



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



Národní  
plán  
obnovy



**Předmět: Posuzování životního cyklu**

# 1. Environmentální pohled, udržitelnost a nástroje environmentálního managementu

Miroslava Kovářová

Vladimír Sedlařík

ADAPT UTB: **A**daptabilní, **D**igitální, **A**gilní,  
**P**rogresivní, **T**ransformace UTB ve Zlíně

reg. č. NPO\_UTB\_MSMT-16585/2022

Studijní program: Management udržitelného rozvoje



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Centrum polymerních systémů



# Základní informace o předmětu

Název	<b>Posuzování životního cyklu</b>
Rozsah	26 hodin přednášek + 26 hodin cvičení
Vyučující	<b>Garant předmětu: prof. Ing. Vladimír Sedlařík, Ph.D.</b> 50 % přednášek, zkoušející Centrum polymerních systémů, Tř. Tomáše Bati 5678, 760 01 Zlín Pracovna: A412/U17 Tel: 57 603 8013/E-mail: <a href="mailto:sedlarik@utb.cz">sedlarik@utb.cz</a>
	<b>Dr. Ing. Miroslava Kovářová</b> 30 % přednášek, cvičení Centrum polymerních systémů, Tř. Tomáše Bati 5678, 760 01 Zlín Pracovna: A224/U17 Tel: 57 603 1734/E-mail: <a href="mailto:kovarova@utb.cz">kovarova@utb.cz</a>
	<b>Ing. Viera Pechancová, Ph.D.</b> 10 % přednášek, cvičení Centrum polymerních systémů, Tř. Tomáše Bati 5678, 760 01 Zlín Pracovna: A507/U17 Tel: 57 603 8044/E-mail: <a href="mailto:pechancova@utb.cz">pechancova@utb.cz</a>
	<b>Odborník z praxe – 10 % přednášek)</b>
Prověření studijních výsledků	Zápočet: aktivní účast na nejméně 80 % cvičení, vypracování seminární práce Zkouška: test a ústní zkouška

# Základní informace o předmětu

➤ Cílem předmětu je umožnit studentovi pochopit do hloubky životní cyklus výrobků z hlediska jejich environmentálního chování a porozumět souvislostem v rámci hodnocení environmentálních dopadů pomocí metody posuzování životního cyklu (Life Cycle Assessment – LCA). Student bude znát legislativní souvislosti problematiky LCA, bude obeznámen s jednotlivými fázemi při sestavování LCA studie, bude se umět orientovat ve výsledcích LCA a interpretovat je, bude umět využít hodnocení dopadů dle LCA metody k minimalizaci dopadů výrobků a výrob na životní prostředí. Prakticky se seznámí s LCA softwarem a bude schopen použít jej pro vypracování vlastní jednoduché LCA studie.

➤ Osnova:

1. **Environmentální pohled na životní cyklus výrobků či služeb, udržitelnost, nástroje environmentálního managementu**
2. Principy LCA, legislativní rámec
3. Metoda LCA – produktový systém, procesy, materiálové a energetické toky, 4 fáze LCA
4. Studie LCA (typy, prezentace, vizualizace) a software pro LCA
5. Definování cílů a rozsahu LCA (funkce a funkční jednotka, toky, hranice systému)
6. Inventarizace a inventarizační analýza (sběr dat, sestavení systémového schématu, alokace)
7. Hodnocení dopadů životního cyklu (kategorie dopadu, indikátor kategorie dopadu, charakterizační modely)
8. Globální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA
9. Lokální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA
10. Databáze a další zdroje a jejich využití
11. Interpretace a přezkum LCA
12. Posuzování životního cyklu v kontextu nákladové a sociální udržitelnosti (life cycle costing LCC a social-LCA)
13. „Zelený“ marketing, environmentální prohlášení a značení, principy ekodesignu

# Kam nás zavede dnešní téma?

- Environmentální management – opatření, která berou v úvahu nejen životní prostředí
- Life cycle thinking – zamýšlejme se nad produkty ze všech pohledů
- Udržitelnost – velké téma dneška
- A jak do toho zapadá LCA?

# Environmentální pohled

## Environmentální?

### ➤ Ekologie

(oikos = dům, okolí nebo také životní podmínky; logos = věda) věda zabývající se vzájemnými vztahy mezi živými organismy a prostředím v němž žijí, i mezi organismy navzájem, součást biologie.

Malé opáčko

## Ekologický?

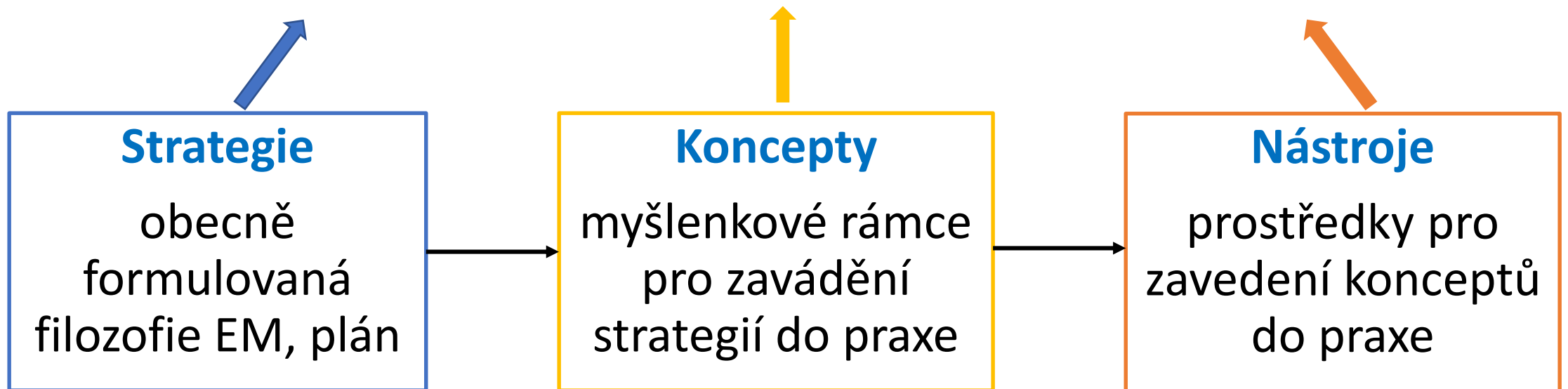
### ➤ Enviromentalistika

nauka o životním prostředí, studuje vzájemné působení člověka a ekosystémů (ať již přirozených či umělých) z hlediska společenského, technického či ekonomického, využívá poznatků, které jí může poskytnout ekologie, geografie, chemie, fyzika, ekonomie atd. Zahrnuje však i ochranu přírody a prevencí znečišťování životního prostředí, monitoring složek životního prostředí, využívání přírodních zdrojů, nakládání s energiemi, péči o zdraví lidí nebo nápravu nežádoucích zásahů či vzniklých škod.

# Environmentální management strategie – koncepty – nástroje

## Environmentální management (EM)

- je spojen s produkty nebo procesy, které mohou mít nebo mají dopad na životní prostředí
- jde o veškerá opatření směřující ke snížení negativních dopadů na životní prostředí nebo změny životního prostředí (ŽP)



# Environmentální management strategie

## Udržitelný rozvoj

= rozvoj, který naplňuje současné potřeby aniž by omezoval schopnost budoucích generací naplnit své potřeby

- Rovnováha ekonomického, sociálního a environmentálního pilíře
- Agenda 21 (1992)
- 17 Cílů udržitelného rozvoje (2015, OSN)

+ sociální aspekt -

## Eco-Efficiency

= vytváření větších hodnot prostřednictvím technologií a procesů za současného snižování využívání zdrojů a dopadu na životní prostředí v průběhu celého životního cyklu výrobku/služby

- ↓ materiální a energetická náročnost, množství toxických látek
- ↑ recyklovatelnost, udržitelné využívání obnovitelných zdrojů, trvanlivost a funkčnost výrobků

## Prevence znečištění

= preventivní přístup zabránění znečištění či odpadu již v projektové fázi, tedy před jeho vznikem

- omezení množství znečištění a odpadu či obsahu nebezpečných látek
- prodloužením životnosti nebo opětovného použití výrobků, recyklace

ekonomika	odpad
↓	×
odpad	ekonomika

# Environmentální management

## koncepty

### Koncept čistší produkce

- Definice UNEP: **Čistší produkce je stálá aplikace integrální preventivní strategie ochrany životního prostředí na procesy, výrobky a služby s cílem zvýšit jejich efektivnost a omezit rizika jak vůči člověku, tak i životnímu prostředí.**
- Čistší produkce představuje preventivní přístup k řízení dopadů procesů (všechny fáze výrobního postupu) a výrobků (i služeb) ve všech fázích životního cyklu na životní prostředí.
- Podstatným rysem je zásadní sledování ekonomických motivů vyplývajících nejen z prevence legislativních postihů, ale především ze snížení spotřeby surovin a energií.
- Koncept vychází nejen ze strategie prevence znečištění, ale i z eco-efficiency.



# Koncept čistší produkce

## Východiska:

- Změny technologií
- Změny vstupních surovin vč. vyloučení toxických
- Efektivní využití surovin
- Efektivní využití energií
- Změny v provozních postupech (hospodárnost, procesní recyklace)
- Změny v konstrukci výrobku (ekodesign)
- Změny ve využívání odpadů (recyklace)
- Změny v údržbě (funkčnost a životnost)
- Změny v balení....

## Účinky:

### (environmentální a ekonomické)

- Snížení produkce odpadů
- Redukce ekologického rizika eliminací nebezpečných látek
- Splnění zákonných norem pro životní prostředí
- Zlepšení pracovního prostředí v provozech/zdraví pracovníků
- Zlepšení životního prostředí v okolí
- Úspora nákladů – nákup surovin, výroba, nakládání s odpady
- Možné zlepšení kvality výrobků
- Úspora na poplatcích za znečišťování životního prostředí
- Zlepšení postavení podniku při jednání s úřady
- Zlepšení image a goodwillu podniku
- Zvýšení konkurenceschopnosti podniku

# Koncept čistší produkce v legislativě ČR

## Integrovaná prevence a omezování znečištění

### (Integrated Pollution Prevention and Control – IPPC)

- pokročilý způsob regulace průmyslových a zemědělských činností ve vztahu k životnímu prostředí
- preventivní přístup s využitím nejlepších dostupných technologií (BAT)
  - ❖ překonává princip složkového přístupu, který často vedl jen k přenosu znečištění z jedné složky ŽP do druhé
  - ❖ překonává strategii koncových technologií, které odstraňují vzniklé znečištění převážně pomocí filtrů, odlučovačů a jiných čistících zařízení
- praktickou aplikací principu IPPC je integrované povolování průmyslových a zemědělských zařízení – nahrazuje většinu složkových povolení

# Environmentální management

## koncepty

### Koncept průmyslové ekologie

- Průmyslová ekologie vnímá průmysl jako člověkem vytvořený ekosystém, který funguje podobně jako přírodní ekosystémy.
- Je v interakci s přírodními ekosystémy a hledá analogie mezi technosférou a biosférou

Analogie:

Biosféra	Technosféra
Životní prostředí	Trh
Organismus	Společnost
Přírodní produkt	Průmyslový výrobek
Přirozený výběr	Konkurence
Ekosystém	Ekologický průmyslový park
Ekologická nika	Segment trhu
Anabolismus/katabolismus	Výroba/nakládání s odpady
Mutace a výběr	Eco-design
Sukcese	Hospodářský růst
Adaptace	Inovace
Potravní řetězec	Životní cyklus výrobku

# Koncept průmyslové ekologie

- Průmyslová ekologie se zabývá systematickou analýzou materiálových a energetických toků v průmyslovém systému s cílem minimalizovat odpady a celkově nepříznivé environmentální dopady.
- Globální průmyslová ekonomika je v ní modelována jako síť průmyslových procesů, kde výstup (produkt, odpad) jednoho procesu je vstupem dalšího.
- Průmyslová ekologie se snaží o přechod od lineárního systému procesů k cyklickému a nejlépe uzavřenému.
- Koncept průmyslové ekologie vychází zejména ze strategie udržitelného rozvoje, ale eco-efficiency hraje také podstatnou úlohu.

# Koncept průmyslové ekologie

Základní principy (Tibbs 1992):

- ❖ **Vytváření průmyslových ekosystémů** – partnerství s jinými prům. odvětvími (ekoparky) za účelem výměny vedlejších produktů (odpad za zdroj), uzavření cyklu.
- ❖ **Vyvážení průmyslových vstupů a výstupů s přírodními** – zvýšení znalostí o chování ekosystémů (kapacita, doba obnovy) a na jejich základě regulovat rozhraní mezi průmyslem a životním prostředím.
- ❖ **Dematerializace** – „udělat více s méně“ = využívání primárních zdrojů (materiálů, energií) v menší míře, efektivněji a s možností znovuvyužití, používání materiálů šetrnějších k ŽP.
- ❖ **Zlepšení účinnosti** = změna designu výrobků, zvýšení účinnosti procesů a zařízení, recyklace materiálů (šetření zdrojů).
- ❖ **Využívání alternativních zdrojů** energie.
- ❖ **Začlenění konceptu průmyslové ekologie do** místní, národní i mezinárodní **politiky**.

# Koncept průmyslové ekologie

- Průmyslová ekologie je multidisciplinární oblast, která spojuje aspekty přírodních, technických i humanitních věd, opírá se o ekonomii, sociologii, toxikologii, ekologii nebo geografii.
- Mezi metody a přístupy používané v průmyslové ekologii patří:
  - ❖ **Analýza** materiálových a energetických **toků**, jejich kvantifikace v systémech průmyslových závodů i v globální ekonomice.
  - ❖ **Hodnocení životního cyklu**, jako systémová analýza dopadů v průběhu celého životního cyklu výrobků a služeb.
  - ❖ Kvantifikace **environmentální stopy**, jako environmentálně rozšířená analýza vstupů a výstupů.
  - ❖ **Průmyslová symbióza**, která studuje změny odpadů ve zdroje mezi blízkými průmyslovými zařízeními.
  - ❖ **Socioekonomický metabolismus** studuje zátěž, kterou lidská společnost vyvíjí na životní prostředí od komunit a měst až po národní ekonomiky. Do důležitých socioekonomických faktorů zahrnuje i chování spotřebitelů, obchodní modely nebo veřejnou politiku.

# Environmentální management koncepty

## Koncept ecodesignu/ekodesignu

Definice:

Ekodesign lze definovat jako systematický proces navrhování a vývoje výrobku, jenž klade velký důraz na dosažení minimálního negativního dopadu výrobku na životní prostředí v průběhu celého životního cyklu výrobku, přičemž musí zůstat zachovány klasické vlastnosti produktu, jako je funkčnost, bezpečnost, technická proveditelnost, estetický aspekt, ergonomie atd.

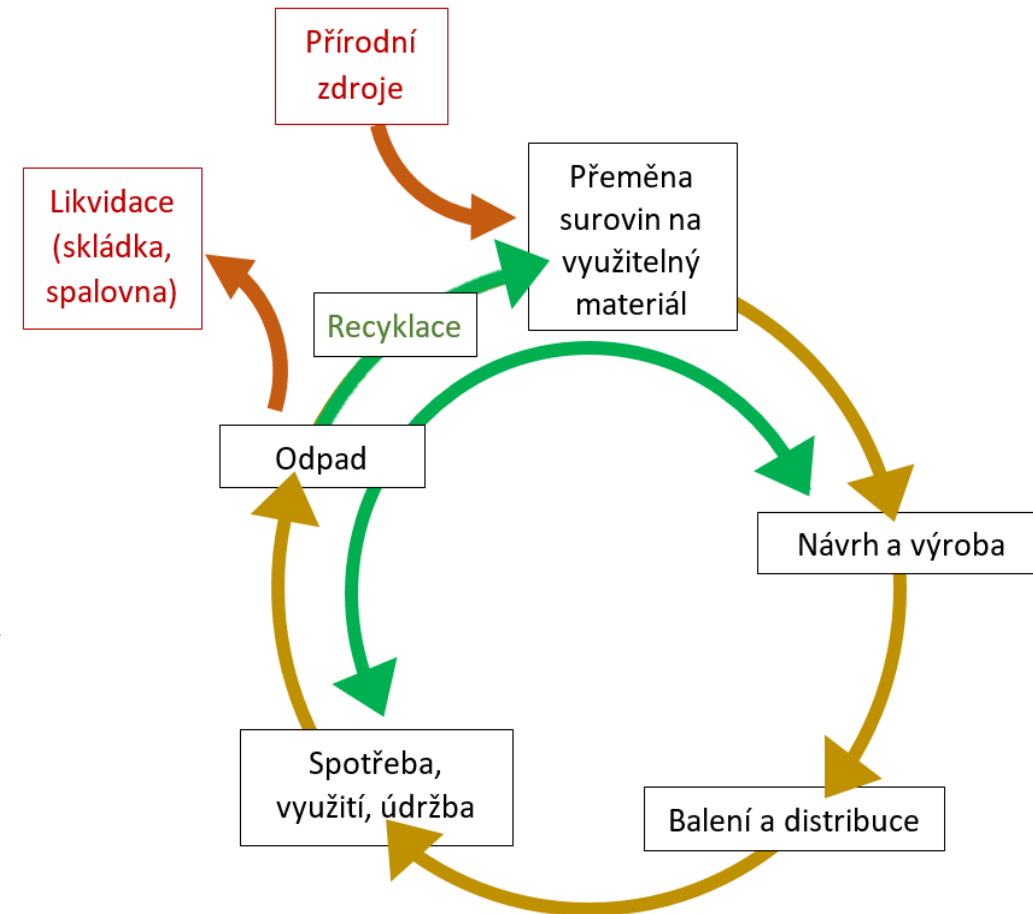
**Ekodesign = ekonomický + ekologický**



# Environmentální management koncepty

## Koncept životního cyklu

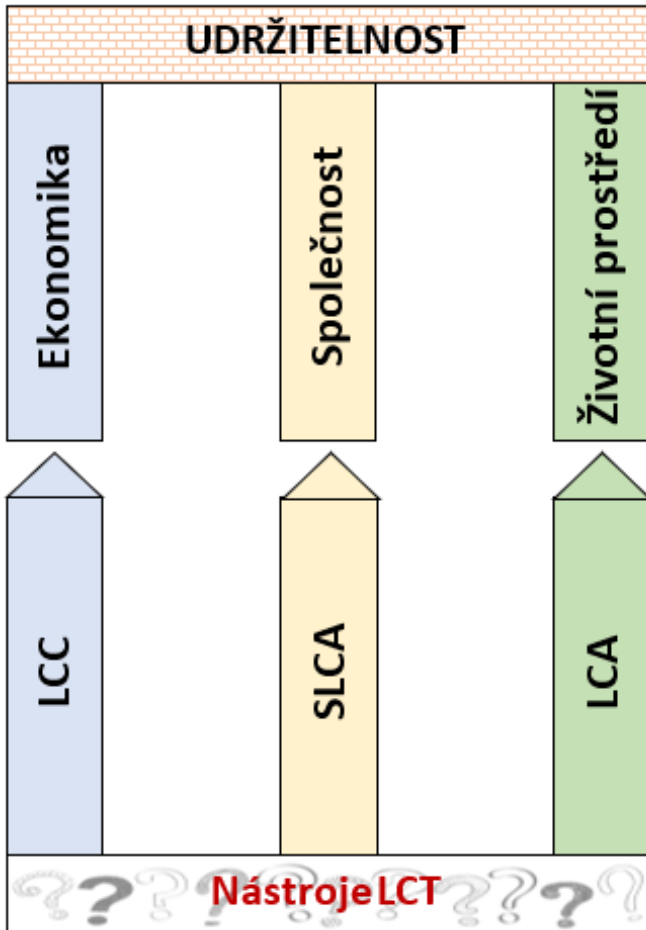
- **Životní cyklus produktu** = život produktu od těžby surovin, přes jeho výrobu a používání až po jeho odstranění jako odpadu (dle ISO 14040 – po sobě jdoucí provázaná stádia produktového systému od těžby nebo získávání surovin z přírodních zdrojů ke konečnému odstranění)
- Koncept životního cyklu je podstatou způsobu **přemýšlení nad ekonomickými, environmentálními a sociálními důsledky, které může mít výrobek nebo služba v průběhu celého životního cyklu**, koncept je nazýván **Life Cycle Thinking (LCT)**
- LCT = teoretický přístup, který zkoumá **možnosti zlepšení využití surovin a energií a možnosti snížení dopadů výrobků nebo služeb v kterékoliv fázi životního cyklu** od zpracování surovin, včetně těžby, přes výrobu a distribuci, použití až po ukončení životnosti a likvidaci





# Koncept životního cyklu

## Life Cycle Thinking



- LCT představuje rámec pro strategii udržitelnosti
- Pro podporu tří pilířů udržitelnosti může využít také modelů vycházejících z:
  - ❖ Kalkulace nákladů životního cyklu (Life Cycle Costing)
  - ❖ Sociální posuzování životního cyklu (Social Life Cycle Assessment)
  - ❖ Posuzování životního cyklu (Life Cycle Assessment) (*environmentální dopady*)

# Koncept životního cyklu

# Life Cycle Thinking

## Zaměření LCT na celý životní cyklus a jeho komplexnost:

- ✓ Pomáhá překonat tradiční zaměření jen na výrobu, na lineární proces od vstupu k výstupu
  - ✓ Zvažuje dopady již při plánování a návrhu
  - ✓ Snaží se zabránit přesouvání dopadů z jedné fáze do druhé a nabalování problémů
  - ✓ Pokouší se strukturovat a uspořádat příslušné části životního cyklu a pomoci sledovat jejich výkonnost
  - ✓ Uvažuje o výrobku či službě s hlediska udržitelnosti
  - ✓ Zahrnuje i dopady, které nejsou na první pohled patrné z bilance vstupů a výstupů: **Když v lese spadne strom a nikdo ho neslyší, vydá zvuk?**
  - ✓ Nejen hodnotí dopady, ale stanovuje jejich naléhavost, hledá „horká místa“ s maximálním dopadem (hot spot analysis)
- !! LCT není všelék, samotné LCT udržitelnost nezajistí**
- !! LCA není jediným využitelným nástrojem, je jej třeba doplnit analýzou rizik, analýzou dopadů, analýzou přínosů a dalšími nástroji environmentálního managementu**

# Environmentální management nástroje

Pro implementaci konceptů environmentálního managementu je možno a potřeba zapojit celou řadu nástrojů, jež je možno rozdělit:

- **Politické** – nástroje, které byly začleněny do politické administrativy, a tak se dostaly se konkrétních zákonů, směrnic, normativů, smluv...
- **Procedurální** – konkrétní postupy, které jsou uplatňovány případně vyžadovány v určitých oblastech ekologického managementu, ve své podstatě navazují na nástroje politické
- **Analytické** – analýzy, simulace, modelování atd. určené pro vyhodnocení, srovnání a kvantitativní popis dopadů a zásahů do ŽP

# Environmentální management

## Politické nástroje

- **Zákony, směrnice, direktivy na národní i mezinárodní úrovni**

- ❖ Př.: Zákon 541/2020 Sb. o odpadech v souladu se Směrnicí 2008/98/ES o nakládání s odpady v EU
- ❖ Př.: Zákon 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezování znečištění v souladu s Směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU o průmyslových emisích v EU.

- **Mezinárodní standardy**

Př.: pro oblast EM (vznik na základě řady ISO 9000 Management kvality):

- ❖ ISO 14001-14004 – Environmental management systems (EMS)
- ❖ ISO 14010 – Environmentální audit
- ❖ ISO 14020-14025 – Ekolabeling
- ❖ ISO 14031 – Hodnocení environmentální účinnosti
- ❖ ISO 14040, 14044 – Hodnocení životního cyklu (LCA)

# Environmentální management

## Procedurální nástroje

- **EIA** (Environmental Impact Assessment) Posuzování vlivů záměrů (staveb, technologických projektů) na ŽP, Směrnice Rady 85/337/EHS, Zákon 100/2001
- **EMS/EMAS**, řízení podniků s ohledem na dopady na ŽP :
  - ❖ ISO 14001 – Environmental management systems (EMS) Systém environmentálního managementu – interní potřeby, nevyžaduje nezávislé ověřování
  - ❖ Nařízení Evropského parlamentu a Rady 761/2001 Environmental management and Audit Scheme (EMAS) Systém environmentálního řízení a auditu – ověřování, audity, informování veřejnosti, zakotvení v legislativě EU
- **Ekolabeling** – environmentálního značení a prohlášení podle norem z řady ISO14020, dobrovolný informační nástroj
  - ❖ Typ I = Ekoznačení - nezávislé ověření třetí stranou
  - ❖ Typ II = Vlastní environmentální tvrzení - bez ověření či certifikace třetí stranou, informace však musí být veřejně ověřitelné
  - ❖ Typ III = Environmentální prohlášení o produktu (EPD - Environmental Product Declaration) - na základě LCA

# Environmentální management

## Analytické nástroje

- **LCA** = hodnocení životního cyklu (Life Cycle Assessment)
- **ERA** = hodnocení environmentálních rizik (Environmental Risk Assessment)
- **CBA** = analýza nákladů a přínosů (Cost Benefit Analysis)
- **CEA** = analýza efektivity nákladů (Cost Effectiveness Analysis)
- **IOA** = analýza vstupů a výstupů (Input Output Analysis)
- **MFA** = účetnictví materiálových toků (Material Flow Accounting)...

# Udržitelnost

„Zemi nedědíme po předcích, nýbrž si ji jen vypůjčujeme od našich dětí.“

(Antoine de Saint-Exupéry)

## Pojem **trvale udržitelný rozvoj**

- je považován za **paradigma** 21. století a je mu přisuzována dějinná **důležitost**
- dosažení udržitelnosti znamená vyvážení sociálních, ekonomických a environmentálních aspektů v rámci možností planety
- Nejčastější, oficiální definice: **udržitelný** je takový **rozvoj**, který uspokojuje **potřeby současných generací**, aniž by ohrožoval **schopnost budoucích generací** uspokojovat své potřeby

(World Commission on Environment and Development – WCED, Zpráva Brundtlandové, 1987)

...existuje na 70 dalších definic...

# Udržitelnost

## Zákon 17/1992 Sb. o životním prostředí:

„Trvale udržitelný rozvoj společnosti je takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů.“

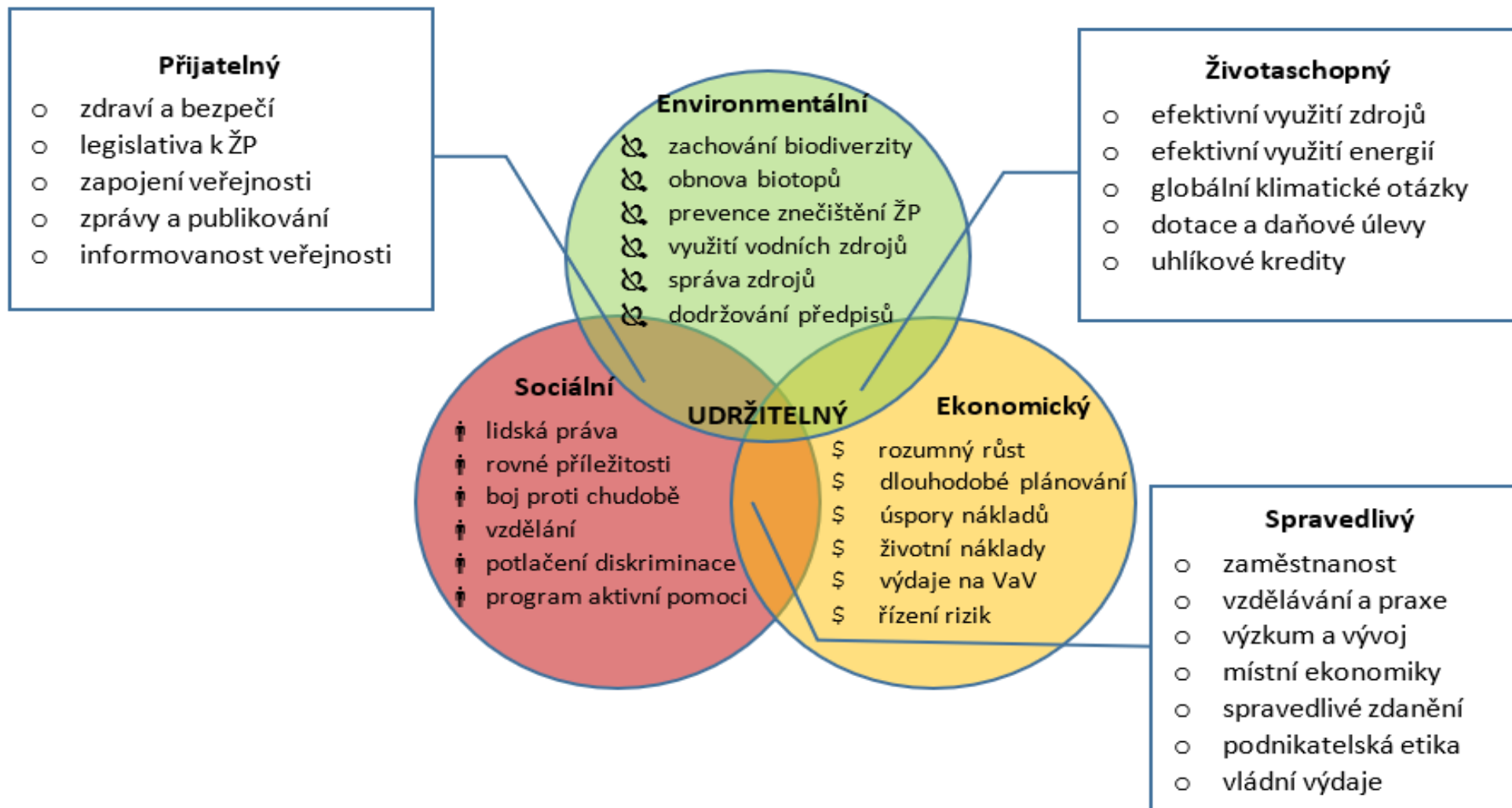
**Josef Vavroušek** – ekolog, zakladatel Společnosti pro trvale udržitelný život:

„Trvale udržitelný způsob života je takový způsob života, který se přibližuje ideálům humanismu a harmonie vztahů mezi člověkem a přírodou, a to v časově neomezeném horizontu. Je založen na vědomí odpovědnosti vůči dnešním i budoucím generacím a na úctě k živé i neživé přírodě.“



# Udržitelnost

## Pilíře udržitelného rozvoje



# Udržitelnost

## Dokumenty a historie

- **1972** Deklarace Konference OSN o životním prostředí = Stockholmská deklarace, právo na zdravé životní prostředí
- **1987** Naše společná budoucnost (Světová komise OSN pro životní prostředí a rozvoj=WCED) = Zpráva Brundtlandové, pojem udržitelného rozvoje
- **1992** Agenda 21 (Konference OSN o životním prostředí a rozvoji v Rio de Janeiru), zohledňuje všechny tři pilíře udržitelnosti
- **2002** Světovém summitu o udržitelném rozvoji (Summit země) v Johannesburgu = Johannesburgská deklarace o udržitelném rozvoji + Implementační plán, návrhy na praktickou implementaci udržitelného rozvoje do národních a mezinárodních strategií
- **2012** Budoucnost, kterou chceme na Konferenci OSN o udržitelném rozvoji v Riou de Janeiru, koncept zelené ekonomiky

# Udržitelnost

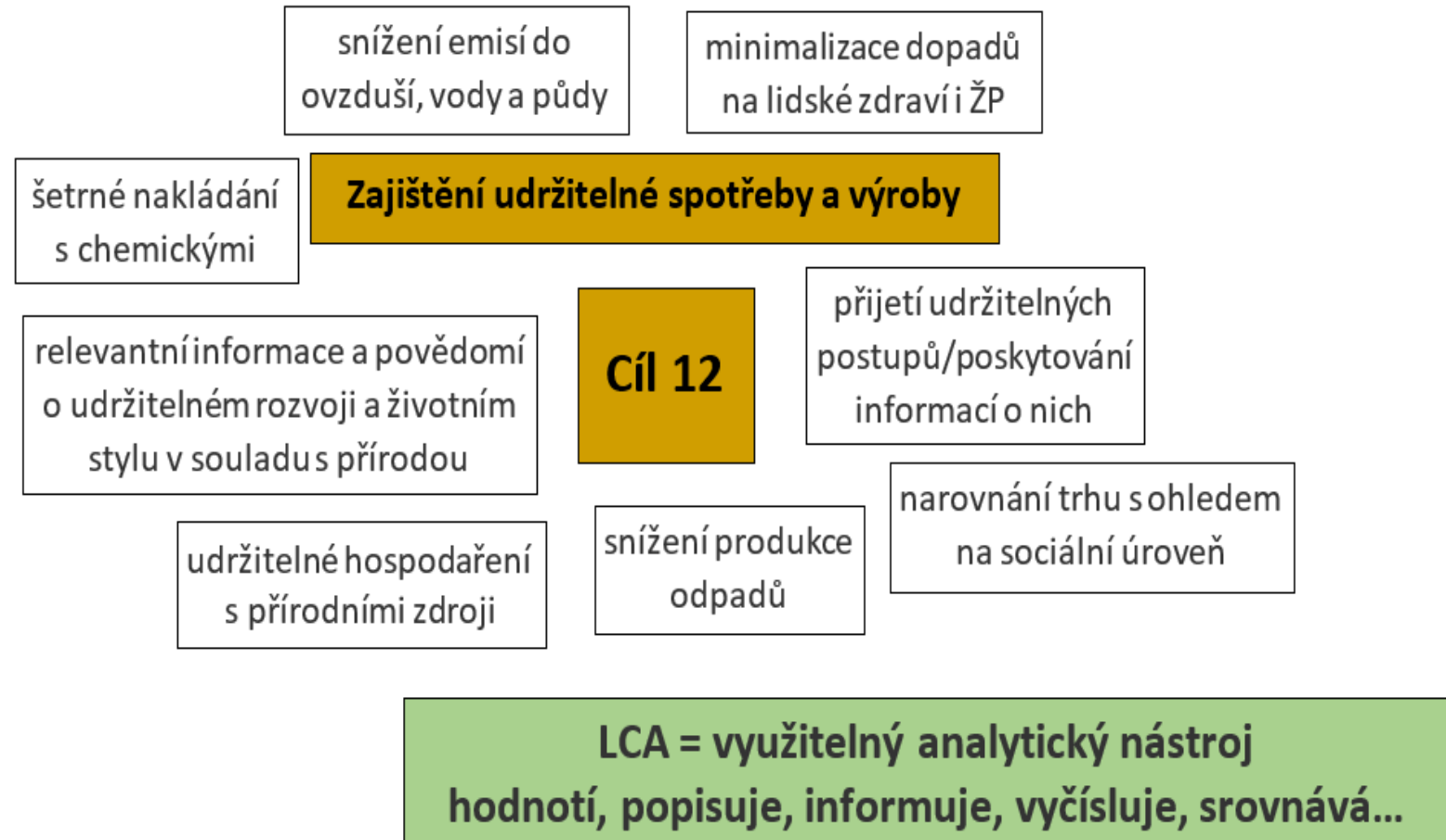
## Dokumenty a historie

- **2015** Konference OSN o udržitelném rozvoji v New Yorku – definování 17 cílů udržitelného rozvoje do roku 2030 (<https://osn.cz/osn/hlavni-temata/cile-udrzitelneho-rozvoje-sdgs/> )
  - ✓ Cíl 1: Vymýtit chudobu ve všech jejích formách všude na světě
  - ✓ Cíl 2: Vymýtit hlad, dosáhnout potravinové bezpečnosti a zlepšení výživy, prosazovat udržitelné zemědělství
  - ✓ Cíl 3: Zajistit zdravý život a zvyšovat jeho kvalitu pro všechny v jakémkoli věku
  - ✓ Cíl 4: Zajistit rovný přístup k inkluzivnímu a kvalitnímu vzdělání a podporovat celoživotní vzdělávání všech
  - ✓ Cíl 5: Dosáhnout genderové rovnosti a posílit postavení všech žen a dívek
  - ✓ Cíl 6: Zajistit všem dostupnost vody a sanitačních zařízení a udržitelné hospodaření s nimi
  - ✓ Cíl 7: Zajistit všem přístup k cenově dostupným, spolehlivým, udržitelným a moderním zdrojům energie
  - ✓ Cíl 8: Podporovat trvalý, inkluzivní a udržitelný hospodářský růst, plnou a produktivní zaměstnanost a důstojnou práci pro všechny
  - ✓ Cíl 9: Vybudovat odolnou infrastrukturu, podporovat inkluzivní a udržitelnou industrializaci a inovace
  - ✓ Cíl 10: Snížit nerovnost uvnitř zemí i mezi nimi
  - ✓ Cíl 11: Vytvořit inkluzivní, bezpečná, odolná a udržitelná města a obce
  - ✓ Cíl 12: Zajistit udržitelnou spotřebu a výrobu
  - ✓ Cíl 13: Přijmout bezodkladná opatření na boj se změnou klimatu a zvládnání jejích dopadů
  - ✓ Cíl 14: Chránit a udržitelně využívat oceány, moře a mořské zdroje pro zajištění udržitelného rozvoje
  - ✓ Cíl 15: Chránit, obnovovat a podporovat udržitelné využívání suchozemských ekosystémů, udržitelně hospodařit s lesy, potírat rozšiřování pouští, zastavit a následně zvrátit degradaci půdy a zastavit úbytek biodiverzity
  - ✓ Cíl 16: Podporovat mírové a inkluzivní společnosti pro udržitelný rozvoj, zajistit všem přístup ke spravedlnosti a vytvořit efektivní, odpovědné a inkluzivní instituce na všech úrovních
  - ✓ Cíl 17: Oživit globální partnerství pro udržitelný rozvoj a posílit prostředky pro jeho uplatňování
- **2021 až 2030 Dekáda OSN pro obnovu ekosystému** = posílení globální spolupráce při obnově poškozených a zničených ekosystémů, boj proti globálnímu oteplování a za ochranu biologické diverzity, potravinové bezpečnosti a zásobování vodou

# Udržitelnost

## LCA v kontextu udržitelného rozvoje

**udržitelnost** a případné environmentální **dopady** výrobků, služeb je možno **hodnotit** s využitím holistického přístupu zahrnujícího environmentální interakce všech procesů podílejících se na získávání potřebných **surovin a paliv**, na **výrobě, dopravě, užívání a recyklaci** až po konečné odstranění **odpadních** materiálů, tedy v celém **životním cyklu** tímto přístupem je **posuzování životního cyklu = LCA** (Life Cycle Assessment)



# Dokázali byste odpovědět?

1. Znáte nějakou strategii EM?
2. Jak vnímá koncept průmyslové ekologie průmysl?
3. Co je podstatou konceptu Life Cycle Thinking?
4. Umíte uvést nějaký příklad nástrojů EM?
5. Pokuste se definovat udržitelný rozvoj.
6. Kolik je pilířů udržitelného rozvoje, víte které to jsou?
7. Znáte některý z cílů udržitelného rozvoje, jaký jsme si stanovili časový horizont jejich naplnění?
8. K čemu je tedy Life Cycle Assessment? Myslíte, že to bude užitečný nástroj?



# Zdroje aneb kam ještě mohu nahlédnout?

- Ministerstvo životního prostředí, 2023. *Udržitelný rozvoj* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/udrzitelny\\_rozvoj](https://www.mzp.cz/cz/udrzitelny_rozvoj)
- *International Society for Industrial Ecology*, 2023. [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://is4ie.org/>
- NENADÁL, Jaroslav et al., 2007. *Čistší produkce a její zabezpečování v praxi*. [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: [https://www.qmprofi.cz/33/cistsi-produkce-a-jeji-zabezpecovani-v-praxi-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Eou0c\\_K0wh9GjIVJ1EY6bjw/](https://www.qmprofi.cz/33/cistsi-produkce-a-jeji-zabezpecovani-v-praxi-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Eou0c_K0wh9GjIVJ1EY6bjw/)
- *Life Cycle Initiative*, 2023. [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.lifecycleinitiative.org/>
- MATTHEWS, H. Scott, HENDRICKSON, Chris T., MATTHEWS, Deanna. *Life Cycle Assessment: Quantitative Approaches for Decisions that Matter*, 2014. Open access textbook, retrieved from <https://www.lcatextbook.com/>



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



Národní  
plán  
obnovy



## 2. Principy LCA a legislativní rámec

Miroslava Kovářová

Vladimír Sedlařík

ADAPT UTB: Adaptabilní, Digitální, Agilní, Progresivní,

Transformace UTB ve Zlíně, reg. č.

NPO\_UTB\_MSMT-16585/2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Centrum polymerních systémů

# Osnova předmětu Posuzování životního cyklu

1. Environmentální pohled na životní cyklus výrobků či služeb, udržitelnost, nástroje environmentálního managementu
2. Principy LCA, legislativní rámec
3. Metoda LCA – produktový systém, procesy, materiálové a energetické toky, 4 fáze LCA
4. Studie LCA (typy, prezentace, vizualizace) a software pro LCA
5. Definování cílů a rozsahu LCA (funkce a funkční jednotka, toky, hranice systému)
6. Inventarizace a inventarizační analýza (sběr dat, sestavení systémového schématu, alokace)
7. Hodnocení dopadů životního cyklu (kategorie dopadu, indikátor kategorie dopadu, charakterizační modely)
8. Globální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA
9. Lokální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA
10. Databáze a další zdroje a jejich využití
11. Interpretace a přezkum LCA
12. Posuzování životního cyklu v kontextu nákladové a sociální udržitelnosti (life cycle costing LCC a social-LCA)
13. „Zelený“ marketing, environmentální prohlášení a značení, principy ekodesignu



**Co se dnes  
můžu  
dozvědět:**

Co je LCA?

K čemu je to dobré, čím  
to může posloužit?

Kde se vzalo LCA a má  
nějaká pravidla?

**Možná si  
pamatujete z  
minula:**

LCA = Life cycle assessment =  
Posuzování/hodnocení životního cyklu  
(ISO 14040, ISO 14044)

LCA je jedním z nástrojů  
environmentálního managementu

Životní cyklus = život produktu od těžby  
surovin, přes jeho výrobu a používání až  
po jeho odstranění jako odpadu

# Co je LCA?

LCA lze chápat jako komplexní a robustní nástroj pro rozhodování o řešení, jež nejlépe podporují dosažení cílů udržitelného rozvoje OSN, neboť toto rozhodování musí mít systémovou perspektivu a musí zohledňovat celý životní cyklus a všechny relevantní dopady způsobené daným řešením.

Definice dle ČSN EN ISO 14040:

LCA je shromažďování a vyhodnocování vstupů, výstupů a možných dopadů produktového systému na životní prostředí během jeho životního cyklu.

Co je na této definici důležité?

LCA je analytická metoda pro hodnocení všech dílčích environmentálních aspektů majících velký dopad na ŽP, a které by v případě, že bychom se zabývali jen jednou či několika fázemi výroby, mohly být přehlédnuty.

# Důležité charakteristiky LCA

- **Perspektiva celého životního cyklu**

umožňuje identifikovat a předcházet přesouvání zátěže mezi jednotlivými fázemi životního cyklu nebo procesy (při úsilí o snížení dopadů na ŽP v jednom procesu nebo fázi životního cyklu může neúmyslně dojít k vyvolání dopadů v jiných procesech nebo fázích)

- **Pokrytí široké škály otázek ŽP**

komplexní pokrytí procesů v průběhu životního cyklu je doplněno komplexním pokrytím environmentálních otázek, což umožňuje identifikovat a předcházet přesouvání zátěže na jiné typy dopadů na ŽP. Dnes často hovoříme o tzv. klimatické změně, ale dopadů na ŽP je celá řada, např. eutrofizace vodních zdrojů, vyčerpávání neobnovitelných zdrojů, humánní toxicita atd.

- **Kvantitativní povaha**

lze vypočítat, jak velký dopad má produktový systém na ŽP. V LCA se nejprve zmapují všechny emise a využití zdrojů a pomocí faktorů odvozených z matematických modelů příčin a následků se poté vypočítají potenciální dopady těchto emisí a využití zdrojů na ŽP. První krok zahrnuje tisíce emisí a využití zdrojů, ve druhém kroku se tyto tisíce toků rozdělí na zvládnutelný počet environmentálních problémů – kategorií dopadů

- **Vědecký přístup**

výpočty jsou založeny na měřitelných hodnotách – toky energií a materiálů (např. vodoměr, hmotnostní bilance), modely vztahů mezi emisemi/spotřebou zdrojů a dopady pak na empiricky zjištěných stavech (např. vtaž mezi koncentrací fosforu ve vodním toku a počtem druhů a populací) nebo prokázaných příčinných souvislostech (např. známé schéma chemických reakcí při vzniku kyselých dešťů)

# Shrnutí- obecné principy LCA dle ISO 14040

- **Perspektiva životního cyklu** – systematické zaměření na celý životní cyklus – eliminace posunu zátěže
- **Environmentální zaměření** – nebere v úvahu ekonomické nebo sociální aspekty produktu
- **Relativní přístup a funkční jednotka** – definování předmětu zkoumání funkční jednotkou, veškeré analýzy vztahovány k ní
- **Iterativní přístup** – výsledky jedné fáze využity v následných fázích v pozměněném kontextu
- **Komplexnost** – široká škála aspektů ŽP, zdrojů a lidského zdraví zvažována z různých hledisek
- **Transparentnost** – pro zajištění správné interpretace výsledků
- **Priority vědeckého přístupu** – rozhodnutí založena na přírodních vědách

# Silné stránky a limity LCA

Komplexnost LCA z hlediska pokrytí celého životního cyklu a nepřeborné řady environmentálních otázek.

- + umožňuje porovnávat environmentální dopady produktových systémů zahrnujících obrovské množství procesů s ohledem na tisíce emisí či využívání zdrojů v různých časech a na různých místech
- vyžaduje zjednodušení a zobecnění při modelování systémů i dopadů, takže nevypočítáme skutečné, ale potenciální dopady na ŽP

LCA se při komparaci řídí tzv. principem nejlepšího odhadu.

- + nezkreslená srovnání, protože při modelování hodnocení dopadů se vždy uplatňuje stejná úroveň předběžné opatrnosti
- modely LCA vycházejí z průměrné výkonnosti procesů a nezohledňují rizika vzácných, ale velmi problematických událostí (např. havárie v průmyslových závodech, úniky ropy do moře apod.)

- LCA sice může říci, který produktový systém je příznivější pro ŽP, ale nedokáže říci, zda ten lepší produkt je „dostatečně dobrý“. Z výsledku LCA nelze vyvozovat závěr, že výrobek je z hlediska životního prostředí udržitelný v absolutních hodnotách. Výrobek má jen menší nebo větší dopad na životní prostředí než jiný.

# Něco z historie a vývoje LCA

**60. léta 20. století** – zhoršování životního prostředí, omezený přístup ke zdrojům (ropná krize), studie spíše pro **interní využití podniků**, zanedbatelná komunikace s veřejností

- 1963 Harold **Smith** na Světové energetické konferenci představil „koncept kumulativní energie“
- 1969 **Coca Cola** zadává první studii srovnávající nápojové obaly, založena zejména na hodnocení z hlediska spotřeby energie a surovin (využití metody REPA)

**70. léta 20. století** – zaměření na obaly, spotřeba energie a několik málo emisí/**dopadů na ŽP**, vývoj metod v USA a severní Evropě (nekoordinovaně)

- Metoda analýzy zdrojů a environmentálního profilu = REPA (Resource and Environmental Profile Analysis), paralelně metoda environmentálně rozšířené analýzy vstupů a výstupů
- 1973 první veřejná LCA studie nápojových obalů „Resource and Environmental Profile Analysis of Nine Beverage Container Alternatives“ (US EPA, využití REPA)

# Něco z historie a vývoje LCA

**80. léta 20. století** – prohlubování myšlenky ekobilance a průmyslové ekologie, mezinárodní spolupráce a koordinace ve vědecké komunitě, vedle nároků na energetické a surovinové zdroje, posuzována i vhodnost z hlediska lidského zdraví (obaly) či negativních vlivů na ŽP

- 1984 Zavedení první metody hodnocení dopadů založené na kritických objemech
- 1989 První verze široce používaného komerčního softwaru pro LCA – **GaBi** (Thinkstep/Sphera)

**90. léta 20. století** – snaha o **harmonizaci a standardizaci** LCA, velmi rychlý rozvoj, LCA proniká do politického povědomí – oslovení veřejnosti

- 1990 **SETAC** (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) 1. workshop o metodice LCA „A Technical Framework for Life Cycle Assessment“, zavedení termínu LCA, SETAC se stává mezinárodním fórem pro metodologii LCA
- Vývoj řady midpointových i endpointových **metodik hodnocení** (CML92, EPS, Eco-Indicator 99)
- Vznikaly **databáze** pro inventarizaci životního cyklu – rozdíly v datových standardech a kvalitě dat, některé procesy zcela nepopsané, snaha o maximální šíři záběru dopadů
- 1993 SETAC sestavení společné směrnice k provádění LCA – snaha o harmonizaci rámce, terminologie a metodiky LCA
- 1997 **ISO 14040**: Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Zásady a osnova



# Něco z historie a vývoje LCA

## 1. dekáda 21. století – dekáda rozvíjení a rozpracovávání metody

- 2002 UNEP a SETAC zakládají iniciativu **Life Cycle Initiative** – úsilí o zavedení **LCT do praxe** a zlepšení podpůrných nástrojů (data procesů a dopadů, indikátory dopadů)
- 2003 vydání první inventarizační databáze **ecoinvent** (v 1.01), která pokrývala všechna průmyslová odvětví a usilovala o jednotné standardy a kvalitu údajů
- Rozpracovávání vede opět k **divergenci** v interpretaci, definování hranic systému či alokacích, vznikají rozdílné přístupy např. dynamické LCA, prostorově definované LCA nebo LCA založené na rizicích, vznikají hybridní LCA, sociální LCA nebo hodnocení nákladů životního cyklu (LCC)
- 2008 ve snaze sjednotit a strukturovat přístupy LCA a uvést do souladu dopady environmentální, ekonomické i sociální vzniká **rámec pro posuzování udržitelnosti životního cyklu** LCSA (Life Cycle Sustainability Assessment)
- 2010 podrobná prováděcí příručka **ILCD Handbook: General guide for LCA** - Detailed guidance
- 2012 pravidla pro určení environmentální stopy produktu a organizace (PEF a OEF)

## 2. dekáda 21. století a současnost LCA – období analýzy udržitelnosti životního cyklu

- Rámec LCSA je rámcem pro budoucí LCA. Rozšiřuje se záběr současné LCA z převážně environmentálních dopadů na pokrytí všech tří pilířů udržitelnosti

$$\text{LCSA} = \text{LCA} + \text{LCC} + \text{SLCA}$$

# Standardizace

Mezinárodní organizace pro normalizaci = **ISO**

Cíl: v reakci na obavy průmyslu (usilujícího o ekologičtější výrobu), že bez jednotné metodologie mohou různé LCA studie téhož produktu poskytnout protichůdné výsledky, chce **vypracovat celosvětovou normu pro LCA**

**Normy řady 14000** Environmentální management

**1993–2000** Normy obsahující metodiky: ISO 1404X Posuzování životního cyklu

**ISO 14040** Zásady a osnova

ISO 14041 Stanovení cíle a rozsahu a inventarizační analýza

ISO 14042 Hodnocení dopadů

ISO 14043 Interpretace životního cyklu

**2006** Normy ISO 14041, ISO 14042 a ISO 14043 shrnuty v jednu

**ISO 14044** Požadavky a směrnice

# Standardizace

ISO normy **14040** a **14044** vytvářejí pro metodologii LCA spíše jakýsi **rámec definující základní principy LCA**, nejsou příliš konkrétní a detailní (souvisí s dobou jejich vzniku)

Na zadání Evropské Komise proto od poloviny počátku 21. století vznikal ucelený **manuál pro vytváření studií LCA** obsahující řadu metodologických návodů pro přípravu studií LCA

**Mezinárodní systém referenčních údajů o životním cyklu ILCD** (International Reference Life Cycle Data System) poskytuje konzistentní, robustní a spolehlivá data a studie životního cyklu, které jsou základem nástrojů udržitelného rozvoje a spotřeby, jako je ekoznačení, ekodesign, stanovení uhlíkové stopy nebo zelené zadávání veřejných zakázek

# Rozhodování na základě LCA

## – motivace a výzvy

V posledních desetiletích se dostává do popředí potřeba rozhodování v kontextu environmentální udržitelnosti, kterému může napomoci využití LCT s podporou LCA, a to od regulační a vládní úrovně přes průmysl a výrobu až po úroveň občanů a spotřebitelů.



# Rozhodování na základě LCA – motivace a výzvy

## Veřejná/státní správa:

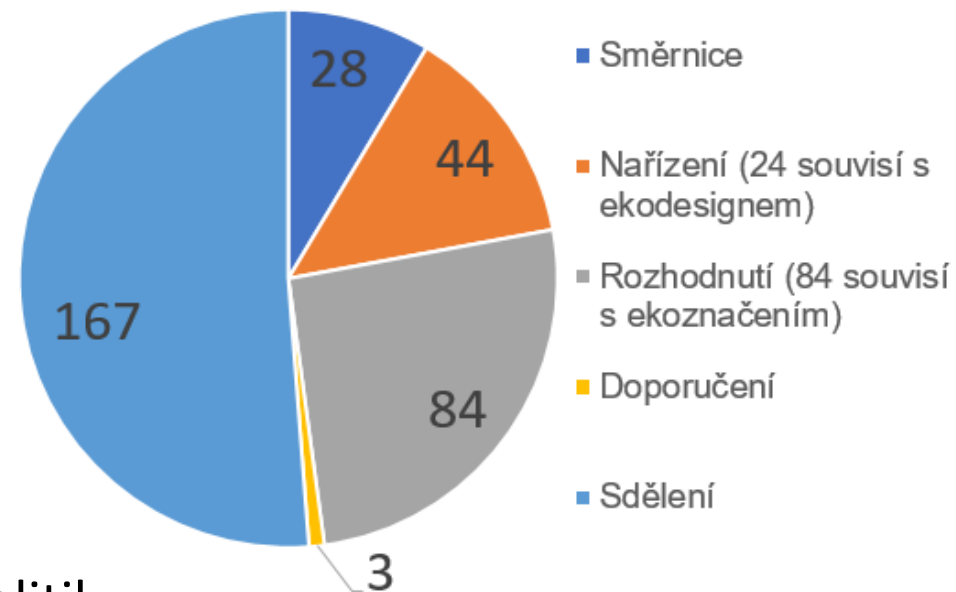
### LCA lze využít v mnoha fázích politického cyklu:

- Znalostní nástroj ve fázi rozhodování a formulování politiky
- Podpora pro prováděcí nástroje ve fázi implementace (nařízení, směrnice, rozhodnutí, doporučení)
- Nástroj pro hodnocení/kontrolu dopadů/přínosů veřejné politiky

### Vlády/samosprávy mohou využít LCA studií např.:

- v souvislosti se strategickým plánováním nakládání s odpady včetně třídění a recyklací, ale i k vyhodnocení možných dopadů alternativních forem nakládání s odpady
- prosazení pobídek při zavádění nových technologií s menšími dopady či šetřících zdroje nebo naopak restrikcí souvisejících s dopady technologií na ŽP
- při informování veřejnosti o skutečnostech souvisejících s environmentálními otázkami a udržitelností

Počet nařízení, směrnic, rozhodnutí, doporučení a sdělení EU založených na LCT/LCA uveřejněných v období 1990-2020



Podle: Sala, S., Amadei, A.M., Beylot, A. *et al.* The evolution of life cycle assessment in European policies over three decades. *Int J Life Cycle Assess* **26**, 2295–2314 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01893-2> (licence CC BY 4.0)

# Rozhodování na základě LCA – motivace a výzvy

## Průmysl/podniky

### LCA má význam hlavně pro:

- podporu rozhodování při vývoji výrobků a procesů (odhalení slabých míst ve výrobku, technologii či dodavatelském řetězci)
- marketingové účely (např. ekoznačení)
- vývoj a výběr ukazatelů používaných při monitorování environmentální ohleduplnosti závodů, ale i výrobků
- výběr dodavatelů nebo subdodavatelů
- strategické plánování
- benchmarking

- Obavy veřejnosti o ŽP a ekologicky uvědomělejší spotřebitel → tlak na kvantifikaci environmentální výkonnosti/ohleduplnosti firem = **Ekoznačky + Environmentální prohlášení o produktu** → image a konkurenční výhoda podniku + atraktivnost pro spotřebitele
- **Monitorování** environmentálního chování → indikátory = **stopy** (footprints)
  - ❖ Uhlíková stopa (ekvivalenty kg CO<sub>2</sub>, klimatická změna)
  - ❖ Modrá vodní stopa (m<sup>3</sup> vody/rok)
  - ❖ Environmentální stopa produktu (PEF – 16 kritérií)
  - ❖ Environmentální stopa organizace (OEF)
- Zavedení  **systému environmentálního řízení** (EMS/EMAS) = nástroj pro neustálé zlepšování environmentálního chování a ohleduplnosti, pro jeho řízení a sdělování informací interním i externím stranám
  - ❖ zohlednění životního cyklu → předcházení greenwashingu
  - ❖ vyšší nároky na dodavatele (vzhledem k šetrnosti k ŽP)

# Rozhodování na základě LCA – motivace a výzvy

## Jednotlivec – občan/spotřebitel

**Jednotlivec jako spotřebitel může být s výsledky a závěry LCA seznamován vědomě i nevědomě např.:**

- prostřednictvím ekoznaček nebo dalších informací výrobce na obalu zboží
- prostřednictvím médií, která informují o vědeckých zjištěních opřených o LCT/LCA (vliv, moc)

**Jednotlivec jako občan obvykle nepřímo ovlivněn výsledky LCA, např.:**

- při sledování politických diskusí o velkých rozhodnutích týkajících se infrastruktury
- obce často využívají LCA na podporu rozhodování o nakládání s odpady (např. rozhodnutí o zvýšení recyklace a omezení skládkování nebo spalování, ovlivní občany, protože budou muset třídit odpad)

## Spotřebitelská rozhodnutí:

- výběru výrobku (ze skupiny podobných výrobků) s nejnižším dopadem na ŽP (např. nejekologičtější pračka)
- výběr ekologicky šetrnějšího způsobu plnění určité funkce (např. mytí nádobí v ruce nebo v myčce)
- nejefektivnější snížení celkového osobního dopadu na ŽP (např. omezení jízdy autem)

# Dokázali byste odpovědět?

1. Jaké jsou základní charakteristiky LCA?
2. Jakými vlastnostmi je LCA limitováno?
3. Vysvětlete v čem spočívá metoda REPA.
4. V jakém období zaznamenalo LCA velký a rychlý vývoj a v jakých oblastech se tento vývoj projevil?
5. Co zahrnuje LCSEA?
6. K čemu může LCA studii využít státní či veřejná správa, k čemu podniky a k čemu jednotliví spotřebitelé?
7. Uveďte příklady indikátorů environmentálního chování, tzv. stop.





