na exaktních základech, v hodnocení dle ISO 14040 nesmí být použito
- velký význam např. pro interní studie, kde např. klademe větší váhu na ekonomický aspekt env. dopadů

General   Characterization   Damage assessment   Normalization and Weighting			
Weighted score	Quantity	Indicator <input type="text" value="Indicator"/>	Unit <input type="text" value="Pt"/>
Normalization/weighting set	Damage category	Normalization	Weighting
Europe EI 99 H/A	Human Health	1,141E2	400
Europe EI 99 H/H	Ecosystem Quality	1,748E-4	400
	Resources	1,325E-4	200



# Vážení

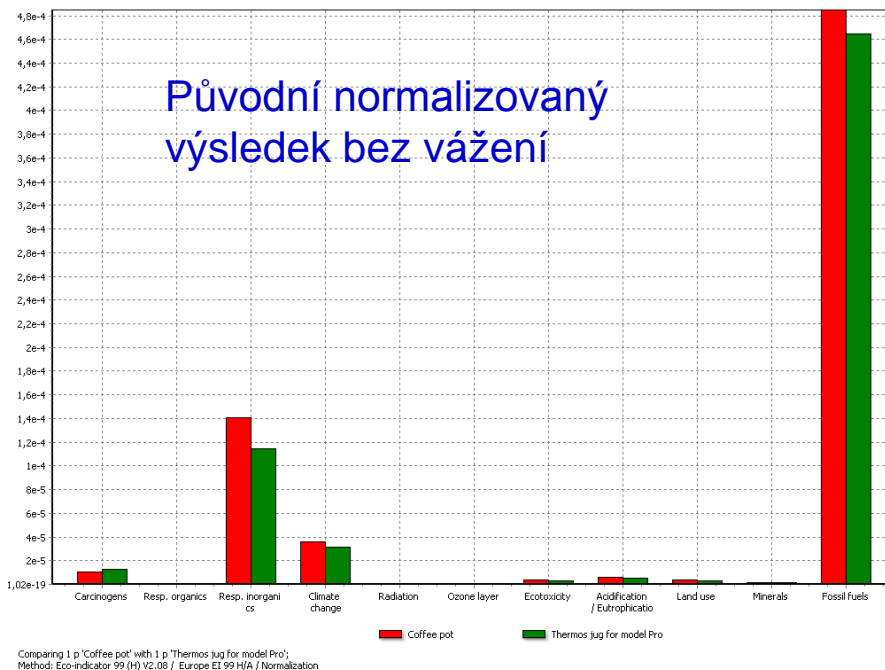
- např. vážené srovnání ED skleněné konvice a termosky