# Zdroje aneb kam ještě mohu nahlédnout?

- Enviwiki, 2022. [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: [https://www.enviwiki.cz/wiki/Hlavn%C3%AD\\_strana](https://www.enviwiki.cz/wiki/Hlavn%C3%AD_strana)
- *Life Cycle Initiative*, 2023. [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.lifecycleinitiative.org/>
- HAUSCHILD, Michael Z., ROSENBAUM Ralph K., OLSEN Stig Irving, *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*. Cham: Springer International Publishing, 2017. ISBN 978-3-319-56474-6.
- ČSN ISO 14040. *Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Zásady a osnova*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.
- ČSN ISO 14044. *Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Požadavky a směrnice*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.

# 3. Metoda LCA – produktový systém, procesy, materiálové a energetické toky, 4 fáze LCA

Miroslava Kovářová

Vladimír Sedlařík

ADAPT UTB: Adaptabilní, Digitální, Agilní, Progresivní,

Transformace UTB ve Zlíně, reg. č.

NPO\_UTB\_MSMT-16585/2022

# Osnova předmětu Posuzování životního cyklu



1. Environmentální pohled na životní cyklus výrobků či služeb, udržitelnost, nástroje environmentálního managementu
2. Principy LCA, legislativní rámec
3. **Metoda LCA – produktový systém, procesy, materiálové a energetické toky, 4 fáze LCA**
4. Studie LCA (typy, prezentace, vizualizace) a software pro LCA
5. Definování cílů a rozsahu LCA (funkce a funkční jednotka, toky, hranice systému)
6. Inventarizace a inventarizační analýza (sběr dat, sestavení systémového schématu, alokace)
7. Hodnocení dopadů životního cyklu (kategorie dopadu, indikátor kategorie dopadu, charakterizační modely)
8. Globální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA
9. Lokální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA
10. Databáze a další zdroje a jejich využití
11. Interpretace a přezkum LCA
12. Posuzování životního cyklu v kontextu nákladové a sociální udržitelnosti (life cycle costing LCC a social-LCA)
13. „Zelený“ marketing, environmentální prohlášení a značení, principy ekodesignu

**Co se  
dnes  
můžu  
dozvědět:**

- Produktový systém ve vztahu k životnímu cyklu produktu
- Procesy a toky – základní stavební kameny produktového systému
- Metodologický rámec LCA – 4 fáze LCA

# Možná si pamatujete z minula:

- LCA = Life cycle assessment = Posuzování/hodnocení životního cyklu
- Komplexní, robustní, normalizovaná (ISO 14040, ISO 14044) analytická metoda posuzování možných dopadů na ŽP
- Definice dle ISO 14040: LCA je shromažďování a vyhodnocování vstupů, výstupů a možných dopadů na životní prostředí produktového systému na životní prostředí během jeho životního cyklu
- Co je v definici důležité? Vstupy, výstupy, dopady, celý životní cyklus produktového systému

# Poimu **životní cyklus** se už nezabavíme

Vstupy = energie, materiál, paliva...

Čtyři hlavní stádia životního cyklu produktu:

**Získávání surovin (obnovitelných a neobnovitelných) a energetických zdrojů z prostředí**

- Těžba rudy, uhlí, dřeva ...
- Doprava surovin k zpracování na materiály použitelné v průmyslové výrobě
- Výroba produktu

**Zpracování materiálů potřebných pro výrobu produktu**

- Samotná výroba
- Kompletace vlastního produktu
- Balení
- Distribuce ke spotřebiteli

**Užívání produktu spotřebitelem**

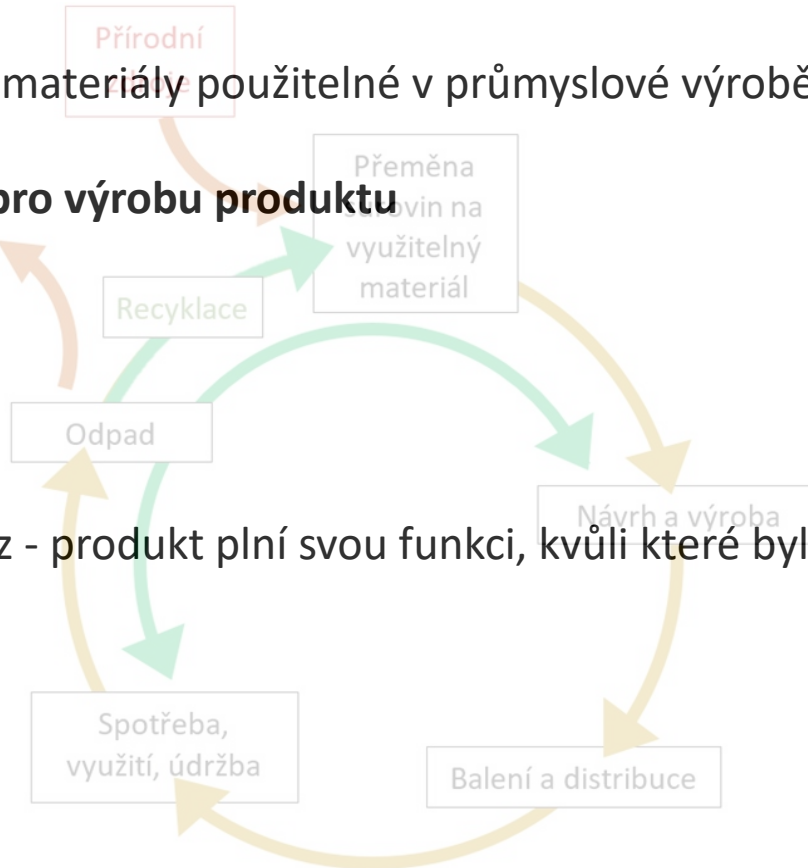
- Spotřebování/využívání/provoz - produkt plní svou funkci, kvůli které byl vyroben.
- Opravy a údržba
- Uskladnění

**Odstranění produktu**

- Odstranění jako odpadu
- **Opětovné užití**
- **Recyklace** (využitelný materiál/energie)

**Produkt vstupuje v různých stádiích životního cyklu do rozdílných interakcí s ŽP**  
každé stádium = jiná potenciální environmentální zátěž

→ je třeba zhodnotit environmentální dopady všech stádií životního cyklu produktu



Výstupy = meziproducty, produkty, energie, odpady

odpady

Dopady

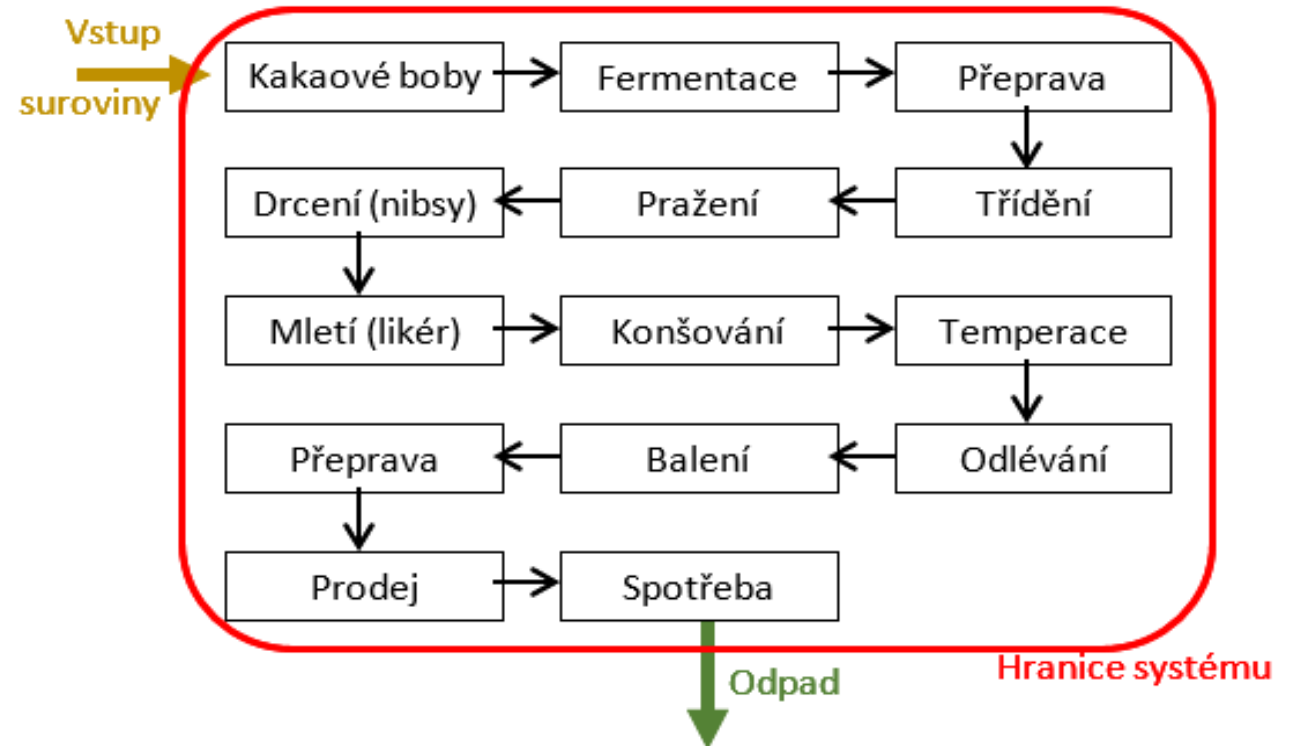
# Produktový systém

## úzce souvisí s životním cyklem produktu

- Produktový systém tvoří **všechny procesy a operace podílející se na jednotlivých fázích/stádiích životního cyklu produktu**
- Produktový systém sestává z procesů a toků.
  - ❖ **Procesy** jsou jednotlivé operace přeměňující vstupy na výstupy.
  - ❖ **Toky** jsou spojnice procesů, kdy jeden tok vstupuje do následného procesu, přičemž je výstupem z procesu předcházejícího.
- **Elementární toky = vstupy a výstupy**
  - zajišťují interakci mezi okolím a produktovým systémem



Produktový systém výroby čokolády



# Základní stavební prvky modelu – toky a procesy

## materiálové a energetické toky

Materiálové a energetické toky **propojují** jednotlivé **procesy** produktového systému, popisují jejich vstupy a výstupy, určují **vzájemnou pozici procesů**

= při modelování produktového systému je důležité dodržovat **návaznost procesů**, protože výstup jednoho procesu je vstupem procesu navazujícího

⇒ vystupuje-li z jednoho procesu nějaký výstup a **tentýž tok** je vstupem do následujícího procesu, musí mít **stejnou velikost a jednotku**

**Materiálové toky** – vyjadřují určité množství předávaného materiálu, nejčastěji jde o hmotnost (v kg či jiných hmotnostních jednotkách), objem, plochu nebo počet kusů

**Energetické toky** – jsou obvykle vyjadřovány v MJ nebo kWh

Do procesů mohou vstupovat i **vedlejší či pomocné toky** – často jde o energie, chladící vodu, různé katalyzátory, maziva atd. na straně vstupů a např. odpadní materiály, odpadní vodu, odpadní teplo, nepovedené výrobky, emise do prostředí na straně výstupů.

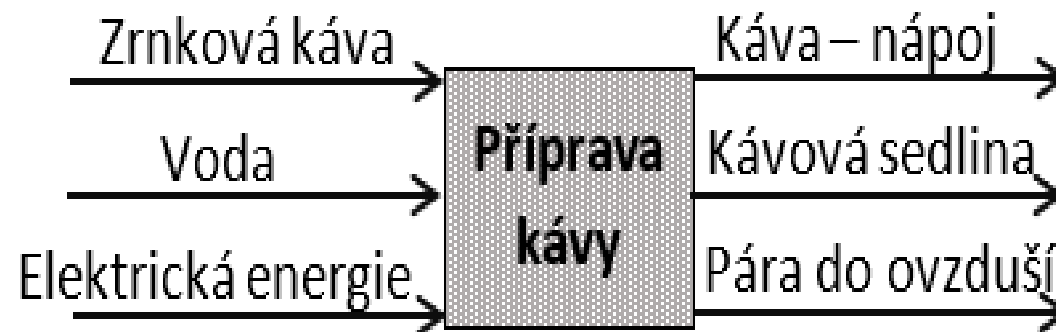


# Základní stavební prvky modelu – toky a procesy

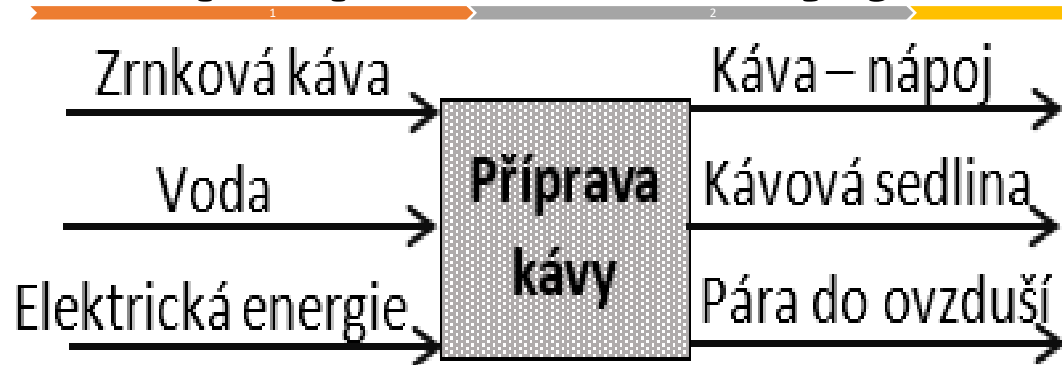
## procesy

- **Proces = operace měnící materiálové a energetické vstupy na výstupy = základní stavební kámen modelu produktového systému**
- Každé stádium životního cyklu produktu je tvořeno různým počtem procesů
- Složitější procesy se skládají z vnitřních **podprocesů**
- Proces, který již není v modelu produktového systému dále dělen na podprocesy, se nazývá **jednotkový proces**

Produktový systém přípravy malého pohoštění = **Jednotkový proces přípravy kávy**

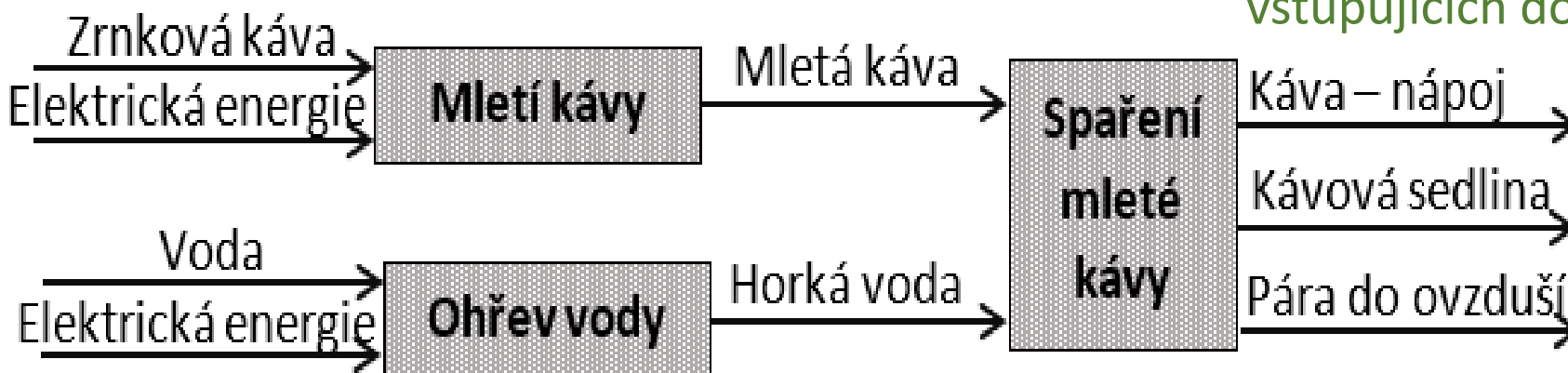


# Je příprava kávy jednotkový proces?



**Nadřazený proces** přípravy kávy v sobě zahrnuje tři **podprocesy** (vnořené procesy)

Spojení několika částí produktového systému do logického celku vyjádřeného jediným procesem pomůže **zjednodušit znázornění složitého produktového systému**



Důležitý předpoklad zjednodušení:

**Schéma mletí kávy/ohřev vody/spaření kávy lze vyjádřit jako jeden proces**

vstupy a výstupy tříprocesového schématu představují vstupy a výstupy nově vytvořeného nadřazeného procesu příprava kávy = stejné **materiálové a energetické toky vstupující současně do více podprocesů lze vyjádřit jako jeden tok vstupující do nadřazeného procesu** přičemž tyto vyjadřují součet toků vstupujících do jednotlivých podprocesů

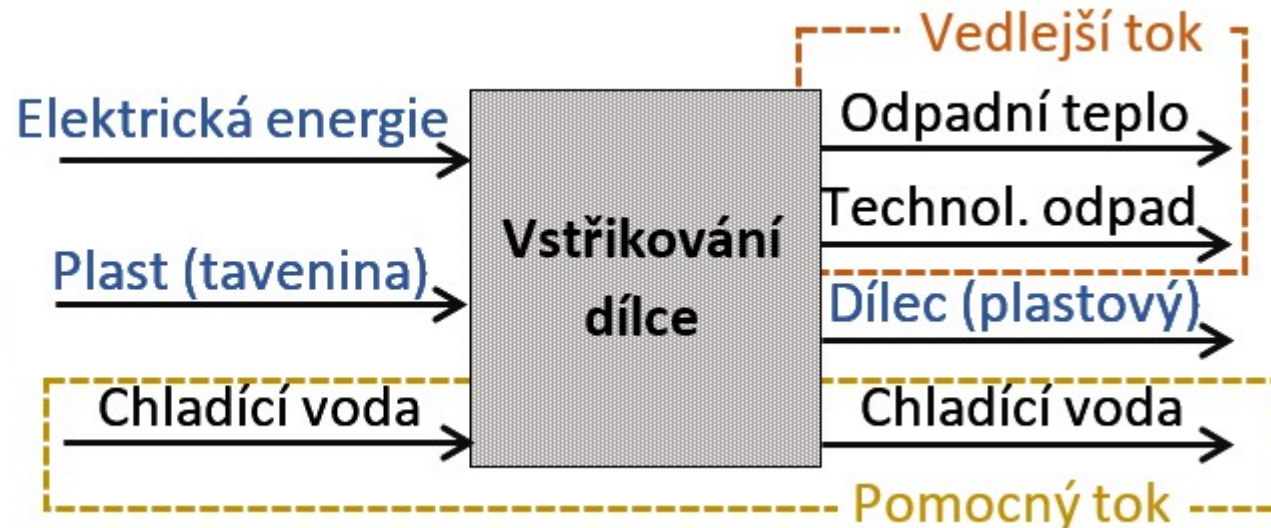
# Procesy a toky v modelu produktového systému

Při modelování produktového systému používáme obvykle **základní rovinu schématu** zahrnující procesy **bezprostředně** se podílející na **životním cyklu** produktu

Další roviny schématu mohou tvořit:

- **podprocesy** – ve složitých schématech nebývají uvedeny, jsou přítomny na pozadí nadřazených procesů (příklad přípravy kávy)
- procesy související s **vedlejšími či pomocnými toky**

Př.: jednotkový proces *vstřikování plastového dílce (kostičky stavebnice)* je součástí produktového systému *výroba stavebnice*



# Procesy a toky v modelu produktového systému



## Vedlejší toky v procesu vstřikování plastového dílce:

### Na vstupu:

#### Chladící voda

- není obsažena ve finálním produktu, pro proces je však nezbytný
- další příklady:  
maziva, katalyzátory, tlakový vzduch...

### Na výstupu:

#### Odpadní teplo

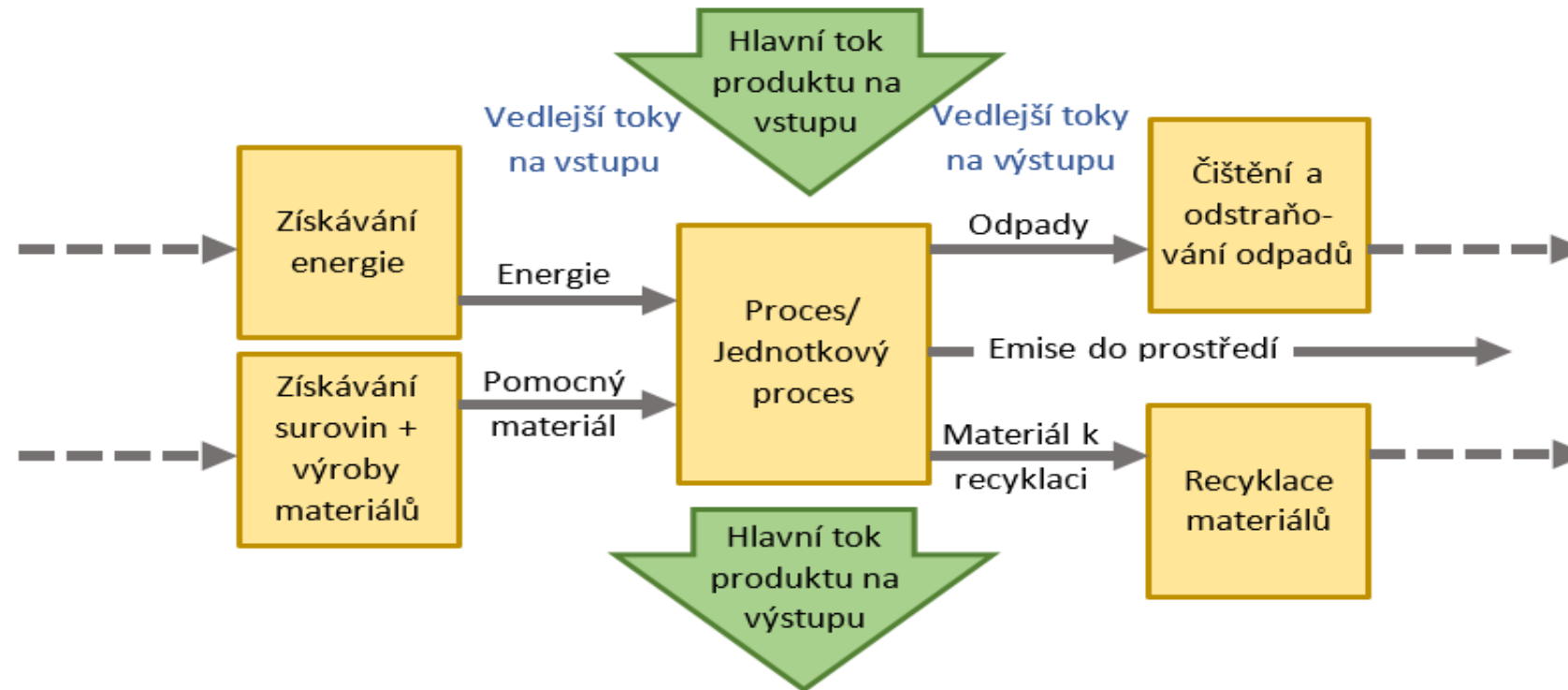
#### Technologický odpad

- Odpady a emise do prostředí
- další příklady:  
odpadní voda, nepovedené výrobky...

**Hlavní i vedlejší** materiálové a energetické **toky** je nutno do produktového systému začlenit, neboť mohou být z environmentálního hlediska **stejně významné!**

Zapojení pomocných toků do hodnocení environmentálních dopadů produktů je jednou z ústředních myšlenek LCA.

# Procesy a toky v modelu produktového systému



Nezapomínejme na **elementární toky** zajišťujícími **interakci mezi produktovým systémem a okolím**, takže vždy překračují hranice systému

- Vstupy ze životního prostředí = suroviny (ropa, ruda, dřevo...) + energie (např. ze slunečního záření)
- Výstupy zaústěné do životního prostředí = emise odpadních látek do vzduchu, vody a půdy.

# Procesy a toky – zopakování důležitých pojmů

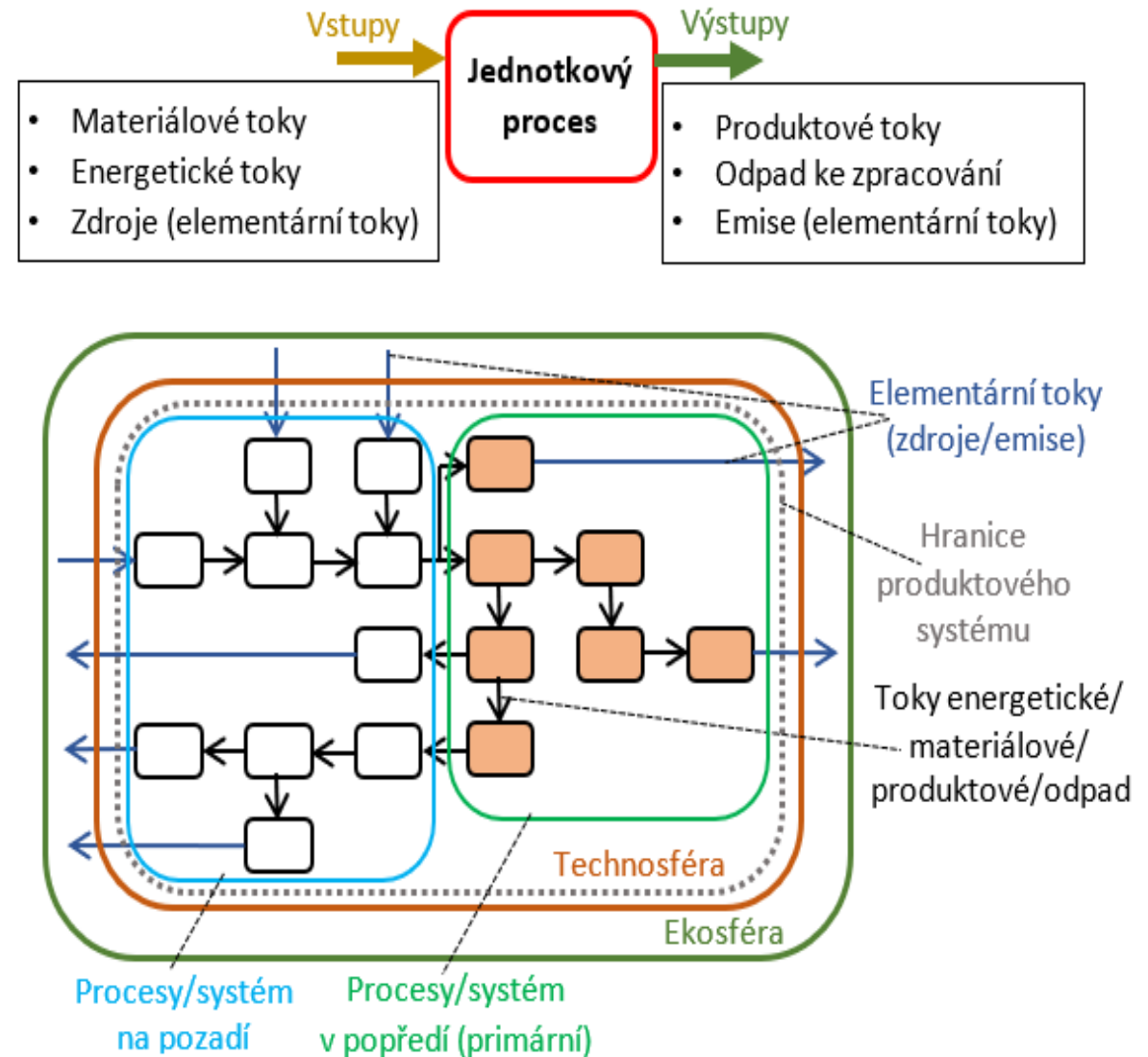
## Systém popředí

- zahrnuje procesy **specifické** pro analyzovaný produktový systém (např. primární dodavatelé)
- převážně modelován pomocí **primárních dat** – údajů získaných „z první ruky“ od zadavatele studie
- procesy v popředí může zadavatel studie (např. podnik) **ovlivnit a změnit** – buď jsou jím přímo provozovány (výroba), nebo rozhodnutím o změně dodavatele apod.

## Systém na pozadí

- **nespecifické** procesy produktového systému
- procesy obvykle nakupované na trhu **bez možnosti volby** – např. zásobování elektřinou, nakládání s odpady
- procesy na pozadí se obvykle modelují pomocí **databází LCI**, které obsahují průměrné údaje z odvětví reprezentující proces v konkrétních zemích nebo regionech

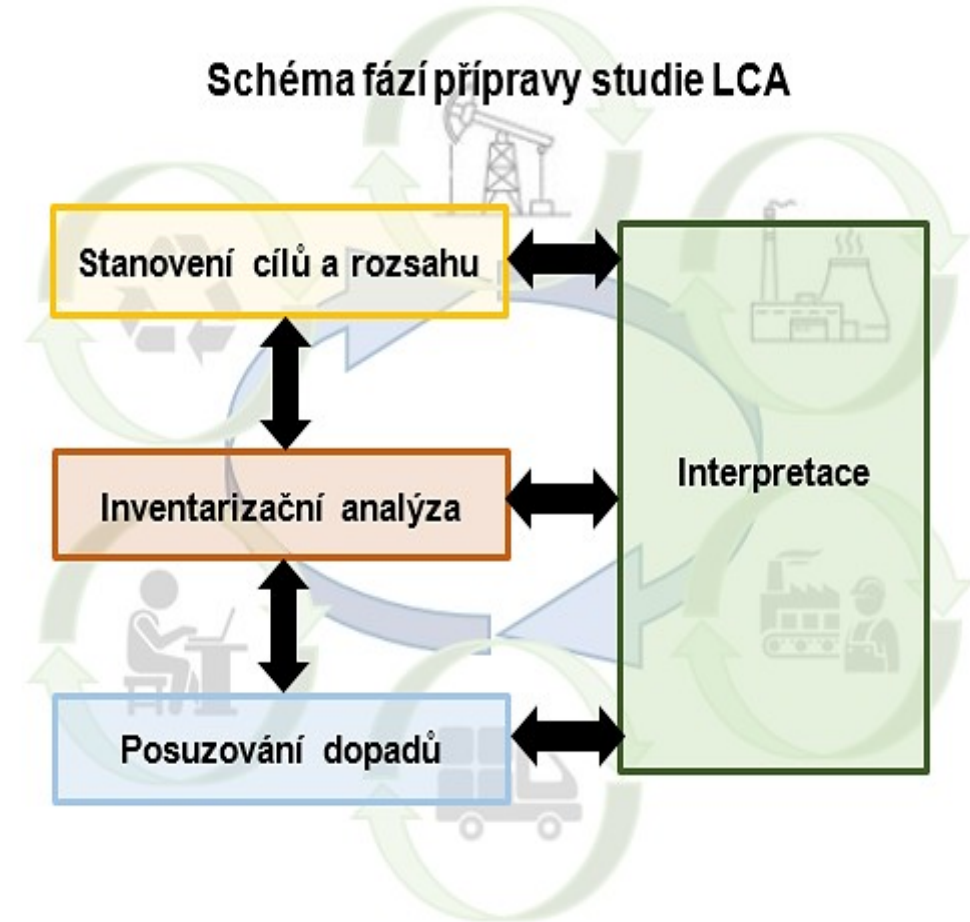
Rozlišení mezi systémy popředí a pozadí – užitečné pro plánování sběru dat pro inventarizační analýzu a doporučení podaná v rámci interpretace výsledků LCA



# 4 fáze přípravy studie LCA

- **Definice cíle a rozsahu:** rozsah, hranice systému, úroveň detailu – závisí na cíli studie
- **Inventarizační analýza (LCI):** shromažďování údajů o vstupech, výstupech, procesech a tocích relevantních pro naplnění cíle studie
- **Posuzování dopadů (LCIA):** vyhodnocování potenciálních environmentálních dopadů výsledků LCI
- **Interpretace:** analýza výsledků LCI/LCIA – na jejím základě stanovení závěrů a doporučení v souladu s cíli studie

Schéma fází přípravy studie LCA



# Dokázali byste odpovědět?

1. Jaká jsou čtyři hlavní stádia životního cyklu produktu?
2. Na čem je vystavěn produktový systém?
3. Co vyjadřují materiálové toky a co toky energetické?
4. Definujte jednotkový proces.
5. Co jsou vedlejší a pomocné toky? Je nezbytné je zařadit do LCA analýzy? Proč?
6. Definujte elementární toky.
7. Jaké jsou čtyři fáze přípravy studie LCA?





# Zdroje aneb kam ještě mohu nahlédnout?



- KOČÍ, Vladimír. *Environmentální dopady: Posuzování životního cyklu*. Praha: VŠCHT, 2013. ISBN 978-80-7080-858-0.
- ČSN ISO 14040. *Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Zásady a osnova*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.
- ČSN ISO 14044. *Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Požadavky a směrnice*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.
- HAUSCHILD, Michael Z., ROSENBAUM Ralph K., OLSEN Stig Irving, *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*. Cham: Springer International Publishing, 2017. ISBN 978-3-319-56474-6.



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



## 4. Studie LCA a software pro LCA

Miroslava Kovářová

Vladimír Sedlařík

ADAPT UTB: Adaptabilní, Digitální, Agilní, Progresivní,

Transformace UTB ve Zlíně, reg. č.

NPO\_UTB\_MSMT-16585/2022

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Centrum polymerních systémů

# Osnova předmětu Posuzování životního cyklu

1. Environmentální pohled na životní cyklus výrobků či služeb, udržitelnost, nástroje environmentálního managementu
2. Principy LCA, legislativní rámec
3. Metoda LCA – produktový systém, procesy, materiálové a energetické toky, 4 fáze LCA
4. Studie LCA (typy, prezentace, vizualizace) a software pro LCA
5. Definování cílů a rozsahu LCA (funkce a funkční jednotka, toky, hranice systému)
6. Inventarizace a inventarizační analýza (sběr dat, sestavení systémového schématu, alokace)
7. Hodnocení dopadů životního cyklu (kategorie dopadu, indikátor kategorie dopadu, charakterizační modely)
8. Globální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA
9. Lokální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA
10. Databáze a další zdroje a jejich využití
11. Interpretace a přezkum LCA
12. Posuzování životního cyklu v kontextu nákladové a sociální udržitelnosti (life cycle costing LCC a social-LCA)
13. „Zelený“ marketing, environmentální prohlášení a značení, principy ekodesignu

# Co se dnes můžu dozvědět:

- Studie LCA se mohou lišit podle svého určení
- Na to, jak bude vypadat a co bude obsahovat závěrečná zpráva z LCA musím myslet už od začátku
- Nemusím všechno počítat ručně, existuje na to software

# Typy studií LCA z hlediska metodiky

## předpoklady

- LCA je metoda primárně založená na **srovnávání dopadů** na ŽP
- Obvykle porovnává **rovnocenné produktové systémy**, i když porovnání různých **částí jednoho produktového systému** je rovněž možné
- Srovnání dopadů je vztahováno k jednotce, která vyjadřuje funkci produktového systému – **funkční jednotce** (př.: dopady nápojových obalů lze porovnávat ve vztahu k zabalení 1 l nápoje)
- Mimo funkční jednotku je nezbytné definovat vymezení **hranic systému**, **typy posuzovaných dopadů** na ŽP nebo **úroveň podrobnosti studie**

# Typy studií LCA z hlediska metodiky

V závislosti na **způsobu porovnávání** lze studie LCA rozdělit:

## Komparativní - srovnávací studie LCA

- Zaměření na více produktů
- Použití: srovnat jejich dopady na ŽP
- Důležité otázky:
  - Jsou produkty skutečně srovnatelné?
  - Jaká je vhodná funkční jednotka?

## Individuální studie LCA

- Zaměření na jeden produkt vyrobený v jednom procesu
- Použití: identifikace problémových míst
- Přímé definování funkční jednotky

## Srovnání jednoho produktu a více procesů

- Zahrnuje oba aspekty
- Odlišnost může být v infrastruktuře, emisích, vstupech...
- Produkt je týž

# Typy studií LCA z hlediska metodiky

Podle způsobu nahlížení na produktový systém lze studie LCA rozdělit:

## Retrospektivní – bilanční – příčinná studie LCA (atributivní)

- Popisuje systém tak, jak jej lze pozorovat
- Sděluje, jak velký dopad má produkt na životní prostředí
- Přiřazuje produktu dopady
- Typ otázky: Určete potenciální dopady produktu na životní prostředí
- Rozsah: Data a hranice systému popisují úplný produktový systém takový, jaký je
- Data: Průměrná data (průměrná zátěž ŽP), důležitá je úplnost modelu produktového systému
- Použití: Podklad pro ekoznačení

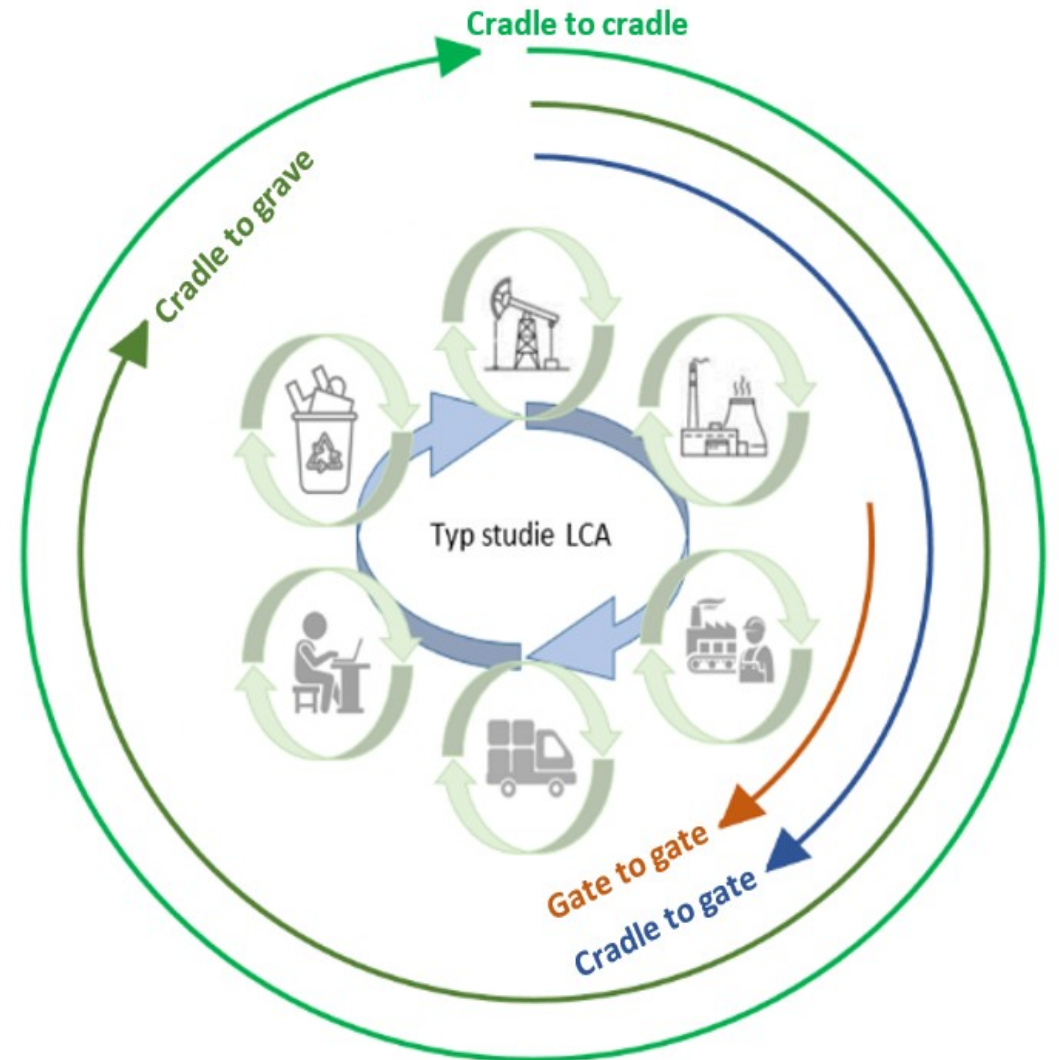
## Prospektivní – změnově orientovaná – důsledková studie LCA (konsekvenční)

- Popisuje důsledky změny, co se stane, když změníme...?
- Srovnává neexistující situace – předvídá dopady na ŽP dříve, než nastanou
- Typ otázky: Určete důsledky volby alternativy A místo alternativy B.
- Rozsah: Hranice systému a data popisují změny
- Data: Mezní data, model životního cyklu by měl zahrnovat všechny kroky, které mohou být změněny
- Použití: Nalezení slabých míst

# Typy studií LCA z hlediska metodiky

Podle hranic produktového systému lze studie LCA rozdělit:

- **Gate to gate** = od brány k bráně (jen výroba)
- **Cradle to gate** = od kolébky k bráně (začíná těžbou surovin, končí výrobou, využitelní pro Environmentální prohlášení o produktu (EPD))
- **Cradle to grave** = od kolébky ke hrobu (od těžby surovin po likvidaci)
- **Cradle to cradle** = od kolébky ke kolébce (v souvislosti s cirkulární ekonomikou, fázi likvidace nahrazuje recyklace → uzavřená smyčka)





# Některé specifické druhy studií LCA

---

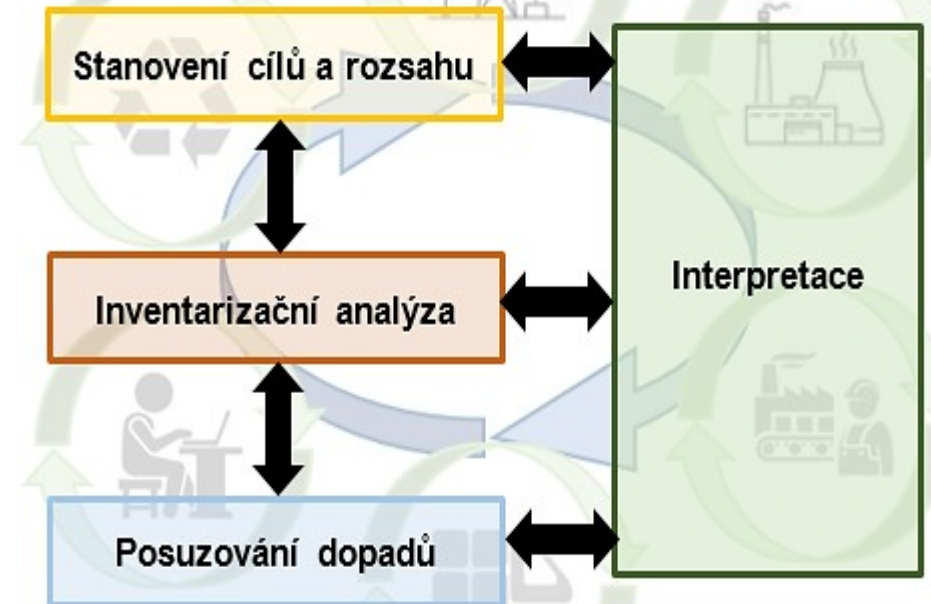
- **Well to Wheel (WtW)**
  - Hodnocení životního cyklu paliv a vozidel v dopravě
  - Má dvě složky Well to tank (výroba paliva) a Tank to wheels (využití)
  - Dokáže velmi přesně hodnotit dopad emisí skleníkových plynů různých zdrojů energie na ŽP
- **Ekonomické posouzení životního cyklu podle vstupů a výstupů EIO-LCA (Economic Input-Output Life Cycle Assessment)**
  - Agreguje data určitého ekonomického sektoru/průmyslového odvětví a na základě materiálových a energetických vstupů hodnotí průměrné dopady v daném sektoru
  - Lze využít jako přiblížení, když nejsou dostupná konkrétní data ↔ není dostatečně přesná pro rozhodování na úrovni výrobků
- **Posuzování vlivů záměrů na životní prostředí EIA (Environmental Impact Assessment)**
  - Nástroj politického rozhodování zakotvený v legislativě
  - Slouží k posouzení záměrů či projektů veřejné povahy na ŽP (např. výstavba letiště či dálnice, těžba nerostných surovin, strategicky významné technologie)

# Možná si pamatujete z minula:

## 4 fáze LCA = 4 fáze přípravy studie/zprávy ze studie

- **Definice cíle a rozsahu:** rozsah, hranice systému, úroveň detailu – závisí na cíli studie
- **Inventarizační analýza (LCI):** shromažďování údajů o vstupech, výstupech, procesech a tocích relevantních pro naplnění cíle studie
- **Posuzování dopadů (LCIA):** vyhodnocování potenciálních environmentálních dopadů výsledků LCI
- **Interpretace:** analýza výsledků LCI/LCIA – na jejím základě stanovení závěrů a doporučení v souladu s cíli studie

Schéma fází přípravy studie LCA



# Možná si pamatujete z minula:

---

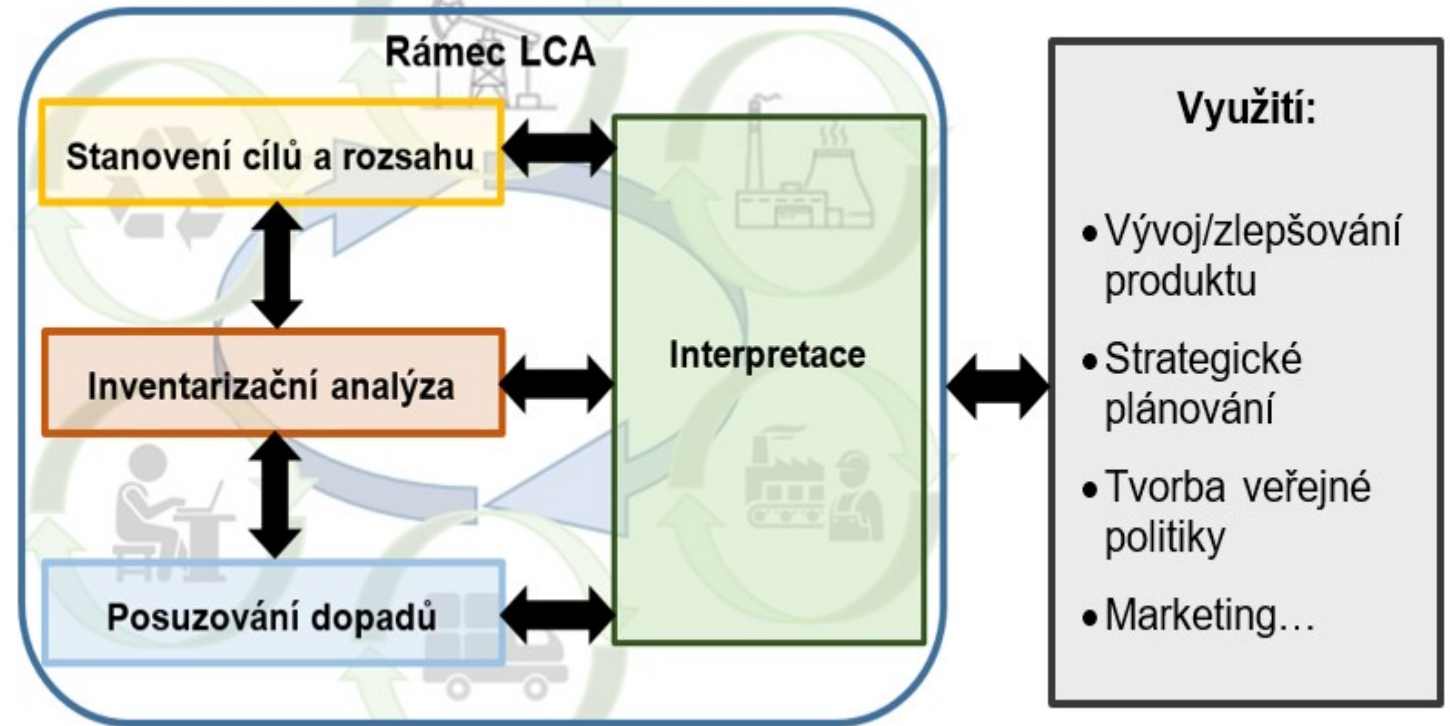
LCA je nástroj environmentálního managementu s širokými možnostmi využití:

- **Rozhodování ve veřejné správě** – formulace/implementace/hodnocení politik, strategické plánování, určování priorit...
- **V podnicích** – identifikace možností zlepšování vlivu produktů na ŽP v kterékoliv fázi životního cyklu, návrhy a úpravy produktů, marketing (ekoznačení, environmentální tvrzení, environmentální prohlášení o produktu), zavádění EMS/EMAS, benchmarking...
- **Jednotlivec jako spotřebitel a občan** – ekoznačky, z médií, rozhodování místních samospráv...

# Zpráva ze studie LCA - pravidla

- Typ a formát zprávy ze studie LCA je třeba definovat již ve fázi definice cílů a rozsahu, s ohledem na příjemce zprávy = kdo bude zprávu používat a jaké si klade otázky
- Ve zprávě je třeba transparentně a dostatečně podrobně (s ohledem na příjemce) popsat zjištěné výsledky, použité údaje, metody, přijaté předpoklady a omezení platnosti
- Výstupy musí být prezentovány v kontextu definice cílů a rozsahu studie, a takto je musí chápat i příjemce studie
- Prezentace výsledků by měla být konzistentní s účelem studie, výsledky nesmí být příliš zjednodušené

Výstupy ze studie LCA lze použít pro různé účely



Přesná specifikace, jak budou prezentovány výsledky a co bude obsaženo v závěrečné zprávě ve fázi definování cílů a rozsahu zajistí, že závěrečná zpráva naplní očekávání příjemce

# Typy zpráv ze studií LCA – dle adresáta

## Zpráva pro zadavatele & Zpráva ke zveřejnění

### Zpráva pro zadavatele = úplná zpráva

- Identifikace zadavatele a zpracovatele
- Cíle – pro koho a proč je studie vypracovávána
- Rozsah – popis produktového systému včetně omezujících podmínek. Je třeba identifikovat hmotnostní a energetické toky, které jsou začleněny (obvykle velké toky – „velké spotřeby“), i ty, které zahrnuté nejsou. Důležité je počítat i s toky malými rozsahem, ale významnými environmentálním dopadem (např. toxické látky)
- Identifikovat použitý SW a databáze
- Popis LCI včetně metodiky sběru dat, jejich kvantifikace nebo alokačních postupů
- U LCIA vysvětlit výběr a metodologii použitých kategorií dopadů, indikátorů kategorií, charakterizačního modelu atd.
- Výstupy z inventarizace a posuzování dopadů by měly být prezentovány strukturovaně dle zvoleného kritéria (dle dopadu, spotřeby surovin, fáze životního cyklu apod.) v přehledných tabulkách nebo grafech
- Součástí zprávy je uvedení významných zjištění a to společně s rozsahem jejich platnosti (za jakých předpokladů a s jakými omezeními jsou platná)
- V případě kritického přezkoumání musí být uvedeno, kdo (externí či interní oponent) a jakým způsobem jej prováděl

# Typy zpráv ze studií LCA – dle adresáta

---

## Zpráva ke zveřejnění = zpráva třetí strany, zkrácená zpráva

- Jestliže mají být výstupy studie předloženy jiným subjektům než je zadavatel a zpracovatel studie, je nutné vytvořit publikovatelnou závěrečnou zprávu
- zpráva třetí strany se pak stává tzv. referenčním dokumentem dostupným jakémukoli zájemci o studii
- Zpráva určená ke zveřejnění obsahuje stejné výsledky jako úplná zpráva , ale nesmí obsahovat citlivá či utajovaná data týkající se např. výrobních procesů nebo obchodních tajemství
- Je vhodné, aby i v této zkrácené zprávě byla zmínka o zpracovateli kritického přezkoumání a bylo uvedeno jeho stanovisko – kritické přezkoumání je u zpráv ke zveřejnění povinné

# Jak napsat zprávu

- 4 fáze LCA (dle ISO) nepředstavují strukturu zprávy!

## Proč?

- LCA je iterační metoda = sestavení studie tedy není lineární proces

## Potřebujete-li mustr...

- *Struktura „IMRAD“* (Introduction - Methods - Results - And – Discussion) = Úvod - Metody - Výsledky - A - Diskuse

## IMRAD

Úvod

...

Cíl LCA

Účel sestavení studie

Metody

Funkční jednotka

Popis systému, hranice a alternativy

Přístup k modelování/typ studie

Zvolená metoda LCIA

Klíčové údaje LCI

Metody analýzy citlivosti/nejistoty

...

Výsledky

Klíčové výsledky LCIA

Výsledky analýzy citlivosti/nejistoty

Diskuse

Omezení studie

...

# Jak napsat zprávu

Nebo zvolte **vlastní strukturu odpovídající účelu zprávy**

– je třeba prezentovat nejdůležitější věci

- *Struktura Hlavní dokument + přílohy*
  - Vyhněme se příliš rozsáhlým dokumentům
  - Nelze prezentovat vše, je nutné provést kritický výběr
  - Nezaměňujme komunikaci a dokumentaci

Hlavní dokument	Příloha
Omezený prostor	Dostatek prostoru
Pevná struktura (např. IMRAD)	Volná struktura
Více textu než tabulek/obrázků	Více tabulek/obrázků než textu
Zaměření na komunikaci	Zaměření na dokumentaci

## Co by mohlo být v hlavním dokumentu a co v příloze?

Hlavní dokument	Příloha
Schéma produktového systému	
Vybraná LCI data hlavních modelovaných procesů	Všechny zbývající modelované procesy
	Přehled procesů získaných databází
	Zdroje LCI
Alokace a alokované procesy v LCI	Nealokované procesy a podrobnosti o postupu alokace
Vybrané kategorie dopadů z LCIA	Všechny kategorie dopadů z LCIA
Souhrn relativních hodnot z LCIA	Seznam absolutních hodnot z LCIA



# Jak napsat zprávu

## ...ještě pár poznámek k formě

---

- **Konzistence** mezi blokovým schématem systému, inventarizačními tabulkami a grafy z hodnocení dopadů (v celém dokumentu stejné názvy/počty procesů)
- Informace o dopadech (LCIA) přehledně podané **grafy není třeba nezáživně převyprávět v textu**. Stačí, když text bude potvrzovat, že čtenář interpretuje graf stejně, jako autor. Text jen vysvětluje čísla, je jen doplňkem grafu

### Shrnutí:

- ✓ Vyhnout se používání fází ISO jako osnovy
- ✓ Data/dokumentaci prezentovat v příloze
- ✓ Být konzistentní
- ✓ Text a obrázky se vzájemně doplňují

# Softwarové nástroje pro LCA

SW pro sestavování studií LCA má obvykle **dvě** vzájemně spolupracující **funkční části**:

- **Software pro modelování** produktového systému, inventarizační výpočty a výpočty environmentálních dopadů
- **Databáze** jednotkových procesů a materiálových a energetických toků

Nejen struktura, ale i **práce s různými SW** je obvykle velmi podobná:

- **Modelování produktového systému**, jenž je sestaven ze všech potřebných procesů propojených materiálovými a energetickými toky
- Každý z procesů je při definování vstupů a výstupů **propojen s databází**, takže model je neustále přepočítáván vzhledem k referenčnímu toku
- Stejným způsobem je třeba definovat a svázat s databází i toky, přičemž je třeba rozlišovat, zda jde o **toky produktové či elementární** (do ŽP)
- Elementárním tokům jsou v SW přiřazeny **charakterizační faktory** vyjadřující jejich podíl na jednotlivých kategoriích dopadu
- Jednotlivé procesy produktového systému jsou řazeny do jednotlivých **fází životního cyklu** (výroba, doprava, spotřeba...)
- **Výpočet ekovektoru** produktového systému = vyčíslení množství látek emitovaných do ŽP a množství spotřebovaných surovin (vzhledem k ref. toku)
- Obvykle je možno použít několik **charakterizačních modelů** a LCIA metodik

# Softwarové nástroje pro LCA

- V současnosti existují **desítky programů** pro sestavování LCA studií
- Některé SW jsou volně šiřitelné (OpenLCA), mnoho placených SW poskytuje **omezené demo nebo trial verze**
- Nejčastěji využívanými databázemi jsou **ecoinvent a GaBi**
- Řada SW je **zaměřena** na určité průmyslové sektory či okruhy produktů

## Příklady nejpoužívanějších SW

Software	Poskytovatel	Databáze
Omel LCA	Green Delta	ecoinvent
GaBi	Sphera	GaBi, ecoinvent
SimaPro	PRé Sustainabilit	ecoinvent
Umberto	iPoint-systems	Ecoinvent, GaBi

# Dokázali byste odpovědět?

---

1. Co je to funkční jednotka produktového systému?
2. Jaký je rozdíl mezi komparativní a individuální studií LCA?
3. Jak můžeme rozdělit studie LCA podle způsobu nahlížení na produktový systém?
4. Co zahrnuje studie LCA Cradle to cradle?
5. Co všechno musí obsahovat zpráva pro zadavatele.
6. Čím se liší zpráva pro zveřejnění od zprávy pro zadavatele?
7. Co je podle vás nejdůležitější při psaní zprávy studie LCA?
8. IMRAD je struktura obecně použitelná pro psaní vědeckých prací. Zkuste si zopakovat co obnáší, může se to někdy hodit.
9. Jaké dvě části má SW pro sestavování LCA studií?



# Zdroje aneb kam ještě mohu nahlédnout?

---

- KOČÍ, Vladimír. *Environmentální dopady: Posuzování životního cyklu*. Praha: VŠCHT, 2013. ISBN 978-80-7080-858-0.
- ČSN ISO 14040. *Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Zásady a osnova*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.
- HAUSCHILD, Michael Z., ROSENBAUM, Ralph K., OLSEN, Stig Irving. *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*. Cham: Springer International Publishing, 2017. ISBN 978-3-319-56474-6.
- QUIST, Zazala, 2023. *Life Cycle Assessment (LCA) – Complete Beginner's Guide* [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://ecochain.com/knowledge/life-cycle-assessment-lca-guide/>
- Ecoinvent, 2023. Software Tools. [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-association/software-tools/>



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



# 5. Definování cílů a rozsahu LCA

Miroslava Kovářová

Vladimír Sedlařík

ADAPT UTB: Adaptabilní, Digitální, Agilní, Progresivní,

Transformace UTB ve Zlíně, reg. č.

NPO\_UTB\_MSMT-16585/2022

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Centrum polymerních systémů

# Osnova předmětu Posuzování životního cyklu

---

1. Environmentální pohled na životní cyklus výrobků či služeb, udržitelnost, nástroje environmentálního managementu
2. Principy LCA, legislativní rámec
3. Metoda LCA – produktový systém, procesy, materiálové a energetické toky, 4 fáze LCA
4. Studie LCA (typy, prezentace, vizualizace) a software pro LCA
5. **Definování cílů a rozsahu LCA (funkce a funkční jednotka, toky, hranice systému)**
6. Inventarizace a inventarizační analýza (sběr dat, sestavení systémového schématu, alokace)
7. Hodnocení dopadů životního cyklu (kategorie dopadu, indikátor kategorie dopadu, charakterizační modely)
8. Globální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA
9. Lokální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA
10. Databáze a další zdroje a jejich využití
11. Interpretace a přezkum LCA
12. Posuzování životního cyklu v kontextu nákladové a sociální udržitelnosti (life cycle costing LCC a social-LCA)
13. „Zelený“ marketing, environmentální prohlášení a značení, principy ekodesignu

# Co se dnes můžu dozvědět:

---



- Co obnáší definování cíle a definování rozsahu studie LCA
- Jak důležité je správně definovat funkci produktového systému
- Co je funkční jednotka a referenční tok
- Kudy vede hranice produktového systému
- Relevantní data jsou základem reprodukovatelné studie

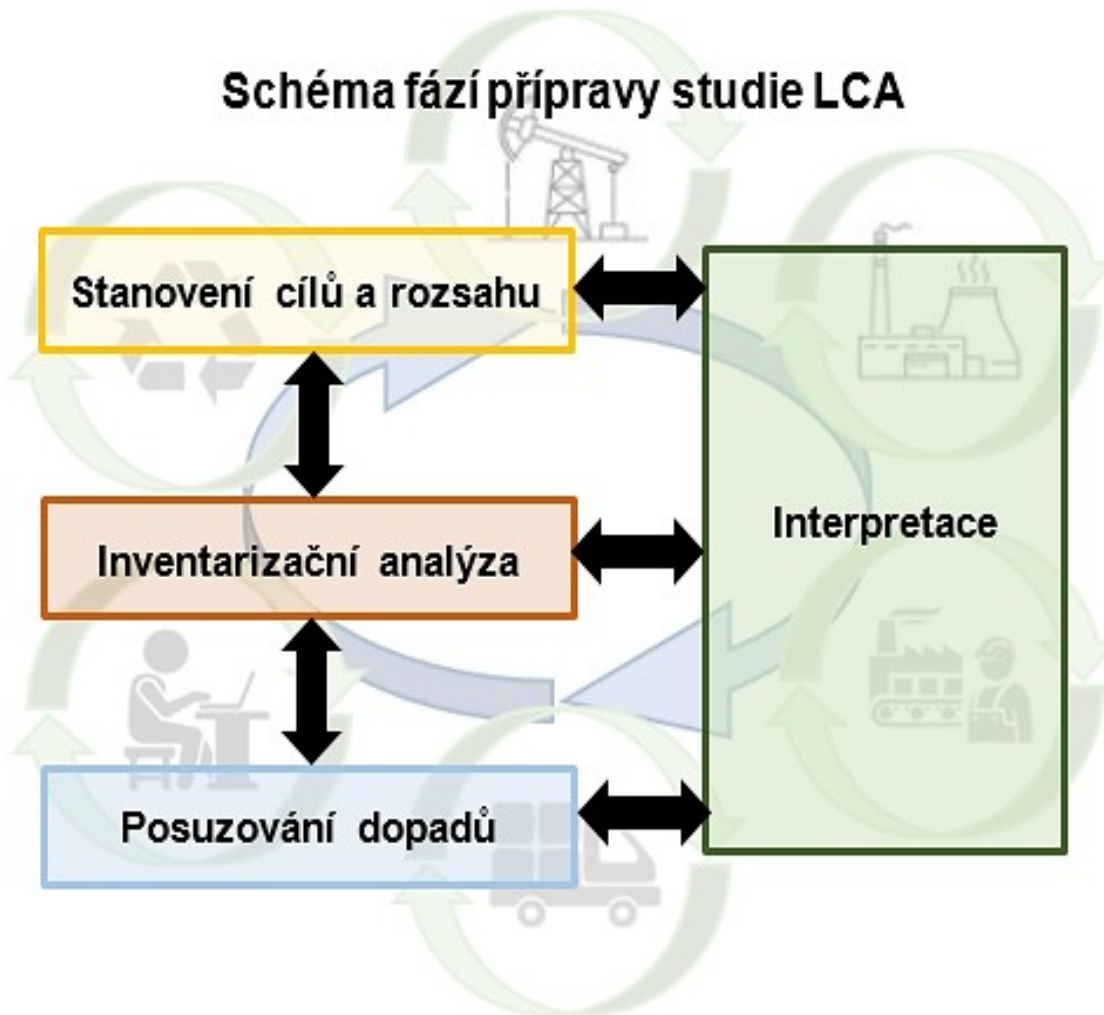


# Možná si pamatujete z dřívějška:

## 4 fáze přípravy studie LCA

- **Definice cíle a rozsahu**
- **Inventarizační analýza (LCI)**
- **Posuzování dopadů (LCIA)**
- **Interpretace**

Schéma fází přípravy studie LCA





# Definice cíle a rozsahu

## Definování cíle studie LCA

---

= jednoznačné určení **parametrů** důležitých **pro interpretaci a aplikaci** studie

= soubor procedurálních kroků zasazujících studii do konkrétního **kontextu platnosti** a popisujících předpoklady pro její **vypracování**

Rozhodnutí učiněná v pozdějších fázích přípravy studie musí být v souladu s definicí cíle, ovšem dojde-li nějakým nepředvídaným omezením (např. při LCI), **iterativní povaha LCA umožní revizi definice cíle.**

# Definování cíle studie LCA

---

## Základní body definování cíle studie:

1. Zamýšlené použití výsledků
2. Důvody pro provedení studie a vztah k rozhodování
3. Omezení související s volbou metodiky a předpokladů
4. Cílová skupina – skupina příjemců
5. Srovnávací studie, které mají být zpřístupněny veřejnosti
6. Zadavatel studie a další subjekty s vlivem

Vliv na vypracování studie a rozhodování v pozdějších fázích

Souvisí se sdělováním výsledků

# Definování cíle studie LCA

## Zamýšlené použití výsledků

---

### **Co je předmětem studie – jaký výrobek/služba – produkt?**

→ studium jednoho nebo více produktových systémů

### **Jaké má produkt důležité vlastnosti, jaký má účel, k čemu slouží?**

→ bude využito při definování rozsahu studie a následně v inventarizační části a při interpretaci studie

Příklady:

- Srovnání dopadů určitých výrobků nebo služeb na ŽP
- Srovnání produktu s konkurenčními (možno jak z hlediska dopadů na ŽP, tak ekonomického či sociálního)
- Sestavení ekovektoru produktu
- Identifikace procesu či částí produktového systému s největším dopadem na ŽP (např. při vývoji produktu)
- Určení nejzávažnějšího environmentálního problému, který by měl být řešen
- Vyhodnocení možností zlepšení při změně designu výrobku (scénáře "co kdyby" v ekodesignu)
- Dokumentování environmentálních stop produktu či podkladů pro environmentální prohlášení o výrobku
- Vypracování kritérií pro ekoznačku
- Vypracování podkladů různých směrnic/strategií, které zohledňují environmentální aspekty...

# Definování cíle studie LCA

## Důvody pro provedení a vztah k rozhodování

### Proč je daný produkt předmětem studie LCA?

- Důvod ovlivňuje metodiku vypracování LCI
- Důvody je třeba jednoznačně propojit se zamýšleným použitím výsledků (s cílem studie)
- Důvody pojmenovávají motivy pro sestavení studie a zasazují je do kontextu rozhodování – důvody mají přímou souvislost s rozhodováním provedeným na základě výsledků studie

Vztah mezi zamýšleným použitím a důvody přípravy studie  
(Příklad z příručky ILCD)



Důvod = potřeba podpory rozhodování o vládních doporučeních týkajících se nakládání s papírovým odpadem → doporučení (výsledky) studie povedou ke změnám v analyzovaném systému ↔ mohou ovlivnit i produktový systém v interakci s analyzovaným = tzv. strukturální změny

# Definování cíle studie LCA

## *Důvody pro provedení a vztah k rozhodování*

---

**Strukturální změna** = významná změna velkého rozsahu, která je vyvolána změnami v analyzovaném systému, jež překročí určité prahové hodnoty, takže se projeví v **procesech/produktových systémech**, které jsou na pozadí analyzovaného systému

Rozhodnutí založená na změně ve výrobě, používání nebo dalších činnostech v životním cyklu analyzovaného systému změni prostřednictvím tržních mechanismů určitou související částí zbytku ekonomiky (zvýšení nebo předčasné snížení kapacit souvisejícího/ovlivněného produktového systému na základě změny v poptávce/nabídce)

### ***Příklad:***

Strategické politické rozhodnutí o celostátní náhradě nafty určené pro provoz osobních automobilů, která je vyráběná z ropy, bionaftou (rostlinný původ) → strukturální změny vyvolané zvýšenou poptávkou po biopalivu zasáhnou do oblasti výroby biopaliva (navýšení kapacity), zemědělství (zřejmě nejen na národní úrovni), výroby nafty v rafineriích (pokles poptávky)

# Definování cíle studie LCA

## *Důvody pro provedení a vztah k rozhodování*

Pro identifikaci **souvislostí mezi cílem studie a rozhodováním** je třeba zodpovědět otázky:

- Bude studie určena pro podporu rozhodování?
- Mohou rozhodnutí podpořená studií vyvolat strukturální změny v souvisejících produktových systémech?
- Budou interakce s jinými systémy součástí modelu produktového systému, nebo budou začleněny prostřednictvím alokace?

Bude studie určena pro podporu rozhodování?			
ANO		NE	
Existuje významný dopad na některé související procesy/produktové systémy?		Existují interakce s ostatními procesy/produktovými systémy v modelu?	
NE	ANO	ANO	NE
Podpora rozhodnutí na mikroúrovni	Podpora rozhodnutí na mezo- nebo makroúrovni	Bilanční nebo monitorovací studie zahrnující interakci s ostatními systémy	Bilanční nebo monitorovací studie nezahrnující interakci s ostatními systémy
Situace A	Situace B	Situace C1	Situace C2
Rozhodnutí nezpůsobí strukturální změny (malý rozsah prod. systému), modelování alokacími: porovnávání produktových systémů, odhalování slabých míst, dokumentace k EPD...	Rozhodnutí způsobí strukt. Změny alespoň v jednom procesu interagujícího systému, odlišný model tohoto procesu: strategická rozhodnutí ohledně surovin, tvorba energetické politiky...	Interakce zahrnuty např. prostřednictvím recyklace: identifikace skupin produktů s největším dopadem na ŽP, environmentální monitorování a výkaznictví v rámci EMS, certifikace dodavatelů	Analyzovaný prod. systém je izolovaný, interakce (např. recyklace) jsou zahrnuty formou alokací: poskytuje specifické soubory dat o jednotkovém procesu
KW: podpora rozhodování související se srovnáváním produktů, návrh a vývoj výrobku, analýza slabých míst, benchmarking...	KW: analýza strategií, vývoj politik/směrnic, vývoj koncepcí, všudypřítomné technologie atd. v kombinaci se surovinou, energií, technologií...	KW: bilance, monitorování, retrospektiva, dokumentace atd. spolu s výrobek nebo skupina výrobků, uspokojování potřeb, odvětví, stát, občan...	

# Definování cíle studie LCA

## *Omezení související s volbou metodiky a předpokladů*

---

**Identifikace a kritické zhodnocení toho, k čemu lze nebo nelze použít výsledky LCA**

→ omezení v důsledku:

- použité metodiky
- přijatých předpokladů
- omezeného pokrytí dopadů

= nemožnost vyvození obecných závěrů



# Definování cíle studie LCA

## *Omezení související s volbou metodiky a předpokladů*

---

### ➤ **Studie s omezeným pokrytím dopadů**

Př.: Zaměření studie pouze na uhlíkovou stopu (změna klimatu)

= odůvodněné omezení u produktu s dominantním dopadem v této oblasti – nutno zahrnout do definice cílů a uvést ve zprávě

! srovnávat lze jen s produkty s podobnou dominancí dopadu v této oblasti

! pozor na interpretaci – na základě uhlíkové stopy nelze hovořit o celkové šetrnosti produktu k ŽP (co jiné kategorie dopadu?)

### ➤ **Metodologická omezení**

Př.: Je zpracována studie, kdy v LCI jsou použita lokálně nspecifická data

! takovou studii nelze použít pro rozhodování o lokalitě se specifickými charakteristikami – např. ostrov

Př. Studie zaměřená jen na určitou fázi životního cyklu (cradle to gate)

! nelze z ní vyvodit závěry pro fázi spotřeby nebo likvidace produktu

# Definování cíle studie LCA

## *Omezení související s volbou metodiky a předpokladů*

---

### ➤ **Omezení související s předpoklady**

Předpoklady = specifické vlastnosti produktového systému nebo různé scénáře

Př.: Hodnocení je podroben velmi specifický scénář (např. místně – výrobek je

používán v klimatickém pásmu, pro nějž nebyl navržen nebo způsobem použití – využití mimo hlavní účel výrobku) = specifický scénář/atypické využití

! omezení použitelnosti a přenositelnosti výsledků

### ➤ **Omezení tržní nikou**

Úzký tržní segment může představovat omezení sám o sobě, neboť produkty z tržní niky lze považovat za specifické a je otázkou, zda je možno srovnávat je s produkty z celého širokého segmentu trhu

Př./dotaz: Mám-li v nice znovuplnitelné obaly, mohu je srovnávat s ostatními obaly, které se většinou zdají podobné (jednorázové), ale úzké skupině zákazníků ne?

= oddělují je specifické aspekty, jako cena, hodnotový systém či životní styl (např. bioprodukty, lokální produkty, produkty s ekoznačkou), sociální obraz (fair-trade, free-of-child-work), vysoká kvalita, praktičnost, dlouhá životnost atd.

! Studie o tržních nikách omezují typy výrobků, které mají být zahrnuty (z čistě technického hlediska by bylo vhodné zahrnout i výrobky mimo konkrétní niku, aby se zabránilo potenciálně zavádějícímu srovnání)

! Ve fázi interpretace musí být omezené závěry zdůrazněny

# Definování cíle studie LCA

## *Cílová skupina*

---

### Komu je studie určena?

- ❖ **Příjemce studie** = firma – management, vývojář výrobku atd., spotřebitelské organizace nebo spotřebitelé obecně, neziskové organizace, samosprávy na různé úrovni až po vlády atd. → každá skupina klade **důraz na jiné aspekty**
- ❖ **Interní studie LCA** – pro vnitřní potřebu firmy – k hodnocení, rozhodování nebo zlepšení jejího environmentálního chování
- ❖ **Externí studie LCA** – „publikovatelné studie“ studie sloužící ke strategickému rozhodování státní správy atd.



- Interpretace studie včetně formy a technické úrovně zprávy (důvěrné/utajované informace)
- Rozsah studie, jak má být podrobná, požadavky na data i metodologii
- Potřeba kritického přezkoumání

Definování příjemce = vyšší transparentnost a porozumění kontextu platnosti studie

# Definování cíle studie LCA

## *Srovnávací studie, které mají být zpřístupněny veřejnosti*

---

**Při definici cíle je třeba uvést, zda má studie LCA srovnávací charakter a zda je určena ke zveřejnění (ISO 14044)**

Specifické nároky na **provedení, dokumentaci, proces externího přezkoumání i zpracování zprávy ke studii** ↔ transparentnost, kvalita studie, porozumění

Takové studie **vždy srovnávají produktové systémy** (produkty), nikoliv části (procesy, fáze životního cyklu) téhož produktového systému

⇒ **nehledají slabá místa, neanalyzují přínosy**, pouze porovnávají environmentální dopady systémů

⇒ jako srovnávací studie určené pro zveřejnění **nesmí být použity LCI studie** (pouze kategorizuje elementární toky a je východiskem pro posuzování dopadů životního cyklu na ŽP)

# Definování cíle studie LCA

## *Zadavatel studie a další subjekty s vlivem*

---

Definice cíle musí obsahovat:

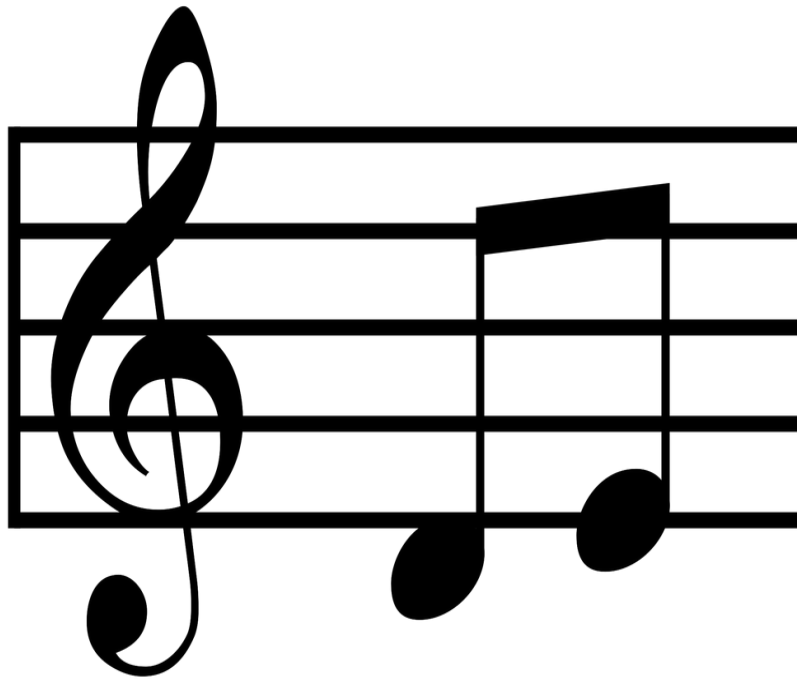
- **zadavatele**, včetně spolufinancujících organizací
- **zhotovitele** – odborníky/organizace, kteří LCA provádějí  
= zajištění transparentnosti, **upozornění na možnost střetu zájmu**

*Střet zájmu:*

- klíčový poskytovatel údajů má ekonomický zájem na určitých výsledcích a interpretacích LCA
- u srovnávacích studií: zadavatel poskytne nejaktuálnější data o produktu × sběr dat o srovnávaném produktu vychází z literatury a databází, takže může být starší

# Definice cíle a rozsahu

## Definování rozsahu studie LCA



---

= slouží k jasnému **vymezení platnosti studie** jak po stránce technické (jaký produktový systém má být posuzován), tak po stránce procedurální (jak má posuzování probíhat – LCI, LCIA)

= má zajistit a zdokumentovat **konzistentnost metodologie, předpokladů a dat** s cílem podpořit **reprodukovatelnost** studie

Opět je třeba brát v potaz **iterativní charakter LCA** a doladit či dokonce revidovat rozsah v důsledku nepředvídaných omezení nebo dodatečných informací získaných v průběhu sestavování studie (musí se promítnout ve zprávě)

# Definování rozsahu studie LCA

Ve fázi definování rozsahu je třeba jasně popsat a definovat následující položky:

- Výstupy V souladu s využitím, základ zprávy

Zásadní vliv na  
LCI a LCIA fázi

- Předmět posouzení
- Rámec pro modelování LCI a zpracování multifunkčních procesů
- Hranice systému a požadavky na úplnost
- Reprezentativnost dat pro LCI
- Příprava podkladů pro posouzení dopadů

- Zvláštní požadavky na porovnávání systémů
- Potřeby pro kritické přezkoumání
- Plánování podávání zpráv o výsledcích

Důležité pro  
sestavení zprávy  
ke studii LCA

# Definování rozsahu studie LCA

## *Výstupy – typy výstupů a předpokládané využití*

**Typy výstupů musí odrážet zamýšlené využití výsledků definované při definici cíle**

Studie LCA	
Výstupy typu LCI (Inventarizační analýza)	Výstupy typu LCIA (Posuzování dopadů)
Studie může zahrnovat i pouze výstupy LCI – např. sběr dat pro databáze jednotkových procesů	Výsledky LCIA poskytují pro každou pokrytou kategorii dopadu číselné hodnoty charakterizovaných výsledků
LCI studii nelze použít pro srovnávací studie určené ke zveřejnění	Výsledky LCIA mohou být využity pro srovnávací studie
I v tomto případě je potřebné transparentní zdokumentování = zajištění reprodukovatelnosti a využitelnosti pro další studie LCA (v případě zveřejnění)	Veškeré výsledky musí být transparentně zdokumentovány včetně případné normalizace a vážení charakterizovaných výsledků



# Definování rozsahu studie LCA

*Předmět posouzení – funkce, funkční jednotka, referenční tok*

---

**K čemu produkt, který je předmětem LCA slouží ve fázi svého užívání či spotřeby = jakou má funkci?**

Produkty mohou plnit **více funkcí** najednou = nutno zvolit funkci pro daný systém relevantní

**Porovnávání** dvou nebo více produktových systémů – srovnání je spravedlivé a smysluplné pouze tehdy, pokud porovnávané systémy poskytují uživateli (přibližně) stejnou funkci.

# Definování rozsahu studie LCA

*Předmět posouzení – funkce, funkční jednotka, referenční tok*

---

V LCA nejsou **environmentální dopady vztahovány** ke konkrétnímu výrobku/produktu, ale k „množství služby“, kterou poskytne = k „velikosti jeho funkce“= vyjádřena funkční jednotkou

Funkční jednotka pojmenovává a kvantifikuje kvalitativní a kvantitativní aspekty funkce podle otázek: **Co? Kolik? Jak dobře? Jak dlouho/kolikrát? Kde?**

**Příklad:**

Porovnání dvou venkovních nátěrů

- ✓ funkce/vlastnosti produktu
- ✓ funkční jednotka k níž vztáhneme environmentální dopady

# Definování rozsahu studie LCA

## Předmět posouzení – funkce, funkční jednotka, referenční tok

### Příklad: Porovnání dvou venkovních nátěrů

Funkce: ošetření vnější zdi proti povětrnostním vlivům

Vlastnosti:

Funkční jednotka:

Obecně technické, plní základní požadavky včetně legislativních, obvykle se přímo odráží ve funkční jednotce	Ostatní, mohou být vnímány různě jednotlivými spotřebiteli (cena, móda, estetika...)
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Pokrytí zdi jednotnou barvou</li><li>➤ Chrání zeď před povětrnostními vlivy</li><li>➤ Zajistí povrch, který se snadno čistí</li><li>➤ Splňuje hygienické požadavky při použití</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Aplikace bez odkapávání</li><li>➤ Možnost výběru z mnoha různých barevných odstínů</li><li>➤ Na vodní bázi</li><li>➤ Dobře kryje (stačí jedna aplikace)</li></ul>

Co? Kolik? Jak dobře? Jak dlouho/kolikrát? Kde?

Kvantitativní aspekty = jednoznačné číselné parametry	Kvalitativní aspekty = způsob, zajištění funkce, často nekvantifikovatelné až nejednoznačné
Kolik? Jak dlouho/kolikrát? Jak dobře?	Co? Kde? Jak dobře?

Úplné pokrytí ošetřované venkovní zdi o ploše 1 m<sup>2</sup> po dobu 10 let

Co?

Kolik?

Jak dlouho?

v jednotné barvě s kryvostí 99,9 % v České republice

Jak dobře?

Kde?

# Definování rozsahu studie LCA

## *Předmět posouzení – funkce, funkční jednotka, referenční tok*

---

**Referenční tok je množství produktu potřebné k realizaci funkce produktového systému vyjádřeného funkční jednotkou**

= produktový tok, k němuž musí být **kvantitativně vztaženy všechny vstupní a výstupní toky** procesů v produktovém systému včetně elementárních či pomocných/vedlejších

Pro **multifunkční produktový systém** s více než jedním produktovým výstupem (např. současná produkce zrna a slámy z obilí) lze definovat více referenčních toků

Referenční toky dvou srovnávaných systémů s touž funkční jednotkou nemusí mít stejnou jednotku

# Definování rozsahu studie LCA

## Předmět posouzení – funkce, funkční jednotka, referenční tok

Funkce	
Ošetření vnější zdi jednotnou barvou	
Funkční jednotka	
Úplné pokrytí ošetřované venkovní zdi o ploše 1 m <sup>2</sup> po dobu 10 let v jednotné barvě s kryvostí 99,9 % v České republice	
Produkty k srovnání	
A: nátěr na vodní bázi se spotřebou 0,3 l (ve dvou aplikacích) a potřebou přetření každého 2,5 roku	B: akrylátová barva se spotřebou 0,15 l (pouze jedna aplikace) a s životností nátěru 5 let
Referenční tok	
$0,3 \text{ l} \times 4 = 1,2 \text{ l}$	$0,15 \text{ l} \times 2 = 0,3 \text{ l}$

Funkce	
Sušení rukou	
Funkční jednotka	
Usušení 100 párů rukou	
Produkty k srovnání	
	
Referenční tok	
250 ks ručníků	200 kW

# Definování rozsahu studie LCA

## *Rámec pro modelování LCI a zpracování multifunkčních procesů*

### Pojmy, s nimiž budeme příště pracovat...

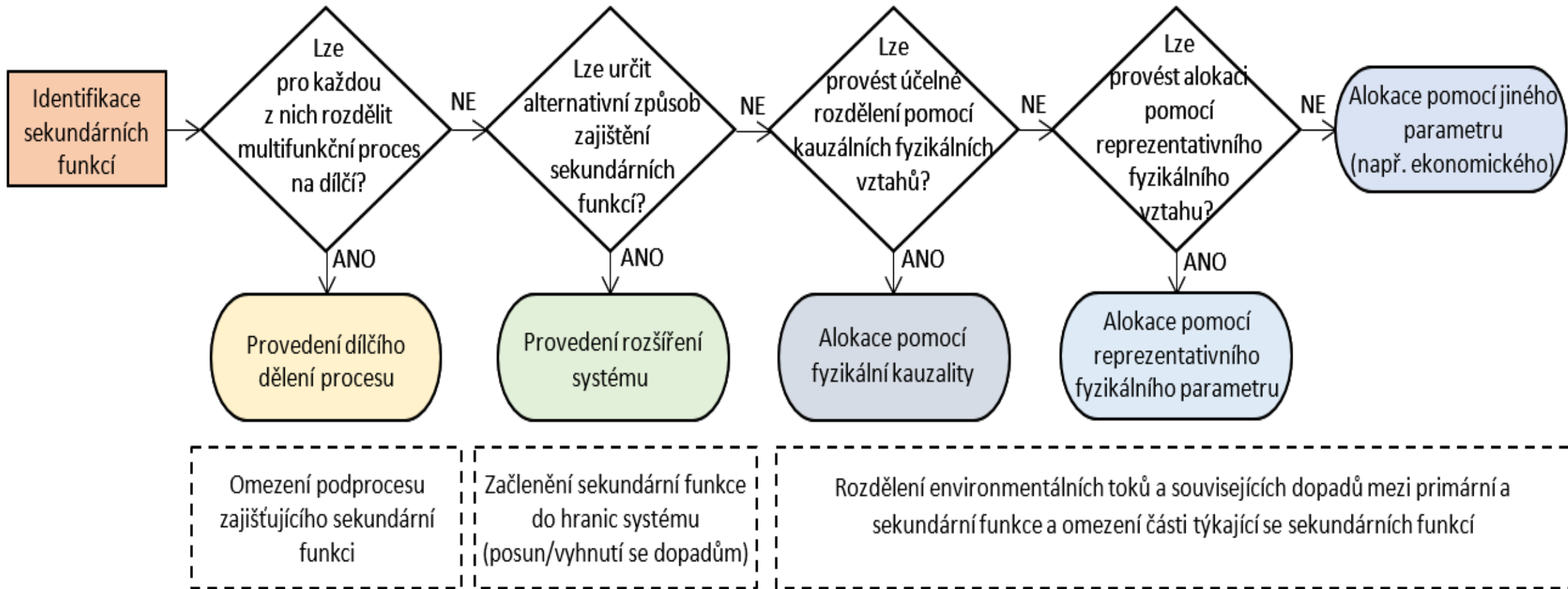
**Proces je multifunkční, pokud zajišťuje více než jednu funkci, což znamená, že buď poskytuje více než jeden produktový výstup, nebo poskytuje více než jednu službu.**

- **více než jeden výstup** – chov krav = mléko, maso, kůže, kostní moučka, chlěvská mrvka či další produkty s ekonomickou hodnotou
  - **více služeb** – spalování odpadu v ZEVO = primárně likvidace odpadů + sekundárně dodávka elektřiny a tepla
- Téměř žádný produktový systém neexistuje izolovaně
- Vznik vedlejších produktů z multifunkčního procesu je běžný a je rozumné pokusit se jej ekonomicky využít využití **x** často v naprosto jiném kontextu (např. vedlejší produkt kůže nemá nic společného zvažujeme-li produktový systém výroby mléka)
- ⇒ Sledovaný proces se stává součástí i jiného produktového systému výrobků, jehož dopady na ŽP již nelze plně přiřadit k původně zkoumanému produktovému systému

# Definování rozsahu studie LCA

## Rámec pro modelování LCI a zpracování multifunkčních procesů

### Hierarchie postupu řešení multifunkčních procesů dle ISO 14044



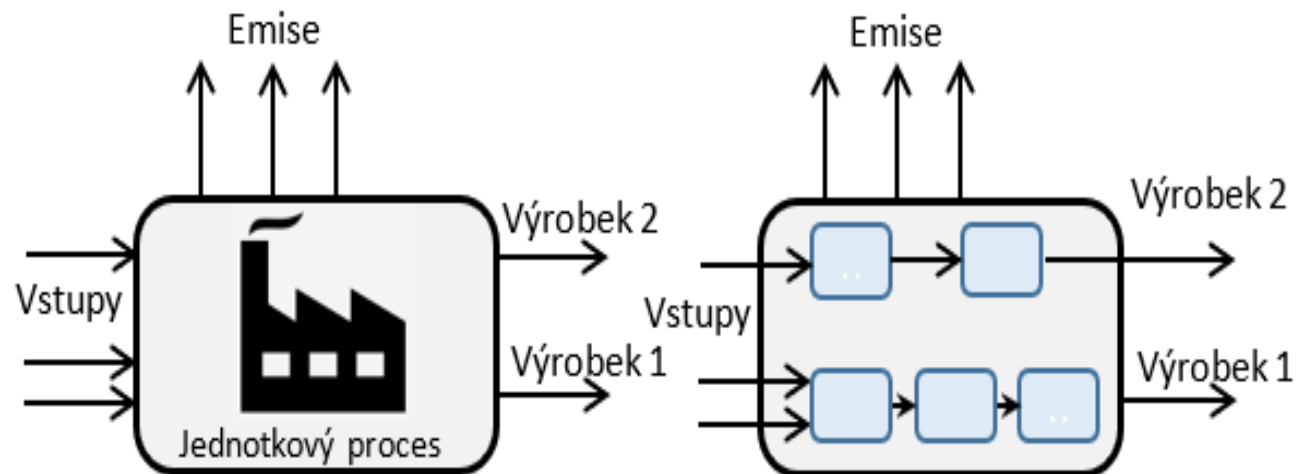
# Definování rozsahu studie LCA

## Rámec pro modelování LCI a zpracování multifunkčních procesů

### Rozdělení, rozšíření a alokace jednotkových procesů/produkt. systémů

**Rozdělení multifunkčního jednotkového procesu** na menší jednotky – v případě, že je možné oddělit výrobu výrobku a vedlejšího produktu, lze vyloučit z produktového systému dílčí procesy, které zajišťují sekundární funkce

Př.: továrna vyrábí dva výrobky; továrna není jednotkový proces, obsahuje řadu procesů pro výrobu prvního výrobku, které jsou fyzicky odděleny od procesů výroby druhého výrobku





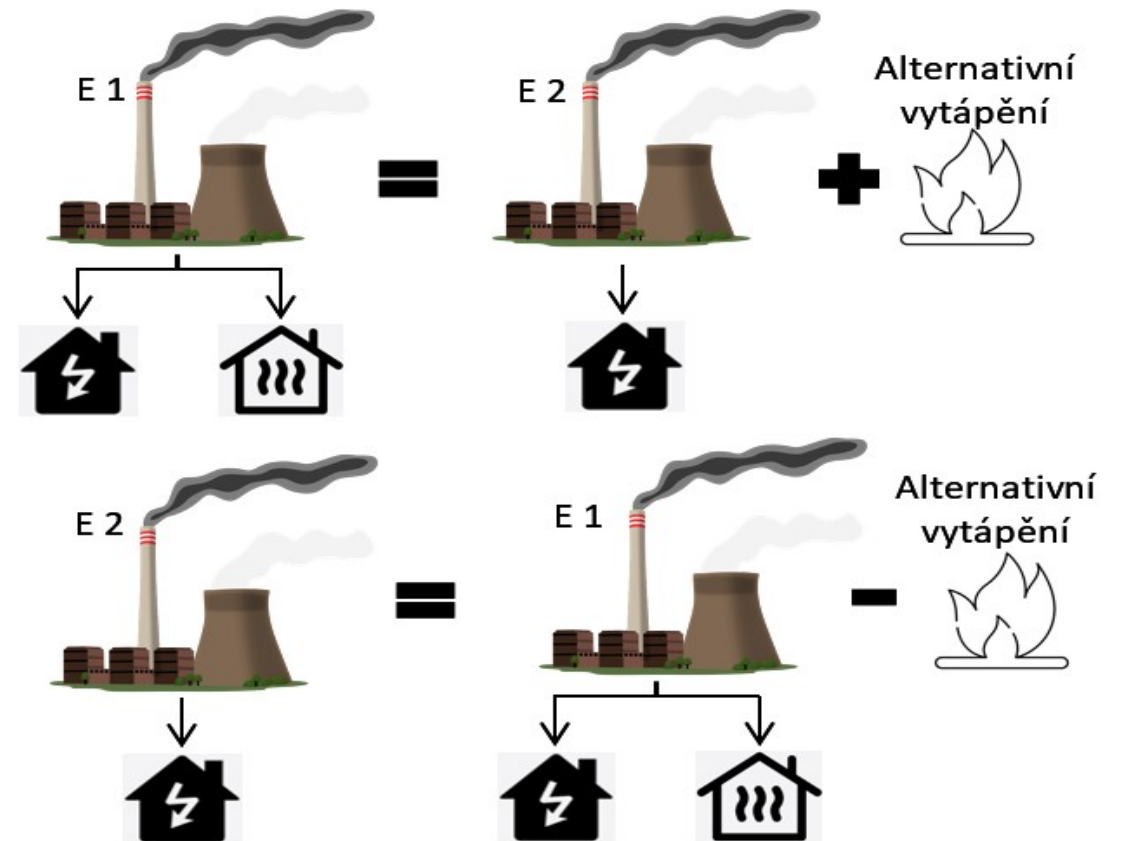
# Definování rozsahu studie LCA

## Rámec pro modelování LCI a zpracování multifunkčních procesů

### Rozdělení, rozšíření a alokace jednotkových procesů/produkt. systémů

**Rozšíření** dvou srovnávaných procesů (systémů) znamená rozšíření jednoho procesu o nejpravděpodobnější alternativní způsob zajištění sekundární funkce druhého procesu

Př.: elektrárna 1 má jako sekundární funkci výrobu tepla pro dálkové vytápění; elektrárna 2 vyrábí pouze elektřinu → rozšíříme systému elektrárny 2 o nejpravděpodobnější alternativní způsob zajištění dálkového vytápění v daném regionu ↔ ekvivalent odečtení alternativního způsobu od systému 1 (který tuto funkci zajišťuje)



# Definování rozsahu studie LCA

## Rámec pro modelování LCI a zpracování multifunkčních procesů

### Rozdělení, rozšíření a **alokace** jednotkových procesů/produktových systémů

**Alokace** pokud rozšíření produktového systému není možné, alokace rozděluje vstupy a výstupy multifunkčního procesu nebo systému mezi různé produkty nebo funkce způsobem

❖ **odrážejícím základní fyzikální vztahy** mezi nimi

- parametricky (koprodukty výstupu musí plnit stejnou/podobnou funkci – př. spalovna odpadů dodává teplo a elektřinu → reprezentativní fyzikální parametr/alokační klíč obsah energie v obou tocích)
- kauzálně/příčinně (př.: spalovna – vstup baterie (Ni/Cd) a plasty, v emisích Cd (z baterií), pak výstup emise kadmia 100% alokuji k bateriím, lze doložit změnou složení emisí při změně složení vstupů)

❖ **zahrnujícím jiný vztah** – velmi často **ekonomický** (cena)

Kdy je třeba řešit alokace:

- Z procesu či skupiny procesů vystupuje větší množství vedlejších produktů s různými funkcemi
- Do procesu vstupuje více paralelních vstupů
- Dochází k recyklaci

# Definování rozsahu studie LCA

## Rámec pro modelování LCI a zpracování multifunkčních procesů

### Hlavní rámce modelování LCI: atributivní=příčinné a konsekvenci=důsledkové

Rozdíl

- nahlížení na modelované multifunkční procesy/produktové systémy, které nelze rozdělit
- typu dat použitých pro modelování systémů na pozadí = průměrná **x** tzv. mezní (marginální)

Rámec modelování LCI	Otázka	Nakládání s procesy	Modelování systému pozadí
Atributivní	Jaký dopad na životní prostředí lze přisoudit výrobku X?	Rozšíření systému nebo alokace	Průměrné procesy
Důsledkový	Jaké jsou environmentální důsledky spotřeby výrobku X?	Rozšíření systému	Okrajové procesy

# Definování rozsahu studie LCA

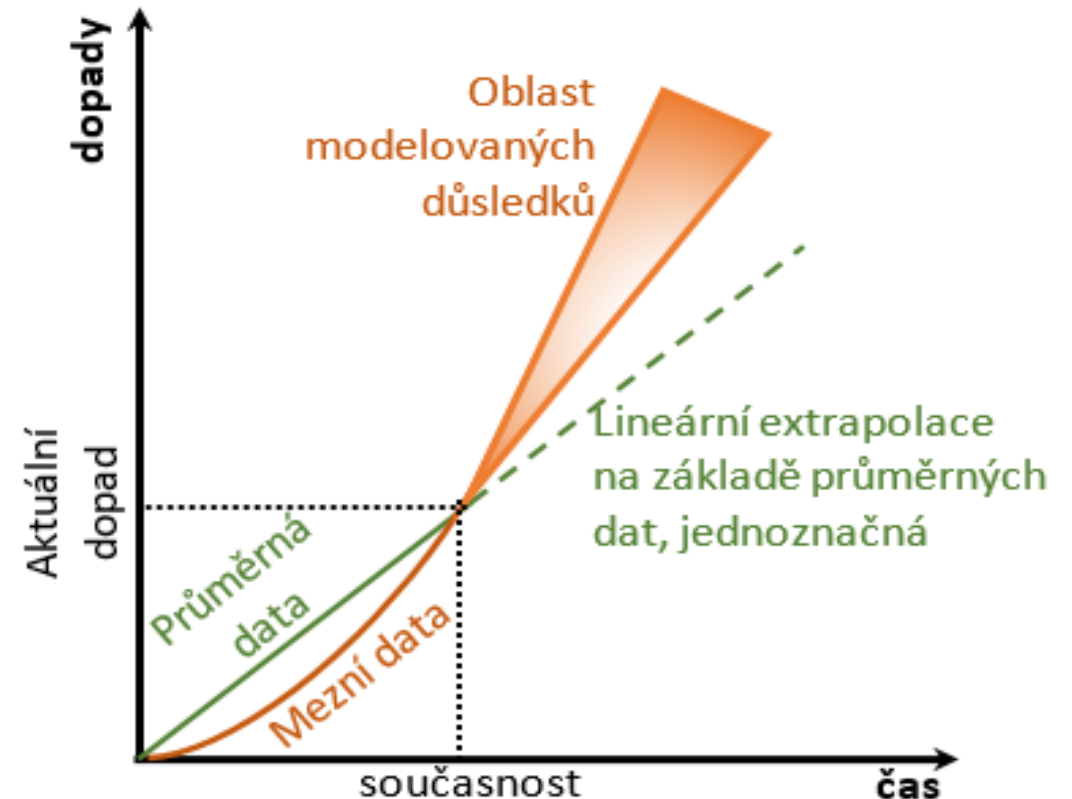
## *Rámec pro modelování LCI a zpracování multifunkčních procesů*

### Atributivní přístup

- Historicky starší
- Uměle odděluje zkoumaný produktový systém od zbytku technosféry a ekonomiky ⇒ subjektivita
- Používání průměrných procesů (dat) = modelování průměrného dodavatelského řetězce (využívá tržní mix)

### Důsledkový přístup

- Kolem roku 2000
- Popis změny v ekonomice způsobené zavedením zkoumaného produktového systému = důsledek produktového systému
- Používání mezních (hraničních/marginálních) procesů, které reagují na zvýšení/snížení poptávky po produktu (př.: zvýšení poptávky po mléce → zvýšení kapacity chovu dojníc → snížení chovu masného skotu ⇐ zvýšení nabídky masa z dojníc = rozšíření systému: Důsledkem zvýšené spotřeby mléka může být snížení dopadů na ŽP z chovu skotu následkem snížení produkce hovězího masa 😊)



# Definování rozsahu studie LCA

## *Hranice systému a požadavky na úplnost*

### Hranice systému

hranice mezi studovaným  
produktovým systémem a

- okolní ekonomikou (technosférou)
- životním prostředím (ekosférou)



### Požadavek úplnosti

které procesy zahrnout do hranic systému,  
aby bylo dosaženo takového stupně  
úplnosti modelování produktového  
systému požadovaného s cílem studie

- ❖ Při definování rozsahu je vhodné hranice nejen slovně popsat, ale i graficky znázornit = jednoznačné určení zahrnutých a vyloučených procesů
- ❖ Úplnost = specifikovat části životního cyklu, které musí být zahrnuty do hranic systému, a zdůvodnit vyloučení ostatních
  - Ne vždy je dobré využívat metodu kvantitativního vyloučení – např. toky s hmotností menší než 0,1 % referenčního toku mohou být vyřazeny – pozor na toxické látky, radiaci apod.
  - Je třeba využít iterativního přístupu vycházejícího z analýze citlivosti po fázi inventarizace a posouzení dopadů

# Definování rozsahu studie LCA

## *Hranice systému a požadavky na úplnost*

### ✓ Ideální stav:

- Uvnitř hranice systému - **všechny jednotkové** procesy potřebné k **zajištění referenčních toků** definovaných funkční jednotkou
- **Hranice překračují pouze elementární toky** (zdroje a emise) nikoliv toky materiálu, energie, produktů nebo odpadů ke zpracování

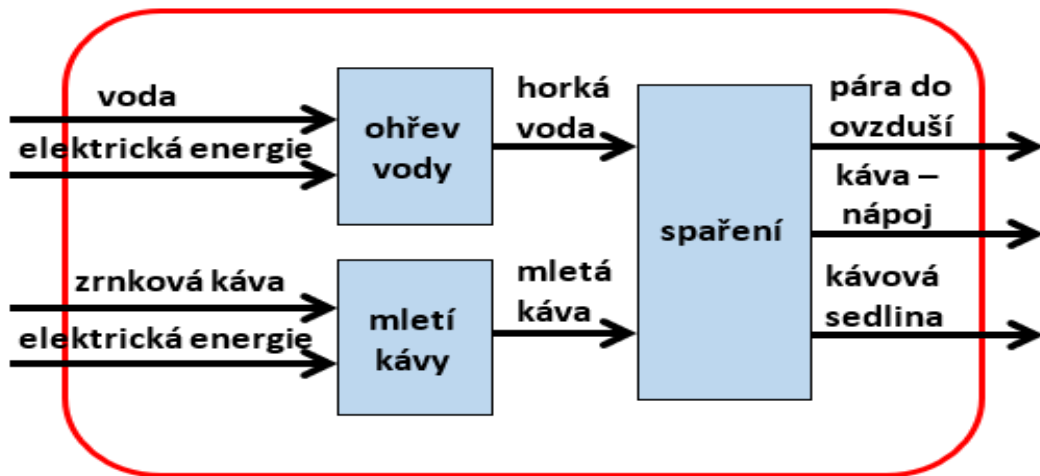
### ✓ Opodstatněné důvody pro porušení ideálního stavu:

1. Pokud studie **nezohledňuje celý životní cyklus**, neplatí pravidlo, že hranice systému překračují pouze elementární toky
2. Ve **srovnávacích studiích** je možné **vyloučení shodných procesů**, pokud poskytují shodné množství služeb (energií, materiálů, odpadů pro zpracování)
3. Počet jednotkových procesů skutečně potřebných k zajištění referenčního toku je neúnosně velký → nelze nalézt ideální hranice → zjistit procesy skutečně potřebné k zajištění referenčního toku a kvantitativně relevantně přispívají k dopadům produktového systému na ŽP ← využití iterativního přístupu

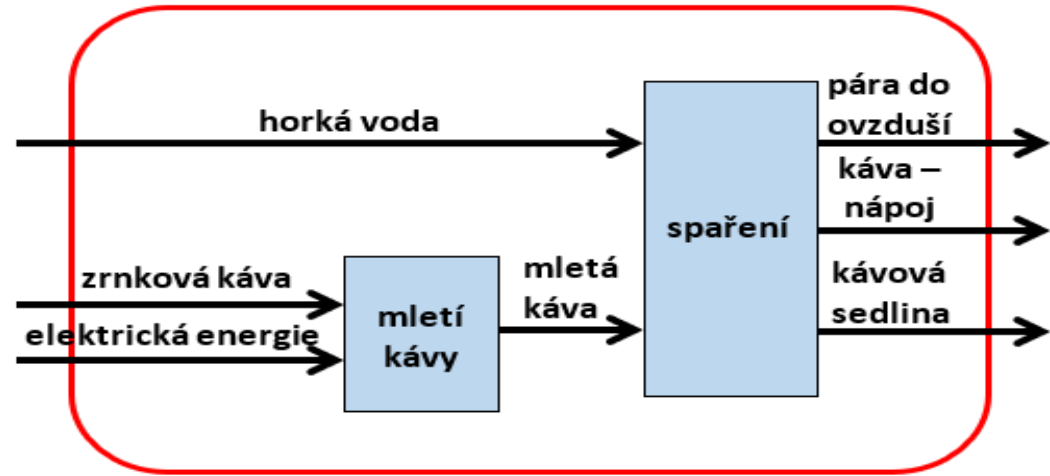
# Definování rozsahu studie LCA

## *Hranice systému a požadavky na úplnost*

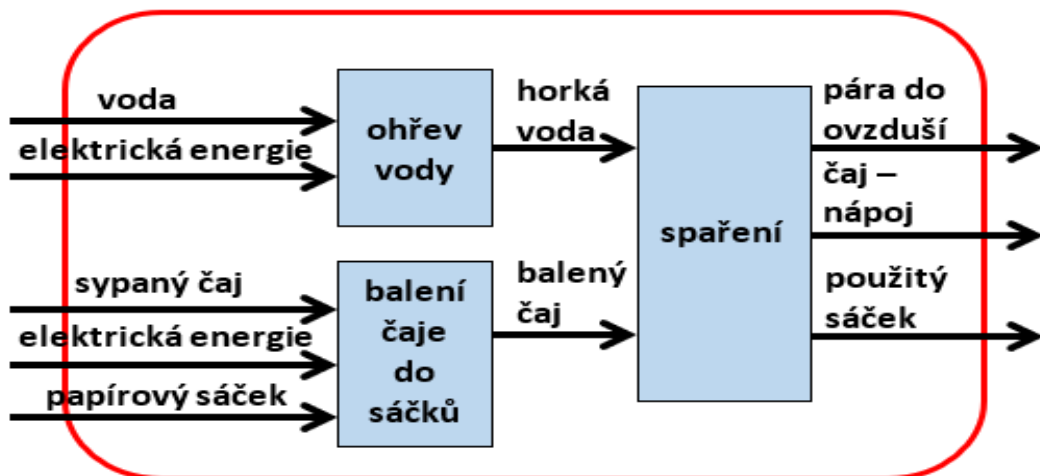
Zúžení hranic systému vyloučením shodných procesů ve srovnávací studii



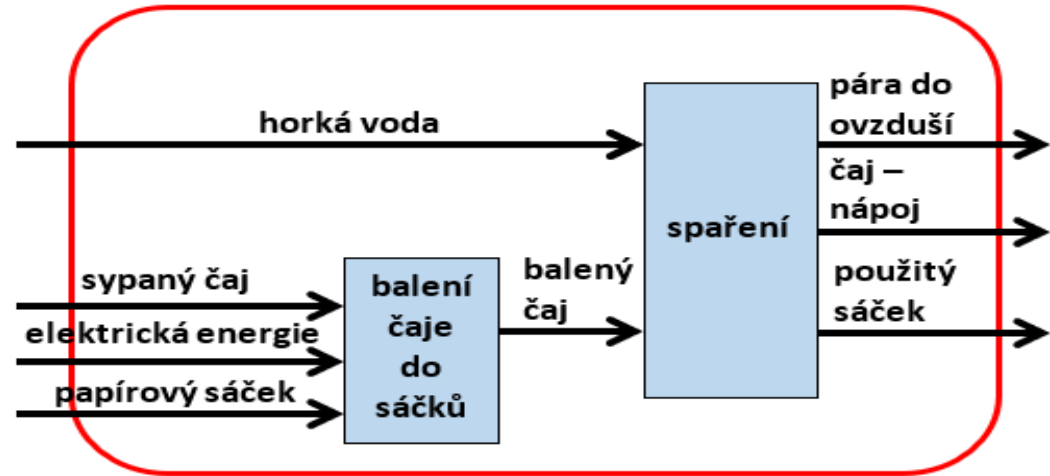
hranice systému



zúžené hranice systému



hranice systému



zúžené hranice systému

# Definování rozsahu studie LCA

## Reprezentativnost dat pro LCI

Úsilí o **reprezentativní vyjádření skutečnosti** = potřeba reprezentativních dat

- ✓ Část systému v popředí = informace z první ruky, lze předpokládat, že jsou reprezentativní (pro období sběru)
- ✓ Část systému na pozadí = jiné zdroje dat (databáze), potřeba zvažovat reprezentativnost zvolených jednotkových procesů

Reprezentativnost dat pro LCI = **3 vzájemně propojené roviny:**

- Geografická
- Časová
- Technologická



# Definování rozsahu studie LCA

## Reprezentativnost dat pro LCI

### Geografická reprezentativnost

Proces s tímž výstupem/2 různé lokality (země) = elementární, energetické či materiálové toky a následně odpady se mohou lišit – př.: energetický mix (elektrina) v různých zemích

Rozdíly – místní klima, blízkost přírodních zdrojů, regulace (př.: energetické daně, emisní prahy – obvykle v rámci států), prostorový rozsah trhů (velmi lokální/globální)

### Časová reprezentativnost

Je potřebné vymezit si časový rámec procesů v různých fázích životního cyklu (výroba/užití/likvidace)

Svou roli hraje životnost nebo záměr pro vypracování studie stanovený v definici cílů

Pozornost věnovat zejména procesům rychle se měnícím – data získaná v současnosti (z minulosti) využít pro projekci budoucnosti (týká se např. i dat energetického mixu a jejich aproximace dle minulých trendů a politiky regulačních orgánů)

U procesů na pozadí je třeba čerpat z databází s přihlédnutím ke geografické relevanci

Někdy je třeba zvažovat i rozdíly dat během roku (zima/léto) nebo i dne (např. nabíjení v noci)

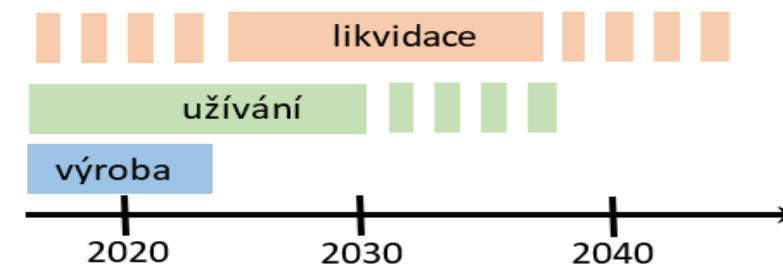
Srovnávací studie – pozor na zvýhodnění nových technologií vůči starším

### Technologická reprezentativnost

Dva identické produkty = dvě různé technologie výroby = různé jednotkové procesy a toky

Pro inventarizaci důležité dobře znát technologii a být konzistentní při definování vstupů/toků

Značná provázanost s časovou a geografickou relevancí (př. technologie výroby el. energie)



# Definování rozsahu studie LCA

## ***Příprava podkladů pro posouzení dopadů***

---

Příprava = plánování LCIA má zajistit:

- aby posuzování dopadů bylo provedeno v souladu s definicí cíle
- aby byly ve fázi inventarizace shromažďovány správné údaje a definovány toky, které vstupují do LCIA

Do fáze posuzování dopadů musí být **zahrnuty všechny dopady** na ŽP, k nimž analyzovaný produktový systém **relevantně přispívá**, pokud **v definici cíle není výslovně stanoveno jinak**

- **jde o studii uhlíkové nebo vodní stopy** (úzký interval pokrytí dopadů stanovit v definici cíle a promítnout do interpretace výsledků)
- **dopady mají zanedbatelný příspěvek** k celkovým dopadům nebo nepřispívají k rozlišení mezi alternativami ve srovnávací studii LCA (vyloučení je třeba zdůvodnit a opřít o výsledky agregace po normalizaci a vážení) → požadavek transparentnosti je zásadní – nesmí dojít k zájmovému vyloučení kategorie (záměrné vyloučení dopadů, které znevýhodňují produkt zadavatele studie)

# Definování rozsahu studie LCA

## ***Příprava podkladů pro posouzení dopadů***

---

### **Volba metody pro LCIA**

***Jen pro informaci*** uvedme šest kritérií pro hodnocení metod podle ILCD

1. *Úplnost rozsahu*: jak dobře pokrývají indikátor kategorie dopadu a charakterizační model environmentální mechanismy spojené s posuzovanou kategorií dopadu
  2. *Environmentální relevance*: do jaké míry jsou kritické části mechanismu dopadu zahrnuty a modelovány v souladu se současným stavem techniky
  3. *Vědecká robustnost a jistota*: nakolik byl model odborně posouzen, zda představuje současný stav techniky, zda jej lze ověřit na základě monitorování dat a zda jsou uvedeny nejistoty
  4. *Dokumentace, transparentnost a reprodukovatelnost*: jak přístupný je model, dokumentace modelu, charakterizační faktory a použitá vstupní data
  5. *Aplikovatelnost*: zda jsou charakterizační faktory pro důležité elementární toky pro danou kategorii dopadu uvedeny ve formě, která je snadno aplikovatelná?
  6. *Přijetí zúčastněnými stranami*: zda byl model schválen příslušnými orgány, zda jsou principy modelu a použitá metrika srozumitelné pro uživatele výsledků LCA v podnikatelském a politickém prostředí
- ... někdy obtížně aplikovatelná kritéria... **z praktického hlediska**
- ✓ Je dobré vyzkoušet více metod, které nabízí výpočetní software
  - ✓ Jejich porovnání může sloužit k otestování citlivosti výsledků na volbu metody LCIA

# Definování rozsahu studie LCA

## ***Zvláštní požadavky na porovnávání systémů/Potřeby pro kritické přezkoumání/Plánování podávání zpráv o výsledcích***

---

Dva (více) **produktové systémy** lze porovnávat jedině za použití **stejné funkční jednotky** a **rovnocenných metodických hledisek** (výkon, hranice systému, kvalita údajů, alokační postupy, rozhodovací pravidla pro hodnocení vstupů a výstupů či posuzování dopadů)

V případě srovnávacích tvrzení přístupných veřejnosti – potřeba kritického přezkoumání = zabránění zneužití a zavádějící interpretaci:

- Pokud se zdá, že jeden systém má nižší dopad na ŽP v jisté kategorii dopadu, je třeba vyhodnotit nejistotu
- Určuje-li definice cíle srovnání na základě jednoho ukazatele (např. uhlíková stopa) srovnání není vhodné k určení environmentálně příznivější alternativy

**Kritické přezkoumání** provádějí odborníci, kteří se na vypracování studie nepodíleli

- užitečné pro zlepšení kvality a důvěryhodnosti studie
- potřeba uvést již při definování rozsahu včetně specifikace formy přezkoumání (na konečném návrhu zprávy z LCA nebo v průběhu provádění studie)

Podávání zpráv je zaměřeno na definovanou cílovou skupinu = tři **úrovně podávání zpráv** podle ILCD:

1. Interní použití zadavatelem studie
2. Externí použití třetí stranou = omezený, přesně definovaný seznam příjemců s alespoň jednou organizací, která se na studii nepodílela
3. Srovnávací studie určené pro zpřístupnění veřejnosti

# Dokázali byste odpovědět?

---

1. Co vše je třeba obsáhnout při definování cíle studie LCA?
2. Co je strukturální změna?
3. Co je cílová skupina? Liší se studie LCA pro různé cílové skupiny?
4. Co vše je třeba zahrnout do definování rozsahu studie LCA?
5. Je možné srovnávat produkty s odlišnou funkcí?
6. Co je to funkční jednotka?
7. Co je to referenční tok?
8. Co znamená, že je proces multifunkční?
9. Kdy je potřeba řešit alokace?
10. Co je to hranice systému?
11. Jaké tři roviny má reprezentativnost dat pro LCI?