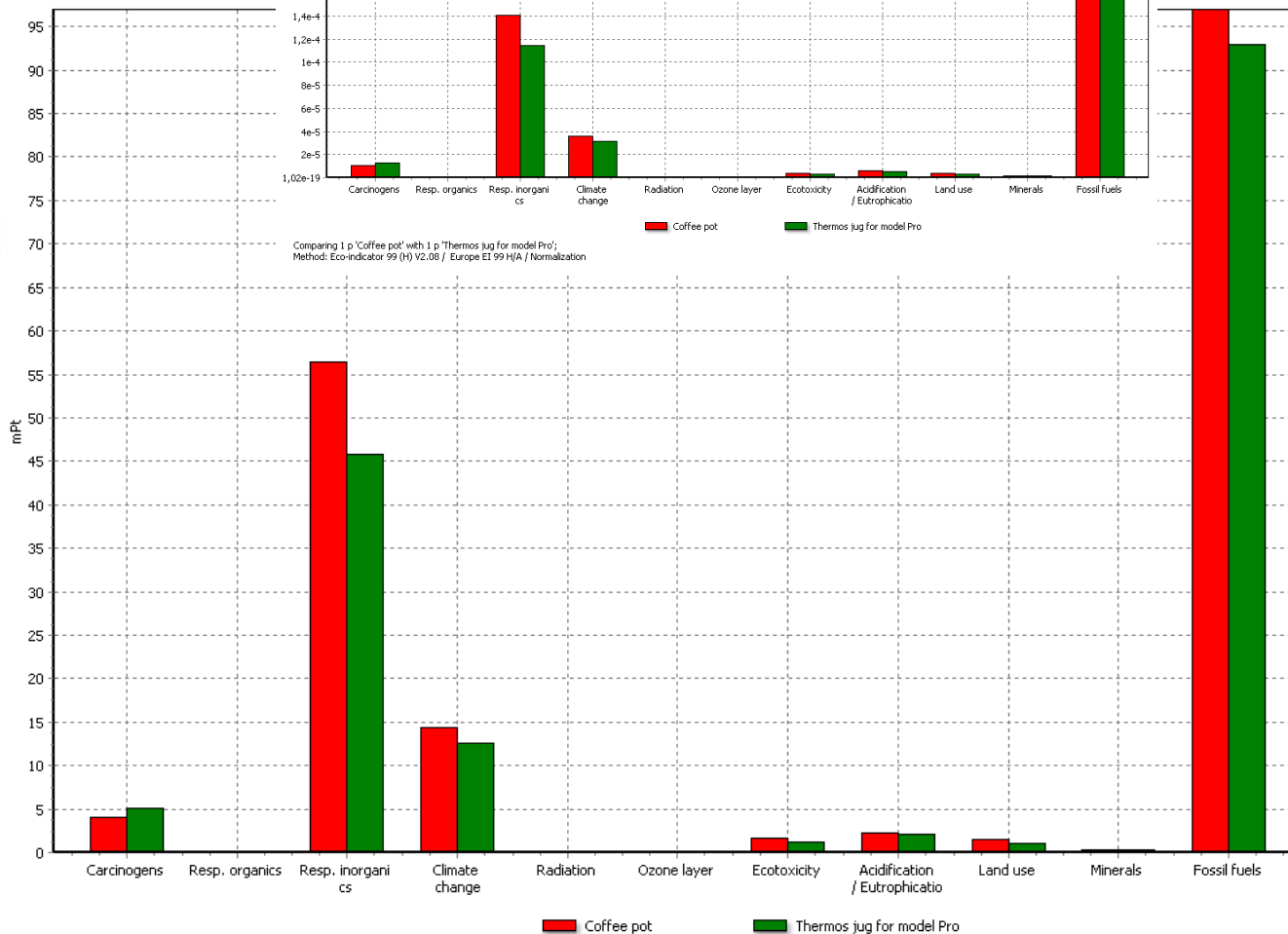
Comparing 1 p 'Coffee pot' with 1 p 'Thermos jug for model Pro';  
Method: Eco-indicator 99 (H) V2.08 / Europe EI 99 H/A / Weighting

# Vážení

- např. váženě



a termosky



## III. Fáze – Kategorie dopadu

- problém v ŽP, který je způsobován lidskou činností a ke kterému lze přiřadit výsledky z inventarizace
- hlavní důvod LCIA je **ochrana kvality ŽP pro další gen.**
- výběr kategorií dopadu předurčuje komplexnost studie
- LCA neupřednostňuje žádnou kat. dop., ale nabízí nástroje, jak vyčíslit zásahy do jednotlivých kategorií a jak porovnat jejich závažnost
  
- jaké znáte kategorie dopadu???