# Zdroje aneb kam ještě mohu nahlédnout?

---

- KOČÍ, Vladimír. *Environmentální dopady: Posuzování životního cyklu*. Praha: VŠCHT, 2013. ISBN 978-80-7080-858-0.
- ČSN ISO 14044. *Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Požadavky a směrnice*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.
- HAUSCHILD, Michael Z., ROSENBAUM, Ralph K., OLSEN, Stig Irving. *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*. Cham: Springer International Publishing, 2017. ISBN 978-3-319-56474-6.
- European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability: *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance*. First edition March 2010. EUR 24708 EN. Luxembourg. Publications Office of the European Union.



# 6. Inventarizace a inventarizační analýza

Miroslava Kovářová

Vladimír Sedlařík

ADAPT UTB: Adaptabilní, Digitální, Agilní, Progresivní,

Transformace UTB ve Zlíně, reg. č.

NPO\_UTB\_MSMT-16585/2022

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Centrum polymerních systémů

# Co se dnes můžu dozvědět:



- Sběr dat je jednou z nejdůležitějších a nejdéle trvajících částí inventarizace životního cyklu
- Referenční tok řídí konstrukci celého produktového systému – modelu LCI
- Při konstrukci modelu je třeba obezřetně pracovat s multifunkčními systémy
- Kvalita dat a jejich kontrola je velmi důležitá

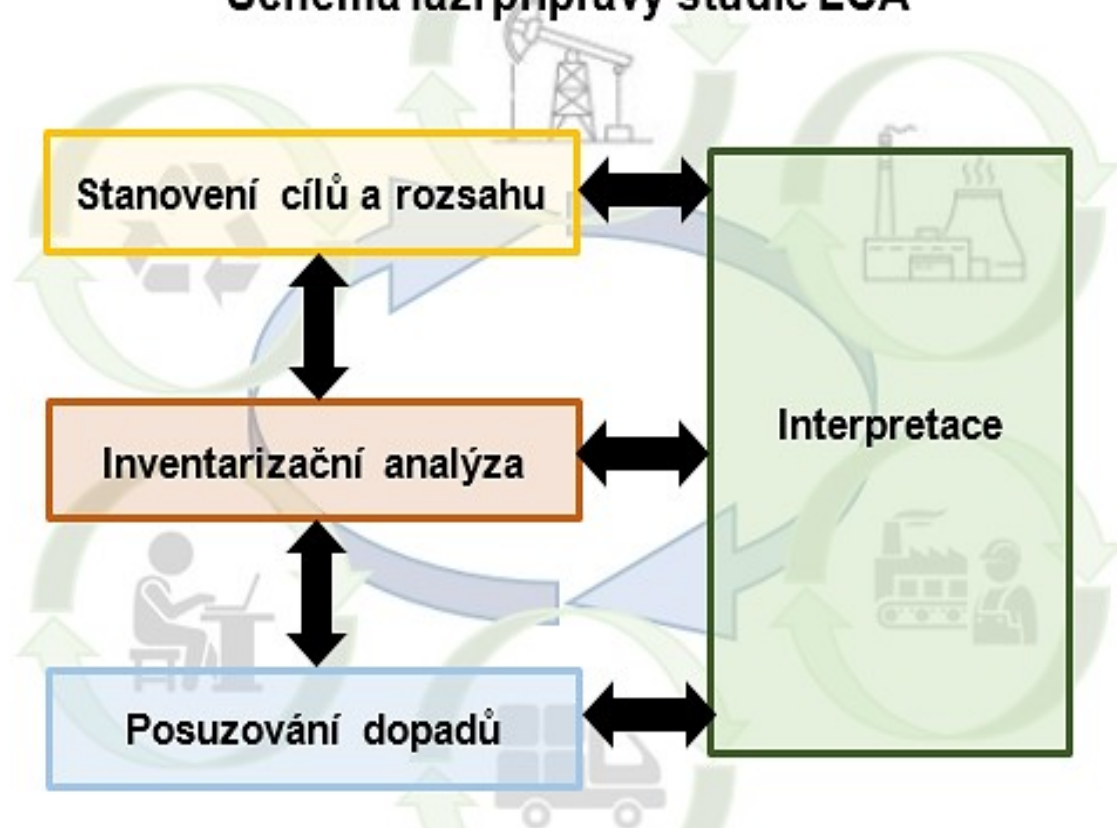


# Možná si pamatujete z dřívějška:

## 4 fáze přípravy studie LCA

- Definice cíle a rozsahu
- **Inventarizační analýza (LCI)**
- Posuzování dopadů (LCIA)
- Interpretace

Schéma fází přípravy studie LCA



**LCI/LCI analysis = Life Cycle Inventory/Life Cycle Inventory analysis =**  
inventarizace životního cyklu = inventarizační analýza životního cyklu

# Inventarizace a inventarizační analýza – jak postupovat

Šest kroků, jak provést analýzu LCI s využitím iteračního přístupu:

1. Určení procesů pro model LCI
2. Plánování a sběr dat
3. Konstrukce a kontrola kvality jednotkových procesů
4. Konstrukce modelu LCI a výpočet výsledků LCI
5. Příprava podkladů pro řízení nejistot a analýzu citlivosti
6. Podávání zpráv

Dva přístupy k modelování LCI:

- Procesní přístup (nazývaný také přístupem zdola nahoru) – využívá znalosti průmyslových procesů fyzikálních toků (spojujících procesy) účastnících se životního cyklu
- Environmentálně rozšířená analýza vstupů a výstupů (EEIO – Environmentally Extended Input–Output Analysis) nazývaná přístupem shora dolů – inventarizace životního cyklu produktu modelována z makroekonomické perspektivy = kombinace informací o elementárních tocích spojených s určitou jednotkou ekonomické aktivity v různých odvětvích, s národními statistikami o obchodu s výrobky a službami mezi odvětvími

# Inventarizace a inventarizační analýza

## Určení procesů pro model LCI

- ❖ V návaznosti na fázi definování rozsahu studie LCA (byly určeny hranice systému a identifikovány zahrnuté procesy) + požadavek úplnosti = **podrobné znázornění produktového systému se všemi procesy a toky mezi nimi jak v popředí** (hlavní systém, údaje ze sběru dat), tak v pozadí (procesy z databází)
- ❖ Při identifikaci procesů je třeba postupovat systematicky **od funkční jednotky a referenčního toku** přes přímé vstupy tohoto ústředního procesu až po procesy a toky spojené s podpůrnými službami

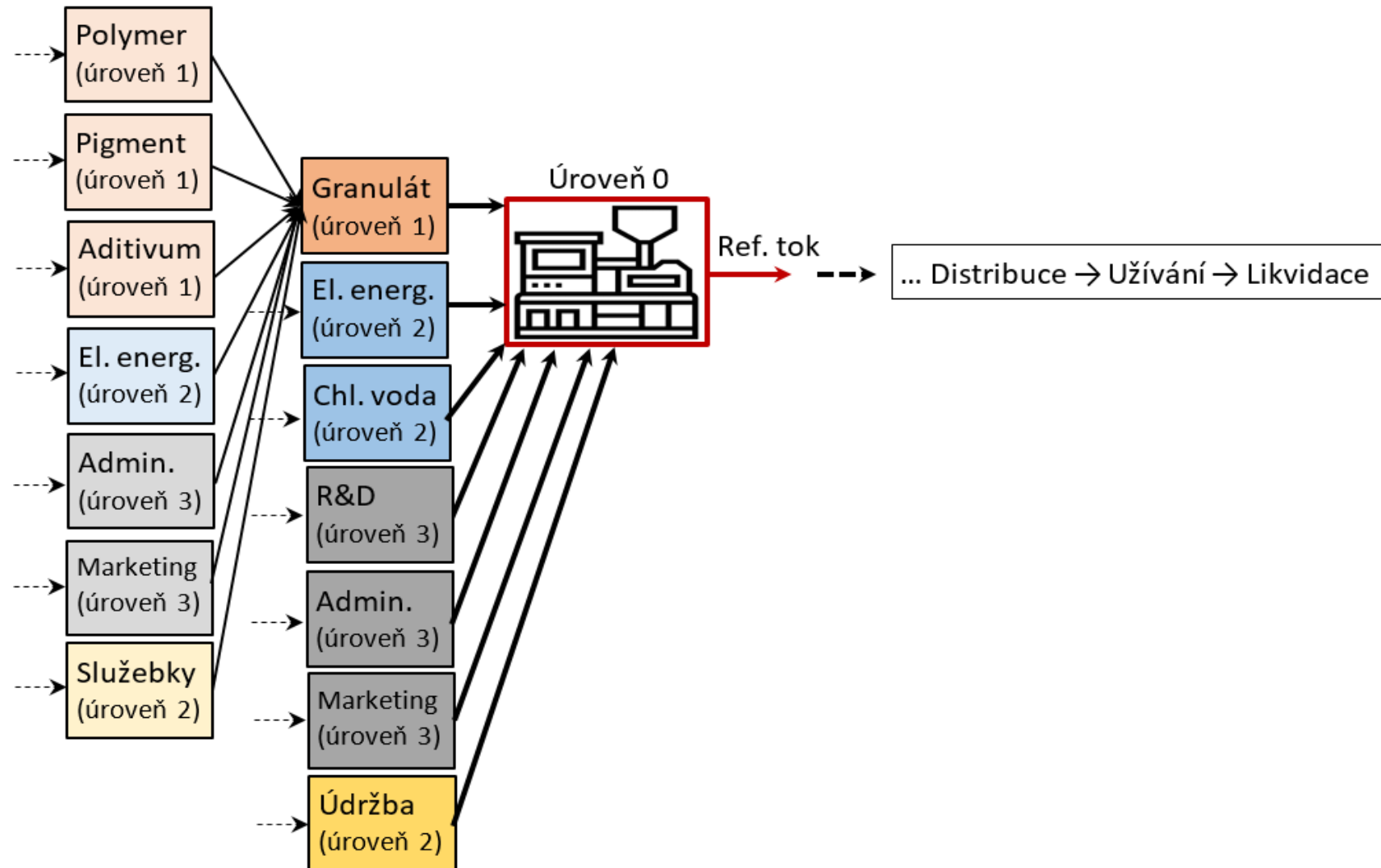
***Při strukturování postupu identifikace procesů může pomoci doporučení ILCD*** (tento postup není závazný):

- Identifikace procesu úrovně 0 = **jednotkový proces, který má referenční tok jako výstup** produktu (v případě více retenčních toků – více jednotkových procesů úrovně 0)
- Identifikace procesů úrovně 1 = procesy potřebné k zajištění toků, které budou **fyzicky obsaženy v referenčním toku** (např. materiálové vstupy)
- Identifikace procesů úrovně 2 = procesy potřebné k dodání toků, které plní **podpůrnou funkci** pro proces úrovně 0 (nejsou fyzicky obsaženy ve výstupu – např. energie)
- Identifikace procesů úrovně 3 = procesy potřebné k **poskytování služeb** procesům úrovně 0 (administrativa, ostraha, marketingové a právní služby atd.)
- Identifikace procesů úrovně 4 = procesy potřebné k **vytvoření a údržbě infrastruktury**, která umožňuje realizaci procesů úrovně 0 (výroba, údržba, oprava zařízení, služební cesty, dojíždění zaměstnanců atd.)

# Inventarizace a inventarizační analýza

## Určení procesů pro model LCI

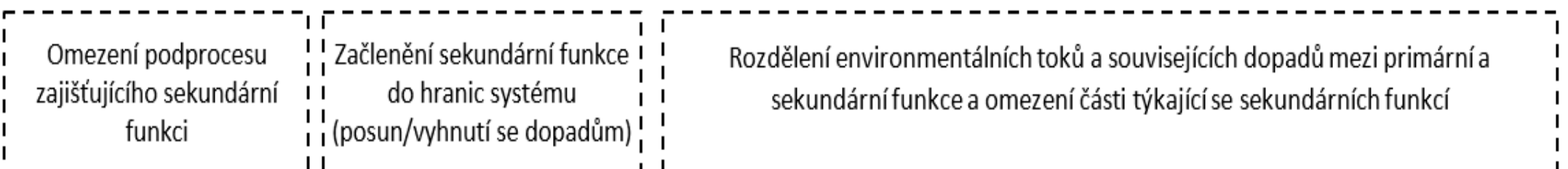
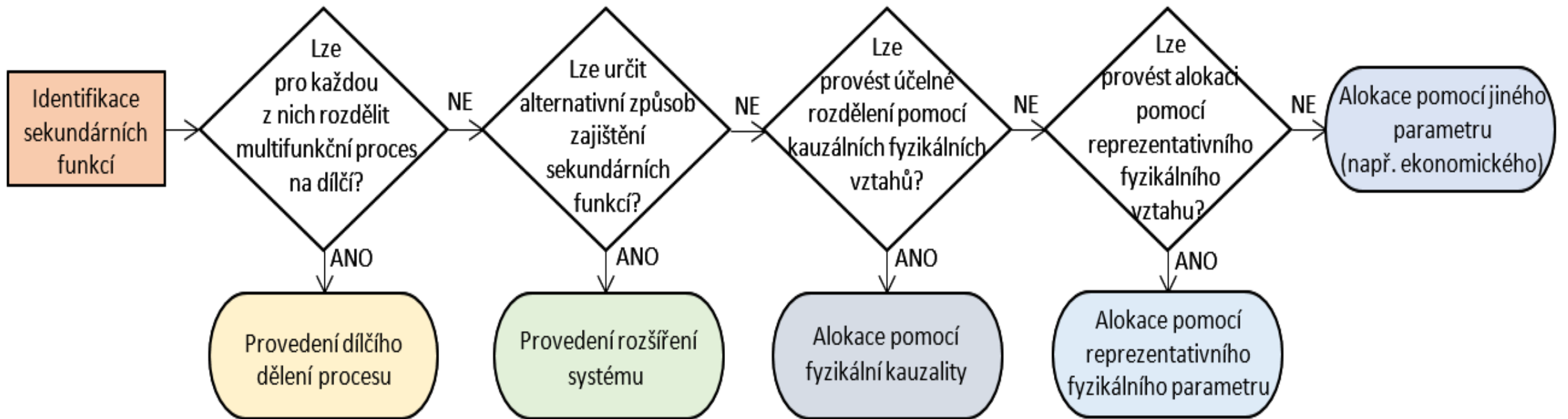
- Po identifikaci procesů úrovně 1 až 4 patří k procesu úrovně 0 (referenčnímu toku), **se postup opakuje pro každý z procesů**
- Obdobně identifikovat i procesy navazující = **použití a likvidace**
- Postup se opakuje do dokončení systému v popředí, aby byl **propojen s procesy z databáze LCI systému v pozadí**
- Mnoho procesů úrovně 3 a 4 bude z modelu LCI vynecháno = jejich individuální příspěvek k výsledku bude nevýznamný
- Zároveň je třeba **identifikovat všechny multifunkční procesy**



# Možná si pamatujete z minula:

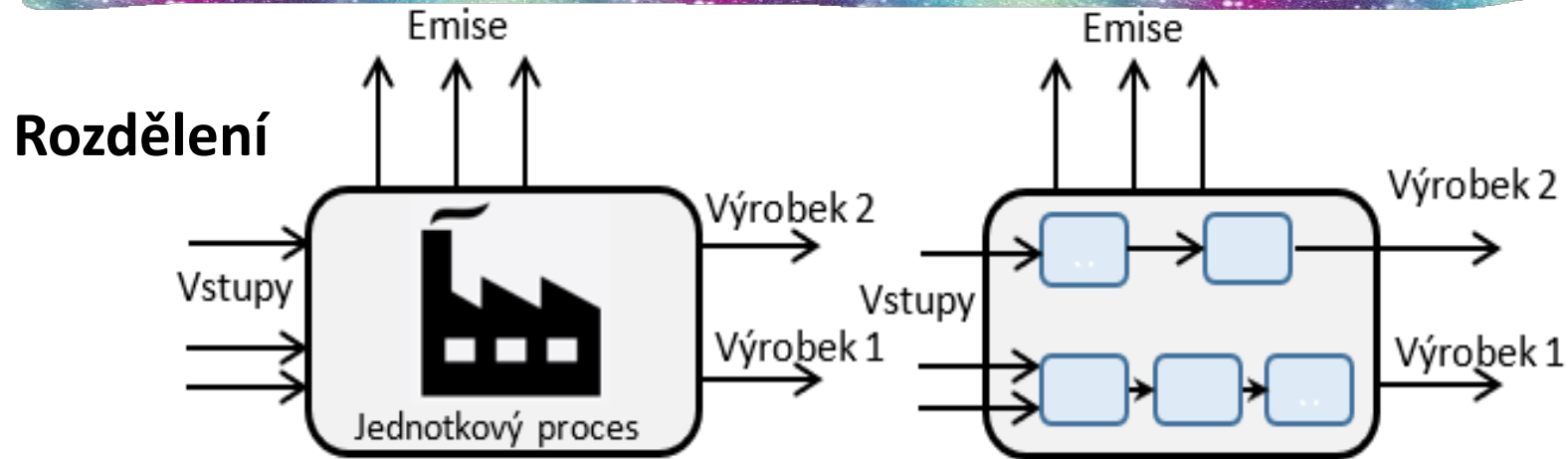
## Zpracování multifunkčních procesů

Rozdělení → rozšíření → alokace



# Inventarizace a inventarizační analýza

## Určení procesů pro model LCI – multifunkční procesy



Některé procesy (zejména úrovně 3) však zřejmě rozdělit nepůjde – např. osvětlení pracoviště, vytápění, administrativa...

**Rozšíření** systému redukcí multifunkčnosti systémů s více produkty na systémy s jedním produktem odečtením vyloučených zátěží souvisejících s koprodukty, které jsou alternativně vyrobeny někde jinde v technosféře

Vyloučený proces je pak modelován pomocí *tržního mixu* (v případě, že při vyloučení procesu nedojde ke strukturálním změnám nebo změnám interakcí systémů = situace A a C1) nebo pomocí *mezních dat* (situace B = dochází ke strukturální změně)

# Inventarizace a inventarizační analýza

## Určení procesů pro model LCI - alokace

**Alokace** = rozdělení vstupů a výstupů multifunkčního procesu/systému mezi různé produkty nebo funkce systému (rozděluje materiálové a energetické toky a environmentální dopady mezi jednotlivé funkce produktového systému)

Hierarchie alokačních postupů:

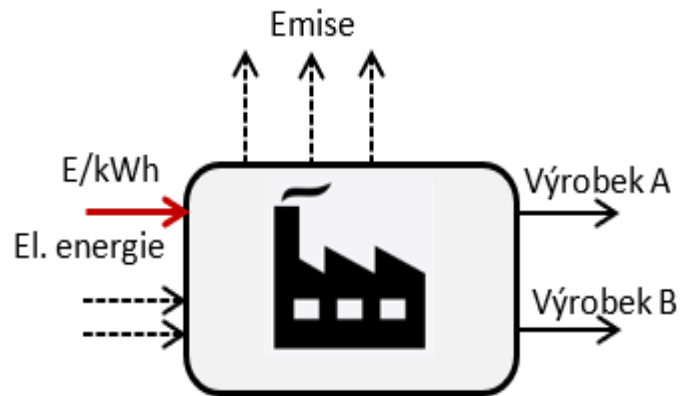
1. Alokace založená **příčinném** fyzikálním vztahu
2. Alokace založená na společném reprezentativním fyzikálním **parametru**
3. Alokace založená na **ekonomické** hodnotě

Alokaci energetického nebo materiálového toku mezi různé procesy popisuje **alokační faktor AF** – např. materiálový tok  $m$  je rozdělen mezi procesy A a B v poměru 35 % : 65 % → alokační faktory toku  $m$  budou mít hodnoty:  $AF_m(A) = 0,35$  a  $AF_m(B) = 0,65$

# Inventarizace a inventarizační analýza

## Určení procesů pro model LCI - alokace

1. Přístup založený na příčinném fyzikálním vztahu → pokud lze měnit poměr mezi množstvím koproduktů



80 % spotřeby elektřiny (energetického toku E) připadne na produkci výrobku A ( $10 \text{ t} \cdot 800 \text{ kWh/t} : 1000 \text{ kWh}$ ) → alokační faktor  $AF_E(A)=0,8$

Tento AF nelze bez rozmyslu aplikovat na ostatní toky (např. spotřebu tepla nebo produkci emisí  $\text{NO}_x$ ), u nichž mohou být odlišné příčinné fyzikální vztahy

Časy	A	B	E	Spotřeba energie na produkt A (B) je $a$ kWh/t ( $b$ kWh/t)
$t_1$	10 t	20 t	10000 kWh	$\rightarrow 10a + 20b = 10000$
$t_2$	10 t	40 t	12000 kWh	$\rightarrow 10a + 40b = 12000$
				$a = 800 \text{ kWh/t}$ $b = 100 \text{ kWh/t}$



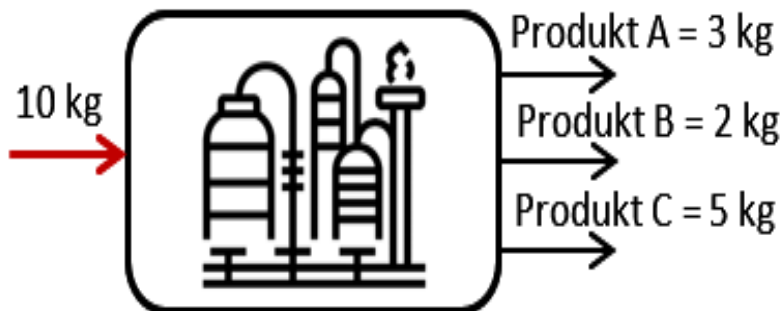
# Inventarizace a inventarizační analýza

## Určení procesů pro model LCI - alokace

2. Přístup založený na společném reprezentativním fyzikálním parametru → pokud koprodukty, jejichž poměr nelze změnit, plní podobnou funkci

Př.: *frakční destilace ropy* → koprodukty s podobnou funkcí = **paliva** (rafinérské plyny, benzín, nafta, petrolej, topný olej a mazut) = vhodným reprezentativním fyzikálním parametrem exergie (lze interpretovat jako maximální užitečnou práci) ← **výhřevnost** nalezneme v tabulkách/poměr jednotlivých koproduktů z výroby

Alokace podle reprezentativního fyzikálního parametru není ideální → paliva = podobná funkce, ale může letadlo letět na mazut?



	A	B	C	Celkem
Množství (kg)	3	1	6	10
Parametr (U/kg)	10	3	1	-
Celkem (U)	$3 \cdot 10$	$1 \cdot 4$	$6 \cdot 1$	40
AF + poměr (%)	$30/40 = 0,75$	$4/40 = 0,10$	$6/40 = 0,15$	75/10/15 %

# Inventarizace a inventarizační analýza

## Určení procesů pro model LCI - alokace

**3. Přístup založený na ekonomické hodnotě** → relativně snadno proveditelný díky dobré dostupnosti údajů o cenách zboží a služeb – **informace o cenách:**

- lze získat **od společnosti** provozující daný multifunkční proces
- lze zjistit **tržní ceny**
  - ❖ v případě globálního trhu **z burzy**, např. trh s některými kovy
  - ❖ přímý trh neexistuje = před prodejem musí být produkt dále zpracován → **stínová cena**

Př.: *zpracování obilí* = koprodukty zrno a sláma, sláma musí být před prodejem slisována do balíků → od ekonomické hodnoty slámy je třeba odečíst náklady zemědělce na slisování slámy → *stínovou cenu* neslisované slámy

- Cena většiny zboží a služeb je v různé míře nestálá → doporučení vypočítat **průměrné hodnoty** za období, které je relevantní pro časový rozsah studie
- Alokace podle ekonomické hodnoty je v hierarchii alokací až polední možností, v praxi je však široce používána ← jiná alokace není možná vzhledem k povaze multifunkčního procesu nebo vzhledem k nedostatku potřebných informací pro určení fyzikálního vztahu

# Inventarizace a inventarizační analýza

## Určení procesů pro model LCI – alokace ve vztahu k recyklaci

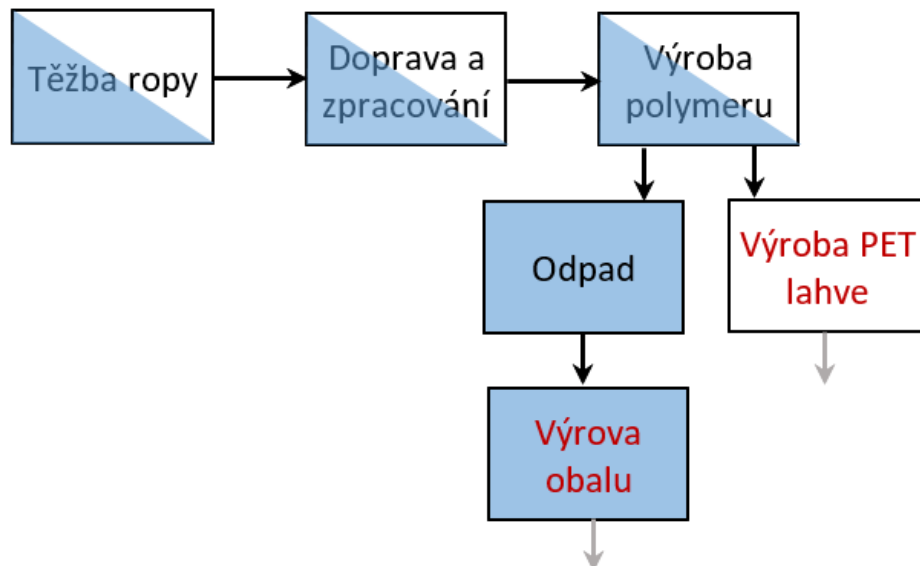
**Interní recyklace** – nepovedené výrobky se vracejí zpět do výroby → týž produkt (materiály neztrácející na kvalitě = kovy, sklo) → alokace není potřebná = produktový systém se rozšíří o proces vytrídění vadných výrobků

**Externí recyklace** – materiál původního výrobku je zpracován na jiný výrobek → otevřená/s paralelními toky

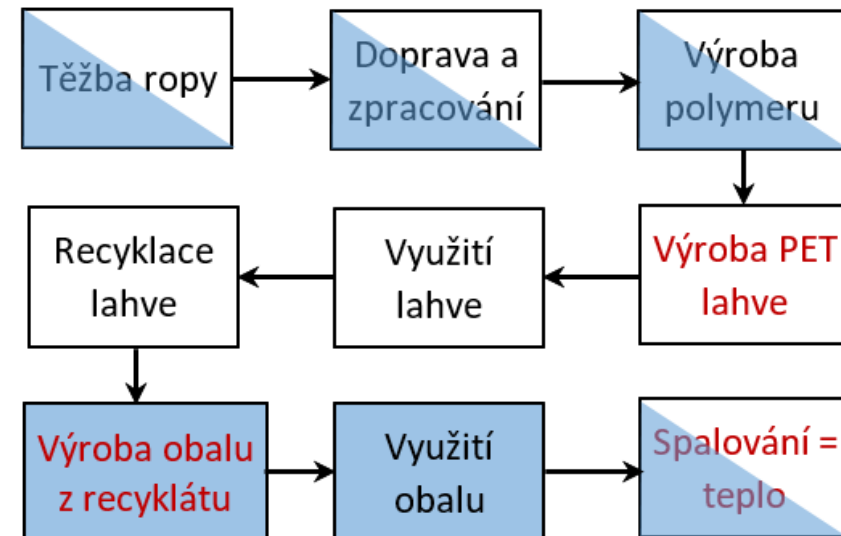
### Jak naložit s environmentálními dopady (ED) = jak alokovat?

- Vztáhnout ED získávání surovin jen k primárnímu materiálu či alokovat i k produktu z recyklovaného materiálu?
- Vztáhnout ED související s odstraňováním recyklovaného produktu k původnímu produktu, produktu z recyklovaného materiálu či alokovat mezi oba?

Externí recyklace s paralelními toky

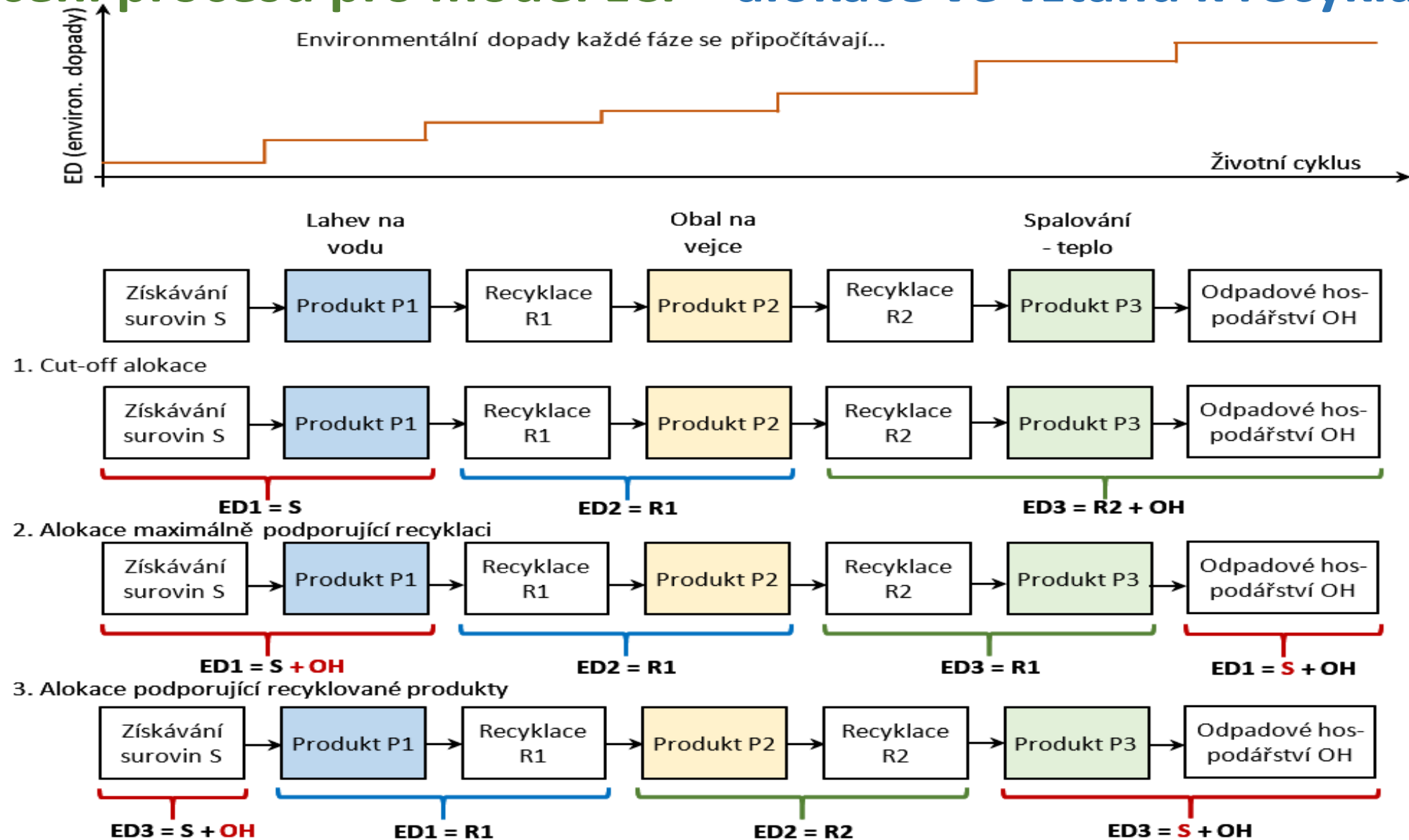


Otevřená externí recyklace



# Inventarizace a inventarizační analýza

## Určení procesů pro model LCI – alokace ve vztahu k recyklaci



# Inventarizace a inventarizační analýza

## Určení procesů pro model LCI – alokace ve vztahu k recyklaci

- Rozšíření hranice systému pomocí **aproximace otevřené externí recyklace uzavřenou interní recyklací**

Environmentální dopady se rozdělí rovným dílem

$$ED1 = ED2 = ED3 \rightarrow ED = S/3 + (R1 + R2)/3 + OH/3$$

Použitelné především pro materiály, jejichž kvalita se během recyklace mění minimálně (např. kovy, sklo)

- Alokace v závislosti na **poklesu kvality recyklovaného materiálu**

Kvalita materiálu  $Q(n) = \langle 0 \rightarrow 1 \rangle$

$$ED1 = [Q1/(Q1+Q2+Q3)] \times (S+R1+R2+OH)$$

$$ED2 = [Q2/(Q1+Q2+Q3)] \times (S+R1+R2+OH)$$

$$ED3 = [Q3/(Q1+Q2+Q3)] \times (S+R1+R2+OH)$$

I alokaci recyklací lze provést s přihlédnutím k ekonomické hodnotě produktů

Poznámka: alokovat je třeba i **režie** – celková spotřeba elektrické energie, komunální odpad podniku, zábor půdy, CO<sub>2</sub> z vytápění atd.

# Inventarizace a inventarizační analýza

## Určení procesů pro model LCI – důsledková studie LCA

V souvislosti se zpracováním multifunkčních procesů je třeba zmínit, že **konsekvenční** (důsledková) **LCA/LCI** řeší multifunkcionalitu **vždy rozšířením systému** (pokud není možné rozdělení), na rozdíl od atributivního přístupu, který jsme zvažovali dosud

Důsledková a atributivní LCI bude zahrnovat různé procesy:

- **Atributivní** – zahrnuje procesy, které vytvářejí posuzovaný produkt a doprovázejí jej od kolébky do hrobu a sleduje jejich dopad na ŽP
- **Konsekvenční** – zahrnuje procesy, které jsou změněny rozhodnutím spojeným s rozhodnutími vztahujícími se k posuzovanému výrobku

Příklad: posuzovaným výrobkem je plastový kelímek

# Inventarizace a inventarizační analýza

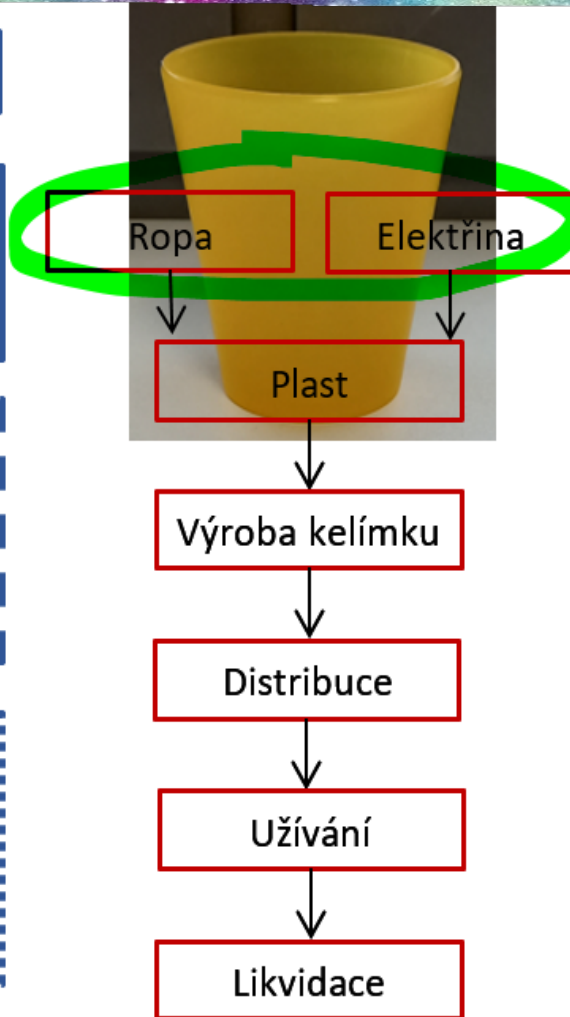
## Určení procesů pro model LCI – důsledková studie LCA

### Atributivní LCI

Dopad kelímku ve všech fázích životního cyklu na ŽP

Ropa – těžba = kde, jak, vstupy, dopady + doprava = čím, jak daleko, dopady...

Spotřebovanou elektřinu vyrábějí všichni dodavatelé v závislosti na jejich podílu na trhu (průměrný energetický mix)



### Důsledková LCI

Dopad rozhodnutí koupit si kelímek na ŽP

Ropa\* - výroba kelímku = zvýšení poptávky = růst ceny ⇒ snížení spotřeby + hledání náhrady = zemní plyn  
zvýšení poptávky po ropě v důsledku zvýšení poptávky po plastových kelímcích ⇒ zvýšení produkce zemního plynu

**Do LCI vstupuje těžba zemního plynu**

Nákladově nejefektivnější výrobci elektřiny již jedou na plný výkon (jaderné elektrárny) – zvýšení poptávky po elektřině = elektrárny s dražším provozem budou vyrábět ve špičce (plynové elektrárny)  
**Do LCI zahrnutí okrajových výrobců** (změna své nabídky v důsledku malých změn) **v provozu ve špičce**



\* Předpoklad – těžba ropy je na maximu, dále se nebude zvyšovat

# Inventarizace a inventarizační analýza

## Určení procesů pro model LCI – důsledková studie LCA

### Atributivní LCI

na základě znalostí o výrobku a jeho částech:

- Znalost výroby plastového kelímku (včetně vstupních materiálů a surovin)
- Znalost užívání (včetně dopravy/distribuce)
- Znalost o likvidaci

### Důsledková LCI

na základě technických **znalostí o výrobě, používání a likvidaci** + **znalostí o reakci trhu** na zvýšení/snížení poptávky a nabídky.

*Tři úkoly důsledkové LCI:*

- Zjistit, zda zvýšení/snížení poptávky po produktu skutečně povede k odpovídajícímu zvýšení/snížení nabídky produktu.
- Určit, která výrobní technologie bude ovlivněna změnou nabídky produktů – s největší pravděpodobností to nebude průměr výrobních technologií na trhu, spíše jedna nebo několik málo technologií působících na okraji.
- Určit, který výrobek nahradí který. To je důležité při změně poptávky po výrobku, jehož výroba je omezená (např. ropa) – relevantní i pro řešení procesů s více výstupy, kde jde o určení produktu, který bude ovlivněn (nahradí nebo bude nahrazen) koproduktem z procesu s více výstupy.



# Inventarizace a inventarizační analýza

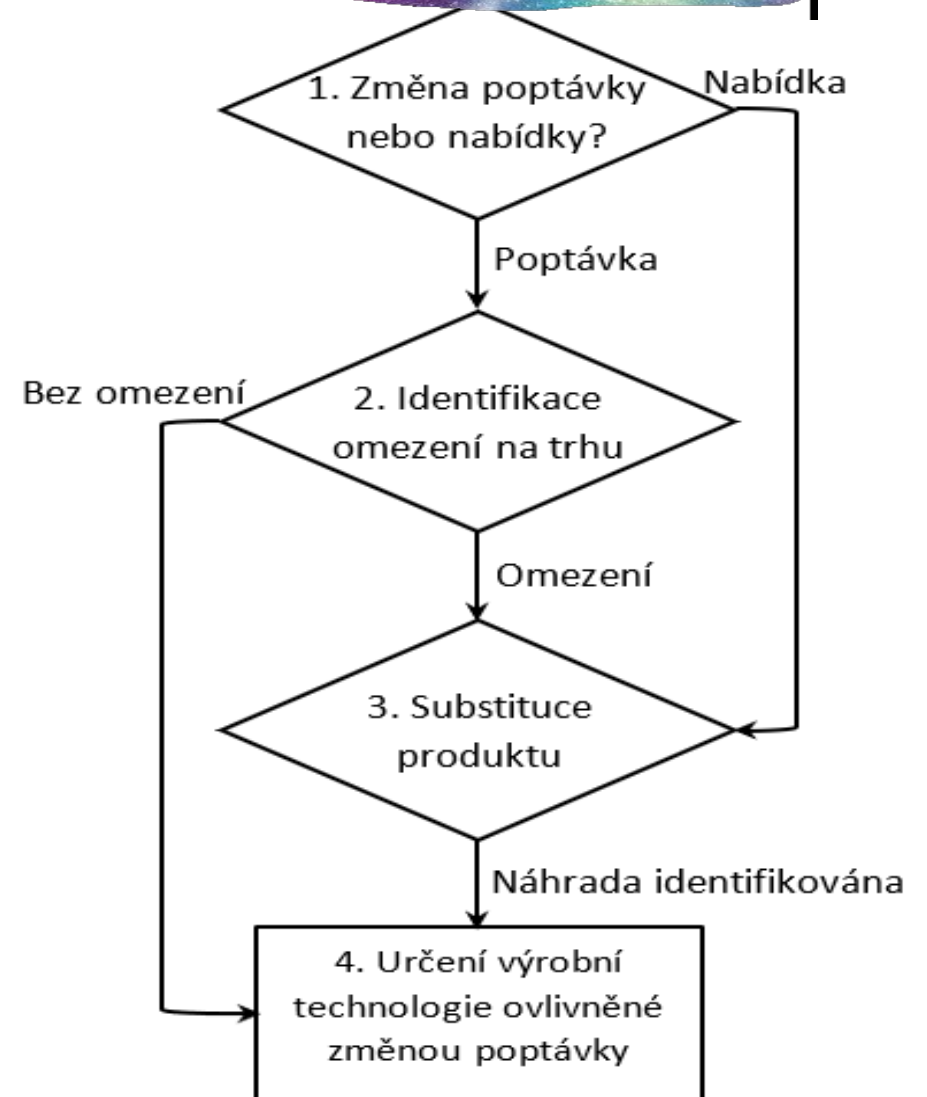
## Určení procesů pro model LCI – důsledková studie LCA

Konsekvenční LCA má za cíl zodpovědět otázku:

Jaké budou **důsledky** pro životní prostředí,  
**pokud ...?**

= Co se **změní** ve výrobě produktu, pokud  
**poptávat/nabídka** po něm **vzroste/klesne?**

⇒ obecný přístup k identifikaci procesů, které je třeba zahrnout do modelování produktového systému spočívá v opakovaném kladení zmíněné otázky pro každý krok před a za referenčním tokem dokud nejsou zahrnuty všechny změny = čtyřkrokový postup identifikace ovlivněných procesů





# Inventarizace a inventarizační analýza

## Plánování a sběr dat

**Reprezentativnost údajů** → co si představit pod kategoriemi velmi vysoká až velmi nízká

- *Velmi vysoká* = měřeno přímo na konkrétním místě procesu nebo převzato z měření
- *Vysoká* = odvozeno z měření na konkrétním místě procesu pomocí modelování
- *Střední* = proces z databáze LCI nebo údaje z literatury specifické pro aktuální proces (př. podle standardu nejlepší dostupné technologie (BAT) nebo průměru země; specifičnost lze zlepšit úpravou procesu pomocí údajů specifických pro dané místo
- *Nízká* = obecný proces z databáze LCI nebo údaje z literatury, např. zahrnující kombinaci technologií v dané zemi nebo regionu
- *Velmi nízká* = úsudek odborníka nebo specialisty na LCA

Proces/údaj	Specifičnost					Typ	Zdroj	Dostupnost
	Velmi vysoká	Vysoká	Střední	Nízká	Velmi nízká			
Proces A				x		jedn. proces	ecoinvent	databáze
Tok b		x				kg/rok	literatura	hledání online
Emise e	x					koncentrace	proc. inženýr	dotazník

# Inventarizace a inventarizační analýza

## Plánování a sběr dat

Získávání údajů → co znamenají **kategorie typ**, zdroj a dostupnost

### ➤ Typ dat

- *Kompletní jednotkový proces* = Zahrnuje všechny toky vztažené na jednotku referenčního toku procesu
- *Individuální tok do/z procesu za jednotku času* =  $X \text{ kg/rok}$ , zahrnuje elementární toky a jiné typy toků
- *Technické nebo geografické parametry* = Procesní tlak, teplota, pH půdy, srážky
- *Koncentrace* =  $X \text{ g/m}^3$  spalin nebo odpadní vody k čištění
- *Množství výrobků nakoupených za rok* =  $X \text{ kg}$  oceli stanovené jakosti (tj. materiálový tok do procesu)
- *Charakteristiky použití* = Teplota praní prádla, způsob jízdy automobilu
- *Statistiky odvětví* = Průměrné údaje za odvětví
- *Celohospodářské statistiky* = Data o infrastruktuře, obchodu atp.

Proces/údaj	Specifičnost					Typ	Zdroj	Dostupnost
	Velmi vysoká	Vysoká	Střední	Nízká	Velmi nízká			
Proces A				x		jedn. proces	ecoinvent	databáze
Tok b		x				kg/rok	literatura	hledání online
Emise e	x					koncentrace	proc. inženýr	dotazník

# Inventarizace a inventarizační analýza

## Plánování a sběr dat

Získávání údajů → co znamenají **kategorie** typ, **zdroj** a dostupnost

### ➤ Zdroj dat

#### *Interní odborníci zadavatele*

- Procesní inženýři = Údaje o toku interních procesů
- Oddělení nákupu = Údaje o dodavatelích
- Výzkum a vývoj/design = Údaje o koncepcích výrobků, které ještě nebyly uvedeny na trh

#### *Externí odborníci zadavatele*

- Výzkumní pracovníci = Odborníci v příslušné technologické oblasti
- Konzultanti = Osoby s dlouholetými zkušenostmi s prováděním podobných studií
- Zástupci odvětví = Osoba s širokým přehledem o příslušném odvětví

#### *Veřejné zdroje*

- Ostatní studie LCA = Akademická literatura, zprávy zadané společnostmi
- Databáze LCI = ecoinvent, LCAfood
- Modely LCI = PestLCI
- Zprávy o společenské odpovědnosti firem = Zmínky o klíčových environmentálních údajích
- Zprávy a databáze průmyslových sdružení = Objem produkce, průměrné elementární toky
- Právní dokumenty = Podrobnosti o nejlepších dostupných technologiích, regulační prahové hodnoty
- Národní nebo nadnárodní statistické agentury = Mixy zpracování odpadu, dopravy, energie atd.
- Spotřebitelské organizace = Průměrná životnost výrobků

# Inventarizace a inventarizační analýza

## Plánování a sběr dat

Získávání údajů → co znamenají **kategorie** typ, zdroj a **dostupnost**

### ➤ Dostupnost údajů

- *Online vyhledávání* = Google, databáze, webové stránky
- *Dotazník* = Zaměstnanci zadávající společnosti nebo dodavatelé
- *Přímý dialog* = Fyzické návštěvy na místě, e-mailový nebo telefonický kontakt
- *Shromažďování informací z první ruky zpracovatelem LCA* = Měření na místě pomocí vlastního zařízení

Proces/údaj	Specifičnost					Typ	Zdroj	Dostupnost
	Velmi vysoká	Vysoká	Střední	Nízká	Velmi nízká			
Proces A				x		jedn. proces	ecoinvent	databáze
Tok b		x				kg/rok	literatura	hledání online
Emise e	x					koncentrace	proc. inženýr	dotazník

# Inventarizace a inventarizační analýza

## Plánování a sběr dat



Pro samotný **sběr dat** je vhodné opět využít/vytvořit si formuláře, v nichž budou přehledně **roztříděna veškerá data** k jednotlivým jednotkovým procesům a tokům. Je možné využít např. zatřídění do skupin:

- Vstupy – energetické, surovinové, pomocné či ostatní fyzikální vstupy
- Výstupy – produkty, koprodukty, odpad
- Emise – do vzduchu, vody, půdy
- Ostatní environmentální aspekty

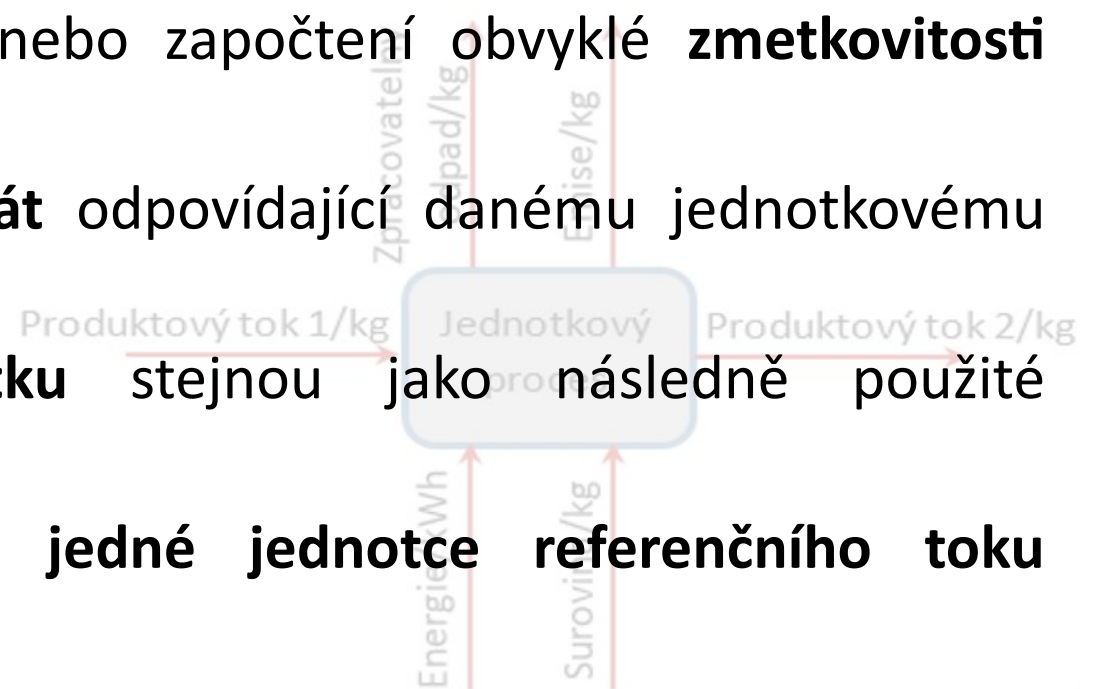
Norma ISO 14044 nabízí několik **vzorů formulářů** využitelných pro sběr dat  
→ je možné je kombinovat s formuláři pro plánování sběru dat

# Inventarizace a inventarizační analýza

## Konstrukce a kontrola kvality jednotkových procesů

Shromážděná **data** by měla dokonale **charakterizovat celý produkční řetězec** od přípravné fáze přes provoz (výrobu) až po čištění nebo údržbu spojenou s produkčním cyklem

- Nesmí se zapomenout ani na **ztráty** nebo započtení obvyklé **zmetkovitosti** (průměr z delšího období)
- Veškeré údaje musí mít správný **formát** odpovídající danému jednotkovému procesu – musí mít **formu toků**
- Elementární toky musí mít **jednotku** stejnou jako následně použité charakterizační faktory (často kg)
- Všechny toky musí být **vztaženy k jedné jednotce referenčního toku** jednotkového procesu
- Jednotkové procesy z databází LCI mají vždy správnou jednotku





# Inventarizace a inventarizační analýza

## Konstrukce a kontrola kvality jednotkových procesů

Konstrukce jednotkových procesů  $\leftrightarrow$  kontrola neúplnosti a chyb v hodnotách toků

### Ověření úplnosti toků:

- Znalost **podobných procesů** může pomoci identifikovat potenciálně chybějící toky (z předchozí studie vím, že odpadní voda z papírny vždy obsahuje chlor – proč tady žádný není?)
- Znalost povahy **fyzikální přeměny** v procesu může napovědět, jaké emise nebo toky odpadů k úpravě mohou chybět (spalování vždy znamená uvolnění  $\text{NO}_x$  – proč mi chybí v emisích z tohoto procesu?)
- Kvalitativní **srovnání vstupních a výstupních toků** může ukázat, zda existuje nesoulad mezi prvky vstupujícími do procesu a prvky vystupujícími z procesu (proč mám v emisích z procesu rtuť, když mi do něj nevstupuje? – spaluji uhlí a tam je obsažena)

# Inventarizace a inventarizační analýza

## Konstrukce a kontrola kvality jednotkových procesů

### Ověření kvantity toků:

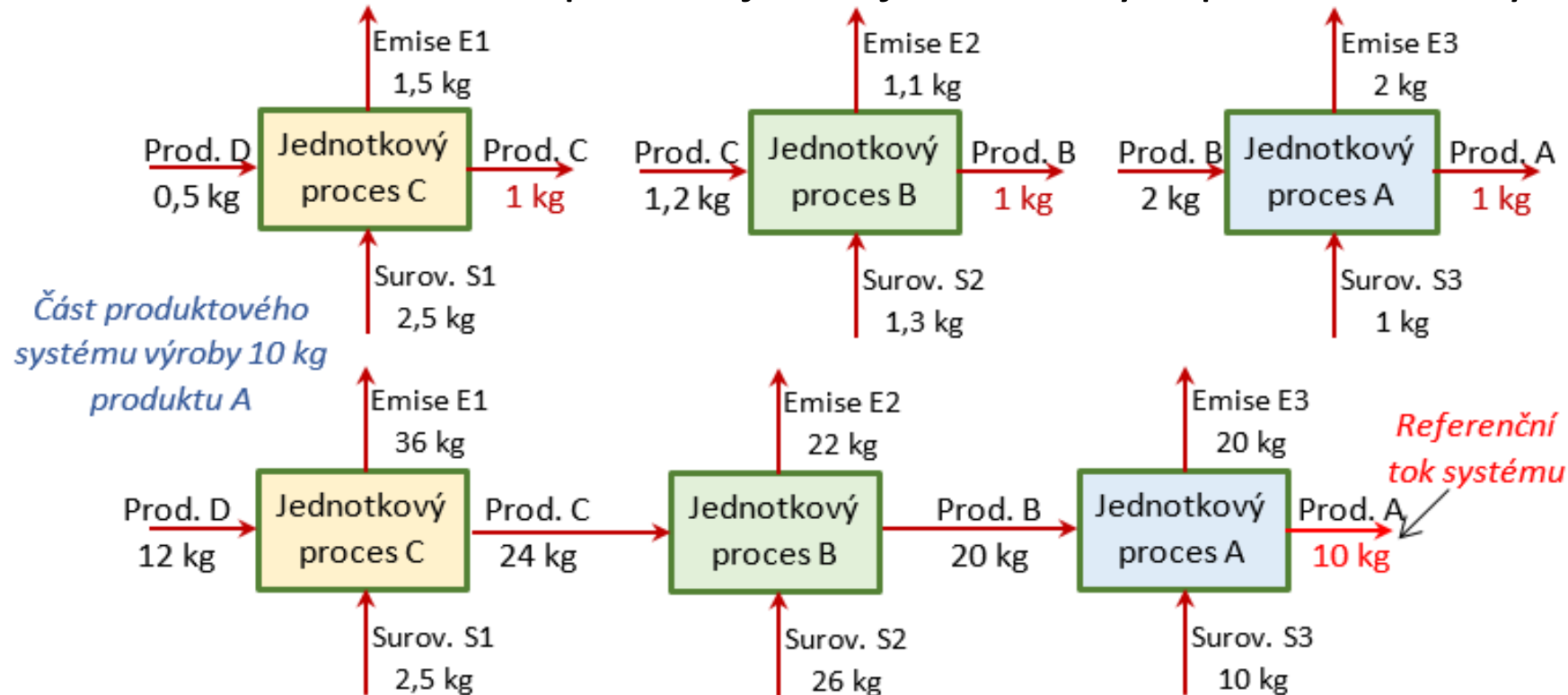
- Validace na základě **hmotnostní bilance** (platí zákon zachování hmotnosti, je-li chyba v řádu, je pravděpodobné, že nejsou správně převedené jednotky)
- Pokud proces zahrnuje chemickou reakci/reakce, lze validovat na základě **stechiometrie**
- Validace porovnáním s **externími informacemi** – s obdobnými procesy nebo se **zákonnými limity** (např. pro emise – řádové rozdíly napovídají, že došlo k chybě)
- Validace může být podpořena **první iterací LCIA** – identifikace toku/toků s největším příspěvkem (např. příspěvek k dopadu z jediného elementárního toku jediného jednotkového procesu 99,9 %, mohlo dojít k chybě při přepočtu nebo zadávání do SW)
- Použití **názevů toků kompatibilních se softwarem LCA** pro správné propojení toků s jinými procesy (produktové toky) nebo charakterizačními faktory (elementární toky)

# Inventarizace a inventarizační analýza

## Konstrukce modelu LCI a výpočet výsledků LCI

Všechny jednotkové procesy včetně databázových → sestavení modelu LCI celého produktového systému

Referenční tok odvozený z funkční jednotky v definici rozsahu rozhoduje o požadovaném množství každého referenčního toku příslušejícího jednotkovým procesům v systému



# Inventarizace a inventarizační analýza

## Konstrukce modelu LCI a výpočet výsledků LCI

Modelování LCI v praxi → **software** = sestavení modelu produktového systému (jednotkové procesy propojeny produktovými toky) + propojení s dostupnými databázemi jednotkových procesů + ukládání vlastních procesů + propojení elementárních toků ve výsledcích inventarizace s příslušnými charakterizačními faktory pro posouzení dopadů životního cyklu

### Výpočet výsledků LCI = výpočet ekovektoru

- Výsledky LCI jsou **součtem elementárních toků přes všechny procesy**, které jsou součástí modelu LCI, přičemž jsou vztaženy k referenčnímu toku funkční jednotky
- Tento výpočet je v praxi opět proveden **softwarem** pro LCA
- Výsledky LCI jsou **základem** pro následnou fázi **posouzení dopadů životního cyklu** (pokud není cílem studie jen výpočet výsledků LCI)

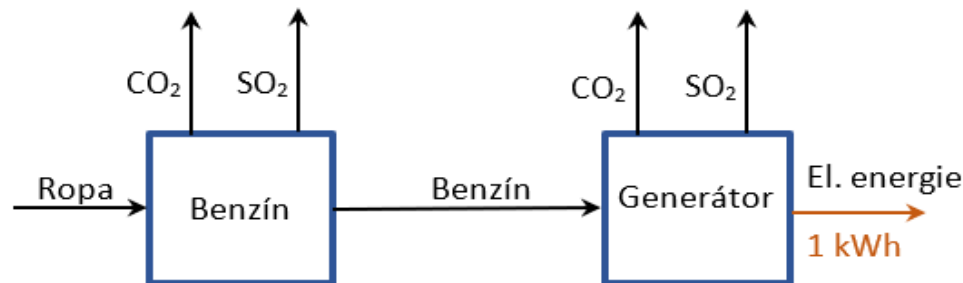
# Inventarizace a inventarizační analýza

## Konstrukce modelu LCI a výpočet výsledků LCI

**Ekovektor** je vícerozměrný lineární matematický operátor, jehož každý rozměr odpovídá elementárnímu toku, který si proces, část životního cyklu nebo produktový systém vyměňuje s prostředím

Ekovektory, jako vektorové operátory, lze zapsat pomocí matic a takto s nimi také počítat

Výroba **1 kWh** elektrické energie benzínovým generátorem



Vstupy	Ropa	500 l	Vstupy	Benzín	2 l	0,2 l
Emise	CO <sub>2</sub>	10 kg	Emise	CO <sub>2</sub>	0,1 kg	0,01 kg
	SO <sub>2</sub>	2 kg		SO <sub>2</sub>	0,01 kg	0,001 kg
Výstupy	Benzín	100 l	Výstupy	El. en.	10 kWh	1 kWh

$$V_{2m} = \begin{pmatrix} -5 \text{ l ropy} \\ 0,1 \text{ kg CO}_2 \\ 0,02 \text{ kg SO}_2 \\ 1 \text{ l benzínu} \end{pmatrix}$$

$$V_{1e} = \begin{pmatrix} -0,2 \text{ l benzínu} \\ 0,01 \text{ kg CO}_2 \\ 0,001 \text{ kg SO}_2 \\ 1 \text{ kWh el. en.} \end{pmatrix}$$

$$v_{\Sigma e} = v_{1e} + 0,2 \cdot v_{2m} = \begin{pmatrix} 0 \text{ l ropy} + 0,2 \cdot (-5 \text{ l ropy}) \\ -0,2 \text{ l benzínu} + 0,2 \cdot (1 \text{ l benzínu}) \\ 0,01 \text{ kg CO}_2 + 0,2 \cdot (0,1 \text{ kg CO}_2) \\ 0,001 \text{ kg SO}_2 + 0,2 \cdot (0,02 \text{ kg SO}_2) \\ 1 \text{ kWh el. en.} + 0,2 \cdot (0 \text{ kWh el. en.}) \end{pmatrix}$$

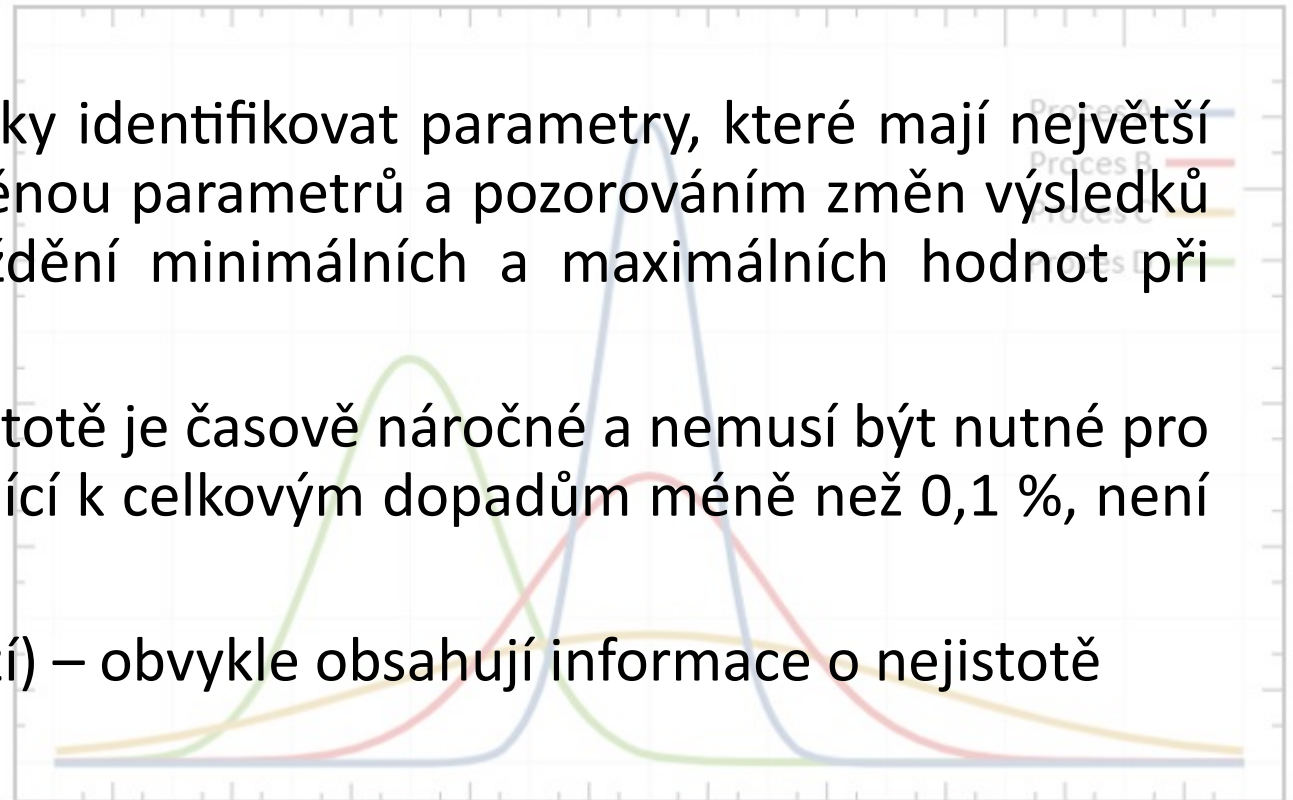
$$v_{\Sigma e} = v_{1e} + 0,2 \cdot v_{2m} = \begin{pmatrix} -1 \text{ l ropy} \\ 0,03 \text{ kg CO}_2 \\ 0,005 \text{ kg SO}_2 \\ 1 \text{ kWh el. en.} \end{pmatrix}$$

# Inventarizace a inventarizační analýza

## Příprava podkladů pro řízení nejistot a analýzu citlivosti

Analýza nejistoty a citlivosti → **informace o robustnosti závěrů studie**

- **Analýza nejistot** umožňuje kvantifikovat nejistoty konečného výsledku v důsledku nejistoty každého parametru v modelu LCI (vyžaduje statistická data o produktovém systému)
- **Analýza citlivosti** umožňuje systematicky identifikovat parametry, které mají největší vliv na výsledky LCIA → postupnou změnou parametrů a pozorováním změn výsledků s přihlédnutím k nejistotám (shromáždění minimálních a maximálních hodnot při znalosti statistického rozložení)
- Shromažďování údajů o citlivosti a nejistotě je časově náročné a nemusí být nutné pro všechny procesy ← pro proces přispívající k celkovým dopadům méně než 0,1 %, není posouzení citlivosti a nejistoty prioritou
- Pokud jde o procesy v pozadí (z databází) – obvykle obsahují informace o nejistotě



# Inventarizace a inventarizační analýza

## Podávání zpráv

Zprávy o inventarizační analýze by měly obsahovat:

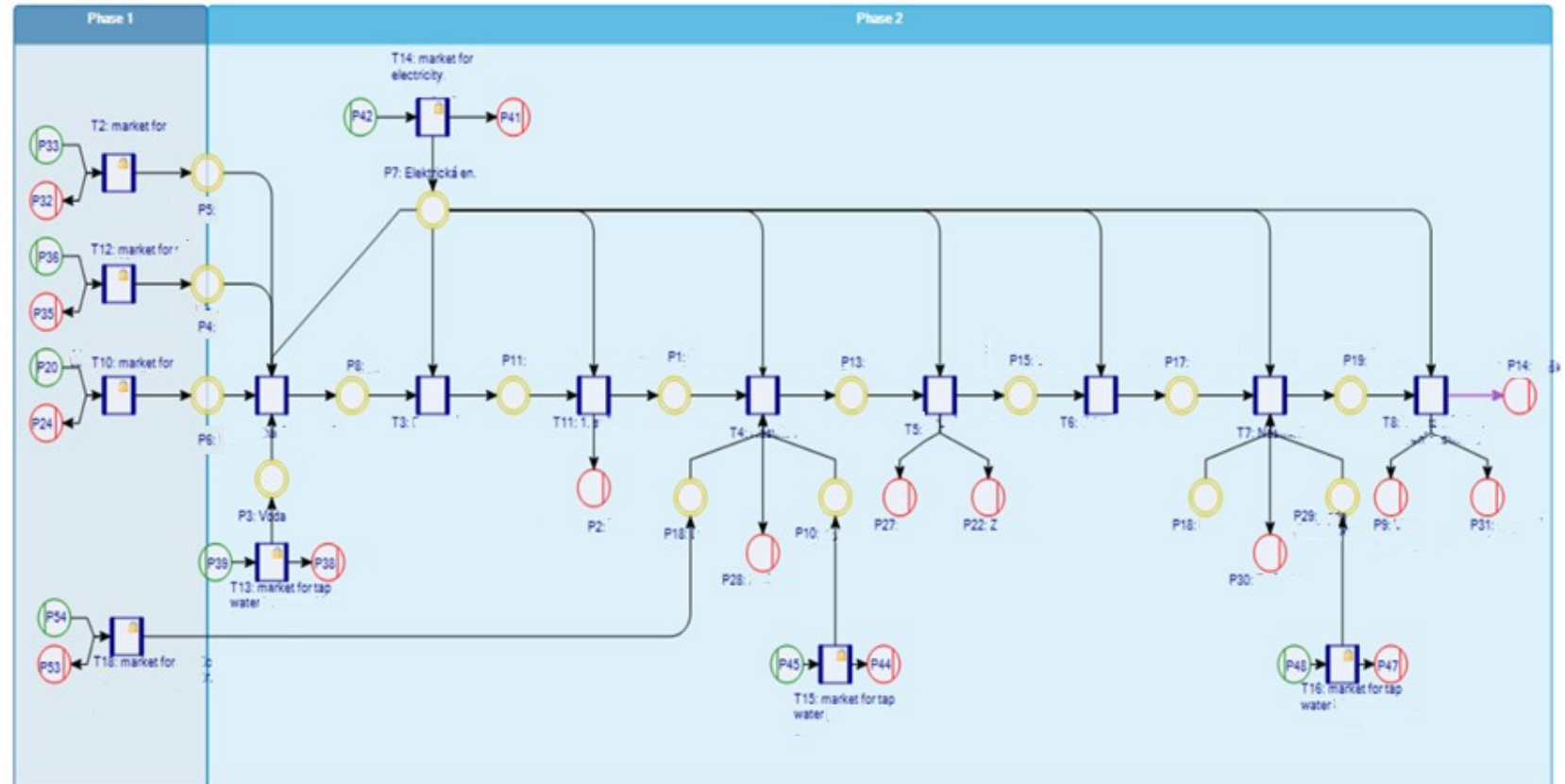
1. Dokumentace modelu LCI na úrovni systému
2. Dokumentace každého jednotkového procesu
3. Dokumentace metadat
4. Dokumentace výsledků LCI → reprodukovatelnost
5. Předpoklady pro jednotlivé fáze životního cyklu → transparentnost
6. Dokumentace dat shromážděných pro analýzu nejistoty a citlivosti → reprodukovatelnost a konzistence

# Inventarizace a inventarizační analýza

## Podávání zpráv

### Dokumentace modelu LCI na úrovni systému

- Vhodné použít **vývojový diagram** zachycující všechny **toky propojené procesy** v popředí a jejich vazby na procesy na pozadí (postačí přímé vazby)
- Každý proces i tok musí být pojmenován
- Může jít o diagram z použitého SW nebo jej lze vytvořit zvlášť
- Umístit v hlavní části dokumentu





# Inventarizace a inventarizační analýza

## Podávání zpráv

### ❖ Dokumentace každého jednotkového procesu

- Formou tabulky obsahující jednotkové procesy a toky systému popředí = název procesů a toků, velikost toků (materiály, energie, zdroje, produkty, zpracovatelné odpady, emise)
- Velikost toků vztahovat buď k referenčnímu toku procesu nebo referenčnímu toku studie, jednotka dle SW
- Vhodné uvést zdroj procesu (např. název databáze) příp. odkaz na část zprávy, kde jsou uvedeny podrobnosti o výpočtu (např. u emisí)
- Velký rozsah – ideální umístit do přílohy
- Obezřetné nakládání s utajovanými informacemi (údaje v příloze, přístupné jen zadavateli nebo ověřovatelům)

### ❖ Dokumentace metadat

- Metadata je vhodné dokumentovat v obdobné tabulce, jaká byla použita pro plánování sběru dat – podle specifičnosti, typu, zdroje a přístupu
- Řádky tabulky ideálně seskupit podle fází životního cyklu
- Klasifikaci specifičnosti je třeba slovně odůvodnit, nejen zakřížkovat
- Je vhodné vytvořit křížové odkazy mezi tabulkou s metadaty a s dokumentací jednotkových procesů

### ❖ Dokumentace výsledků LCI

- Výsledky LCI = seznam hodnot elementárních toků rozdělených na zdroje a emise
- Rozsáhlá tabulka → umístit do přílohy (kvůli čitelnosti zprávy)

# Inventarizace a inventarizační analýza

## Podávání zpráv

### Předpoklady pro jednotlivé fáze životního cyklu

- Nedostatek informací, omezený rozpočet nebo čas vytváří **omezující předpoklady**, které je třeba ve zprávě zmínit
- Obvykle – původně plánováno sesbírat údaje k určité fázi životního cyklu jako velmi specifické či specifické, nakonec mohou mít jen nízkou specifičnost
- Např. nejsou k dispozici geograficky relevantní údaje k nějakému procesu – je lepší je aproximovat daty ze sousedního státu (jen změnit např. energetický mix příslušný sledovanému území) nebo je lepší zvolit průměrnou variantu z širší oblasti (Př.: čištění odpadní vody v ČR nahradit Rakouskem nebo střední Evropou?)
- Všechny předpoklady učiněné při sběru dat a sestavování LCI modelu je třeba zdokumentovat pro každou fázi životního cyklu – je možno využít dokumentovaných metadat
- U předpokladů s vlivem na LCIA je vhodné uvést odkazy na analýzu scénářů citlivosti

# Inventarizace a inventarizační analýza

## Podávání zpráv

### Dokumentace dat shromážděných pro analýzu nejistoty a citlivosti

- **Analýzy citlivosti** → nutno jmenovat analyzované parametry a typ analýzy citlivosti
  - výpočtem normalizovaných koeficientů citlivosti (parametry spojité povahy) → zdokumentovat narušené hodnoty každého parametru, objasnit východiska (např. uváděné minimální/maximální hodnoty, percentily 2,5/97,5 nebo libovolná hodnota  $\pm 10\%$ )
  - sestavením scénářů citlivosti (parametry diskrétní povahy) → scénáře zdokumentovat a uvést předpoklady, z nichž vycházely
- **Analýza nejistoty**
  - ideálně použít statistická rozdělení hodnot parametrů jako vstup do analýzy Monte Carlo → dokumentovat rozdělení (rovnoměrné, normální, logaritmicko-normální) a statistické parametry (průměr, směrodatná odchylka)
  - v případě nedostatku statistických dat → přístup založený na sestavení matice nejistot → dokumentovat základní faktory nejistoty a vypočtenou geometrickou směrodatnou odchylku procesu

# Dokázali byste odpovědět?

1. Co vše je třeba provést v rámci inventarizace?
2. Co je alokace? Na čem lze založit alokační postupy?
3. Jak může vypadat alokace vstoupí-li do hry recyklace?
4. Čím se liší atributivní a konsekvenční (důsledková) LCI?
5. Jakou otázku si klade důsledková studie LCA?
6. Co musíme zohlednit při plánování sběru dat?
7. Kde mohu získat údaje ke studii LCA? Jaké mohu mít zdroje?
8. Co je ekovektor?
9. Co je to analýza citlivosti a analýza nejistoty?
10. Co by měly obsahovat zprávy o inventarizační analýze?



# Zdroje aneb kam ještě mohu nahlédnout?



- HAUSCHILD, Michael Z., ROSENBAUM, Ralph K., OLSEN, Stig Irving. *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*. Cham: Springer International Publishing, 2017. ISBN 978-3-319-56474-6.
- European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability: *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance*. First edition March 2010. EUR 24708 EN. Luxembourg. Publications Office of the European Union.
- ČSN ISO 14044. *Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Požadavky a směrnice*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.
- KOČÍ, Vladimír. *Environmentální dopady: Posuzování životního cyklu*. Praha: VŠCHT, 2013. ISBN 978-80-7080-858-0.



# 7. Hodnocení dopadů životního cyklu

Miroslava Kovářová

Vladimír Sedlařík

ADAPT UTB: Adaptabilní, Digitální, Agilní, Progresivní,

Transformace UTB ve Zlíně, reg. č.

NPO\_UTB\_MSMT-16585/2022

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Centrum polymerních systémů

# Osnova předmětu Posuzování životního cyklu

1. Environmentální pohled na životní cyklus výrobků či služeb, udržitelnost, nástroje environmentálního managementu
2. Principy LCA, legislativní rámec
3. Metoda LCA – produktový systém, procesy, materiálové a energetické toky, 4 fáze LCA
4. Studie LCA (typy, prezentace, vizualizace) a software pro LCA
5. Definování cílů a rozsahu LCA (funkce a funkční jednotka, toky, hranice systému)
6. Inventarizace a inventarizační analýza (sběr dat, sestavení systémového schématu, alokace)
7. **Hodnocení dopadů životního cyklu (kategorie dopadu, indikátor kategorie dopadu, charakterizační modely)**
8. Globální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA
9. Lokální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA
10. Databáze a další zdroje a jejich využití
11. Interpretace a přezkum LCA
12. Posuzování životního cyklu v kontextu nákladové a sociální udržitelnosti (life cycle costing LCC a social-LCA)
13. „Zelený“ marketing, environmentální prohlášení a značení, principy ekodesignu

# Co se dnes můžu dozvědět:

---

- Co jsou kategorie dopadu a indikátory kategorie dopadu a k čemu slouží?
- Co jsou charakterizační modely a co s nimi?
- Jak vypadá proces fáze LCIA studie LCA a co je jejím cílem?

...dnes je toho hodně, není třeba nosit v hlavě úplně všechno...



# Možná si pamatujete z dřívějška:

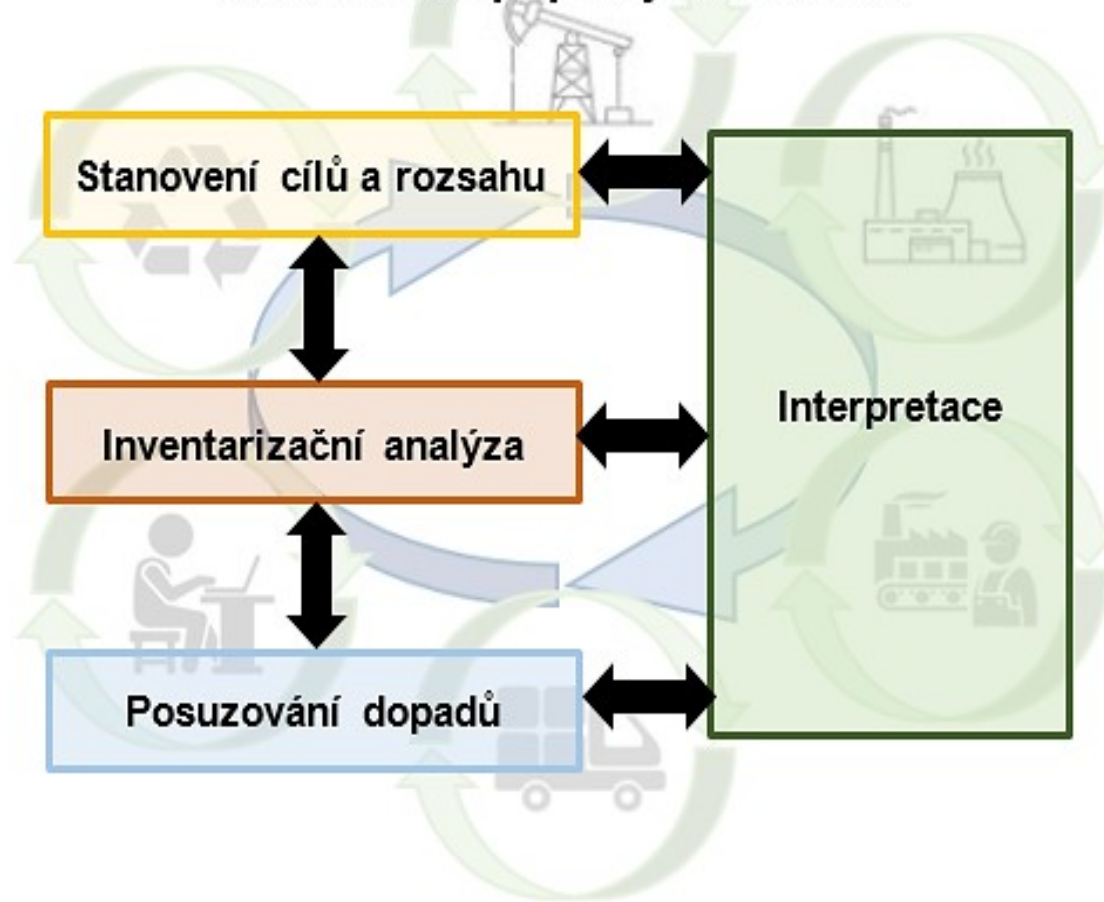
## 4 fáze přípravy studie LCA

- Definice cíle a rozsahu
- Inventarizační analýza (LCI)
- **Posuzování dopadů (LCIA)**
- Interpretace

**LCIA** = **L**ife **C**ycle **I**mpact **A**ssessment

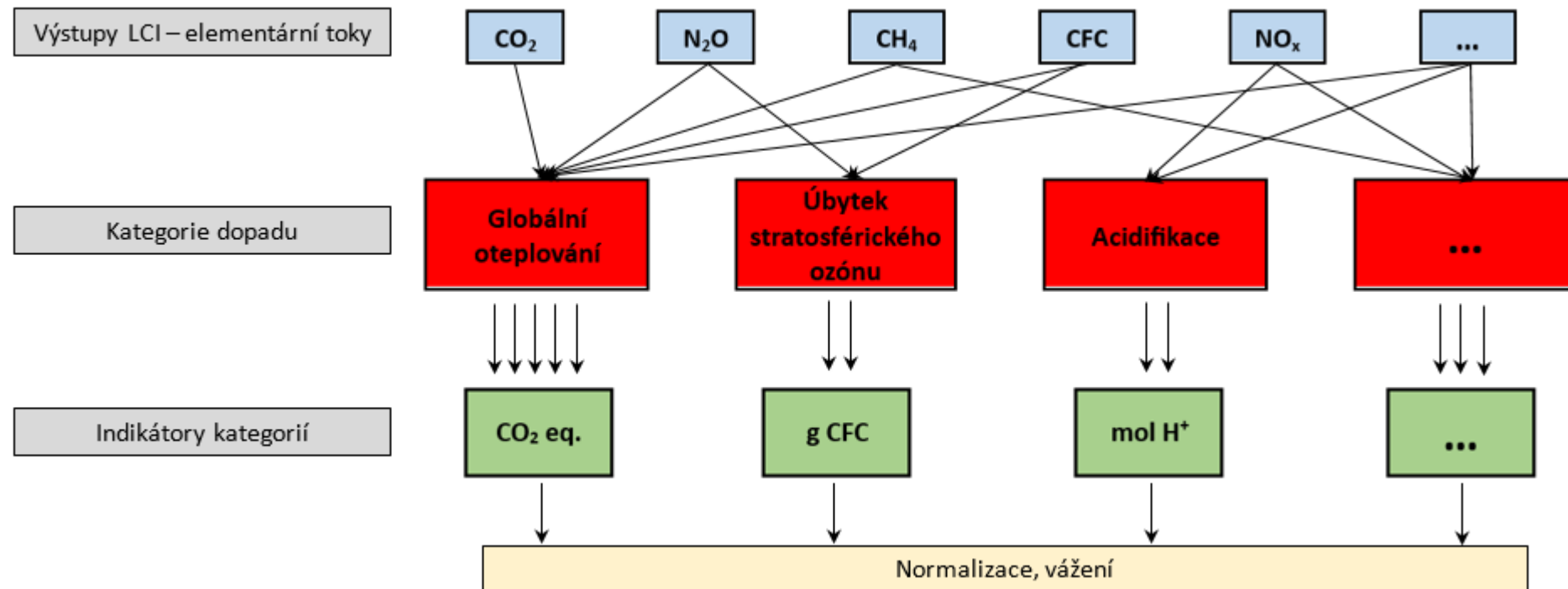
= hodnocení (posuzování) dopadů životního cyklu

Schéma fází přípravy studie LCA



# Definice fáze LCIA:

Fáze **posuzování dopadů životního cyklu (LCIA)** → propojuje informace o elementárních tocích z inventarizace životního cyklu s **kategoriemi dopadu** na ŽP pomocí **indikátorů kategorií** dopadu = převádí výsledky inventarizační analýzy (ekovektory) na hodnocení **dopadů** na ŽP



# Charakteristika fáze LCIA

**Cíl LCIA** = posuzování dopadů životního cyklu → posoudit velikost příspěvku každého elementárního toku k dopadu na životní prostředí

➤ LCIA převádí výsledky inventarizační analýzy (ekovektory) na hodnocení dopadů na ŽP = propojuje informace o elementárních tocích z inventarizace životního cyklu s **kategoriemi dopadu** na ŽP za pomoci **indikátorů kategorií** dopadu

➤ Proč? → elementární toky = emitovaná/využitá množství

→ z hlediska jejich dopadu nejsou přímo vzájemně srovnatelné

Př.: 1 kg metanu a 1 kg CO<sub>2</sub> vypuštěné do ovzduší → mají stejný dopad na změnu klimatu?

*Přestože emitované množství je stejné, dopad je rozdílný ↔ metan je mnohem silnější skleníkový plyn*

**Výsledky LCIA**, získané pomocí **charakterizačních metod (modelů)** modelujících **environmentální mechanismus**, jenž je základem každé **kategorie dopadu**, jako **(dopadový) řetězec** příčin a následků, počínaje vstupem do životního prostředí (např. v podobě emise) až po jeho dopad (změnu = projev) **je třeba interpretovat jako potenciální dopady** do ŽP

# Pojmy s nimiž budeme pracovat

---

- **Dopad na ŽP** = environmentální dopad → soubor změn životního prostředí, lidského zdraví nebo čerpání přírodních zdrojů způsobených antropogenním zásahem, tedy zásahem technosféry do ekosféry
- **Kategorie dopadu** = třída zahrnující **konkrétní problémy** ŽP, ke kterým lze přiřadit výsledky analýzy inventarizace životního cyklu (LCI)
- **Dopadový řetězec** = posloupnost dějů vyvolaných elementárními toky (příčiny) a končících pozorovatelnými následky
- **Environmentální mechanismus** = je mírou vlivu elementárního toku na rozvoj určité kategorie dopadu = systém fyzikálních, chemických a biologických procesů pro danou kategorii dopadu propojující výsledky analýzy LCI s **indikátory kategorie** až po **endpointové indikátory**

# Pojmy s nimiž budeme pracovat

- **Indikátor kategorie dopadu** = měřitelná veličina s definovanými jednotkami vyjadřující (kvantifikující), jak rychle se daná kategorie dopadu v důsledku antropogenní činnosti zhoršuje = kvantifikuje schopnost elementárních toků způsobovat nežádoucí účinky v ŽP
  - ✓ **Midpointový indikátor** = hodnotí **potenciální škodlivost** elementárních toků/látek na základě jejich chemicko-fyzikálních vlastností, srovnává se zvolenou referenční látkou, **nezvažuje osud elementárního toku v ŽP** (př. kategorie dopadu globální oteplování → midpointový indikátor schopnost molekuly skleníkového plynu vázat tepelnou energii), řeší jen jediný environmentální problém, obtížnější interpretace × nižší míra nejistoty
  - ✓ **Endpointový indikátor** = pozorovatelné poškození ŽP, lidského zdraví či čerpání surovin – **konečný měřitelný/vyčíslitelný účinek**, navazuje na midpointové indikátory a **zvažuje osud látek v ŽP** (př. kategorie dopadu globální oteplování → midpointový indikátor schopnost molekuly skleníkového plynu vázat tepelnou energii → endpointový indikátor zvyšování hladiny světových oceánů, úbytek druhů, posun vegetačních pásem, změna délky vegetačního období atd.), agregovaný ukazatel, snáze interpretovatelný i pro laika × vyšší míra nejistoty

# Dopadový řetězec, kategorie dopadu a indikátory kategorie

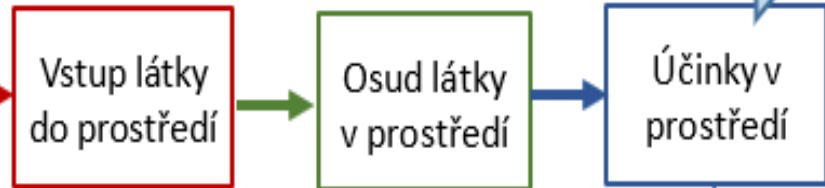
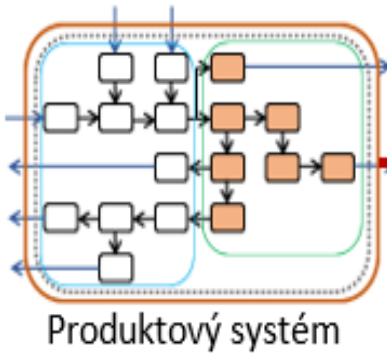
Kategorie dopadu = acidifikace →

Dopadový řetězec – pozice midpointů a endpointů

Nižší míra nejistoty

Vyšší míra nejistoty

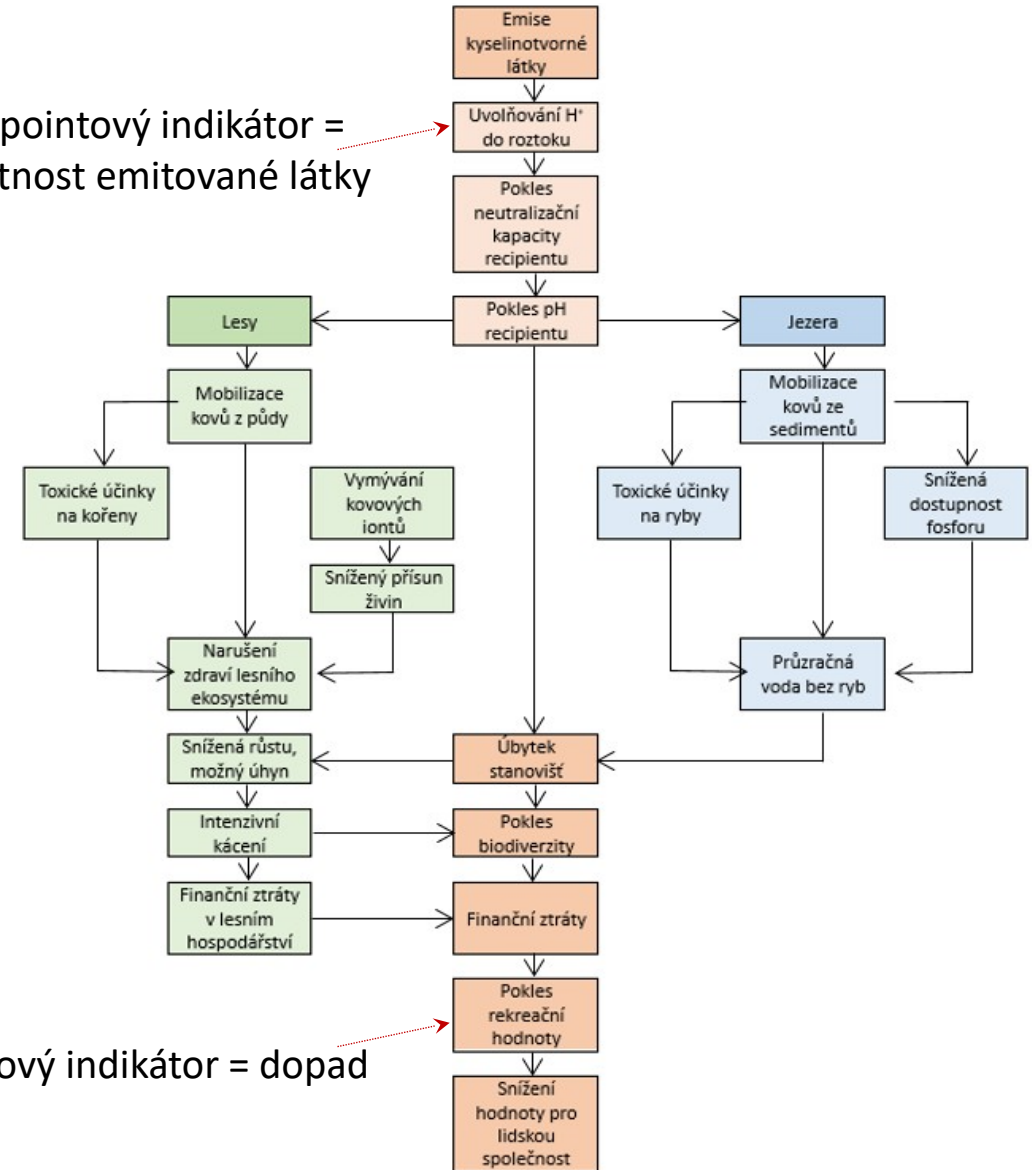
Environmentální mechanismus



Midpoint = měřitelná vlastnost látky

Endpoint = měřitelný jev v prostředí

Midpointový indikátor = vlastnost emitované látky



Endpointový indikátor = dopad

# Kategorie dopadu

- **Základní kategorie dopadu** využívané k hodnocení prakticky ve všech studiích LCA
- ✓ Úbytek neobnovitelných (abiotických) zdrojů
- ✓ Využívání krajiny (pokles množství využitelné krajiny)
- ✓ Změny klimatu
- ✓ Úbytek stratosférického ozónu
- ✓ Humánní toxicita
- ✓ Ekotoxicita (sladkovodní, mořská, terestrická)
- ✓ Tvorba fotooxidačních látek
- ✓ Acidifikace
- ✓ Eutrofizace
- Podle rozsahu účinku jednotlivých kategorií dopadu je dělíme na **globální**, **regionální** (geograficky specifické území, 100–1000 km) a **lokální** (geografický rozsah v řádu km)

Kategorie dopadu	Rozsah	Hlavní elementární toky z LCI
Globální oteplování	globální	oxid uhličitý (CO <sub>2</sub> ), oxid dusný (N <sub>2</sub> O), metan (CH <sub>4</sub> ), chlor-fluorované uhlovodíky (CFC), hydrochlor-fluorované uhlovodíky (HCFC), metylbromid (CH <sub>3</sub> Br)
Úbytek stratosférického ozónu	globální	chlor-fluorované uhlovodíky (CFC), hydrochlor-fluorované uhlovodíky (HCFC), halony, metylbromid (CH <sub>3</sub> Br)
Acidifikace	regionální, lokální	oxidy síry (SO <sub>x</sub> ), oxidy dusíku (NO <sub>x</sub> ), kyselina chlorovodíková (HCl), kyselina fluorovodíková (HF), amoniak (NH <sub>4</sub> )
Eutrofizace	lokální	fosforečnany (PO <sub>4</sub> ), oxid dusnatý (NO), oxid dusičitý (NO <sub>2</sub> ), dusičnany, amoniak (NH <sub>4</sub> )
Tvorba fotooxidačních látek	lokální	nemetanové uhlovodíky (NMHC)
Terestrická ekotoxicita	lokální	toxické chemické látky s hlášenou smrtelnou koncentrací pro hlodavce
Toxicita pro vodní organismy	lokální	toxické chemické látky s hlášenou smrtelnou koncentrací pro ryby
Humánní toxicita	globální, regionální, lokální	celkové úniky do ovzduší, vody a půdy
Úbytek neobnovitelných zdrojů	globální, regionální, lokální	množství použitých nerostných surovin, množství použitých fosilních paliv
Využívání krajiny	globální, regionální, lokální	Množství půdy uložené na skládce nebo jiné úpravy půdy

# Kategorie dopadu

- **Specifické kategorie dopadu** jsou používány u studií LCA, kde si to žádá definice cílů a rozsahu
  - ✓ Využívání krajiny (úbytek funkcí krajiny potřebných pro život; úbytek biodiversity)
  - ✓ Ekotoxicita (sladkovodní a mořské sedimenty)
  - ✓ Ionizační záření
  - ✓ Zápach (zapáchající plyny)
  - ✓ Hluk
  - ✓ Odpadní teplo
  - ✓ Ztráty na životech
- **Další kategorie dopadu**, které již byly použity v některých studiích, dosud však nebyly všeobecně začleněny do studií LCA
  - V budoucnu lze očekávat jejich další vývoj
    - ✓ Úbytek obnovitelných (biotických) zdrojů
    - ✓ Vysušování (vznik pouští)
    - ✓ Zápach (zapáchající kapaliny)
    - ✓ Patogeny
    - ✓ Geneticky modifikované organismy (GMO)



# Charakterizační model

- **Charakterizační model** = definovaný postup odrážející konkrétní environmentální mechanismus, jenž vyjadřuje vztah mezi elementárními toky (výsledky LCI) a určitou kategorií dopadu, s využitím odpovídajících indikátorů kategorie dopadu (midpointových či endpointových)
- ✓ Charakterizační model je používán k odvození tzv. **charakterizačních faktorů**
- **Charakterizační faktor** = vyjadřuje potenciál látky způsobovat určitou kategorii dopadu (jak výrazně se daná látka podílí na způsobování environmentálního dopadu)
- ✓ činitel použitý k **převodu přiřazeného výsledku LCI na společnou jednotku indikátoru kategorie**
- ✓ je **relativní k nějaké zvolené referenční látce**, jejíž charakterizační faktor je roven jedné → char. faktor dané látky určuje kolikrát je schopnost dané látky způsobovat určitý dopad silnější, než látky referenční

*Př: schopnost  $CO_2$  a  $CH_4$  podílet se na globálním oteplování (**Global Warming**)*

*→ char. faktor  $GWP(CO_2) = 1$  ← referenční látka × char. faktor metanu  $GWP(CH_4) = 28$*

# Metodiky LCIA – rozdělení, příklady

Charakterizační modely sdružené do předem definovaných sad označovaných jako **metody** či **metodiky posuzování dopadů životního cyklu** (metody LCIA) **jsou součástí používaných LCA SW**, resp. jejich databází

Rozdělení (dle přístupu k modelování):

- **Midpointové metodiky** hodnocení enviro. dopadů
  - ✓ spíše na počátku dopadového řetězce (vznik emise a její primární projevy/změny v ŽP)
  - ✓ zejména chemické a fyzikální změny = hodnocení měřitelných vlastností látek/toků (např. hodnocení změn klimatu = změny koncentrací plynů v atmosféře)
  - ✓ výsledky LCI jsou příspěvkem k různým environmentálním problémům → problémově orientovaný přístup
- **Endpointové metodiky** hodnocení enviro. dopadů
  - ✓ modelují dopadový řetězec až ke koncovému bodu = ke škodám na ŽP
  - ✓ v pozdějších fázích dopadového řetězce dochází k biologickým změnám → reprezentovány škodami na ekosystémech, lidském zdraví a zdrojích (např. úbytku stratosférického ozonu → škoda = nárůst výskytu rakoviny kůže)
  - ✓ vyčíslení vztahu mezi elementárním tokem a konečným projevem poškození ŽP → přístup orientovaný na škody
- **Kombinované metodiky** → využívající kombinace obou přístupů (midpointového i endpointového)
- **Specifické metodiky LCIA** – zaměření na hodnocení konkrétních oblastí životního prostředí nebo kategorií dopadů

# Midpointové metodiky LCIA – příklady

- **CML-IA** → 1992, Centrum životního prostředí univerzity v Leidenu, NL (Centrum voor Milieuwetenschappen = CML)
  - ✓ robustní metodika založená na evropských a globálních datech
  - ✓ 2 skupiny kategorií dopadu – povinné/doplňkové (využití dle požadavku cílů a rozsahu studie)
  - ✓ velká aktualizace 2016
- **EDIP** (Environmental Design of Industrial Products) → 1997, Institut pro vývoj produktů na Dánské technické univerzitě
  - ✓ stala se základem pro řadu pokročilejších metodik
  - ✓ vylepšení a rozšíření o další charakterizační faktory 2003 = lokální charakterizační faktory – prostorově rozlišený na úrovni zemí
- **TRACI** (Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other environmental Impacts) → 2002, Agentura pro ochranu životního prostředí USA (US EPA)
  - ✓ zaměřena na Severní Ameriku
  - ✓ aktualizace 2012 – TRACI 2.1

# Endpointové metodiky LCIA – příklady

- **Eco-indicator 99** → nejstarší endpointová metodika, vyvinutá 1995 v rámci nizozemského programu NOH (spolupráce řady konzultantů, univerzit a firem)
  - ✓ 1999 vylepšená verze EI99 ← lepší vědecký základ pro modely konečných dopadů, spolehlivější, více indikátorů, vylepšená metodika výpočtu indikátorů
  - ✓ vyvinuta pro použití v Evropě
  - ✓ často interní užití podniky při vývoji produktu ↔ jednoduchý formát (bodový index)
- **EPS 2000** (Environmental Priority Strategies in product design) → vyvinuto v 90. letech 20. století ve Švédsku pro Volvo (ekodesign produktů)
  - ✓ výsledkem hodnocení jsou náklady na škody způsobené emisemi a využíváním přírodních zdrojů vyjádřené jako ELU (jednotky environmentální zátěže)
  - ✓ aktuální verze z roku 2020 nahrazuje předešlé, obsahuje nové způsoby charakterizace a vážení
- **Metoda ekologického vyčerpání** (Eco Scarcity) → 1997, Švýcarsko – Spolkový úřad pro životní prostředí (FOEN)
  - ✓ Hodnocení pomocí ekobodů UBP (lze snadno sečíst do celkového výsledku)
  - ✓ kategorie koncových bodů dopadu specifikovány podle politických cílů ⇒ každá země nebo region může vypočítat své ekologické body podle své legislativy a politického programu (např. Japonsko – metodika JEPIX)
  - ✓ 2021 metodika aktualizována v souladu s mezinárodními politikami jichž se Švýcarsko účastní

# Kombinované metodiky LCIA – příklady

- **IMPACT 2002+** → první verze 2002, vyvinuto Švýcarským federálním technologickým institutem a francouzskou federální polytechnickou školou v Lausanne (EPFL)
  - ✓ vyjadřuje dopady v 17 midpointových kategoriích shrnutých do čtyř endpointových kategorií dopadu (lidské zdraví, kvalita ekosystému, klimatické změny a zdroje)
  - ✓ charakterizační faktory převzaty z Impact 2002, Eco-indicator 99 a CML
- **LUCAS** (LCIA method Used for a CAnadian-Specific context) → 2005, organizace CIRAI, Kanada
  - ✓ staví na metodikách EPID 2003, IMPACT 2002+ a TRACI → prostorově diferencovaná pro Kanadu (potřeba kanadského průmyslu)
- **LIME** → japonská kombinovaná metoda vydaná 2000 cílená na japonské podmínky
  - ✓ 2016 update LIME 3 – zaměření na globální dopady (9 globálních kategorií dopadu)
  - ✓ 4 endpointové kategorie: lidské zdraví, sociální blahobyt, čistá primární produkce a biodiverzita
- **ReCiPe** → **nejnovější metodika**, představená 2008, poslední update 2016 (spolupráce: nizozemský Národní institut pro veřejné zdraví a životní prostředí (RIVM), Radboudská Universita v Nijmegenu, Leidenská University a Pré Consultants)
  - ✓ velmi rozšířená a často využívaná
  - ✓ vychází z CML-IA 2002 a Eco-Indicator 99
  - ✓ hodnotí 18 midpointových a 3 endpointové kategorie dopadu (lidské zdraví, biodiverzitu a úbytek zdrojů)

# Specifické metodiky LCIA – příklady

---

Velká skupina metodik → často úzce zaměřeny – tzv. stopy

- **IPCC** (Intergovernmental Panel on Climate Change) → Mezivládní panel OSN pro změnu klimatu, 1. verze IPCC metodiky 2001
  - ✓ zaměření na změny klimatu prostřednictvím potenciálu globálního oteplování (Global Warming Potential, GWP) a potenciálu globální změny teploty (Global Temperature Change Potential, GTP) v časovém horizontu 20, 100 a 500 let
  - ✓ vyhodnocuje nejnovější vědecké, technické a socioekonomické informace – hodnocení budoucích dopadů změny klimatu, adaptace a zranitelnosti
- **USEtox** → 2009, Life Cycle Initiative (SETAC/UNEP) – pracovní skupina pro ekotoxicitu a toxické dopady na člověka
  - ✓ Toxicita látek v ekosystému a pro člověka – zahrnutí většího počtu toxických látek a jejich řazení podle nebezpečnosti, modely pro terestrická i vodní ekosystémy midpointové i endpointové indikátory
  - ✓ Na rok 2023 ohlášeny aktualizace dopadů v oblasti humánní i ekotoxicity

# Specifické metodiky LCIA – příklady

- **Ekologická stopa EF** (Ecological Footprint) → 1994 publikována v disertační práci Mathise Wackernagela, 2006 oficiální využívání
  - ✓ definována jako biologicky produktivní půda a voda, které populace potřebuje k produkci spotřebovávaných zdrojů a k pohlcení části odpadu vzniklého spotřebou fosilních a jaderných paliv
  - ✓ hodnotí přímý a nepřímý zábor půdy v kombinaci s emisemi CO<sub>2</sub> z fosilních a spotřebou jaderné energie (v globálních hektarech) ve vztahu k skutečné biologicky produktivní ploše dostupné na Zemi
- **EDP** (Ecosystem Damage Potential) → potenciál poškození ekosystému, Švýcarský federální technologický institut (ETH)
  - ✓ výpočet charakterizačních faktorů pro zábor půdy, transformaci půdy v souvislosti s biodiverzitou (negativní vliv intenzivní zemědělství, lesnictví a nárůst městských oblastí a infrastruktury)
  - ✓ endpointová orientace, zaměření na oblast střední Evropy
- **MEEup** (Method for the Evaluation of Energy using Products) → 2005, konzultační společnost VHK, NL
  - ✓ elektrické a elektronické výrobky → hodnocení shody s kritérii směrnice 2005/32/ES o požadavcích na ekodesign energetických spotřebičů
  - ✓ kategorie dopadů charakterizovány dle právních předpisů a smluv EU

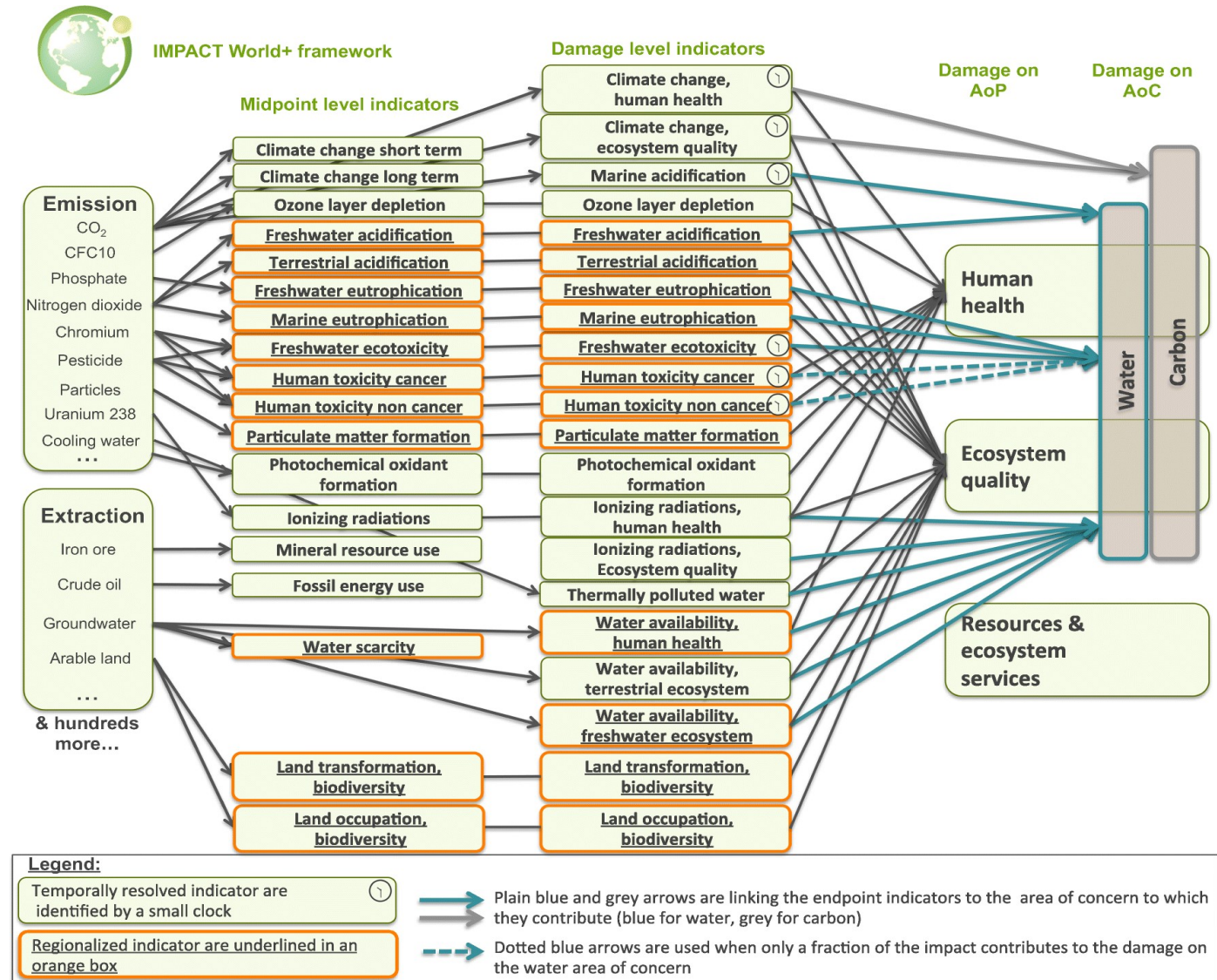
# Specifické metodiky LCIA – příklady

- **CED** (Cumulative Energy Demand) → kumulativní spotřeba energie, jako metodika vydána 1997
  - ✓ kvantifikace přímé a nepřímé (suroviny) spotřeby energie v MJ během celého životního cyklu
  - ✓ vyvinuta již v 70. let 20. století (v období ropné krize)
  - ✓ kritizována pro své úzké zaměření – pokud je používána v kombinaci s jinými LCIA metodikami je velmi užitečná pro posouzení dopadů systémů vyrábějících energii nebo nalezení kritické části životního cyklu spotřebovávající nejvíce energie
- **CExD** (Cumulative Exergy Demand) → kumulativní spotřeba exergie = „vylepšení“ CED
  - ✓ exergie je obvykle používána pro hodnocení energetické účinnosti či kvality energetických zdrojů (def.: užitečná práce, kterou lze vykonat určitým množstvím energie)
  - ✓ CExD = posouzení celkového odběru exergie z přírody za účelem zajištění produktu
  - ✓ CED = spotřeba primárních energetických zdrojů ✗ CExD = kvalitu energie energetických zdrojů (obnovitelných a neobnovitelných), ale i neenergetických zdrojů (voda, minerály a kovy)
  - ✓ Podobně jako CED je doplňkovým nástrojem jiných metodik LCIA



# Specifická metodika IMPACT World+

- **IMPACT World+** → metodika z roku 2019, integruje nejnovější poznatky = dopady v oblasti vody a uhlíku
- ✓ celosvětově regionalizovaná metoda, 4 úrovně regionalizace: globální, kontinentální, pro jednotlivé země a nativní (tj. původní a neagregované)
- ✓ prostorově rozlišené kategorie dlouhodobých a krátkodobých dopadů
- ✓ Rozlišuje midpointové a endpointové kategorie
- ✓ endpointovými indikátory v oblasti ochrany jsou lidské zdraví, kvalita ekosystémů a zdroje
- ✓ endpointovými indikátory v zájmových oblastech jsou voda a uhlík
- ✓ je aktualizací metod IMPACT 2002+, LUCAS a EDIP, případně USEtox nebo IPCC



Převzato z: Bulle, C., Margni, M., Patouillard, L. et al. IMPACT World+: a globally regionalized life cycle impact assessment method. Int J Life Cycle Assess 24, 1653–1674 (2019).

<https://doi.org/10.1007/s11367-019-01583-0>; licence CC BY 4.0

# Metodiky LCIA – rozdělení, příklady

Metodika/ kategorie dopadu	Klimatická změna	Úbytek stratosf. ozonu	Respirační obtíže – anorg. látky	Humánní toxicita	Ionizační záření	Ekotoxicita	Vznik atmosférického ozonu	Acidifikace	Terestrická eutrofizace	Eutrofizace vodního prostředí	Využití půdy	Spotřeba zdrojů
<b>CED</b>												x
<b>CML-IA</b>	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>Eco-indicator 99</b>	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x
<b>EDIP 2003</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
<b>EPS 2000</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>Impact 2002+</b>	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
<b>IPCC</b>	x											
<b>LIME</b>	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
<b>LUCAS</b>	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x
<b>MEEuP</b>	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x
<b>ReCiPe</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>Ecoscarcity</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>TRACI</b>	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x
<b>USEtox</b>				x		x						

Sumarizace kategorií dopadu, které pokrývají populární LCIA metody

Legenda:

- Midpointové metodiky
- Endpointové metodiky
- Kombinované metodiky
- Specifické metodiky

# Metodiky LCIA – jak zvolit?

- Některé otázky (seznam není vyčerpávající), na které bychom se měli **při volbě metodiky zaměřit** :
- ✓ Které kategorie dopadu (nebo environmentální problémy) musím pokrýt a mohu zdůvodnit ty, které případně vyloučím?
- ✓ Ve kterém regionu je situován sledovaný produktový systém/životní cyklus (nebo jeho procesy s největším příspěvkem)?
- ✓ Potřebuji posuzovat midpointy nebo endpointy (případně obojí)?
- ✓ Které základní toky potřebuji charakterizovat?
- ✓ Existují nějaká doporučení příslušných organizací, která mi mohou pomoci při výběru (např. ILCD handbook)?
- ✓ Bude možno snadno interpretovat jednotky kategorií dopadu (např. absolutní jednotky, ekvivalenty, peněžní vyjádření atd.)?
- ✓ Jak dobře je metoda zdokumentována?
- ✓ Bude možno snadno sdělit výsledky (jednotky, agregace do specifických skupin ukazatelů atd.)?
- ✓ Je třeba použít normalizaci, a pokud ano, pro jaký referenční systém?
- ✓ Kdy byla metoda zveřejněna a došlo mezitím k významnému vědeckému pokroku?
- ✓ Mám dostupná data pro použití (přesnější) regionalizované metodiky?
- ✓ Potřebuji určit nejistotu LCI a LCIA a podporuje to metoda LCIA?

**Nememorovat!**



# Studie LCA × stopa

## Přínosy a nedostatky

- ✓ Snadno dostupná a intuitivní koncepce
- ✓ Snadná komunikace o konkrétních environmentálních problémech nebo úspěších s laiky (politické a rozhodovací komunity, široká veřejnost)
- ✓ Dostupnost údajů
- ✓ Snadné provedení
- ✓ Snadno lze hodnotit širokou škálu cílů hodnocení



## Závěr:

- Stopy jsou snadno pochopitelné pro veřejnost/laiky, proto jsou užitečné pro komunikaci environmentálních problémů, je však třeba věnovat pozornost jejich interpretaci
- Stopy mohou sloužit jako screeningový ukazatel environmentální výkonnosti, nelze je použít v rozhodovacích procesech, včetně označování výrobků, ekodesignu, podpory politik apod.