## Nejčastěji používané kat. dop. v LCA

Kategorie dopadu	Midpointové kategorie dopadu	Endpointové kategorie dopadu
<b>Základní kategorie dopadu většiny metodik LCIA</b>	<p>Úbytek neobnovitelných (abiotických) zdrojů</p> <p>Globální oteplování</p> <p>Úbytek stratosférického ozónu</p> <p>Humánní toxicita</p> <p>Ekotoxicita (sladkovodní, mořská, terestrická)</p> <p>Vznik fotooxidantů</p> <p>Acidifikace</p> <p>Eutrofizace</p>	<p>Úbytek dostupnosti surovin na trhu</p> <p>Klimatické změny</p> <p>Lidské zdraví</p> <p>Kvalita ekosystémů</p>
<b>Specifické kategorie dopadu některých metodik LCIA</b>	<p>Využívání krajiny – zabor a přeměna krajiny</p> <p>Ekotoxicita (sladkovodní a mořské sedimenty)</p> <p>Ionizační záření</p> <p>Využívání krajiny (pokles množství využitelné krajiny)</p>	<p>Využívání krajiny – produkční schopnost ekosystémů</p> <p>Finanční hodnota</p> <p>Ekofaktor</p> <p>Biodiverzita</p> <p>Ztráty na životech</p>
<b>Další kategorie dopadu, jež dosud nebývají součástí metodik LCIA</b>	<p>Úbytek obnovitelných (biotických) zdrojů</p> <p>Odpadní teplo</p> <p>Hluk</p> <p>Zápach (zapáchající plyny)</p> <p>Dezertifikace (vznik pouští)</p> <p>Zápach (zapáchající kapaliny)</p>	



# Dělení kategorií dopadu

**surovinové** (spotřeba zdrojů)

**x**

**intervenční** (emise do ŽP)

**globální** - látky působící dlouhodobě, rel. persistentní, mobilní –**př?**

**x**

**regionální** - působení v regionu (100-1000 km), kde znečišťováno – **př?**

**x**

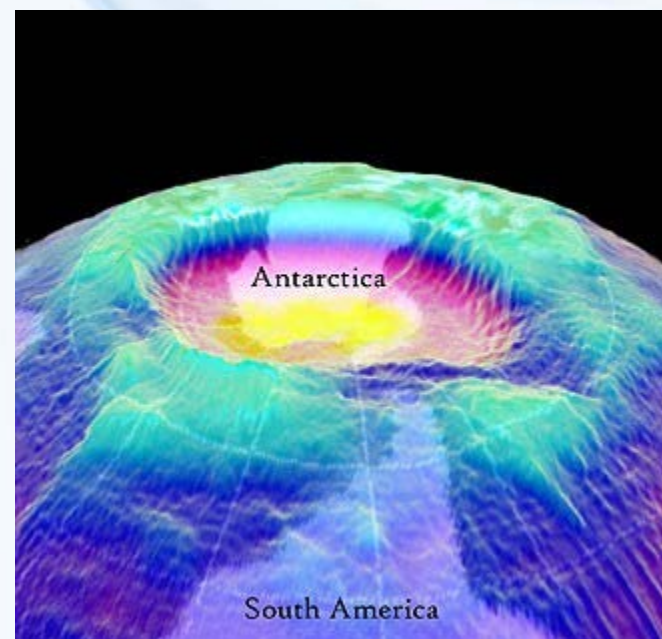
**lokální** – dopady způsobení konkrétním zdrojem (jednotky km) – **př?**





# Časový rozsah env. dopadů

- různé dopady působí v různých časových horizontech



# Časový rozsah env. dopadů

Kategorie dopadu	Časový rozsah
Globální oteplování	Po dobu přítomnosti plynu v atmosféře; od okamžitého účinku po staletí
Úbytek stratosférického ozónu	Po dobu přítomnosti plynu v atmosféře; mezi 2–5 lety až po staletí
Vznik fotooxidantů	Závisí na reaktivitě plynů; hodiny až týdny
Acidifikace	Dny až roky
Eutrofizace vod a půd	Dny až roky
Persistentní toxicita	Měsíce u nejedovatějších látek a nejcitlivějších organismů a desetiletí pro nejstálejší látky
Toxicita a ekotoxicita	Od hodin v případě akutní toxicity jedovatých látek a bodových zdrojů znečištění až po desetiletí u stabilních látek s dlouhodobou emisí do prostředí
Odpady	Od týdnů u vzdušných emisí ze skládek až po staletí u stabilních materiálů a průsaků do podzemních vod
Čerpání neobnovitelných surovin	U nevratného využívání fosilních surovin – milióny let
Čerpání obnovitelných surovin	Závisí na rychlosti obnovy zdroje