- ✗ Zaměření na jeden environmentální problém → možnost přesunu zátěže na jiný (např. změny klimatu → dostupnost vody) = umožňují identifikovat nejlepší variantu pro jeden environmentální problém není vhodná pro podporu rozhodnutí o environ. udržitelnosti (LCA)
- ✗ Některé stopy (např. CED, MIPS a objemová vodní stopa) hodnotí pouze množství použitého zdroje = evidence použitého množství/ emisí jako v LCI → neinformují o environmentálních důsledcích a nekvantifikují potenciální dopady
- ✗ Stopy založené na dopadech (např. uhlíková stopa) hodnotí dopady na úrovni midpointu, nedojdou ke konečnému bodu (s rozvojem vědy řešitelný problém)
- ✗ Stopy obvykle nelze kombinovat = nelze rozšířit jejich environ. rozsah ← rozdílné hranice systému → možnost dvojího započítání/ vynechání dopadů

# Postup posuzování dopadů životního cyklu

ISO 14040/14044 – definuje povinné a volitelné prvky fáze LCIA

## ➤ Povinné prvky:

- ✓ **Výběr kategorií** dopadu, **indikátorů** kategorií a **charakterizačních modelů** (obvykle z již existujících LCIA metodik) → *Které dopady musíme posoudit?*
- ✓ **Klasifikace** = přiřazení výsledků LCI ke kategoriím dopadů podle jejich známých potenciálních účinků (obvykle automaticky pomocí databází LCI a softwaru LCA) → *Ke kterým dopadům přispívá každý výsledek LCI?*
- ✓ **Charakterizace** = výpočet výsledků indikátorů kategorií, které kvantifikují příspěvky inventarizačních toků k různým kategoriím dopadů (obvykle automaticky pomocí softwaru LCA) → *Jakou měrou přispívá k dopadům každý výsledek LCI?*

## ➤ Volitelné prvky:

- ✓ **Normalizace** (vyjádření výsledků LCIA vzhledem k výsledkům referenčního systému) → *Je to hodně?*
- ✓ **Vážení** (stanovení priorit nebo přiřazení váhy jednotlivým kategoriím dopadu) → *Je to důležité?*
- ✓ **Seskupení** (třídění a agregace několika výsledků indikátorů dopadu do skupin)

# Postup LCIA – Výběr kategorií dopadu, indikátorů kategorií a charakterizačních modelů

- **Výběr kategorií dopadu, jejich indikátorů a charakterizačních modelů** nutno provést s ohledem na cíl studie LCA = **požadavek maximální relevance**
- ✓ **Výběr kategorií dopadu** proveden **ve fázi definice rozsahu** = před sběrem inventarizačních údajů → zajištění sběru skutečně potřebných a přesných dat
- ✓ Kategorie dopadu **musí pokrývat úplný soubor environmentálních problémů** vytčených v cíli/rozsahu studie → nesmí zakrývat žádné významné dopady ani umožnit dvojí započtení (např. dopad na lidské zdraví a zároveň na karcinogenitu) nebo přesun dopadu do jiné kategorie dopadu
- ✓ Cíl a rozsah studie určuje **komplexnost souboru kategorií dopadu** – např. pro studii určenou k rozhodování nebo posouzení udržitelnosti nemohu použít pouze stopu
- ✓ **Volbu** i omezení je třeba **zdůvodnit** ve zprávě
- ✓ Kategorie dopadu, indikátory kategorie i charakterizační modely by měly být dobře **popsány** s odkazem na zdroj informací (obvykle postačí odkaz na LCIA model, který odkazuje dále)
- ✓ Charakterizační modely by měly mít **vědeckou a technickou platnost** a spolu s kategoriemi dopadu a indikátory by měly být **mezinárodně uznávané** a schválené
- ✓ **Výběr** kategorií dopadu, jejich indikátorů a charakterizačních modelů je obvykle **omezen použitým softwarem** a metodikami LCIA, které je v něm možné využít

# Postup LCIA – Výběr kategorií dopadu, indikátorů kategorií a charakterizačních modelů

- **Omezení výběru** tedy může přijít ze strany **SW** i ze strany **vnějších faktorů**:
- ✓ **Pevně stanovené požadavky** + požadavky zadavatele LCA (promítnou se již do definice cíle/rozsahu) = např. podklad pro environmentální prohlášení o produktu (EPD) nebo environmentální stopu produktu (PEF) ze systémů značení atd.
- ✓ **Dostupnost, úplnost a kvalita charakterizačních modelů** a faktorů pro konkrétní kategorii dopadu = zřídka používané nebo nové kategorie dopadu mohou být v omezeném počtu metodik nebo vůbec (např. hluk)
- ✓ **Dostupnost, úplnost a kvalita normalizačních faktorů** pro konkrétní kategorii dopadu nebo metodu LCIA (v případě, že je požadována normalizace)
- ✓ **Dostupnost, úplnost a kvalita výsledků LCI** požadovaných pro určitou kategorii dopadu
- Pokud taková praktická omezení brání zahrnutí kategorií dopadu původně identifikovaných jako relevantní, je třeba to jasně **uvést v interpretaci výsledků LCA i s komentářem**, zda omezení mohou změnit závěry studie



# Postup LCIA – klasifikace

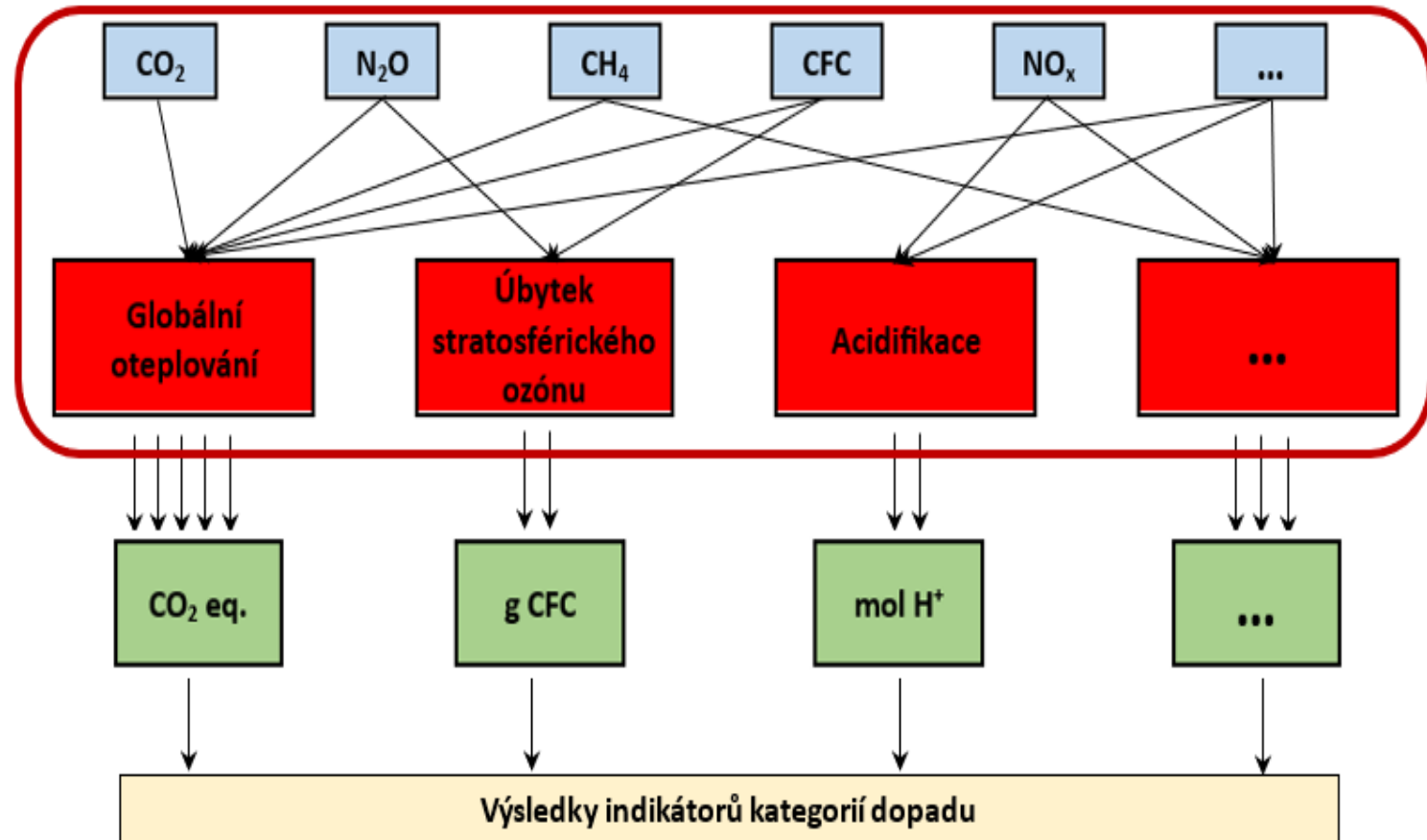
➤ **Klasifikace** = přiřazení elementárních toků z LCI ke kategoriím dopadu

❖ Elementární tok lze přiřadit **právě jedné kategorii dopadu** – např.  $\text{CO}_2$  → klimatická změna; spotřeba vody → kategorie dopadu využití vody

❖ Elementární tok má za následek **více dopadů** (je rozdělen mezi více kategorií dopadu):

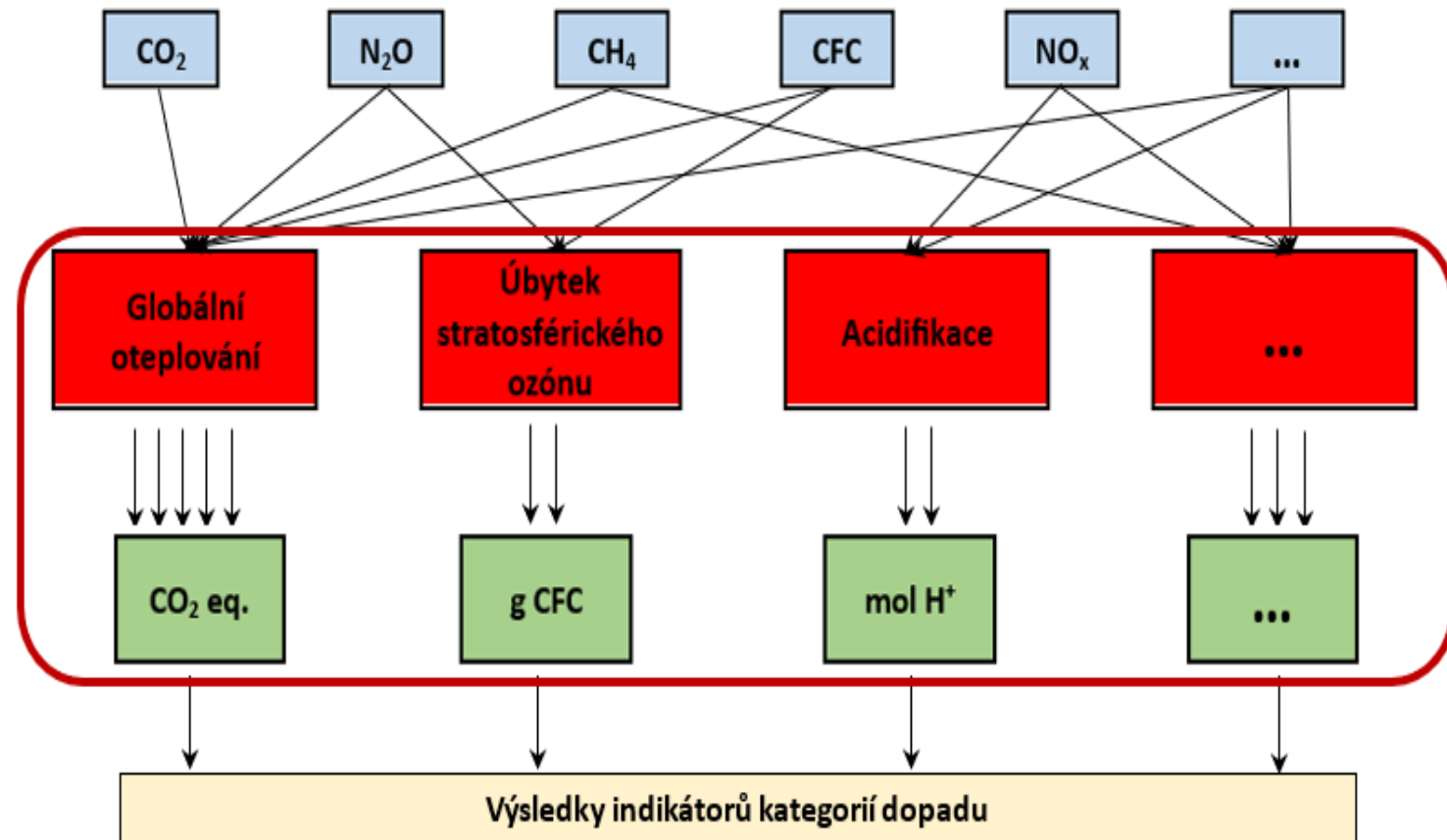
✓ *Paralelní působení* – např.  $\text{SO}_2$  → acidifikace  $\wedge$   $\text{SO}_2$  → humánní toxicita (při vdechování)

✓ *Sériové působení* – např.  $\text{SO}_2$  → acidifikace následná mobilizace těžkých kovů v půdě → ekotoxicita



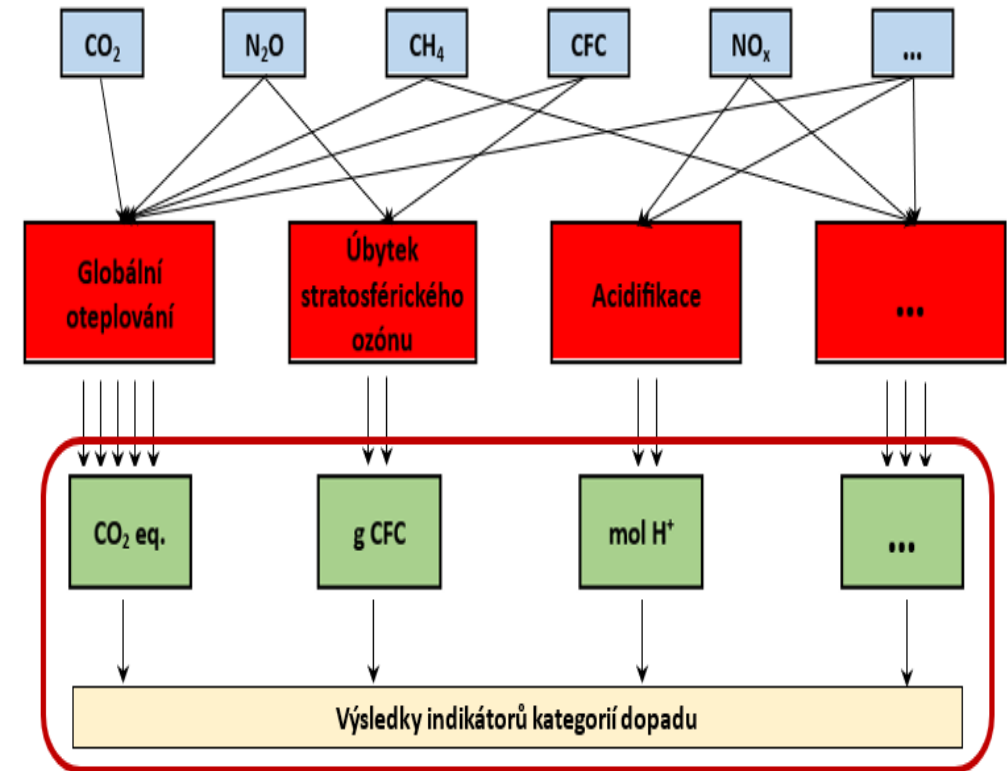
# Postup LCIA – charekterizace

- **Charakterizace** = jakou měrou se jednotlivé elementární toky podílejí na dané kategorii dopadu
- ❖ Pro každou kategorii dopadu je určena veličina vyjadřující změny (poškození) kategorie dopadu příslušnými elementárními toky = **indikátor kategorie dopadu**
- ❖ Přepočítání elementárního toku (často v kg) na jednotku indikátoru kategorie zajišťují tzv. charakterizační faktory
- ❖ Charakterizační faktory jsou tabelované
- ❖ **Charakterizační faktor látky** (elem. toku)  $i$  = míra/potenciál působení látky  $i$  na kategorii dopadu  $XY \rightarrow CF_{i,XY} = XYP_i$



# Postup LCIA – charakterizace

- **Výsledek indikátoru kategorie dopadu** = číselné vyjádření míry podílu posuzovaného produktového systému na rozvoji dané kategorie dopadu  $XY \rightarrow V_{XY}$
- ❖ **Výpočet pro jeden elementární tok látky  $i$** :  $m_i$  je množství elem. toku látky  $i$  (v kg, l, ks atd.),  $CF_{i,XY}$  je charakterizační faktor elem. toku látky  $i$  pro kategorii dopadu  $XY$
- ✓ **V literatuře** je výsledek indikátoru někdy označován zkratkou  $IS$  (Impact Score)  $\rightarrow$  zápis pro výsledek indikátoru kategorie dopadu  $c$ :
- ✓ **Lze rovněž nalézt zápis**, kdy je výsledek indikátoru kategorie označen  $XYP$  a charakterizační faktor je nazván potenciálem  $XYP_i$  látky  $i$  kategorie dopadu  $XY$



- ✓ **Př.:** výsledek indikátoru dopadu **Humánní Toxicita HTP** je

# Postup LCIA – charekterizace

- ❖ V případě, že je kategorie dopadu způsobena více elementárními toky látky  $i$  = látka  $i$  emitována do prostředí v  $r$  elementárních tocích:
- ✓ Celkový dopad všech elementárních toků podílejících se na kategorii dopadu XY = součet výsledků indikátorů kategorie dopadu všech  $i$  látek (elem. toků) z  $r$  emisních zdrojů:
- ✓ V případě použití charakterizačních parametrů typu potenciál by konečný zápis vypadal:

Př.: Výsledek midpointového indikátoru kategorie GW globální oteplování (Global Warming)

$m_i$ / elem. tok	ET1	ET2	ET3	Celkem	$GWP_i$ kg CO <sub>2</sub> -eq./kg	$GWP$ kg CO <sub>2</sub> -eq.
CO <sub>2</sub> /kg	2	5	3	10	1	1·10
CH <sub>4</sub> /kg	0,4	0,1	0,2	0,7	21	21·0,7
CO/kg	0,002	0,003	0,005	0,01	2	2·0,01
					$GWP = V_{GW} =$	24,72 kg CO <sub>2</sub> -eq.

# Postup LCIA – charekterizace

- **Charakterizační profil** = environmentální profil produktového systému → **charakterizuje všechny elementární toky s ohledem na všechny sledované kategorie dopadu**
- ✓ Soubor výsledků indikátorů všech zvažovaných kategorií dopadu
- ✓ Má formu tabulky

## Nepřipomíná to něco?

Ekovektor (výstup z fáze LCI)

×

Charakterizační profil

Je mezi nimi rozdíl?

Příklad velmi jednoduchého charakterizačního profilu

Kategorie dopadu	Jednotka	Celkem
Globální oteplování	kg CO <sub>2</sub> -eq.	870
Úbytek stratosférického ozónu	kg CFC11-eq.	0
Tvorba přízemního ozónu	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -eq.	0,10
Acidifikace	kg SO <sub>2</sub> -eq.	6,82
Eutrofizace	kg NO <sub>3</sub> -eq.	4,38

# Postup LCIA – charekterizace

Ekovektor informuje o množství jednotlivých elementárních toků

Část inventarizační tabulky (ekovektoru)

Látka	Jednotka	Celkem
Emise do ovzduší		
CO2	g	850000
CO	g	1000
N2O	g	50
SO2	g	4570
NOx	g	3100
Olovo	g	0,38
Kadmium	g	0,001
Chrórn	g	0,02
Uhlovodíky	g	5660
Methan	g	14
Isobutan	g	6
Pentan	g	126
• • •	g	



Charakterizační profil informuje o míře zásahu produktového systému do jednotlivých kategorií dopadu

Příklad velmi jednoduchého charakterizačního profilu

Kategorie dopadu	Jednotka	Celkem
Globální oteplování	kg CO <sub>2</sub> -eq.	870
Úbytek stratosférického ozónu	kg CFC11-eq.	0
Tvorba přízemního ozónu	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -eq.	0,10
Acidifikace	kg SO <sub>2</sub> -eq.	6,82
Eutrofizace	kg NO <sub>3</sub> -eq.	4,38

# Postup LCIA – normalizace (nepovinný krok)

➤ **Normalizace** = prostředek pro srovnávání dopadů → pro nalezení kategorie dopadu, která je významněji (méně) zasažena

Proč toto porovnání není bez normalizace možné?



Jednotlivé **kategorie dopadu nemají stejnou jednotku**, nelze je snadno srovnat

- ✓ Normalizace **převádí výsledky indikátorů kategorií dopadu na bezrozměrné kritérium** jejich vztažením k referenční hodnotě výsledku indikátoru kategorie dopadu, který má stejnou jednotku
- ✓ Normalizované výsledky indikátorů kategorie dopadu  $NV_{xy}$  popisují **relativní význam každého dopadu** jako podíl výsledku indikátoru kategorie  $V_{xy}$  k referenčnímu výsledku indikátoru kategorie dopadu  $RV_{xy}$
- ✓ Normalizace může být **užitečná pro**:
  - získání představy o relativní velikosti výsledků indikátorů kategorií dopadu na životní prostředí
  - vytvoření souboru výsledků ve formě vhodné pro následné vážení
  - kontrolu konzistence a spolehlivosti LCIA
  - sdělování a komunikaci výsledků při jejich interpretaci

# Postup LCIA – normalizace (nepovinný krok)

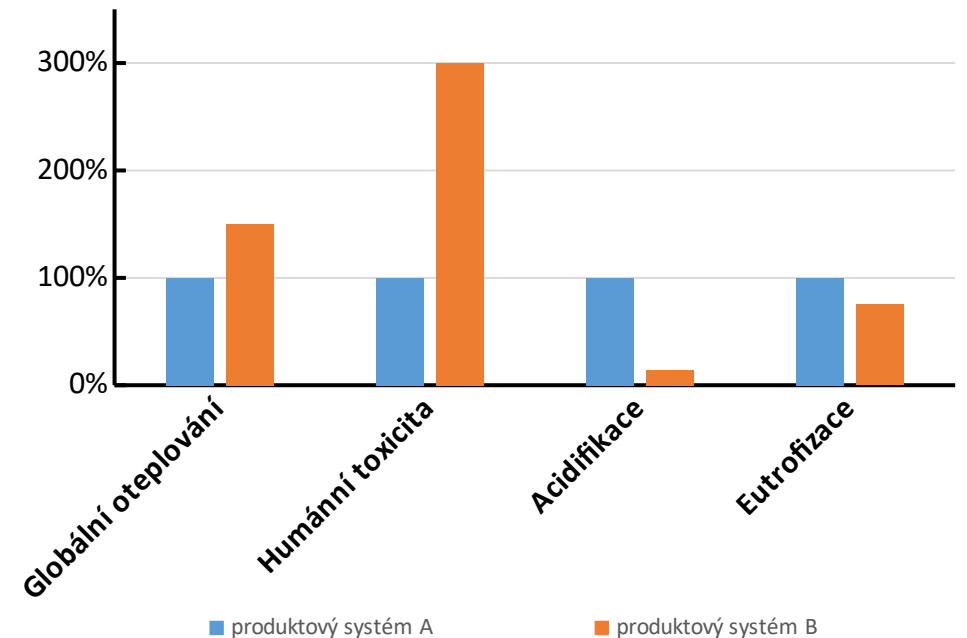
➤ Normalizace → rozdělení na interní a externí

## ❖ Interní normalizace

- ✓ Při porovnávání dvou produktových systémů (skutečné systémy, současná situace a navrhovaný nový systém, srovnání s nejlepší dostupnou technologií apod.)
- ✓ Princip normalizace = jeden ze systémů zvolím jako referenční, a k němu vztáhneme dopady druhého produktového systému → výsledky indikátorů kategorií referenčního systému budou mít hodnotu 100 %

→ [%]

produktový systém/ kategorie dopadu	produktový systém A		produktový systém B	
	$V_{A,XY}$	$NV_{A,XY}$	$V_{B,XY}$	$NV_{B,XY}$
Globální oteplování	80 kg CO <sub>2</sub> -eq.	100 %	120 kg CO <sub>2</sub> -eq.	150 %
Humánní toxicita	5 kg 1,4 DBC-eq.	100 %	15 kg 1,4 DBC-eq.	300 %
Acidifikace	35 kg SO <sub>2</sub> -eq.	100 %	5 kg SO <sub>2</sub> -eq.	14 %
Eutrofizace	24 kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq.	100 %	18 kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq.	75 %





# Postup LCIA – normalizace (nepovinný krok)

## ❖ Externí normalizace

- ✓ **Porovnává** potenciální dopady produktového systému s **dopady referenčního systému, jenž je nezávislý** na posuzovaném systému a reprezentuje svět, stát, průmyslové odvětví = **jakou měrou se podílí posuzovaný produktový systém na celkovém narušování určité kategorie dopadu** (jak moc se dopady na ŽP zhorší naším produktem)
- ✓ Referenční systém představuje míru poškození dané kategorie dopadu lidskou společností ve zvoleném regionu a období
- ✓ Obvykle jsou používány **referenční systémy**, kde jsou celkové dopady (poškození) na kategorii dopadu vztahovány k:
  - **geografické oblasti** → globální, kontinentální, národní, regionální nebo lokální
  - **obyvateli geografické oblasti** (environmentálnímu prostoru připadajícímu na průměrného obyvatele)
  - průmyslovému odvětví v určité oblasti (environmentálnímu prostoru zabranému produktovým systémem ve vztahu k podobným průmyslovým činnostem)

# Postup LCIA – normalizace (nepovinný krok)

## ❖ Externí normalizace

- ✓ Referenční hodnota výsledku indikátoru kategorie dopadu  $XY$ ,  $RV_{XY}$  ← součet všech potenciálních dopadů v kategorii  $XY$  ve sledovaném regionu způsobených lidskou činností (společností) za referenční období (obvykle 1 rok) = suma všech elementárních toků (emisí) v dané kategorii dopadu  $m_{i,XY}$  vynásobených odpovídajícími charakterizačními faktory  $CF_{i,XY}$ :
- ✓ **Celkový dopad** způsobený lidskou činností v daném regionu vztažený na jednoho obyvatele tzv. **ekvivalent osoby** = referenční hodnotu  $RV_{XY}$  vztáhneme (dělíme) k počtu obyvatel  $P$  referenčního regionu:
- ✓ Často používána reciproká hodnota referenčního výsledku indikátoru dopadu nazývaná normalizační faktor  $NF_{XY}$ , jímž je násoben výsledek indikátoru kategorie dopadu  $XY$  sledovaného systému → normalizovaný výsledek indikátoru kategorie dopadu  $XY$ ,  $NV_{XY}$ :
- ! charakterizační faktory a normalizační faktory musí být konzistentní:
  - NF i CF jsou součástí výpočetní metodiky LCIA
  - Nelze kombinovat NF a CF z různých metodik LCIA

# Postup LCIA – normalizace (nepovinný krok)

- **Normalizace výsledků indikátorů kategorií dopadu může změnit závěry vyvozené z výsledků LCIA před normalizací**, proto je třeba být obezřetný při **výběru referenčního systému**, ale i při **interpretaci výsledků LCA**
- Mějme na paměti:
  - ✓ **Velikosti referenčního systému** a rozsah zohledněných činností má vliv na možná zkreslení při porovnávání dopadů produktového systému (čím větší je referenční systém, tím menší riziko zkreslení)
  - ✓ Normalizované výsledky lze srovnávat napříč kategoriemi dopadu, **nelze však konstatovat, že odrážejí váhu nebo důležitost některé kategorie dopadu** = identifikace „velkých“ dopadů ve srovnání se zvoleným referenčním systémem, ale velké nemusí být důležité!
  - ✓ **Interpretace** normalizovaných dopadů jako příspěvků **vůči referenčnímu systému** je zavádějící pokud referenční systém **není globální** nebo pokud **všechny zásahy** do ŽP posuzovaného produktového systému **neprobíhají ve stejném regionu** jako zásahy referenčního systému
  - ✓ Normalizace může pomoci při **kontrole možných chyb v modelování produktového systému** → extrémně vysoké nebo nízké dopady v některých kategoriích dopadu (při vyjádření v ekvivalentech osob) mohou signalizovat chyby v jednotkách (např. kg místo g při inventarizaci).

# Postup LCIA – vážení (nepovinný krok)

➤ **Vážení** = oceňování důležitosti/významnosti kategorií dopadu s ohledem na socio-ekonomická hlediska

- ✓ Je prováděno po kroku normalizace – i po normalizaci mohou být dva výsledky indikátoru kategorie stejné, avšak jejich společenský význam může být rozdílný
- ✓ Provádí se přiřazením stejných nebo různých **váhových faktorů** jednotlivým výsledkům indikátorů kategorií dopadu
- ✓ **Není založeno na přírodních zákonitostech** či exaktních základech, je vždy nějakým způsobem subjektivní
- ✓ Musí být vždy **v souladu s cíli a rozsahem studie LCA**
- ✓ Data před vážením (původní/normalizovaná) musí zůstat rovněž k dispozici

## Význam vážení:

- ❖ Při **agregaci výsledků** do několika/jednoho ukazatelů (při pouhém součtu implicitně přiřazen váhový faktor 1), převod midpointových na endpointové indikátory kategorií dopadu je také druhem vážení
- ❖ Při **srovnávání** napříč kategoriemi dopadů pro interní studie, které si kladou za cíl finanční vyčíslení environmentálních dopadů
- ❖ Při **komunikaci výsledků** s ohledem na různé etické hodnoty a aspekty zájmových skupin
- ❖ Při provádění **analýzy citlivosti** na změnu váhových faktorů

# Postup LCIA – vážení (nepovinný krok)

K odvození váhových faktorů se používají různé principy:

- ❖ **Sociální posouzení škod** (ochota platit = např. dopad na lidské zdraví → ochotna zaplatit za zdravotní péči)
- ❖ **Náklady na prevenci** (prevence/náprava dopadu technickými prostředky → čím vyšší náklady, tím vyšší váha dopadu)
- ❖ **Spotřeba energie** (prevence/náprava dopadu technickými prostředky → čím vyšší spotřeba energie, tím vyšší váha dopadu)
- ❖ **Hodnocení panelu odborníků** nebo zúčastněných stran (váha přiřazená na základě relativního významu různých kategorií dopadů z vědeckého/subjektivního hlediska každého odborníka)
- ❖ **Vzdálenost od cílové hodnoty** (politicky nebo vědecky definovaná → čím větší je vzdálenost od cílové hodnoty, tím větší váha dopadu)
- ❖ **Perspektivy založené na sociálních vědách** vymezujících ve společnosti čtyři vnitřně konzistentní kulturní archetypy lidí s charakteristickou kombinací etických hodnot, chování a preferencí (využito např. v metodice ReCiPe – nejsou zahrnuti fatalisté → nepředpokládá se jejich zastoupení mezi osobami s rozhodovací pravomocí dle LCA)

Kulturní archetypy	Časové hledisko	Zvládnutelnost	Požadovaná úroveň důkazů
Hierarchista H	rovnováha mezi krátkodobým a dlouhodobým horizontem	správná politika může zabránit mnoha problémům	začlenění je možné na základě konsensu
Individualista I	krátkodobý	technologie mohou zabránit mnoha problémům	pouze prokázané účinky
Egalitarista (rovnostář) E	velmi dlouhodobý	problémy mohou vést ke katastrofě	všechny možné účinky

# Postup LCIA – seskupování (nepovinný krok)

➤ **Seskupování** = kvalitativní nebo semikvalitativní zařazování kategorií dopadu do logických skupin

✓ Vždy musí být v souladu s definicí cíle a rozsahu

## Použité metody:

- ❖ **Třídění a seskupování midpointových kategorií** dopadů na jmenovitém základě např.:
  - podle charakteristik → kategorie související s emisemi/kategorie související se zdroji
  - podle prostorového měřítka → globální/regionální/lokální
- ❖ Seřazení kategorií dopadů podle stanovené hierarchie = vysoká/střední/nízká priorita  
← subjektivní, na základě etických, politických, ekonomických atd. hodnotových rozhodnutí

# Dokázali byste odpovědět?

---

1. Jaký je cíl LCIA fáze? K čemu slouží?
2. Vysvětlete pojmy: kategorie dopadu, environmentální řetězec, charakterizační faktor.
3. Jaký je rozdíl mezi midpointovým a endpointovým indikátorem kategorie dopadu.
4. Jmenujte některé kategorie dopadu, zkuste je rozčlenit.
5. Jaký přístup využívá midpointová a jaký endpointová metodika?
6. Co je to ekologická stopa? Uveďte další příklady stop. Co vlastně nazýváme stopou?
7. Jmenujte povinné a nepovinné prvky zpracovávání studie ve fázi LCIA?
8. Co vyjadřuje výsledek indikátoru kategorie dopadu? A jak jej lze vypočítat?
9. Co je charakterizační profil LCIA?
10. K čemu slouží normalizace a jak se provádí?
11. Co je vážení?



# Zdroje aneb kam ještě mohu nahlédnout?

- HAUSCHILD, Michael Z., ROSENBAUM, Ralph K., OLSEN, Stig Irving, *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*. Cham: Springer International Publishing, 2017. ISBN 978-3-319-56474-6.
- ČSN ISO 14044. *Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Požadavky a směrnice*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.
- KOČÍ, Vladimír. *Environmentální dopady: Posuzování životního cyklu*. Praha: VŠCHT, 2013. ISBN 978-80-7080-858-0.
- MENOUIFI, Karim Ali Ibrahim. *Life Cycle Analysis and Life Cycle Impact Assessment methodologies: A state of the art* [online]. Lleida, 2011 [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://repositori.udl.cat/server/api/core/bitstreams/89d875e1-8e63-41b7-82d3-cb9c9ee09ed6/content>. Diplomová práce. Universitat de Lleida, Escola Politècnica Superior. Dr. Albert Castell Casol, Dr. Luisa F. Cabeza





Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



Národní  
plán  
obnovy



# 8. Globální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA

Miroslava Kovářová

Vladimír Sedlařík

ADAPT UTB: Adaptabilní, Digitální, Agilní, Progresivní,

Transformace UTB ve Zlíně, reg. č.

NPO\_UTB\_MSMT-16585/2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Centrum polymerních systémů

# Osnova předmětu Posuzování životního cyklu

1. Environmentální pohled na životní cyklus výrobků či služeb, udržitelnost, nástroje environmentálního managementu
2. Principy LCA, legislativní rámec
3. Metoda LCA – produktový systém, procesy, materiálové a energetické toky, 4 fáze LCA
4. Studie LCA (typy, prezentace, vizualizace) a software pro LCA
5. Definování cílů a rozsahu LCA (funkce a funkční jednotka, toky, hranice systému)
6. Inventarizace a inventarizační analýza (sběr dat, sestavení systémového schématu, alokace)
7. Hodnocení dopadů životního cyklu (kategorie dopadu, indikátor kategorie dopadu, charakterizační modely)
8. **Globální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA**
9. Lokální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA
10. Databáze a další zdroje a jejich využití
11. Interpretace a přezkum LCA
12. Posuzování životního cyklu v kontextu nákladové a sociální udržitelnosti (life cycle costing LCC a social-LCA)
13. „Zelený“ marketing, environmentální prohlášení a značení, principy ekodesignu

# Co se dnes můžu dozvědět:

---

- Které kategorie dopadu označujeme za globální?
- Jakému problému v rámci těchto kategorií lidé a ekosystémy čelí?
- Jaké jsou příčiny a dopady těchto problémů a jak k nim lidstvo přispívá?
- Jak jsou tyto problémy řešeny v LCIA?

# Možná si pamatujete z minula:

## Kategorie dopadu

- **Základní kategorie dopadu** využívané k hodnocení prakticky ve všech studiích LCA
- ✓ Úbytek neobnovitelných (abiotických) zdrojů
- ✓ Využívání krajiny (pokles množství využitelné krajiny)
- ✓ Změny klimatu
- ✓ Úbytek stratosférického ozónu
- ✓ Humánní toxicita
- ✓ Ekotoxicita (sladkovodní, mořská, terestrická)
- ✓ Tvorba fotooxidačních látek
- ✓ Acidifikace
- ✓ Eutrofizace
- Podle rozsahu účinku jednotlivých kategorií dopadu je dělíme na **globální**, **regionální** (geograficky specifické území, 100–1000 km) a **lokální** (geografický rozsah v řádu km)

Kategorie dopadu	Rozsah	Hlavní elementární toky z LCI
Globální oteplování	globální	oxid uhličitý (CO <sub>2</sub> ), oxid dusný (N <sub>2</sub> O), metan (CH <sub>4</sub> ), chlor-fluorované uhlovodíky (CFC), hydro-chlor-fluorované uhlovodíky (HCFC), metylbromid (CH <sub>3</sub> Br)
Úbytek stratosférického ozónu	globální	chlor-fluorované uhlovodíky (CFC), hydro-chlor-fluorované uhlovodíky (HCFC), halony, metylbromid (CH <sub>3</sub> Br)
Acidifikace	regionální, lokální	oxidy síry (SO <sub>x</sub> ), oxidy dusíku (NO <sub>x</sub> ), kyselina chlorovodíková (HCl), kyselina fluorovodíková (HF), amoniak (NH <sub>4</sub> )
Eutrofizace	lokální	fosforečnany (PO <sub>4</sub> ), oxid dusnatý (NO), oxid dusičitý (NO <sub>2</sub> ), dusičnany, amoniak (NH <sub>4</sub> )
Tvorba fotooxidačních látek	lokální	nemetanové uhlovodíky (NMHC)
Terestrická ekotoxicita	lokální	toxické chemické látky s hlášenou smrtelnou koncentrací pro hlodavce
Toxicita pro vodní organismy	lokální	toxické chemické látky s hlášenou smrtelnou koncentrací pro ryby
Humánní toxicita	globální, regionální, lokální	celkové úniky do ovzduší, vody a půdy
Úbytek neobnovitelných zdrojů	globální, regionální, lokální	množství použitých nerostných surovin, množství použitých fosilních paliv
Využívání krajiny	globální, regionální, lokální	Množství půdy uložené na skládce nebo jiné úpravy půdy

# Na úvod

---

## Schéma přístupu k jednotlivým kategoriím dopadu:

- Jaký je problém?
- Jaký je základní environmentální mechanismus a jak je modelován v LCIA?
- Jaké lidské činnosti a související elementární toky k problému nejvíce přispívají? (pouze u kategorií souvisejících s emisemi)
- Jaké jsou nejpoužívanější, existující modely charakterizující LCIA?
- Posloupnost = **od globálních → k lokálním**

# Globální kategorie dopadu

Kategorie dopadu	Anglický název	Zkratka/ značení	Jednotka výsledku indikátoru kategorie
Globální změna klimatu	Global warming	GWP	kg CO <sub>2</sub> eq.
Úbytek stratosférického ozonu	Stratospheric ozone depletion	ODP	kg CFC11 eq.
Spotřeba nerostných surovin	Abiotic resource depletion	ADP	kg Sb eq.

# Globální klimatická změna

- Nejdiskutovanější environmentální téma dneška
- Pojmy Globální změna klimatu a Globální oteplování chápány jako synonyma
- **Skleníkový jev/efekt** = pro život na naší planetě životně důležitý, bez něj by průměrná globální teplota naší atmosféry u země byla  $-18\text{ °C}$  místo současných  $15\text{ °C}$ 
  - ✓ Joseph Fourier, 1824 = měření intenzity slunečního záření → vypočet průměrné teploty Země při ohřevu Sluncem, která vycházela nižší, než jaká je skutečně měřená (onen rozdíl  $33\text{ °C}$ ) → zvažoval další zdroje tepla (např. kosmickém záření) a *izolační efekt atmosféry*
  - ✓ John Tyndall, 1859 = výzkum pohlcování tepelného záření různými plyny → na základě absorpčních koeficientů dusíku, kyslíku, oxidu uhličitého a dalších plynů *formuloval základní principy skleníkového jevu*
- Díky skleníkovému jevu Země udržuje svou tepelnou stabilitu ← ! od počátku 19. století (1. průmyslová revoluce – těžba uhlí, parní stroj, železnice = nárůst emisí  $\text{CO}_2$ ) **antropogenní aktivity významně posunují účinek skleníkového jevu** → globální oteplování = vyšší koncentrace skleníkových plynů → intenzivnější zadržování energie v atmosféře → **ohřev povrchu Země**
- Mezivládní panel pro změnu klimatu (IPCC) → **globální změna klimatu** je taková změna, která je vázána **přímo nebo nepřímo na lidskou činnost měnící složení globální atmosféry** a která je vedle přirozené variability klimatu pozorována za srovnatelný časový úsek

# Globální klimatická změna - projevy

## Přímé projevy:

### ➤ Zvyšování teploty atmosféry

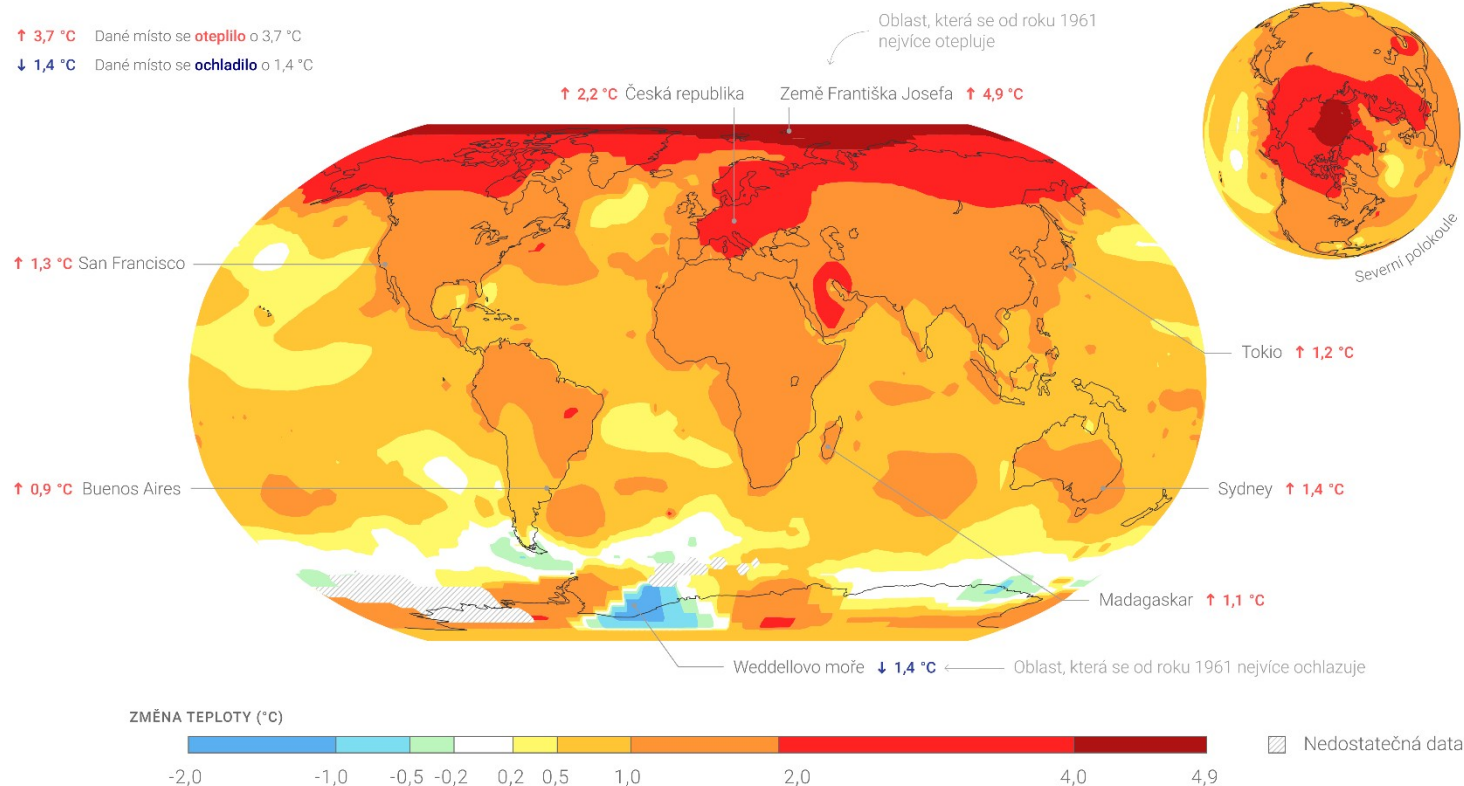
↔ tání ledovců a trvalé sněhové pokrývky, trvale zmrzlé půdy atd.

### ➤ Zvyšování teploty oceánů

↔ zvyšování hladiny světových moří

## MAPA ZMĚNY TEPLoty MEZI LETY 1961–2019

Změna klimatu probíhá různě na různých místech planety. Například kontinenty se oteplují přibližně dvakrát rychleji než oceány.



[Mapa změny teploty mezi lety 1961–2019](#) od autora [Fakta o klimatu](#), licencovaný pod [CC BY 4.0](#).

VERZE 2020-12-06 LICENCE CC BY 4.0  
více info na [faktaoklimatu.cz/mapa-zmeny-teploty](https://faktaoklimatu.cz/mapa-zmeny-teploty)

zdroj dat: NASA Goddard Institute for Space Studies



# Globální klimatická změna - projevy

## Zvyšování četnosti katastrof a extrémních jevů:

- **Vlny veder** na pevnině i tzv. „mořské vlny veder“
- Přívalové **deště**
- Dlouhé periody **sucha**
- Vyšší intenzita a počet **bouří** způsobených tropickými cyklónami
- Počasí s rizikem **lesních požárů** (kombinace sucha a větru)

## Další pozorovatelné změny:

- **Změny hydrologických systémů** → vliv na množství a kvalitu vodních zdrojů
- Negativní dopady na **výnosy zemědělských plodin**
- Posun geografických areálů a migračních vzorců → **úbytek biodiverzity** (počet i druhy) suchozemských, sladkovodních a mořských druhů
- **Změny vektorů infekčních chorob** (např. rozšíření malarických oblastí)

# Globální klimatická změna - projevy

**Dopady, které je nutno zvažovat v delším časovém horizontu:**

- Nerovnováha mezi produkcí kyslíku a spotřebou CO<sub>2</sub> ← **úbytek fotosyntetizujících organismů** = odumírání amazonských a severských borových lesů, úbytek fytoplanktonu (tzv. primární plíce Země), který produkuje 80 % pozemského kyslíku a pohlcuje značnou část CO<sub>2</sub>
- **Zpomalení termohalinní cirkulace** → zodpovědná za globální distribuci tepla, oceánský transport živin, obnovu hlubokomořské vody a relativní mírnost evropského klimatu (Golfský proud) → poháněna rozdíly v hustotě vody v důsledku měnící se salinity a rozdílů v teplotě vody ← může být ovlivněna přílivem sladké vody z tajícího ledu = snížení salinity → snížení hustoty a gradientu hustoty mezi různými oceánskými zónami
- **Pravděpodobné zvýšení četnosti a intenzity jevů ENSO** (jižní oscilace) = El Niño/La Niña (míra vlivu globálního oteplování nejasná) → jednou z možností je, že se tento efekt projevuje pouze v počáteční fázi globálního oteplování, zatímco později, když se oteplí i hlubší vrstvy oceánu, opět zeslábnou × dramatické změny nelze na základě současných důkazů zcela vyloučit, proto je tento efekt považován za potenciální zlomový prvek našeho klimatu
- **Možná mobilizace a uvolňování oceánského hydrátu metanu** (CH<sub>4</sub>•24 H<sub>2</sub>O ledové krystaly obsahující velké množství metanu (1 l pevného metanhydrátu uvolní při teplotě nad 18 °C 168 l metanu) → v hlubokomořských sedimentech, v malých hloubkách pod permafrostem → při uvolnění globální oteplení (6 až 10°C) a pokles obsahu kyslíku v atmosféře (uvolnění velkého množství ložisek hydrátu metanu mohlo být příčinou globálního oteplení o 6 °C na konci permu (před 251 mil. let) → vymřelo 96 % všech mořských druhů)

# Globální klimatická změna - projevy

- Zmíněné projevy **nejsou lineárně závislé na globálním růstu teploty**, navíc se **vzájemně ovlivňují**, což vyvolává zpětnovazební reakce a další nelinearity, **některé změny jsou navíc nevratné** a změní klima z jednoho stabilního stavu na jiný → tento jev se označuje jako **bod zlomu**
- Na základě empirických měření a modelování důsledků klimatické změny bylo stanoveno, že **mezní hodnotou, při níž by ještě nemuselo dojít k nevratným změnám = překročení bodů zlomu je udržení hodnoty nárůstu globální teploty pod 1,5 °C ve srovnání s předindustriálním obdobím (1850-1900)**
- Tato skutečnost byla deklarována ve *Zvláštní zprávě ke globálnímu oteplení o 1,5 °C = SR15* (Special Report on Global Warming of 1.5 °C) vydané IPCC v roce 2018 → negativní dopady oteplení o 2 °C by byly výrazně vyšší než při oteplení o 1,5 °C → je možné dosáhnout nárůstu teploty menšího než 1,5 °C = nutné **razantní snížení emisí skleníkových plynů od roku 2020 a dosažení uhlíkové neutrality do roku 2050**
- *Pařížská dohoda/2015* = právně závazná mezinárodní dohoda (193 zemí) → deklaruje cíl „Udržení nárůstu průměrné globální teploty výrazně pod hranicí 2 °C oproti hodnotám před průmyslovou revolucí a úsilí o to, aby nárůst teploty nepřekročil hranici 1,5 °C oproti hodnotám před průmyslovou revolucí“ → národní závazky členských států + proces jejich sledování a vyhodnocování

# Globální klimatická změna - projevy

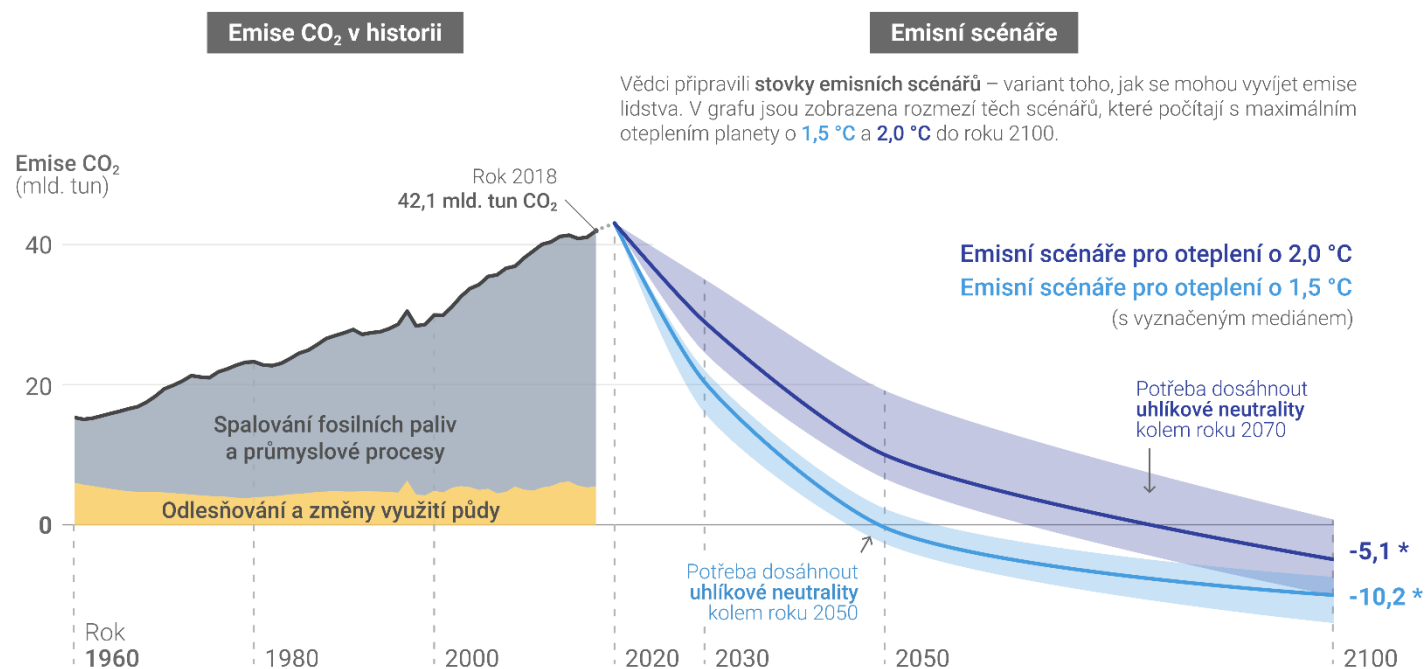
## Uhlíková neutralita/klimatická neutralita (Net-zero carbon/net-zero emissions)

- stav, kdy množství skleníkových plynů odstraňovaných z atmosféry daným státem/firmou je stejné, jako emise těchto skleníkových plynů
- uhlíková neutralita se týká CO<sub>2</sub>/klimatická neutralita všech skleníkových plynů
- pokud má být úroveň globálního oteplení udržena pod 1,5–2 °C, musí rozvinuté země dosáhnout uhlíkové neutrality do roku 2050 → přechod na obnovitelné zdroje energie a zvyšování energetické účinnosti

[Emisní scénáře pro naplnění Pařížské dohody](#) od autora [Fakta o klimatu](#), licencovaný pod [CC BY 4.0](#).

## EMISNÍ SCÉNÁŘE PRO NAPLNĚNÍ PAŘÍŽSKÉ DOHODY

Státy, které podepsaly Pařížskou dohodu, se **zavázaly udržet nárůst globální průměrné teploty** výrazně pod hranicí 2,0 °C a usilovat o to, aby nárůst teploty nepřekročil hranici 1,5 °C oproti období 1850–1900.



\* Záporné hodnoty emisí označují, že technologie pro zachycování uhlíku jej z atmosféry odčerpají více, než kolik vyprodukuje lidská činnost.

# Globální klimatická změna **Je oteplení o více než 1,5 °C je problém?**

## BODY ZLOMU – EKOSYSTÉMY

**Co jsou body zlomu?** Pařížská dohoda deklaruje úsilí o to, aby „nárůst globální průměrné teploty výrazně nepřekročil hranici 1,5 °C“. Jedním z hlavních důvodů pro stanovení této hranice je riziko překročení tzv. bodů zlomu (tipping points). Podobně jako větev snese určité zatížení než se zlomí, i některé části planetárního systému se mohou při postupujících klimatických změnách „zlomit“ a přejít do kvalitativně odlišného stavu.

**Body zlomu v ekosystémech.** Zatímco při oteplení do 1,5 °C jsou z velkých planetárních systémů ohroženy pouze korálové útesy, při oteplení nad 2 °C se blížíme pravděpodobným bodům zlomu mnoha velkých planetárních systémů.

### 01 KORÁLOVÉ ÚTESY

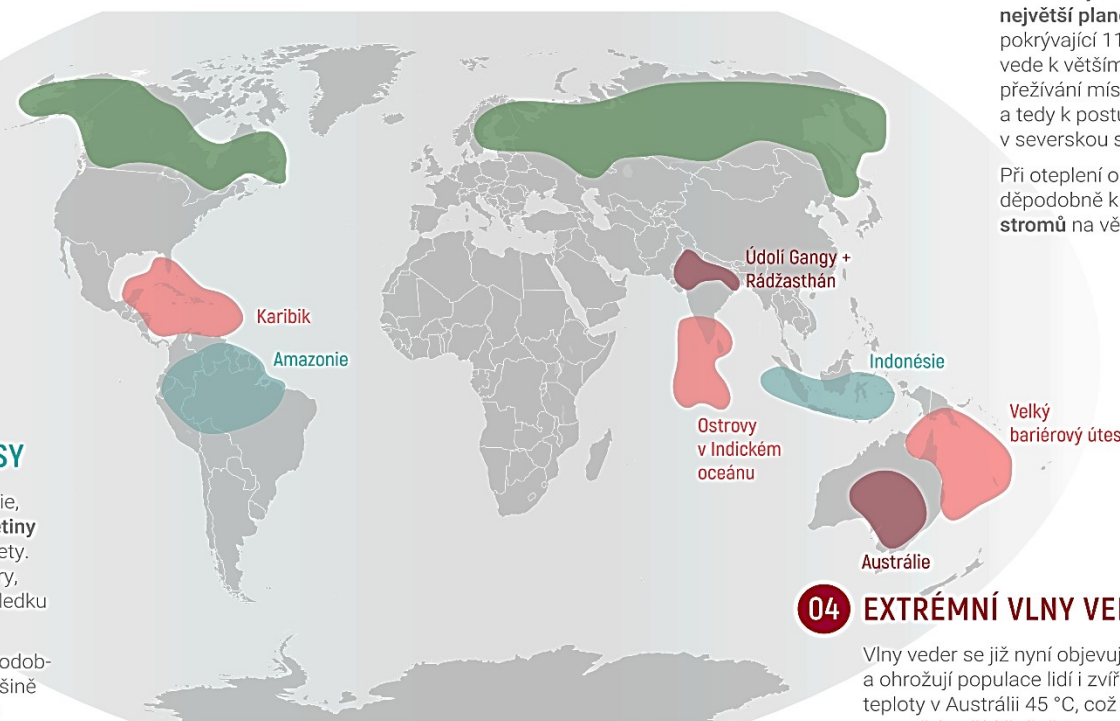
Korálové útesy jsou **ohniska biodiverzity** – je na ně vázáno 25 % všech druhů mořských živočichů. Zároveň poskytují efektivní ochranu před rozbouřeným mořem, pohltí 97 % energie mořských vln. V posledních letech způsobily nebývale teplé oceány zánik 50 % Velkého bariérového útesu.

Při zvýšení teploty **nad 1,2 °C nepřežijí téměř žádné** ze současných korálových útesů.

### 02 TROPICKÉ DEŠTNÉ PRALESY

V tropických deštných lesích Amazonie, Afriky a Indonésie žijí přibližně **dvě třetiny rostlinných a živočišných druhů** planety. Jsou ohroženy nejen kácením a požáry, ale i změnou v množství srážek v důsledku oteplení.

Při oteplení o 3 až 4 °C dojde pravděpodobně k **masivnímu úhynu stromů** na většině území deštných pralesů. Nezávisle na zvyšování teplot může dojít ke kolapsu ekosystému také při odlesnění asi 40 % plochy deštného pralesa.



Hodnoty oteplení jsou uváděny vzhledem k předindustriální době. Současná hodnota oteplení je přibližně 1 °C.

### 03 SEVERSKÉ JEHLIČNATÉ LESY

Severské jehličnaté lesy (tajga) jsou **největší planetární ekosystém**, pokrývající 11 % souše. Oteplování vede k většímu suchu, požárům, přežívání místních kůrovců apod., a tedy k postupné proměně tajgy v severskou step.

Při oteplení o 3 až 4 °C dojde pravděpodobně k **masivnímu úhynu stromů** na většině území tajgy.

### 04 EXTRÉMNÍ VLNY VEDER

Vlny veder se již nyní objevují na různých místech planety a ohrožují populace lidí i zvířat. Např. v lednu 2019 dosáhly teploty v Austrálii 45 °C, což vedlo k úhynu stovek tisíců kaloňů – vymřela přibližně třetina populace. Ztráta druhů rostlin či živočichů může vést ke **kolapsům regionálních ekosystémů**.

Globální oteplování povede k častějším a intenzivnějším vlnám veder, zvýšení světové teploty o 2 °C povede v některých oblastech ke každoročnímu opakování smrtících vln veder. Další zvyšování teploty může způsobit, že se velké části lidmi obývaných území stanou trvale neobyvatelnými.

[Proč je oteplení o více než 1,5 °C problé  
m? \[1/3\]](#)

od autora [Fakta o klimatu](#), licencovaný  
pod [CC BY 4.0](#).

# Globální klimatická změna **Je oteplení o více než 1,5 °C je problém?**

## BODY ZLOMU – KRYOSFÉRA

**Co jsou body zlomu?** Pařížská dohoda deklaruje úsilí o to, aby „nárůst globální průměrné teploty výrazně nepřekročil hranici 1,5 °C“. Jedním z hlavních důvodů pro stanovení takové hranice je riziko překročení tzv. bodů zlomu (tipping points). Podobně jako větev snese určité zatížení než se zlomí, i některé části planetárního systému se mohou při postupujících klimatických změnách „zlomit“ a přejít do kvalitativně odlišného stavu.

**Body zlomu v kryosféře.** Kryosféra označuje veškeré oblasti planety, ve kterých se voda nachází ve zmrzlém stavu. Některé horské ledovce, např. v Alpách, již bodu zlomu dosáhly a jejich zánik je nevyhnutelný i bez dalšího oteplení. Jiné velké systémy kryosféry mohou bodů zlomu dosáhnout při oteplení jen o málo vyšším než 1,5 °C. Doba, která je potřebná k roztátí, může být v rozsahu desítek či stovek let, ale změny kryosféry mají celoplanetární dopady – zvyšování hladin oceánů, změny albeda a uvolnění metanu do atmosféry. Tyto změny následně přispívají k dalšímu oteplení.

### 01 ZÁMRZ SEVERNÍHO LEDOVÉHO OCEÁNU

Rozsah zámrazu Severního ledového oceánu rychle klesá – objem letního ledu v posledních letech klesl přibližně na třetinu typického objemu v 80. letech. Tání mořského ledu **odkrývá vodní hladinu**, která více pohlcuje sluneční záření, což vede k dalšímu **zesílení oteplení**.

Oteplení o 2 °C či více povede k tomu, že severní pól bude v létě bez ledu, zatímco při oteplení do 1,5 °C je pravděpodobné, že i v létě zůstane zámraz alespoň částečně zachován.

### 02 GRÓNSKÝ LEDOVCOVÝ ŠTÍT

Grónský ledovcový štít pokrývá 80 % Grónska – má průměrnou mocnost 2000 m a rozlohu 1,7 miliónu km<sup>2</sup>. Jeho úplné roztátí by trvalo několik století a způsobilo by celkový nárůst hladin oceánů o 7 m.

Zvýšení teploty 1,5 až 2 °C pravděpodobně nastartuje **nevratné tání** Grónského ledovcového štítu, které může vést ke **zvýšení hladiny oceánů až o 2 m** během příštích dvou století.

### 05 ZÁPADOANTARKTICKÝ LEDOVCOVÝ ŠTÍT

Západoantarktický ledovcový štít má celkový objem 2,2 milionů km<sup>3</sup>. Není dobře fixován pevninou a hrozí jeho „**sklouznutí do moře**“ (Marine ice sheet instability). Kolaps Západoantarktického ledovcového štítu by vedl k rychlému zvýšení hladiny oceánů až o 5 m.

Zvýšení teploty o 1,5 až 2 °C pravděpodobně nastartuje **nevratné tání** Západoantarktického ledovcového štítu.

### 03 PERMAFROST

Permafrost je dlouhodobě zamrzlá půda, pokrývá velké oblasti Sibíře a Severní Ameriky a jeho tání uvolní do atmosféry velké množství metanu (skleníkový plyn), což **dále urychlí globální oteplování**.

Oteplení o 2 °C povede k roztátí 28–53 % světového permafrostu. Oteplení o 2 až 3 °C může vést ke kolapsu permafrostu. Roční emise metanu v důsledku tání permafrostu se v závislosti na rychlosti tání odhadují na 4–16 Gt CO<sub>2</sub>eq, což odpovídá 10–30 % ročních emisí lidstva.

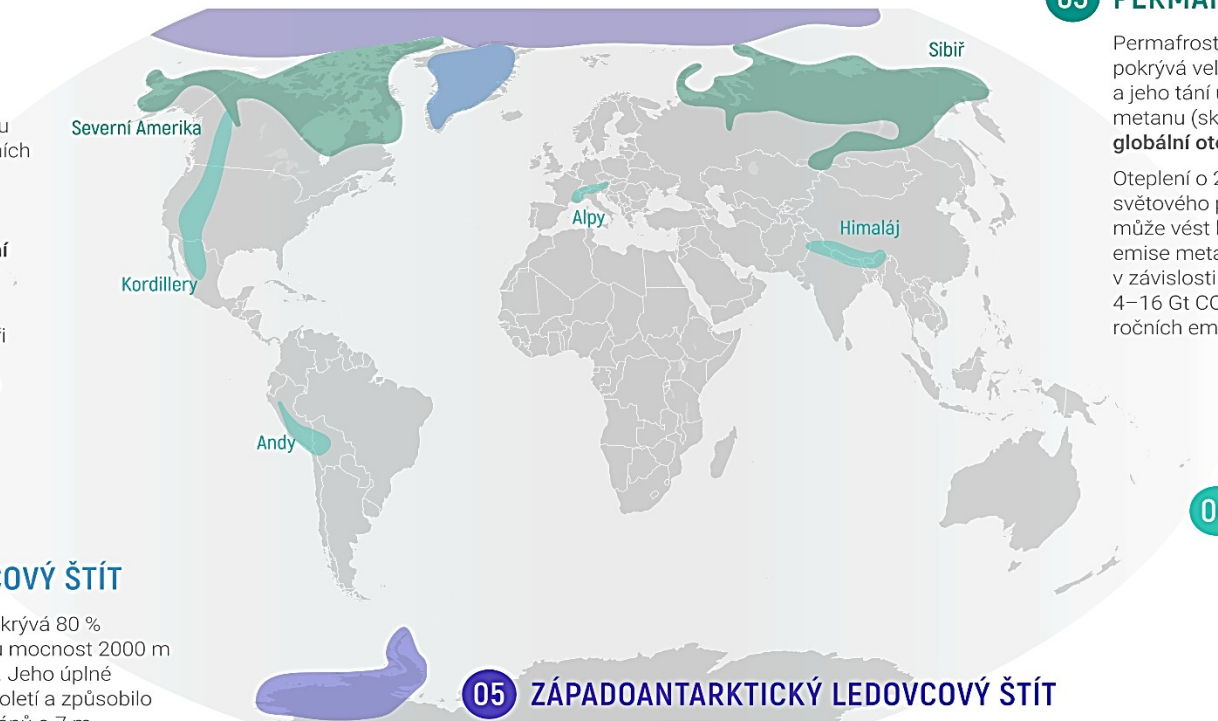
### 04 HORSKÉ LEDOVCE

Horské ledovce zásobují vodou mnoho velkých řek a ve většině horských oblastí rychle tají.

Další zvyšování teploty a ústup ledovců povede k **nedostatku vody k zavlažování** ve velkých oblastech Ameriky a střední a jižní Asie.

Hodnoty oteplení jsou uváděny vzhledem k předindustriální době. Současná hodnota oteplení je přibližně 1 °C.

hlavní zdroj dat: Zpráva IPCC



# Globální klimatická změna Je oteplení o více než 1,5 °C je problém?

## BODY ZLOMU – ATMOSFÉRICKÁ A OCEÁNSKÁ PROUDĚNÍ

**Co jsou body zlomu?** Pařížská dohoda deklaruje úsilí o to, aby „nárůst globální průměrné teploty výrazně nepřekročil hranici 1,5 °C“. Jedním z hlavních důvodů pro stanovení takové hranice je riziko překročení tzv. bodů zlomu (tipping points). Podobně jako větev snese určité zatížení než se zlomí, i některé části planetárního systému se mohou při postupujících klimatických změnách „zlomit“ a přejít do kvalitativně odlišného stavu.

**Body zlomu v atmosférických a oceánských prouděních.** Oteplování může významně narušit systém oceánských a atmosférických proudění a vést k výrazným a nepravidelným změnám charakteru počasí na většině kontinentů. Atmosférická a oceánská proudění nejsou snadno a přesně lokalizovatelná, masu vzduchu a vody se dynamicky pohybují, a proto je vyznačení na mapce spíše symbolické.

### 01 GOLFSKÝ PROUD

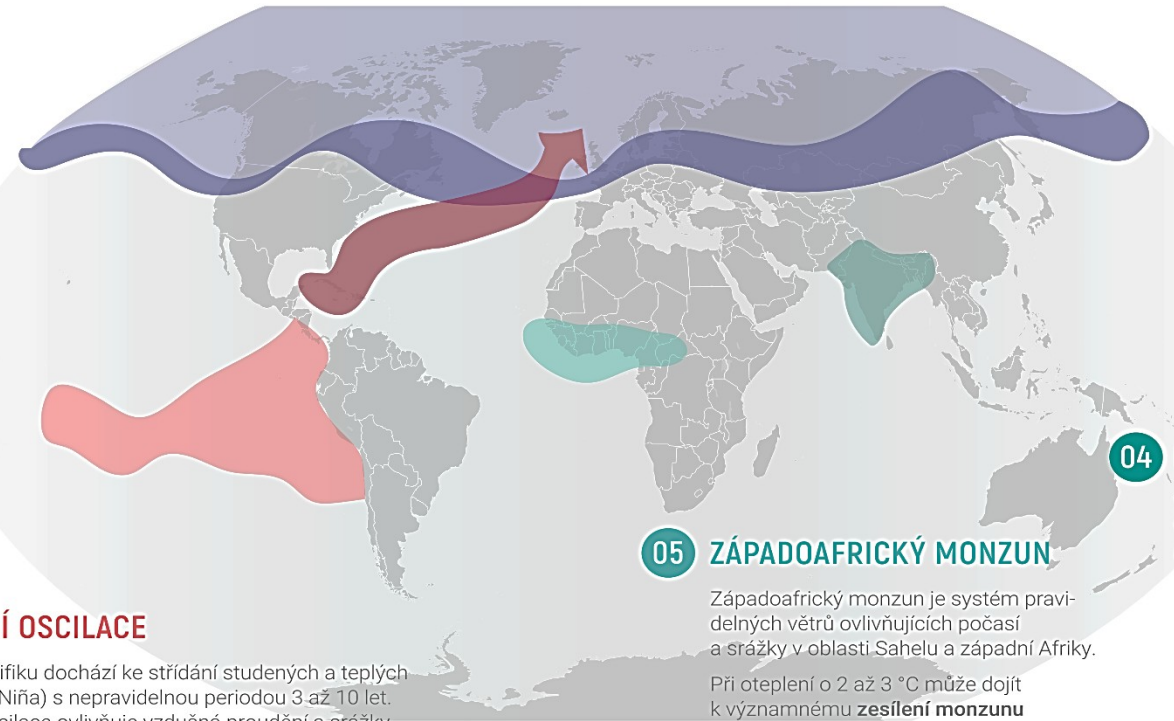
Golfský proud je silný teplý proud, který ovlivňuje podnebí a zmírňuje zimy v západní Evropě a na východním pobřeží Severní Ameriky. Je součástí celoplanetárního systému povrchových a hlubokomořských proudů (tzv. termohalinní cirkulace), který rozvádí teplo po celé planetě. Měření ukazují, že **Golfský proud** od roku 1950 **postupně slábně**. Jeho úplné zastavení by mohlo být způsobeno např. uvolněním velkého množství vody z tajících grónských ledovců do severního Atlantiku.

Rychlost globálního oteplování bude mít vliv na sílu Golfského proudu. Simulace pro různé emisní scénáře předpovídají do roku 2100 **slábnutí proudění o 11 až 54 %**.

### 02 EL NIÑO – JIŽNÍ OSCILACE

V oblasti Jižního Pacifiku dochází ke střídání studených a teplých období (El Niño a La Niña) s nepravidelnou periodou 3 až 10 let. Tato jihopacifická oscilace ovlivňuje vzdušná proudění a srážky na pobřežích Ameriky a Austrálie, způsobuje **extrémní počasí (povodně i sucha)** a ovlivňuje úrodu.

Oteplování vede k častějším a silnějším El Niño. Oteplení o 1,5 °C pravděpodobně povede ke zdvojnásobení počtu El Niño.



### 05 ZÁPADOAFRICKÝ MONZUN

Západoafrický monzun je systém pravidelných větrů ovlivňujících počasí a srážky v oblasti Sahelu a západní Afriky.

Při oteplení o 2 až 3 °C může dojít k významnému **zesílení monzunu** v západní Africe, což může v důsledku vést k **obnově vegetace** v Sahelu a na západní Sahaře. Zároveň by však došlo ke zvýšení teplotního stresu, tedy zazelenění Sahary nepovede k lepší obyvatelnosti pro člověka.

### 03 TRYSKOVÉ PROUDĚNÍ A POLÁRNÍ VORTEX

Tryskové proudění a polární vortex jsou vzájemně související atmosférická proudění, která udržují studený arktický vzduch nad severním pólem. Slábnutí jet streamu vede k jeho většímu meandrování, tedy k častějším situacím, kdy studený arktický vzduch proudí směrem k rovníku a naopak velmi teplý tropický vzduch směrem k pólu. Následkem toho se oblasti Evropy, Asie či Ameriky na několik dní či týdnů **prudce ochladí** (např. -30 °C v Chicagu v únoru 2019) **nebo oteplí** (evropské vlny veder posledních let).

Nárůst teplot pravděpodobně povede k dalšímu slábnutí tryskového proudění a tedy **častějším výkyvům do extrémních teplot**.

### 04 INDICKÝ MONZUN

V Indii přináší pravidelný letní monzun až 90 % srážek. Oteplení, změny v užití půdy a množství vypouštěných aerosolů na indickém subkontinentu mohou vést k nestabilitě monzunu a střídání slabých a velmi silných monzunů, a tedy **střídání let extrémních povodní s roky velkého sucha**.

Hodnoty oteplení jsou uváděny vzhledem k předindustriální době. Současná hodnota oteplení je přibližně 1 °C.

# Globální klimatická změna – oteplení

➤ Zatímco v průběhu přirozeného přechodu **mezi dobou ledovou a meziledovou** trvalo planetě Zemi **oteplení o 1 °C více než tisíc let**, nyní se **vlivem antropogenní činnosti ohřála o 1 °C za méně než sto let**

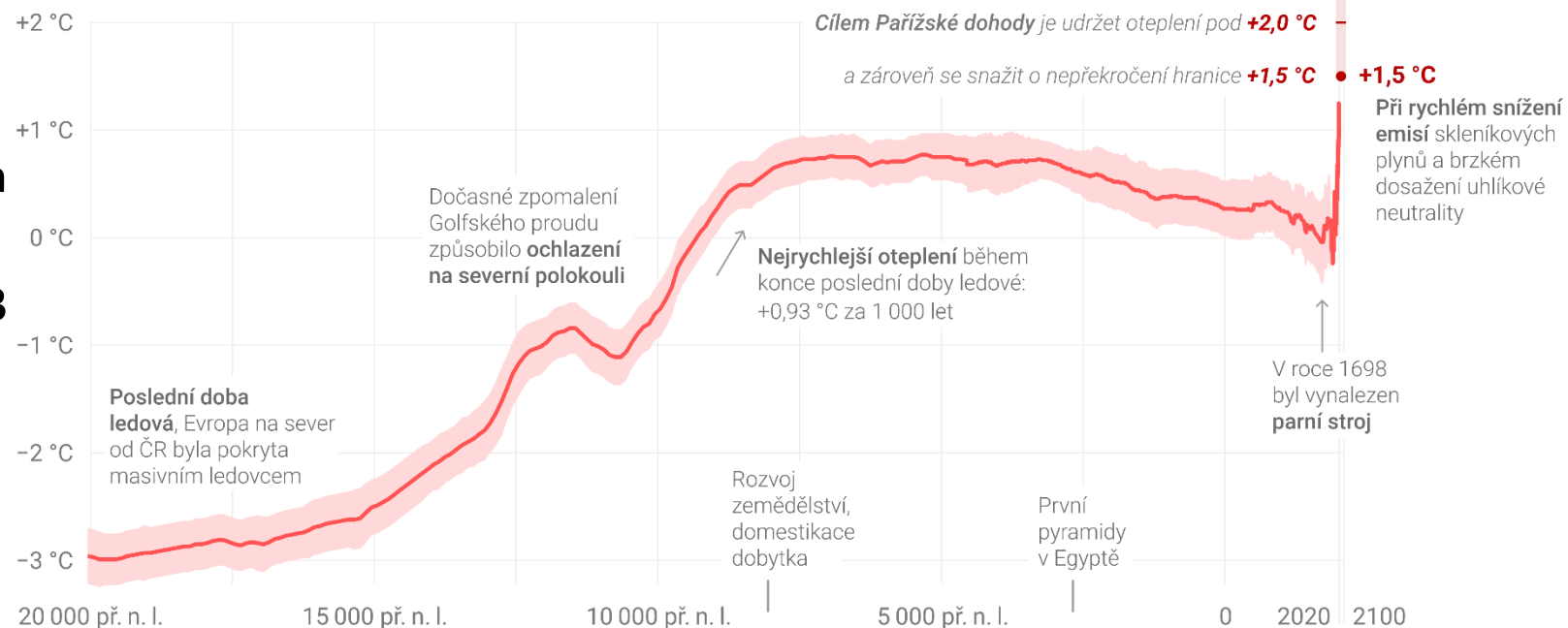
➤ Podle předpovědí se od současných teplot do **konce tohoto století planeta oteplí ještě o dalších 0,5–3 °C**, v závislosti na množství emisí skleníkových plynů.

## SVĚTOVÁ TEPLOTNÍ ANOMÁLIE ZA 22 000 LET

Současné oteplování je více než **10× rychlejší** než přirozené oteplení, které proběhlo na konci poslední doby ledové.

— Průměrná anomálie včetně pásu nejistoty

Teplotní anomálie je odchylka vůči průměrné teplotě na Zemi ve zvoleném referenčním období. Zde se jedná o tzv. předindustriální období, tedy léta 1850–1900.



[Světová teplotní anomálie za 22 000 let](#) od autora

[Fakta o klimatu](#), licencovaný pod [CC BY 4.0](#).

VERZE 2021-02-22 LICENCE CC BY 4.0

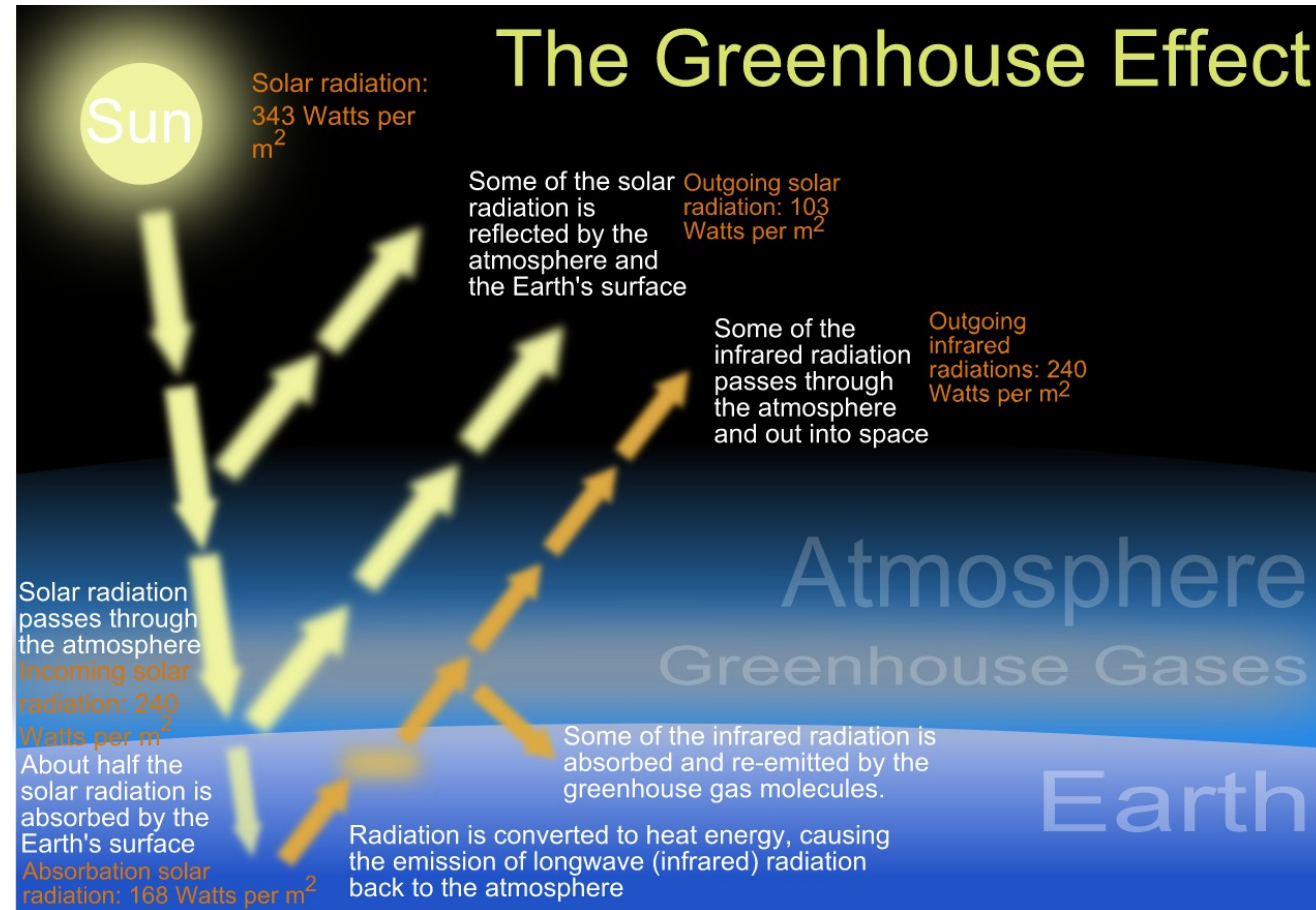
více info na [faktaoklimatu.cz/teplota-22000-let](https://faktaoklimatu.cz/teplota-22000-let)

zdroj dat: Shakun (2012): 22 050–4 550 př. n. l., Marcott (2013): 4 540 př. n. l.–1860, NASA GISS: 1880–2020



# Globální klimatická změna Environmentální mechanismus

- **Rovnovážná energetická bilance** → pro zachování stabilního teplotního režimu v atmosféře Země musí být energie dopadající do zemské atmosféry ze slunečního záření (krátkovlnné, polovina viditelné) v rovnováze s energií, která ji opouští (odraz a infračervené záření)
- Přicházející sluneční záření je částečně odraženo zpět (atmosféra, mraky, povrch Země  $\approx 28\%$ ) ← **jev zvaný albedo**
  - ✓ Albedo vyjadřuje odrazivost povrchu (povrch vše odrazí → albedo = 1/vše pohltí → albedo = 0) → průměrné albedo Země 0,3-0,35 (př.: čerstvý sníh 0,8 (odrazí 80 % záření); ledovec 0,5-0,7 × hladina oceánu 0,06; asfalt 0,04)
- Zbytek záření je pohlcen skleníkovými plyny ( $\approx 21\%$ ) a zemským povrchem ( $\approx 50\%$ )
- **Absorbované záření je přeměněno na tepelnou energii** a v podobě infračerveného dlouhovlnného záření vyzařováno zpět do atmosféry → část adsorbována skleníkovými plyny a odražena zpět k povrchu, takže se udržuje v atmosféře a způsobuje přirozené ohřátí atmosféry (Fourier, Tyndall), zbytek je vyzářen zpět do vesmíru



# Globální klimatická změna Environmentální mechanismus

---

- V současnosti je koncentrace skleníkových plynů v atmosféře vyšší → **bilance energetických toků je posunuta směrem k energii, která zůstává v atmosféře Země** → do vesmíru se nevrací téměř  $1 \text{ W/m}^2$  energie
- Z této bilance je zřejmé, že **teplota atmosféry bude vzrůstat s vyšším obsahem skleníkových plynů v atmosféře** → zintenzivnění dopadů klimatické změny

# Globální klimatická změna

## Environmentální mechanismus

Klimatická změna je mnohem víc než jen nárůst teploty.

### LIDSKÁ ČINNOST

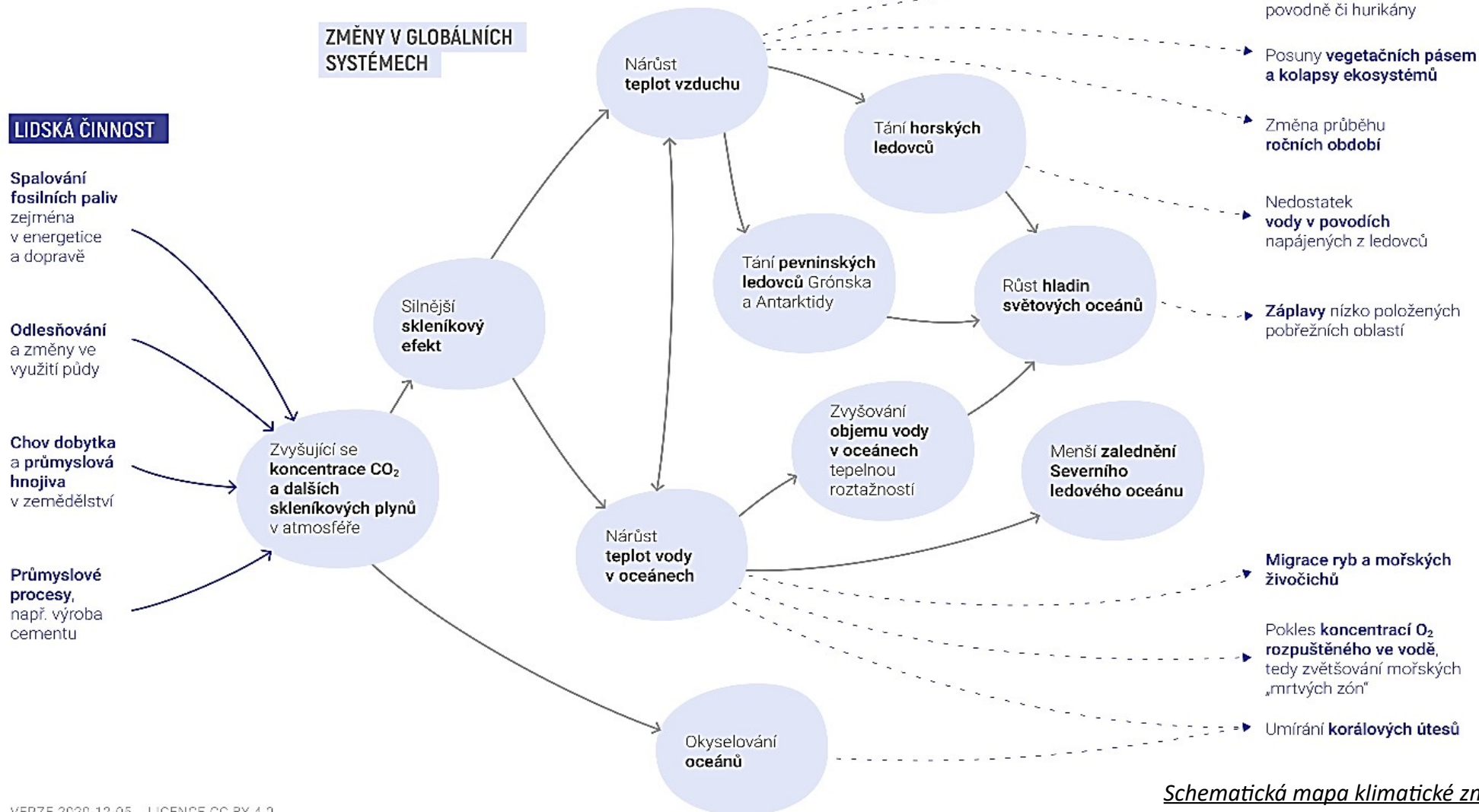
Spalování fosilních paliv zejména v energetice a dopravě

Odlesňování a změny ve využití půdy

Chov dobytka a průmyslová hnojiva v zemědělství

Průmyslové procesy, např. výroba cementu

### ZMĚNY V GLOBÁLNÍCH SYSTÉMECH



### VYBRANÉ DOPADY NA EKOSYSTÉMY A SPOLEČNOST

Častější a silnější **extrémní jevy**: vlny veder, sucha, povodně či hurikány

Posuny **vegetačních pásem** a kolapsy ekosystémů

Změna průběhu **ročních období**

Nedostatek **vody v povodích** napájených z ledovců

**Záplavy** nízkopoložných pobřežních oblastí

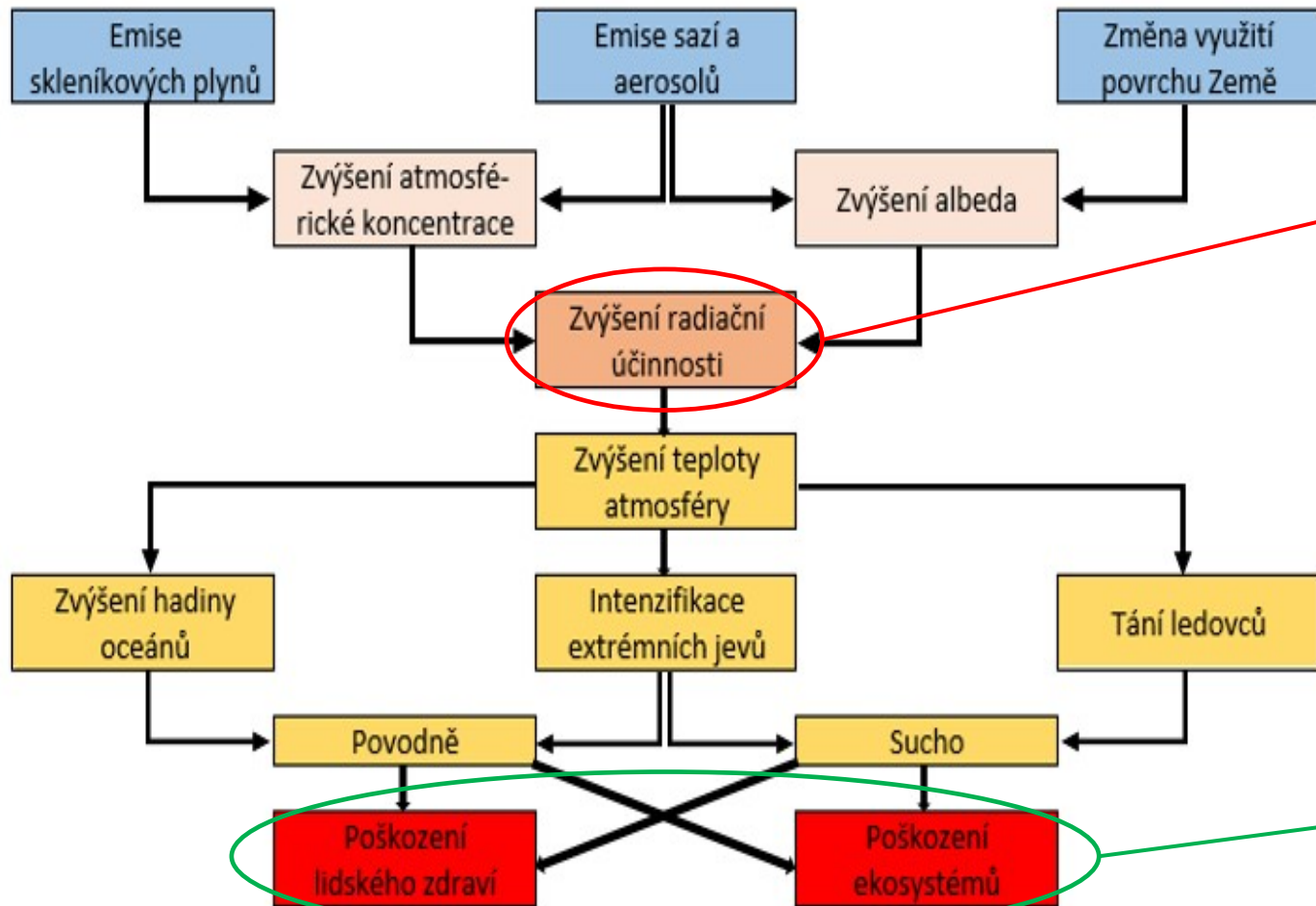
**Migrace ryb** a mořských živočichů

Pokles **koncentrací O<sub>2</sub> rozpuštěného ve vodě**, tedy zvětšování mořských „mrtvých zón“

Umírání **korálových útesů**

# Globální klimatická změna Environmentální mechanismus

## Dopadový řetězec



*Dopadový řetězec v bodech:*

1. **Emise** skleníkových plynů
2. Transport, přeměna a distribuce skleníkových plynů v atmosféře
3. Narušení radiční bilance – **radiční účinnost = primární účinek, midpointový indikátor**
4. **Zvýšení globálních teplot** atmosféry a povrchu
5. **Zvýšení hladiny moří a tání** pevninského ledu
6. **Extrémnější počasí** (zvýšený obsah vodní páry v atmosféře)
7. **Negativní účinky na ekosystémy a lidské zdraví = endpointové indikátory**

# Globální klimatická změna v LCIA - GWP

**Midpointový indikátor** → schopnost molekul skleníkového plynu (GHG = Green-House Gas) vázat tepelnou energii

- **Radiační účinnost  $\alpha$**  → změna radiační bilance v tropopauze systému povrch Země – troposféra vyvolaná změnou koncentrace skleníkových plynů →  $W/m^2$
- Pro  $CO_2$  radiační účinnost s koncentrací roste přibližně logaritmicky, pro  $N_2O$  nebo  $CH_4$  přibližně lineárně
- Radiační účinnost jednotlivých skleníkových plynů popisuje **Potenciál globálního oteplování  $GWP_i$**  = výslednice radiačního účinku GHG a doby jeho životnosti v atmosféře v daném časovém horizontu ve vztahu k účinku  $CO_2$ :
  - $a_i$  okamžitá radiační účinnost po zvýšení koncentrace plynu  $i$  o jednotku = 1 kg
  - $c_{i,t}$  koncentrace plynu  $i$  zbývajících v čase  $t$  po emisi
  - $T$  zvolený časový horizont (obvykle 20, **100** nebo 500 let)
- Charakterizační faktor obvykle používaný v LCIA → **GWP100** = poměr kumulované radiační účinnosti daného skleníkového plynu a  $CO_2$  za 100 let →  $kg\ CO_2eq/kg$  skleníkového plynu

# Globální klimatická změna v LCIA - GWP

GHG, jejichž emise jsou státy povinny inventarizovat (Kjótský protokol)

GHG/skupina	Vzorec/zkratka	<u>Životnost</u> rok	<u>GWP20</u> kg CO <sub>2</sub> eq/kg	<u>GWP100</u> kg CO <sub>2</sub> eq/kg	<u>GWP500</u> kg CO <sub>2</sub> eq/kg
oxid uhličitý	CO <sub>2</sub>		1	1	1
metan	CH <sub>4</sub>	12	72	25	7,6
oxid dusný	N <sub>2</sub> O	114	289	298	153
<b>perfluorované uhlovodíky = PFCs</b>					
zástupce	PFC-14 = CF <sub>4</sub>	50 000	5 210	7 390	11 200
<b>hydrogenfluorované uhlovodíky = HFCs</b>					
zástupce	HFC-23 = CHF <sub>3</sub>	270	12 000	14 800	12 200
fluorid sírový	SF <sub>6</sub>	3 200	16 300	22 800	32 600
fluorid dusitý	NF <sub>3</sub>	740	12 300	17 200	20 700

# Globální klimatická změna v LCIA - Elementární toky

## Hlavní zdroje a elementární toky

### ➤ Přírozený skleníkový efekt zajišťuje:

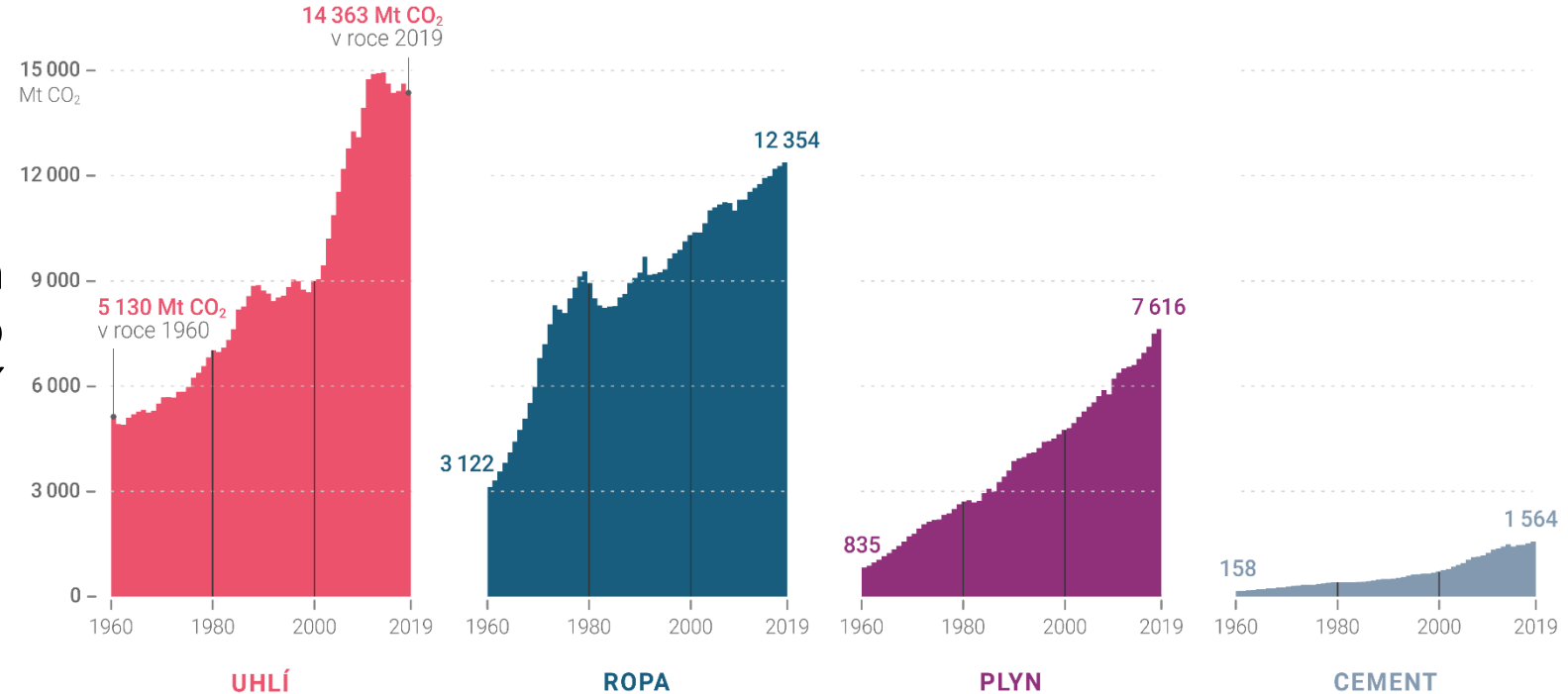
- ✓ vodní pára → 55%
- ✓ oxid uhličitý → 39%
- ✓ ozon → 2%
- ✓ metan → 2%
- ✓ oxid dusný → 2 %

### ➤ Skleníkové plyny z antropogenních zdrojů přispívající k GWP (mimo vodní páru protože přítomnost vodní páry je funkcí teploty atmosféry a vypařovacích ploch):

- ❖ spalování fosilních paliv
- ❖ další aktivity = kácení lesů, produkce cementu, pěstování rýže či chov dobytka atd.

## SVĚTOVÉ EMISE CO<sub>2</sub> Z FOSILNÍCH PALIV A VÝROBY CEMENTU

Emise CO<sub>2</sub> ze spalování fosilních paliv a výroby cementu byly v roce 2019 téměř 4× vyšší než v roce 1960. Dosáhly hodnoty 36 miliard tun CO<sub>2</sub>.



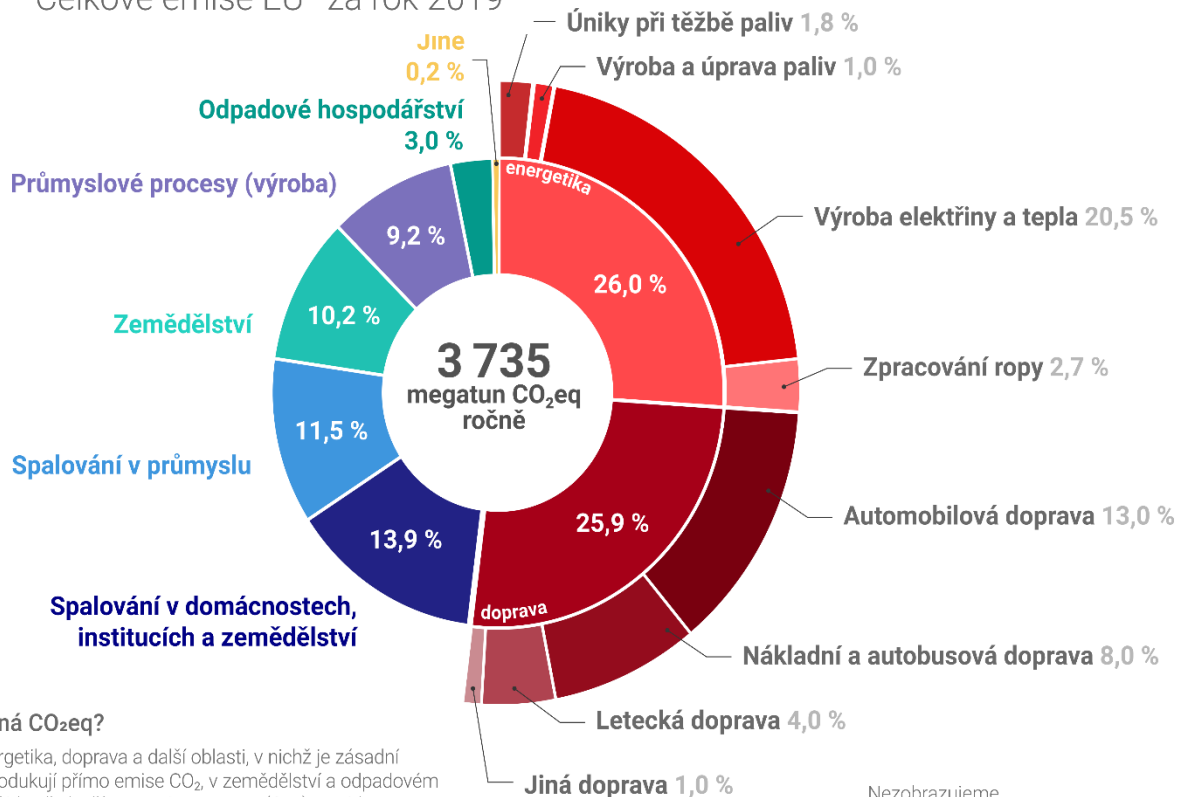
VERZE 2021-02-16 LICENCE CC BY 4.0  
více info na [faktaoklimatu.cz/emise-fosilni-paliva](https://faktaoklimatu.cz/emise-fosilni-paliva)

zdroj dat: Global Carbon Project

# Globální klimatická změna v LCIA - Elementární toky

## EMISE SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ V EU A ČR PODLE SEKTORŮ

Celkové emise EU\* za rok 2019



### Co znamená CO<sub>2</sub>eq?

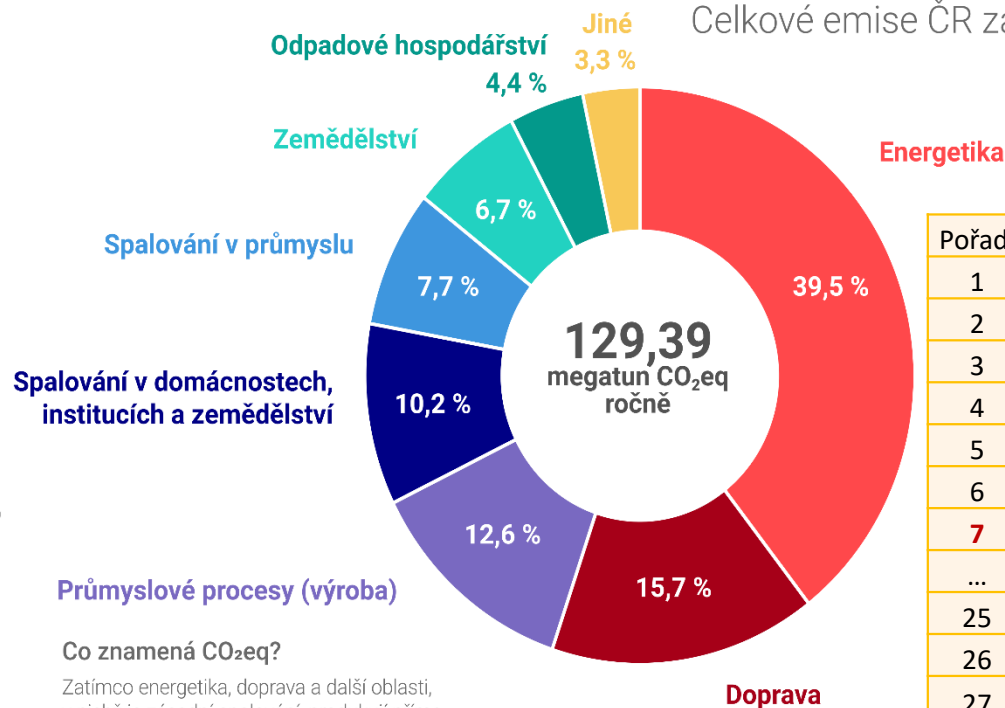
Zatímco energetika, doprava a další oblasti, v nichž je zásadní spalování, produkují přímo emise CO<sub>2</sub>, v zemědělství a odpadovém hospodářství jde především o emise metanu (CH<sub>4</sub>) a oxidu dusného (N<sub>2</sub>O). Ty se přepočítávají na množství oxidu uhličitého, které by mělo stejný oteplovací efekt (ekvivalent CO<sub>2</sub>).

Nezobrazujeme emise z lesnictví a využití půdy, více v doprovodném textu.

\* Jde o emise EU-27, tj. zemí, které byly k roku 2021 členy EU.  
zdroj dat: Evropská agentura pro životní prostředí

VERZE 2022-07-14 LICENCE CC BY 4.0  
více info na [faktaoklimatu.cz/emise-eu-detail](https://faktaoklimatu.cz/emise-eu-detail)

Celkové emise ČR za rok 2018



### Co znamená CO<sub>2</sub>eq?

Zatímco energetika, doprava a další oblasti, v nichž je zásadní spalování, produkují přímo emise CO<sub>2</sub>, v zemědělství a odpadovém hospodářství jde především o emise metanu (CH<sub>4</sub>) a oxidu dusného (N<sub>2</sub>O). Ty se přepočítávají na množství oxidu uhličitého, které by mělo stejný oteplovací efekt (ekvivalent CO<sub>2</sub>).

Nezobrazujeme emise z lesnictví a využití půdy, více v doprovodném textu.

zdroj dat: Evropská agentura pro životní prostředí

VERZE 2020-10-23 LICENCE CC BY 4.0  
více info na [faktaoklimatu.cz/emise-cr](https://faktaoklimatu.cz/emise-cr)

Pořadí	Země
1	Německo
2	Francie
3	Itálie
4	Polsko
5	Španělsko
6	Nizozemí
7	<b>ČR</b>
...	
25	Lucembursko
26	Kypr
27	Malta

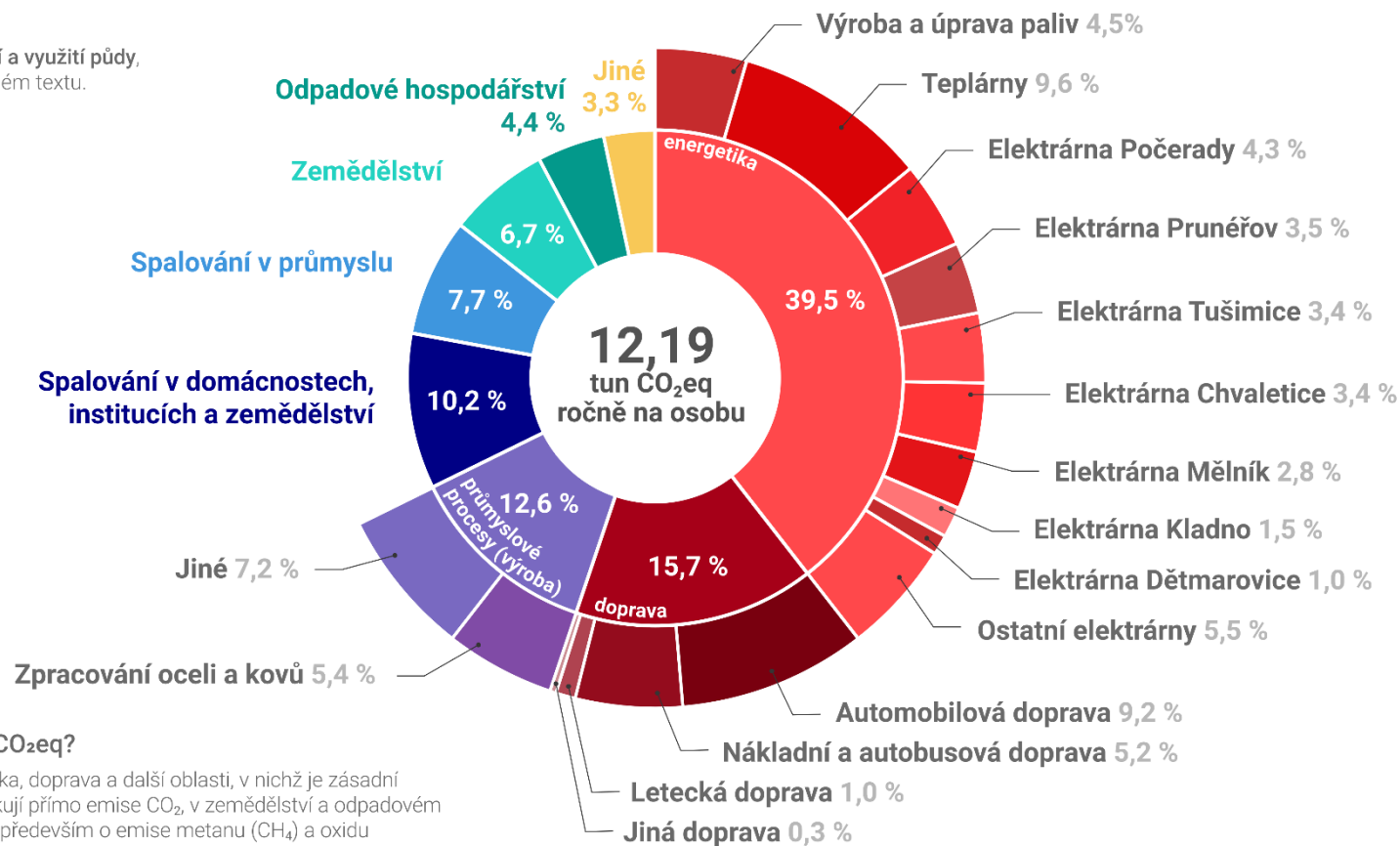


# Globální klimatická změna v LCIA - Elementární toky

## EMISE SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ V ČR PODLE SEKTORŮ NA OSOBU

Celkové emise ČR za rok 2018

Nezobrazujeme emise z lesnictví a využití půdy, více v doprovodném textu.



### Co znamená CO<sub>2</sub>eq?

Zatímco energetika, doprava a další oblasti, v nichž je zásadní spalování, produkuje přímo emise CO<sub>2</sub>, v zemědělství a odpadovém hospodářství jde především o emise metanu (CH<sub>4</sub>) a oxidu dusného (N<sub>2</sub>O). Ty se přepočítávají na množství oxidu uhličitého, které by mělo stejný oteplovací efekt (ekvivalent CO<sub>2</sub>).

Pořadí	Země EU
1	Lucembursko
2	Estonsko
3	Irsko
4	ČR
5	Nizozemí
6	Německo
7	Kypr
...	
25	Rumunsko
26	Švédsko
27	Malta

[Emise skleníkových plynů v ČR podle sektorů detailně](#)

od autora [Fakta o klimatu](#), licencovaný pod CC BY 4.0.

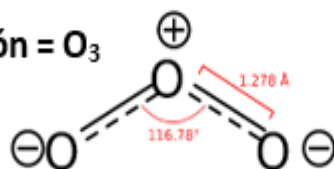
# Globální klimatická změna v metodikách LCIA

- **Všechny** metody LCIA používají jako **midpointový indikátor GWP obvykle** s časovým horizontem **100 let** (některé 500 let ↔ méně se projeví dopad GHG s kratší životností)
- **Žádná** z metod zatím nezapočítává **krátkodobější činitele ovlivňující radiační účinnost** → např. **aerosoly** s částicemi oxidů síry ze spalovacích procesů = snižování dopadajícího slunečního záření nebo **oxidy dusíku** (NO a NO<sub>2</sub>) = těkavé organické látky ze spalovacích procesů, které přispívají k fotochemické tvorbě ozonu (silný zářivý plyn, avšak krátká životnost)
- UNEP-SETAC (2016) → **návrh na rozdělení midpointového indikátoru** na dlouhodobé příspěvky ke změně klimatu (GWP) a na **rychlost, jakou dochází ke změnám klimatu** → lepší modelování dopadů (důležitá je jak rychlost změny, tak velikost dlouhodobého nárůstu teploty)
- **Endpointové metodiky**, jako Ecoindicator 99, ReCiPe, LIME, IMPACT World+ atd. **mají indikátory** pro koncové body, ale jejich **nejistota je již příliš velká**, takže je na ně třeba nahlížet s velkou opatrností → některé metodiky od endpointu upouští (např. IMPACT 2002+)
- **Uhlíková stopa** = zjednodušený výstup LCA zaměřený **pouze na midpointovou kategorii dopadu globální změna klimatu** = celkové množství CO<sub>2</sub> a dalších GHG uvolněných do ŽP v celém životním cyklu produktu v kg CO<sub>2</sub>eq.

# Úbytek stratosférického ozónu



Ozón = O<sub>3</sub>



- namodralý plyn
- charakteristický zápach
- reaktivní
- silné oxidační účinky
- relativně nestabilní

V atmosféře ve velmi malých (stopových) koncentracích

Podle toho, kde v atmosféře se nachází



**Stratosféra = UV filtr**

Ochrana života na Zemi



**Troposféra = oxidant**

Poškození buněčných membrán

- **Problém** = úbytek stratosférického ozónu → poškození přirozeného UV filtru Země
- To znamená = **zvýšení dávek nebezpečného UV-B záření** ( $\lambda=280-315$  nm) → poškození zdraví člověka, živočichů, rostlin, poškození materiálů/produktů
- Ozon hraje důležitou **roli v radiální rovnováze** → změny v koncentraci jsou úzce spjaty s klimatickými změnami
- **Ozonosféra = ozónová vrstva** → vrstva stratosféry ve výšce 15–40 km nad zemským povrchem
- **Dobsonova jednotka** (Dobson Unit – DU) → vyjadřuje koncentraci ozonu ve vertikálním sloupci atmosféry Země
- ✓ 1 DU =  $2,69 \times 10^{20}$  ozonových molekul na m<sup>2</sup> = vrstva o tloušťce 10  $\mu$ m (1013 hPa, 273 K)
- ✓ Obvyklá průměrná globální hodnota celkového ozónu je 300–350 DU (v ČR až 400 DU = 4 mm)

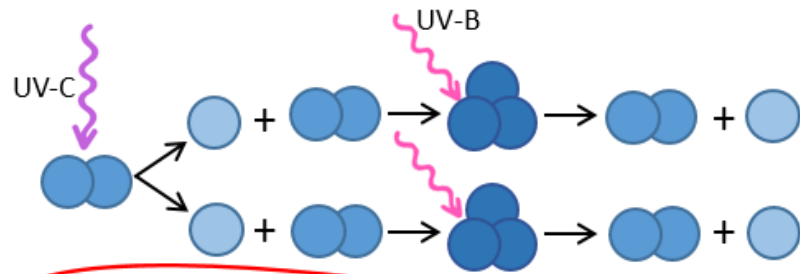
# Úbytek stratosférického ozónu - projevy

- **Pokles koncentrace ozónu ve stratosféře** → pozorován od 70. let 20. století
- **Kritický stav** → pokles celkového ozónu **pod 220 DU**
  - **ozónová díra** (jedna z největších a „nejhlubších“ děr nad Antarktidou → 2020 = 25 mil. km<sup>2</sup>; <100 DU, největší → 2006 = 29,5 mil. km<sup>2</sup>; cca 90 DU)
  - **globální pokles celkového ozónu** (např. Evropa → od 80. let 20. století klesá koncentrace stratosférického ozónu při měření v zimě a na jaře o 5,4 % za desetiletí)
- Sezónní výkyvy koncentrace stratosférického ozónu jsou běžné → např. opakující se každoroční cyklus relativně extrémních poklesů koncentrací nad póly se projevuje na přelomu zimy a jara (Antarktida = září/říjen; Arktida březen/duben) → v létě se koncentrace opět obnoví

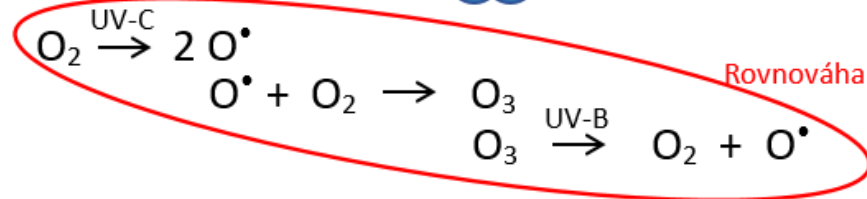
# Úbytek stratosférického ozónu - dopady

- **Dopady úbytku stratosférického** = vystavení zemského povrchu **vyšší intenzitě UV-B záření**
- ✓ **Lidské zdraví** → **poškození nukleových kyselin** a proteinů v buňkách = mutagenní účinky, rakovina **kůže** (melanom), šedý zákal (katarakta) i další nemoci **očí**, zvýšené stárnutí kožních buněk, onemocnění **imunitního systému**
- ✓ **Ekosystémy**
  - **Živočichové** → poškození **pokožky** (pozorováno např. u velryb), poškození **imunitního systému**
  - **Rostliny** → poškozením **fotosyntetizujících orgánů** rostlin = snížení fotosyntézy → snížení výnosů a kvality zemědělských plodin, snížení schopnosti lesů zachytávat CO<sub>2</sub> = zhoršení klimatické změny; úbytek fytoplanktonu → snížení schopnosti zachytu CO<sub>2</sub> = zhoršení klimatické změny a pokles primárního zdroje vodních potravních řetězců (zejména v polárních oceánech) = úhyn vodních živočichů
- ✓ **Troposférický ozón** → UV-B urychluje tvorbu **fotochemického smogu** = stimulace produkce troposférického ozonu
  - **Škodlivý pro lidské zdraví** (bolesti hlavy, pálení očí a podráždění dýchacích cest), **živočichy i rostlinstvo**
  - **Urychluje degradaci** materiálů/produktů používaných ve venkovních prostorech (především plastů,

# Úbytek stratosférického ozónu – Environmentální mechanismus

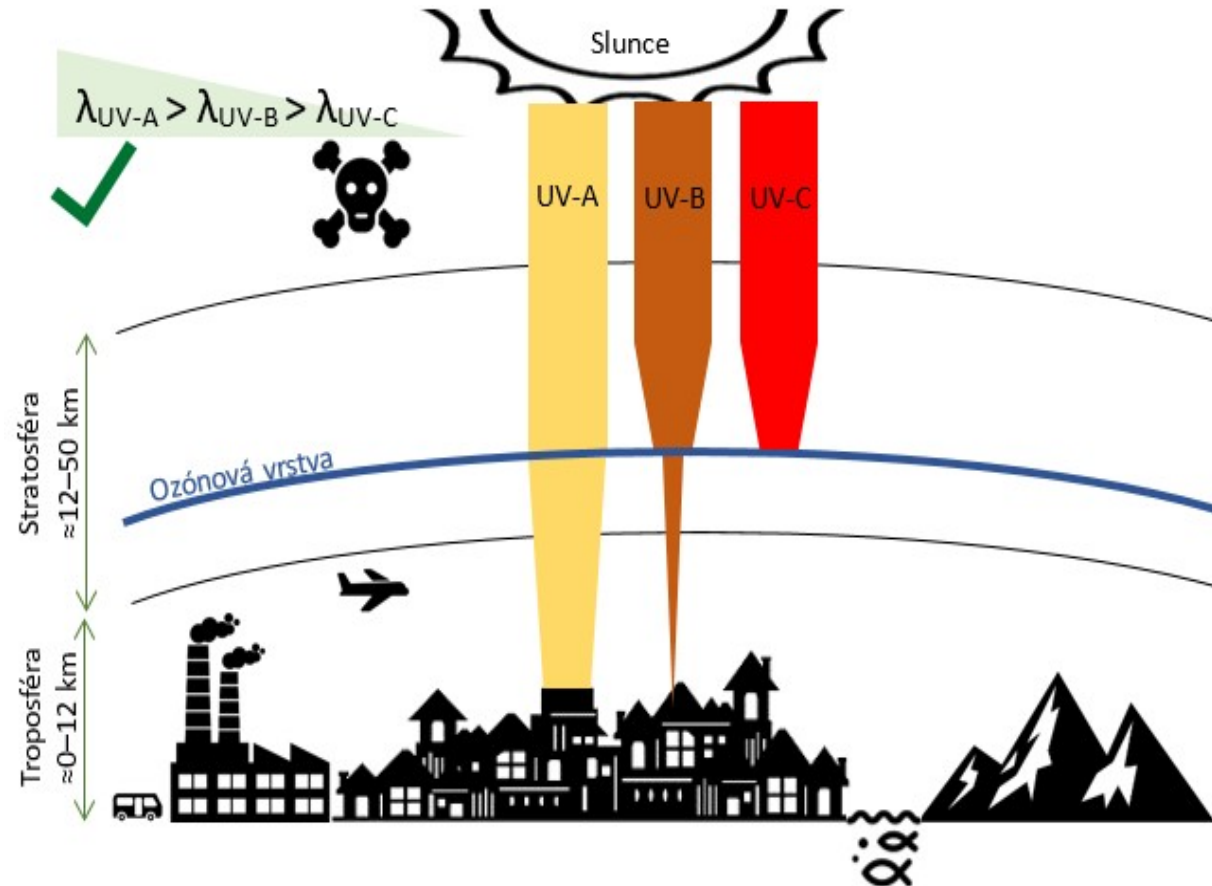


← Fotochemická teorie vzniku a rozkladu ozónu (Sydney Chapman, 1930)



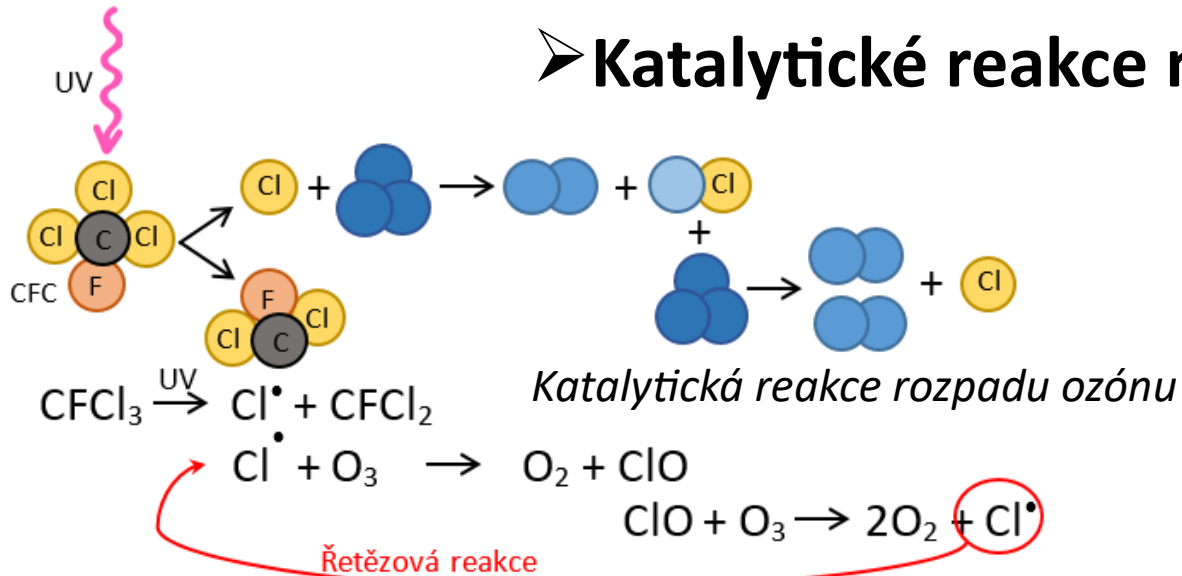
- ✓ **Molekulární kyslík** → působení tvrdého UV záření (UV-C) → štěpení na atomární kyslík (kyslíkový radikál) → reakce s molekulami kyslíku → **tříatomová molekula ozónu**
- ✓ **Ozón** → působení UV-B → rozklad ozónu na **molekuly** ( $\text{O}_2$ ) a atomy/radikály (O) **kyslíku**
- Obě **reakce** (vznik a rozklad ozónu) za normálních podmínek v rovnováze = **vážou veškerou energii UV-C a převážnou část UV-B** → zamezení pronikání nebezpečného UV záření na zemský povrch

## ➤ Rovnovážný stav – Ozonoféra



# Úbytek stratosférického ozónu – Environmentální mechanismus

## ➤ Katalytické reakce mohou znamenat porušení rovnováhy



➤ **Mechanismus** → **volný radikál** = např. atom chloru → **reakce** se dvěma **molekulami ozónu**, z nichž **vytvoří** tři molekuly **molekulárního kyslíku** ( $O_2$ ) → zpět uvolněn atom Cl → **řetězová reakce**, dokud chlorový radikál nezreaguje s jinou molekulou (až 100 000×)

✓ Kde se vzal chlor? → z **CFC** (freony) ← **životnost** 50–100 let, **malá reaktivita** + nerozpustnost → dostanou se až **do stratosféry**

➤ Polární/**antarktická ozónová díra** → vznik v průběhu antarktické zimy/noci (téměř žádné sluneční světlo)

✓ **Meteorologické faktory**

→ **vznik polárního víru/vortexu** ← uzavření prostoru nad kontinentem = do stratosféry nad pólem nemůže pronikat ozón (ani další molekuly) z jiných částí atmosféry

→ vzduch uvnitř víru až  $-80\text{ °C}$  → **vznik polárních stratosférických mraků (PSC)/perletových oblak** tvořených částicemi trihydrátu kyseliny dusičné → další pokles teploty = zvětšování ledových částic obsahujících rozpuštěnou kyselinu dusičnou v jádru

→ **PSC = pevná fáze** v jinak extrémně čistém stratosférickém vzduchu → **na jejich povrchu** probíhá **destrukce ozónu**

✓ **Chemické faktory**

→ **přítomnost sloučenin chloru/bromu** (drtivá většina antropogenní) → **UV záření** = uvolnění reaktivních radikálů → **řetězová destrukce ozónu** → inaktivace radikálu reakcí s oxidy dusíku nebo metanem přítomnými ve stratosféře

# Úbytek stratosférického ozónu – Environmentální mechanismus

---

## ➤ Úbytek ozónu ve stratosféře – polární ozónová díra

➤ **Polární stratosférické mraky** (Polar Stratospheric Clouds) ovlivňují proces destrukce ozónu dvěma hlavními způsoby:

✓ *Denitrifikují a dehydratují stratosféru*

✓ *Poskytují aktivní povrch* = místo heterogenní chemické reakce (plyn/kapalina nebo plyn/pevná látka), při kterých se méně aktivní látky = HCl a ClONO<sub>2</sub> přeměňují na aktivnější sloučeniny chlóru HOCl a Cl<sub>2</sub>

➤ Tyto reakce probíhají **pouze na povrchu PCS a jsou velmi rychlé**

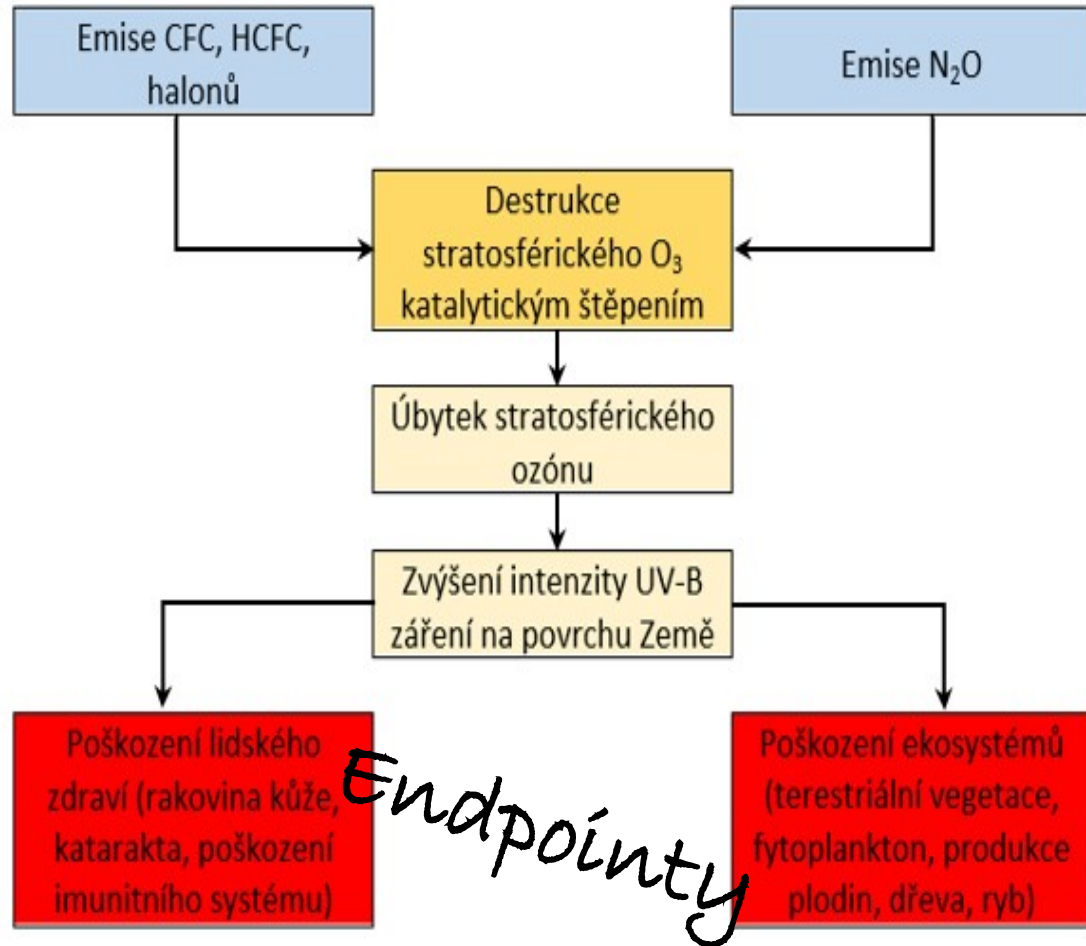


# Úbytek stratosférického ozónu – Environmentální mechanismus

- Capmanova **fotochemická teorie** poskytovala výsledky vyšší než skutečná měření koncentrace ozónu ↔ **přirozené** jsou i **katalytické reakce zániku ozónu**
- Látky (stopová množství) **přirozeně se podílející na chemickém rozkladu ozónu** =  $CH_4$ ,  $N_2O$ , *vodní pára*, *sloučeniny chloru a bromu* – nejčastěji  $CH_3Cl$  a  $CH_3Br$  ← relativně stabilní – až ve stratosféře působením UV záření rozklad příp. vstup do reakce s excitovaným  $O^*$  nebo radikálem  $OH^*$  → radikály **H, HO, NO, ClO a BrO** = **katalyzátory** X reakcí:  
$$X + O_3 \rightarrow O_2 + OX \quad OX + O \rightarrow O_2 + X$$
- **1950**/David Bates a Marcel Nicolet = **vodíkový cyklus rozpadu ozonu, tzv.  $HO_x$  cyklus** → H, OH a  $HO_2$  radikály z vodní páry, methanu a vodíku ( $H_2$ ); X = zejména  $OH^*$
- **1969**/Paul Crutzen =  **$NO_x$  cyklus rozpadu ozonu**; X = NO z  $N_2O$  nebo z fotodisociace molekulárního dusíku následovaná reakcí  $N + O_2 \rightarrow NO + O$
- **1974**/Sherwood Rowland and Mario Molina = práce o vlivu CFC na rozpad ozónu →  **$ClO_x$  cyklus rozpadu**; X = ClO (reakce s Br ještě rychlejší)
- Je třeba zohlednit i další vlivy – současné reakce a vzájemné urychlení/zpomalení, **heterogenní reakce** na pevných/kapalných částicích aerosolů atd.
- **1995**/Rowland a Molina a s nimi Crutzen = **Nobelova cena** za chemii (chemie atmosféry, zejména ozónu)

# Úbytek stratosférického ozónu – Environmentální mechanismus

## Dopadový řetězec



- V metodikách LCIA je většinou počítáno s antropogenními emisemi **halogenovaných uhlovodíků** s dlouhým poločasem rozpadu a **oxidu dusného**, jako látkami způsobujícími úbytek stratosférického ozónu
- **Midpointivý indikátor = rozklad molekul ozónu**
- **Charakterizační faktor = potenciál úbytku stratosférického ozónu (Ozone Depletion Potential – ODP)**
- $ODP_i$  = potenciál chemické látky rozkládat ozón ve srovnání s referenční látkou  $CFCl_3$  = trichlorfluormetan, CFC-11, Freon-11
- vyjadřuje změnu sloupce/koncentrace stratosférického ozónu způsobenou roční emisí látky  $i$  v rovnovážném stavu() v poměru ke globálnímu snížení koncentrace  $O_3$  způsobenému stejným množstvím referenční látky CFC-11 ():
- Jednotka charakterizačního faktoru ODP je **kg CFC-11 eq/kg**

# Úbytek stratosférického ozónu – Elementární toky

- **Kolísání koncentrace ozónu je normální**  $\leftrightarrow$  závisí na rozložení ozónu v atmosféře a výšce nad zemským povrchem, na zeměpisné šířce i ročním období
- Lze tvrdit:
  - ✓ hodnoty celkového ozónu rostou od rovníku směrem k pólům s maximem okolo 70°
  - ✓ Koncentrace ozónu se mění během roku  $\rightarrow$  na jaře nejvyšší  $\times$  na podzim nejnižší (v rovníkové oblasti jsou tyto změny nevýrazné)
  - ✓ Rozložení ozónu v atmosféře je dáno složením atmosféry, radiačními faktory, fotochemickými a chemickými reakcemi a dynamickými procesy probíhajícími v atmosféře

# Úbytek stratosférického ozónu – Elementární toky

- **Příčiny úbytku stratosférického ozónu** → spojeny zejména s **vyšší koncentrací Cl a Br v atmosféře**
  - **Přirozené:**
    - ✓ **Změny sluneční činnosti** – větší množství UV záření dopadající do stratosféry
    - ✓ **Vulkanická činnost** – větší množství aerosolů a pevných částic se dostává do stratosféry
    - ✓ **Přirozené změny proudění** ve stratosféře
      - dlouhodobé, 28 měsíční střídání směru zonálního proudění
      - krátkodobé = díky atmosférické cirkulaci
      - mohou měnit množství ozónu i ze dne na den v rozsahu i 100 DU
  - V používaných modelech vývoje ozónosféry jsou **přirozené příčiny změn ozónu eliminovány**
- **Z antropogenní činnosti:**
    - ✓ **Halogenderiváty uhlovodíků (Cl, Br)** → **Freony** = chlor-fluorované uhlovodíky (CFC), brom obsahující **halony** (BFC) a **metylbromid, hydro-chlor-fluorované uhlovodíky (HCFC)** a , **hydro-brom-fluorované uhlovodíky, tetrachlormetan (CCl<sub>4</sub>)** a **1,1,1-trichloretan (C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>Cl<sub>3</sub>)** ← katalytická destrukce ozónu ↔ faktory ovlivňující **účinnost halogenovaných uhlovodíků** (hodnotu ODP) = **typ halového prvku** – Br je účinnější katalyzátor než Cl, roli hraje i **molekulová hmotnost** nebo **počet Cl/Br v molekule a poločas rozpadu** ve stratosféře
    - ✓ **Skleníkové plyny** → **oxid dusný a metan (N<sub>2</sub>O a CH<sub>4</sub>)** ← katalytická destrukce ozónu; **hydro-fluorované uhlovodíky (HFC)** – neobsahují Cl/Br → **ODP=0** → náhrada HCFC (jako plyny s nižším ODP HCFC nejprve nahrazovaly CFC), dlouhý stratosférický poločas rozpadu → přispívají ke **globálnímu oteplování**

# Úbytek stratosférického ozónu – Elementární toky

## Kde se halogenované uhlovodíky vzaly?

- 20. léta 20. století → rozvoj chladicí a klimatizační techniky ← hledána netoxická chladicí média nezpůsobující korozi kovů = **freony/CFC**
- ✓ Později → freony jako hnací plyny do aerosolových rozprašovačů, nadouvadla pro výrobu lehčených plastů, čistící a odmašťovací prostředky, hasící prostředky (halony/BFC), pesticidy a fumigační přípravky (methylbromid), hnací plyny pro inhalátory s odměřenou dávkou (MDI)
- ✓ **Nejznámější freony** = CFC-11 ( $\text{CFCl}_3$ ) a CFC-12 ( $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ ) – např. automobilové klimatizace → vysoká chemická stálost = transport do stratosféry, stratosférická životnost 55 a 103 roky ← první látky, u nichž byla prokázána schopnost rozkládat stratosférický ozón ( $\text{ClO}_x$  cyklus, 1974)
- Snaha o zmírnění dopadů → **hydro-halogenované uhlovodíky (HCFC)** → vodíkový atom dělá molekulu snadněji rozložitelnou již v troposféře přítomnými hydroxylovými radikály → DOP 10 × až 100 × nižší než CFC
- ✓ Zástupce = HCFC-22 ( $\text{CHCF}_2\text{Cl}$ ) – chladicí systém, domovních klimatizace HCFC se proto podstatně rychleji rozkládají v troposféře, jsou tudíž doporučovány jako náhrada CFC

# Úbytek stratosférického ozónu – Elementární toky

Kde se halogenované uhlovodíky vzaly?

➤ **Hydro-fluorované uhlovodíky (HFC)** → neobsahují Cl/Br → **ODP=0** × přispívají ke **globálnímu oteplování**

✓ Příklad = HFC-134a ( $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$ ) → automobilové klimatizace (oproti CFC dražší, náročnější na manipulaci)

← náhrada směsí propanu a isobutanu

➤ **Halony** = podskupina freonů = halogenované uhlovodíky obsahující mimo F i Br příp. Br+Cl ← rozklad ozónu v  $\text{BrO}_x$  cyklu podstatně efektivnější než v  $\text{ClO}_x$  cyklu

✓ Zástupci = Halon-1301 ( $\text{CF}_3\text{Br}$ ), Halon-1211 ( $\text{CF}_2\text{BrCl}$ ) a Halon-2402 ( $\text{C}_2\text{F}_4\text{Br}_2$ ) – hlavně hasící prostředky, dosud např. v letectví (dnes již jen recyklované, výroba ukončena 1994/2010)

Úbytek ozónu 2022 k 1. lednu v různých zeměpisných šířkách

Označení	Chemicky	Celková životnost rok	Stratosférická životnost rok	ODP kg CFC-11 eq/kg	GWP100 kg $\text{CO}_2$ eq/kg
CFC-11	$\text{CFCl}_3$	52	55	1	6410
CFC-12	$\text{CF}_2\text{Cl}_2$	102	103	0,75	12500
HCFC-22	$\text{CHCF}_2\text{Cl}$	11,6	120	0,038	1910
HFC-134a	$\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$	13,5	313	0	1470
Halon-1301	$\text{CF}_3\text{Br}$	72	73,5	17	7430
Halon-1211	$\text{CF}_2\text{BrCl}$	16	41	7,1	1990
Halon-2402	$\text{C}_2\text{F}_4\text{Br}_2$	28	41	15,6	2260

Ze zprávy: World Meteorological Organization (WMO). Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2022, GAW Report No. 278, 509 pp.; WMO: Geneva, 2022 [cit 2023-03-25]. Dostupné z: <https://ozone.unep.org/system/files/documents/Scientific-Assessment-of-Ozone-Depletion-2022.pdf> (public domain)

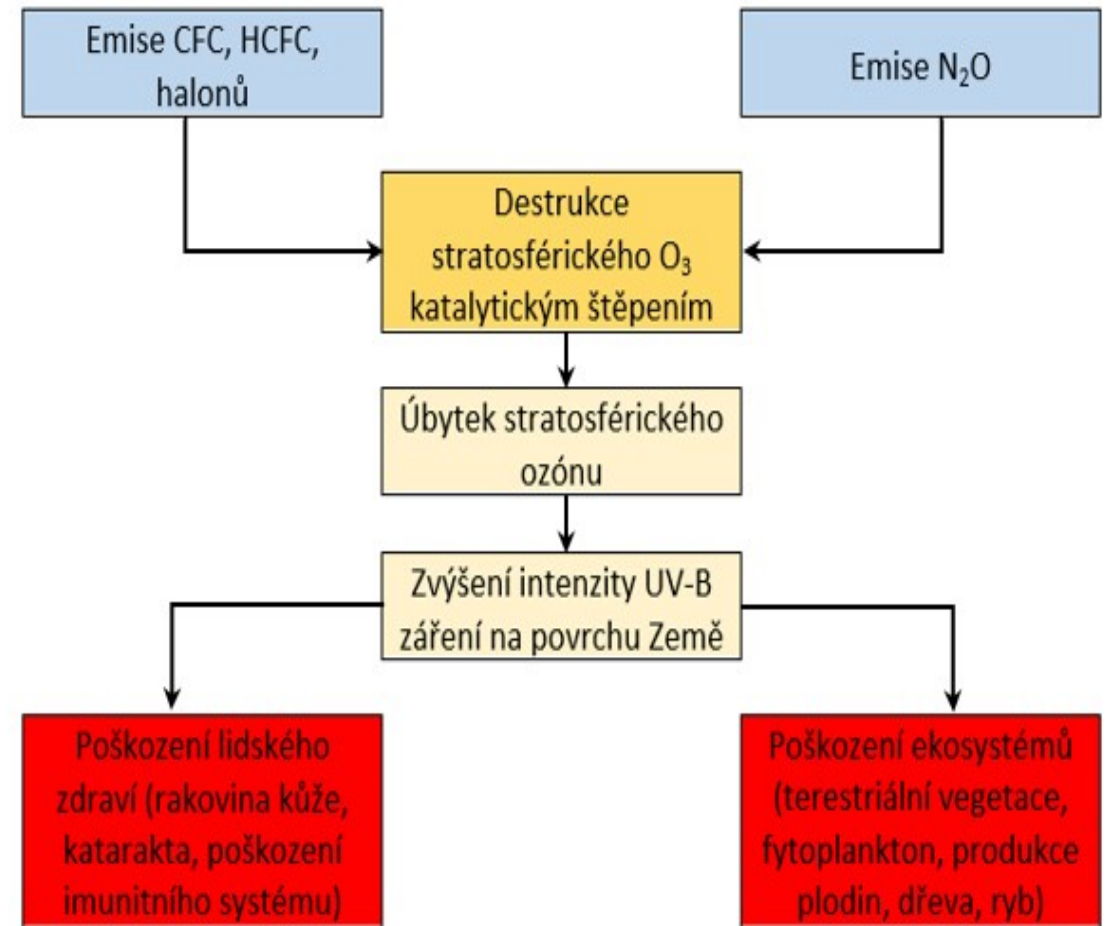
# Úbytek stratosférického ozónu – Regulace

## Globální problém vyžaduje mezinárodní řešení

- 1975/UNEP – zasedání na koordinaci úsilí pro ochranu ozónové vrstvy → krátkodobý pokles spotřeby CFC ← avšak v 80. letech 20. stol. nový boom
- 1985 → přijata Vídeňská úmluva na ochranu ozónové vrstvy = spolupráce ve výzkumu a pozorování ozónové vrstvy, monitorování výroby ODS (ozone depletion substance)
- 1987/Montrealský protokol → ukončení spotřeby a výroby látek poškozujících ozonovou vrstvu do roku 1996 v rozvinutých zemích a 2010 v rozvojových zemích (freony a halony v přílohách A a B, HCFC v příloze C a metylbromid v příloze E) = živý dokument, doplňován dodatky (2016 Kigalská změna – příloha F → snižování výroby a spotřeby některých HFC)
- Z důvodu významné perzistence látek zařazených v Montrealském protokolu je třeba počítat se zpožděním účinku → první náznaky obnovy ozónové vrstvy se objevily na počátku 21. století, úplné zastavení každoročního výskytu ozónové díry lze očekávat kolem roku 2070

# Úbytek stratosférického ozónu v metodikách LCIA

- Všechny současné metody LCIA používají **ODP jako midpointový indikátor** kategorie dopadu ← pokud jsou ve výsledcích LCI/LCA pozorovány významné emise nebo dominantní dopady látek poškozujících ozonovou vrstvu = pravděpodobně metoda využívá zastaralé údaje
- Všechny metody LCIA používají jako **endpoint dopady na lidské zdraví**, pouze japonská metoda LIME navíc zohledňuje dopady na čistou primární produktivitu jehličnatých lesů (NPP), zemědělství (sója, rýže, zelený hrách, hořčice) a fytoplankton ve vyšších zeměpisných šířkách





# Spotřeba surovin = spotřeba přírodních zdrojů

➤ **Přírodní zdroje = suroviny** → antropocentrická definice = **vše, co člověk získává z přírody pro svou potřebu**

Podle původu = **Biotické** × **abiotické**

- **Abiotické** zdroje
- ✓ **anorganické** materiály (např. rudy/kovy, voda)
- ✓ **organické** materiály → *fosilní* zdroje (ropa, zemní plyn) – **v okamžiku těžby již neživé**
- **Biotické** zdroje = rostlinná a živočišná **biomasa** – živé minimálně do okamžiku získávání (např. sklizně nebo těžby) z prostředí (např. plodiny, ryby, dřevo)

**Problém udržitelnosti** → důsledkem nadměrné spotřeby zdrojů je především jejich **potencionální nedostatek v budoucnu** ← příliš rychlá, **nevratná** a nehospodárná **spotřeba neobnovitelných surovin** a **vyčerpávání obnovitelné kapacity obnovitelných zdrojů** → snížení dostupnosti suroviny a narušování až destrukce ekosystémů

Podle schopnosti zdroje regenerovat = **Obnovitelné** × **neobnovitelné**

- **Neobnovitelné** = existuje jen konečná, **omezená zásoba** těchto zdrojů
- ✓ **neobnovují se** (kovy v rudách)
- ✓ **obnovují se** tak **pomalou**, že pro praktické účely lze regeneraci **zanedbat** (fosilní zdroje)
- **Obnovitelné** = **obnovují se v horizontu lidského života**, přesto mohou být vyčerpány ← pokud rychlost získávání z prostředí (těžby) převyší rychlost regenerace
  - Vyčerpání
    - ✓ dočasné, pokud se zdroj obnoví
    - ✓ trvalé – u biotických zdrojů = druh, který je základem zdroje, vyhynul
- ✓ **většinou biotické** (populace ryb, těžba dřeva)
- ✓ **mohou být i abiotické** – např. písek a štěrk rychlost regenerace velmi nízká (je smysluplné řadit je mezi obnovitelné zdroje?)
- ✓ **zvláštní typ = toky** – např. sluneční záření, vítr (nemohou být globálně vyčerpány, ale může se vyskytnout místní nebo časově omezená dostupnost)

# Spotřeba surovin

## ➤ Základními faktory ovlivňujícími spotřebu surovin jsou

- ✓ Zásoba
- ✓ Dostupnost
- ✓ Rychlost spotřeby
- ✓ Rychlost obnovy zdrojů
- Nutno zvážit ekonomickou stránku získávání suroviny ← surovina může být na Zemi dostupná, ale její získání bude energeticky/finančně tak náročné, že bude hodnocena jako nedostupná

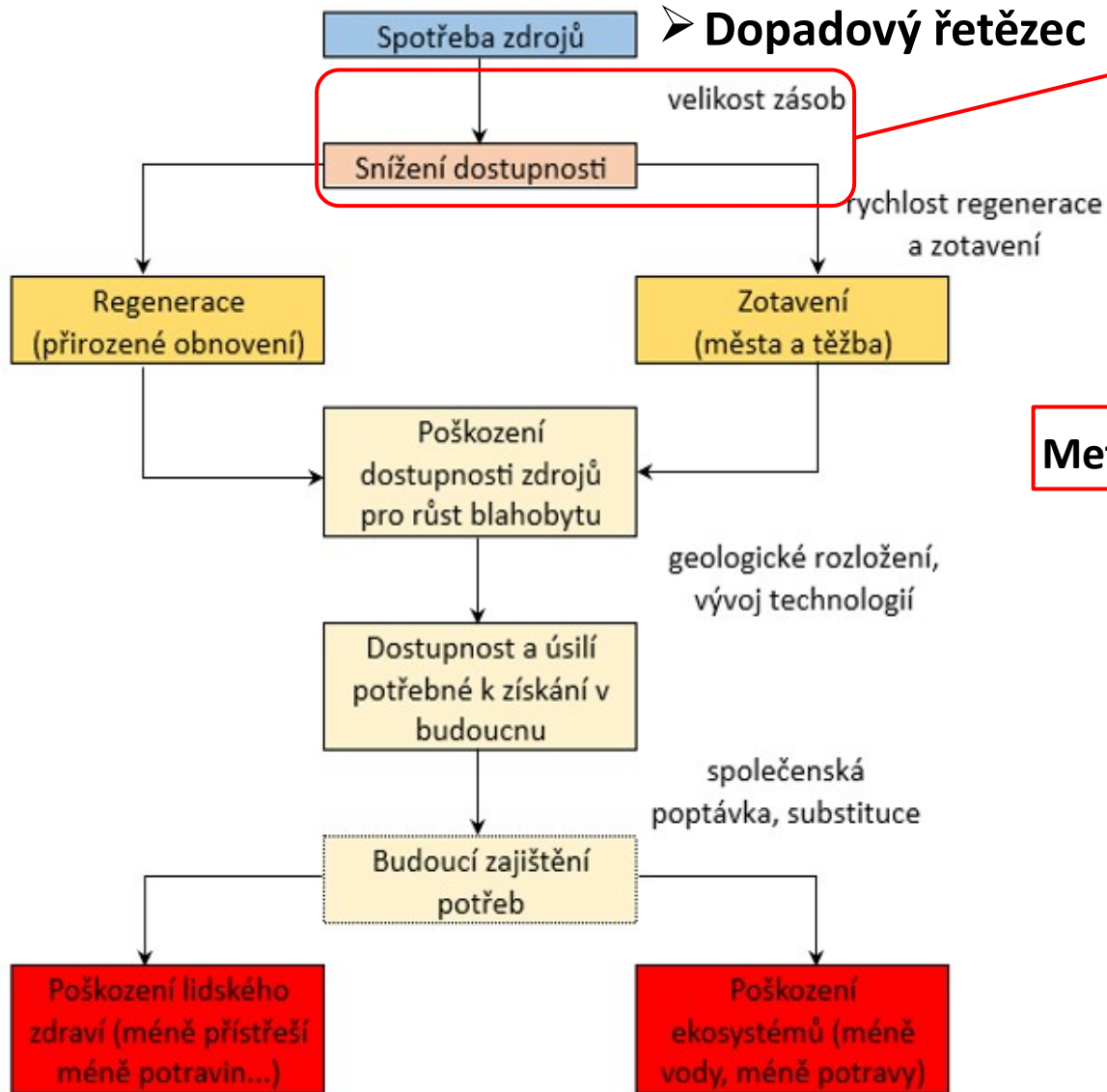
## ➤ Důsledky spotřeby surovin

- ✓ Nedostatek a vyšší energetická náročnost jejich získávání
- ✓ Omezená dostupnost = zvyšování geopolitického napětí
- ✓ Nadměrné využívání obnovitelných surovin → projeví se v dalších kategoriích dopadu
  - Nadměrné kácení = nižší zachyt  $\text{CO}_2$  při fotosyntéze, úbytek přirozeného prostředí řady rostlin a živočichů, vymírání druhů, ztráta kulturní a estetické hodnoty krajiny, půdní eroze, narušení vodního režimu krajiny, nedostatek pitné vody, častější povodně, snížení úživnosti půdy
  - Nadměrný rybolov = úbytek četnosti lovených druhů, poškození biologické rovnováhy → vliv na jiné biologické druhy → snižování úrovně biodiverzity

# Spotřeba nerostných surovin

- Kategorie dopadu **Spotřeba abiotických zdrojů** zahrnuje především **fosilní paliva, nerosty a kovy = Spotřeba nerostných surovin**
- Voda a půda = specifické zdroje → mají své kategorie dopadu → Spotřeba vody a Spotřeba půdy ← přímý dopad na ŽP
- V kategorii dopadu Spotřeba surovin se řeší **vyčerpání zdrojů, nikoliv okamžitá spotřeba** = hodnocení dopadů obvykle zaměřeno na **ztráty zdrojů v průběhu celého životního cyklu**
- **Ztráta zdroje** = transformace suroviny → *spotřební* = surovina zcela přeměněna, dále neexistuje (využívání fosilních zdrojů jako paliv → spálení a přeměna na CO<sub>2</sub> a vodu) × *disperzní* = surovina se neztrácí, je rozptýlená v technosféře nebo ekosféře v jiných formách, než původní surovina – např. kovy
- Důsledkem této kategorie je **nedostatek surovin** v budoucnu nebo **větší energetická náročnost na jejich získání**
- **Těžbu zdrojů** a jejich přeměnu na materiály využitelné v produktových systémech doprovází **spotřeba energie a přímé emise** → těžba surovin je významný příspěvatek k dopadům a škodám na životním prostředí → těmito dopady **se zabývají jiné kategorie dopadů**, nejsou součástí kategorie dopadu čerpání zdrojů
- Z pohledu LCA je kategorií dopadu spotřeba surovin

# Spotřeba surovin – Environmentální mechanismus



- ✓ **Midpointový indikátor** kategorie dopadu = snižování zásob vyjádřená hmotností dané či referenční suroviny
- ✓ **Charakterizační faktor** spotřeby surovin = potenciál úbytku surovin ADP (Abiotic Depletion Potential) → poměr rychlosti těžby suroviny  $i$  ( $DR_i$  v kg/rok) ke globální zásobě této suroviny ( $R_i$  v kg) ← pro potřeby porovnávání různých surovin byl za vztažnou referenční látku zvolen **antimon** (Sb)

## Metodika CML-IA

, jednotka ADP → kg Sb eq/kg

ADP pro fosilní paliva je vyjádřen v MJ

- ✓ **Konečný bod dopadového řetězce** = budoucí důsledek těžby surovin vyjádřený jako množství energie (MJ) nebo náklady na získání suroviny ve srovnání se současným stavem

Za předpokladu:

- Nejprve budou využity/vytěženy zdroje se snadným a/nebo levným přístupem a s vysokou koncentrací nebo kvalitou
- Další generace – budou získávat/těžít suroviny ze zdrojů s nižší koncentrací nebo nižší hodnotou → dodatečné úsilí při těžbě stejného = vyšší energetické nebo finanční náklady

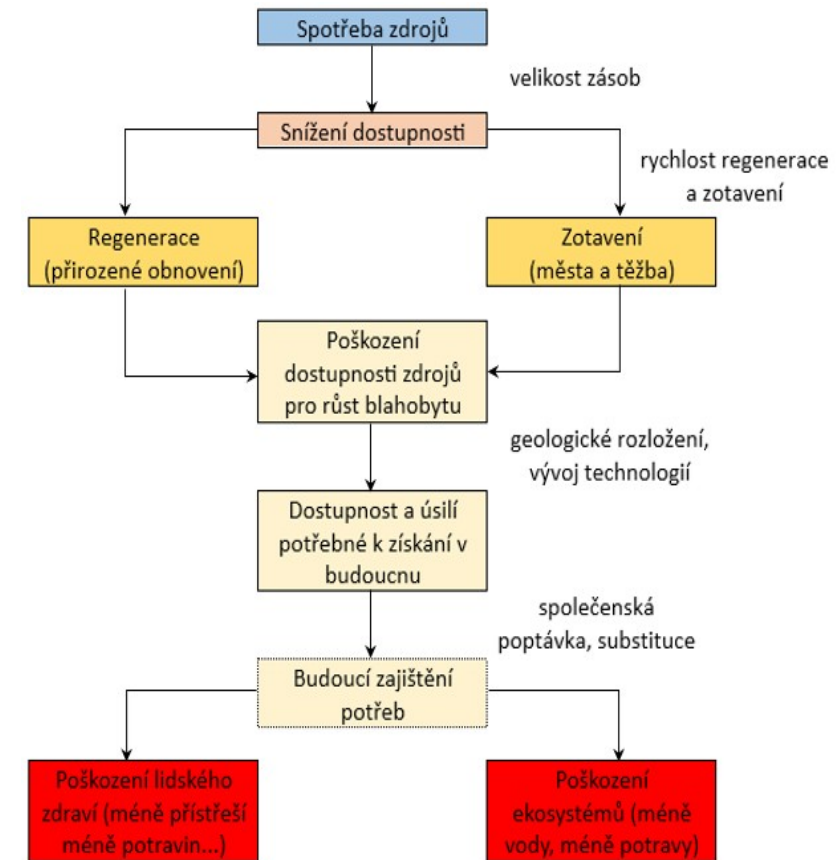
# Spotřeba surovin v metodikách LCIA

➤ Kategorie spotřeba zdrojů → tři typy dopadů dle dopadového řetězce

1. Metody agregující spotřebu přírodních zdrojů na základě přirozené vlastnosti

✓ Zaměření na např. **exergii** (maximální množství užitečné práce, kterou může zdroj poskytnout), **energii a solární energii** ← snadno určitelné, dobře reprodukovatelné × pochybný význam exergických ztrát pro budoucí dostupnost zdroje = ILCD nedoporučuje

✓ **Metoda kumulativní spotřeby energie CED** – zaměřená na zdroje, součást řady komplexních metodik CML-IA (fosilní paliva), ReCiPe nebo metoda ekologické vzácnosti ES (Ecological Scarcity)



# Spotřeba surovin v metodikách LCIA

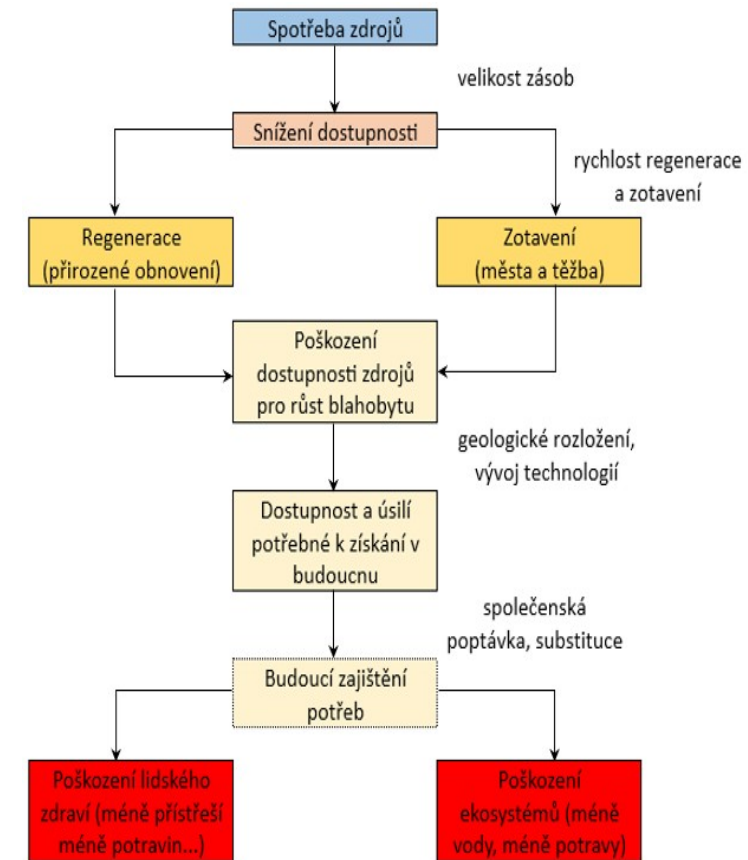
## 2. Metody vztahující spotřebu přírodních zdrojů k jejich zásobám nebo dostupnosti

✓ Vyjadřují **dostupnost/vzácnost zdroje poměrem mezi zásobou = velikostí zdroje a velikostí těžby**

→ Různé způsoby **určení velikosti zásob** → **ekonomicky využitelné zásoby** (vytěžitelné současnou technologií; **základní zásoba** (může být ekonomicky využitelnou při zvýšení ceny nebo použití účinnějších technologií těžby); **konečné zásoby** (zdroje, které jsou k dispozici, včetně méně kvalitních materiálů); **vytěžitelné geologické zdroje** – *pokládáno za dosti stabilní odhad* (dostupná zásoba pro dlouhodobé využití ve svrchní části zemské kůry)

✓ **Nejpoužívanější metoda CML-IA** (ADP = potenciál úbytku abiotických surovin, charakterizační faktor založený na roční míře těžby a odhadu zásob) – využívá definování konečných zásob nebo odhadu základních zásob

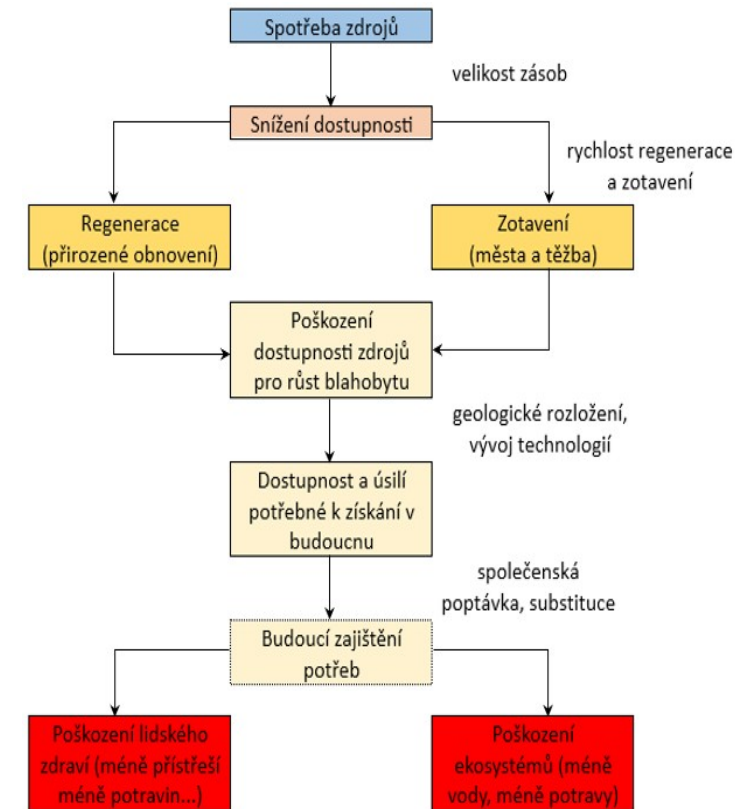
✓ **Metoda EDIP** využívá základní zásobu a charakterizuje tzv. inverzní zásobu na osobu, tj. množství základních zásob na osobu ve světě; u obnovitelných zdrojů posuzuje rozdíl mezi rychlostí získávání a obnovy suroviny – pokud je rychlost obnovy vyšší než získávání, pak je charakterizační faktor nulový



# Spotřeba surovin v metodikách LCIA

3. Metody vztahující současnou spotřebu přírodních zdrojů k důsledkům budoucí těžby přírodních zdrojů (např. potenciální zvýšení spotřeby energie nebo nákladů)

- ✓ **Eco-Indicator 99, IMPACT 2002+** definují budoucí důsledky jako dodatečnou potřebu energie
- ✓ **ReCiPe a Surplus Cost Potential** definují budoucí důsledky jako dodatečné náklady
- ✓ **LC-IMPACT LCIA** využívá tzv. dodatečný rudný materiál, se kterým je třeba nakládat – má indikátor spotřeby rudy ORI a charakterizační faktor potenciál přebytečné rudy SOP ← založeny na poměrně nejistých předpokladech, ale dobře vystihují problematiku zajištění dodávek zdrojů pro budoucí generace
- ✓ Nová (Berlínská univ., 2014) **semikvantitativní metoda** poskytující nové kategorie dopadů a charakterizační modely – **definuje potenciál ekonomické nedostatečnosti zdrojů (ESP)**; **zahrnutí kritérií ovlivňujících ekonomický systém** do hodnocení dostupnosti zdrojů umožňuje identifikovat rizika spojená s využíváním zdrojů a problematická místa v rámci dodavatelského řetězce; přispívá k hodnocení udržitelnosti životního cyklu (LCSA)



# Spotřeba surovin v metodikách LCIA

## *Drobná poznámka závěrem*

- Na zdroje surovin je třeba myslet již **v průběhu inventarizace**
- ✓ Např. **charakterizační faktory** vztahující se ke **zdrojům kovů** obvykle počítají s **obsahem kovu v rudě, nikoliv s těžným nerostem** ← inventarizační data musí také vyjadřovat množství kovu použitého jako vstup (zmíněná metoda Berlínské univ. proto také zohledňuje vedle geologických zásob, antropogenní zásoby v oběhu ve výrobcích a zboží)
- ✓ V této kategorii dopadu, i když je globální, hraje velkou roli **geografické měřítko**, v němž je relevantní posuzovat dostupnost a vyčerpání zdroje – je třeba zvažovat **poměr mezi cenou a „přepavitelností“ suroviny**
- **suroviny s nimiž se obchoduje na světovém trhu** = vysoká hodnota, snadná přeprava z vydatných zdrojů = *kovy, ropa, uhlí, tropické tvrdé dřevo* lze zvažovat **v globálním měřítku**
- suroviny s **nižší hodnotou**, které je lépe **přepřavovat na kratší vzdálenosti** třeba i z méně vydatných zdrojů (lokálních) = *zemní plyn, písek a štěrk, vápenec* je třeba zvažovat **regionálně nebo i lokálně**



# Dokázali byste odpovědět?

1. Jmenujte globální kategorie dopadu – co znamená, že jsou globální? Jaký řeší problém?
2. Co je to globální změna klimatu? Vyjmenujte některé projevy globálního oteplování.
3. Co je to bod zlomu? Jaká je mezní hodnota globální teploty ve srovnání s předindustriálním obdobím?
4. Co je to uhlíková/klimatická neutralita?
5. Co znamená zkratka GWP? Co je to uhlíková stopa?
6. Jaký je základní environmentální mechanismus kategorie globální změna klimatu? Jaké lidské činnosti a související elementární toky k problému nejvíce přispívají?
7. Jak je tato kategorie dopadu modelována v LCIA?
8. Jaká je kritická hodnota koncentrace ozónu ve stratosféře?
9. Jaké jsou příčiny úbytku stratosférického ozónu a jaké jsou jeho důsledky?
10. Jaký je základní environmentální mechanismus kategorie úbytek stratosférického ozónu? Jaké lidské činnosti a související elementární toky k problému nejvíce přispívají?
11. Jak je tato kategorie dopadu modelována v LCIA?
12. Co jsou to abiotické a biotické zdroje a které zdroje jsou obnovitelné či neobnovitelné zdroje?
13. Jaký je základní environmentální mechanismus kategorie spotřeba surovin? Jak na něj nahlíží metodiky LCIA?



# Zdroje aneb kam ještě mohu nahlédnout?

---

- HAUSCHILD, Michael Z., ROSENBAUM Ralph K., OLSEN Stig Irving, *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*. Cham: Springer International Publishing, 2017. ISBN 978-3-319-56474-6.
- KOČÍ, Vladimír. *Environmentální dopady: Posuzování životního cyklu*. Praha: VŠCHT, 2013. ISBN 978-80-7080-858-0.
- Fórum Otevřená data o klimatu, z. ú. *Fakta o klimatu*. [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/>
- World Meteorological Organization (WMO). *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2022*, GAW Report No. 278, 509 pp.; WMO: Geneva, 2022 [cit 2023-03-25]. Dostupné z: <https://ozone.unep.org/system/files/documents/Scientific-Assessment-of-Ozone-Depletion-2022.pdf>



# 9. Regionální a lokální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA

Miroslava Kovářová

Vladimír Sedlařík

ADAPT UTB: Adaptabilní, Digitální, Agilní, Progresivní,

Transformace UTB ve Zlíně, reg. č.

NPO\_UTB\_MSMT-16585/2022

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Centrum polymerních systémů

# Osnova předmětu Posuzování životního cyklu

1. Environmentální pohled na životní cyklus výrobků či služeb, udržitelnost, nástroje environmentálního managementu
2. Principy LCA, legislativní rámec
3. Metoda LCA – produktový systém, procesy, materiálové a energetické toky, 4 fáze LCA
4. Studie LCA (typy, prezentace, vizualizace) a software pro LCA
5. Definování cílů a rozsahu LCA (funkce a funkční jednotka, toky, hranice systému)
6. Inventarizace a inventarizační analýza (sběr dat, sestavení systémového schématu, alokace)
7. Hodnocení dopadů životního cyklu (kategorie dopadu, indikátor kategorie dopadu, charakterizační modely)
8. Globální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA
9. **Lokální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA**
10. Databáze a další zdroje a jejich využití
11. Interpretace a přezkum LCA
12. Posuzování životního cyklu v kontextu nákladové a sociální udržitelnosti (life cycle costing LCC a social-LCA)
13. „Zelený“ marketing, environmentální prohlášení a značení, principy ekodesignu

# Co se dnes můžu dozvědět:

---

- Které kategorie dopadu označujeme za regionální a lokální?
- Jakému problému v rámci těchto kategorií lidé a ekosystémy čelí?
- Jaké jsou příčiny a dopady těchto problémů a jak k nim lidé přispívají?
- Jak jsou tyto problémy řešeny v LCIA?

# Možná si pamatujete z minula:

## Kategorie dopadu

- **Základní kategorie dopadu** využívané k hodnocení prakticky ve všech studiích LCA
- ✓ Úbytek neobnovitelných (abiotických) zdrojů
- ✓ Využívání krajiny (pokles množství využitelné krajiny)
- ✓ Změny klimatu
- ✓ Úbytek stratosférického ozónu
- ✓ Humánní toxicita
- ✓ Ekotoxicita (sladkovodní, mořská, terestrická)
- ✓ Vznik fotooxidačních látek
- ✓ Acidifikace
- ✓ Eutrofizace
- Podle rozsahu účinku jednotlivých kategorií dopadu je dělíme na **globální**, **regionální** (geograficky specifické území, 100–1000 km) a **lokální** (geografický rozsah v řádu km)

Kategorie dopadu	Rozsah	Hlavní elementární toky z LCI
Globální oteplování	globální	oxid uhličitý (CO <sub>2</sub> ), oxid dusný (N <sub>2</sub> O), metan (CH <sub>4</sub> ), chlor-fluorované uhlovodíky (CFC), hydro-chlor-fluorované uhlovodíky (HCFC), metylbromid (CH <sub>3</sub> Br)
Úbytek stratosférického ozónu	globální	chlor-fluorované uhlovodíky (CFC), hydro-chlor-fluorované uhlovodíky (HCFC), halony, metylbromid (CH <sub>3</sub> Br)
Acidifikace	regionální, lokální	oxidy síry (SO <sub>x</sub> ), oxidy dusíku (NO <sub>x</sub> ), kyselina chlorovodíková (HCl), kyselina fluorovodíková (HF), amoniak (NH <sub>4</sub> )
Eutrofizace	lokální	fosforečnany (PO <sub>4</sub> ), oxid dusnatý (NO), oxid dusičitý (NO <sub>2</sub> ), dusičnany, amoniak (NH <sub>4</sub> )
Vznik fotooxidačních látek	lokální	nemetanové uhlovodíky (NMHC)
Terestrická ekotoxicita	lokální	toxické chemické látky s hlášenou smrtelnou koncentrací pro hlodavce
Toxicita pro vodní organismy	lokální	toxické chemické látky s hlášenou smrtelnou koncentrací pro ryby
Humánní toxicita	globální, regionální, lokální	celkové úniky do ovzduší, vody a půdy
Úbytek neobnovitelných zdrojů	globální, regionální, lokální	množství použitých nerostných surovin, množství použitých fosilních paliv
Využívání krajiny	globální, regionální, lokální	Množství půdy uložená na skládce nebo jiné úpravy půdy

# Regionální/lokální kategorie dopadu

Kategorie dopadu	Anglický název	Zkratka/ označení	Jednotka výsledku indikátoru kategorie
Acidifikace	Acidification	AP	kg SO <sub>2</sub> eq, kg mol H+
Eutrofizace (vodní/terestrické prostředí)	Eutrophication	EP	kg PO <sub>4</sub> eq (kg N eq)
Fotochemická tvorba ozonu	Photochemical ozone formation	POCP	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq
Ekotoxicita (vodní/terestrické prostředí)	Eco-toxicity	EF	CTUe (PDF m <sup>2</sup> /rok)
Humánní toxicita (rakovina, nenádorová onemocnění)	Human toxicity (cancer, non-cancer)	HTP, HHP	CTUh, 1,4-DCB eq
Využívání krajiny	Land use	LUP	
Využívání vody	Water use	AWARE	m <sup>3</sup> world eq

# Acidifikace



- **Acidifikace** = proces **okyselování půdního či vodního prostředí** v důsledku emisí kyselinotvorných látek do ovzduší, a následně do vody a půdy → **projevy v přírodní i kulturní krajině, vliv na lidské zdraví**
- Nejvíce dopadá na → **kvalitu půdy**, kvalitu podzemní i povrchové **vody**, druhové složení a zdraví živých organismů (**funkčnost ekosystémů**), životnost lidských výtvorů a užívaných **materiálů**
- V období od konce 2. sv. války do 70. let 20. století došlo k **nebývalému nárůstu emisí SO<sub>2</sub>**, jedné z hlavních příčin acidifikace
- Acidifikace se začala nejvýrazněji projevovat v **80. a 90. letech 20. století**
  - ❖ **úhyn horských jehličnatých lesů ve střední Evropě i USA**
  - ❖ **vyhynutí ryb a života ve skandinávských jezerech** (pozorováno již od počátku 20. století, v posledních dvou dekádách však nejvýraznější → více než 10 tis. průzračných jezer bez života)

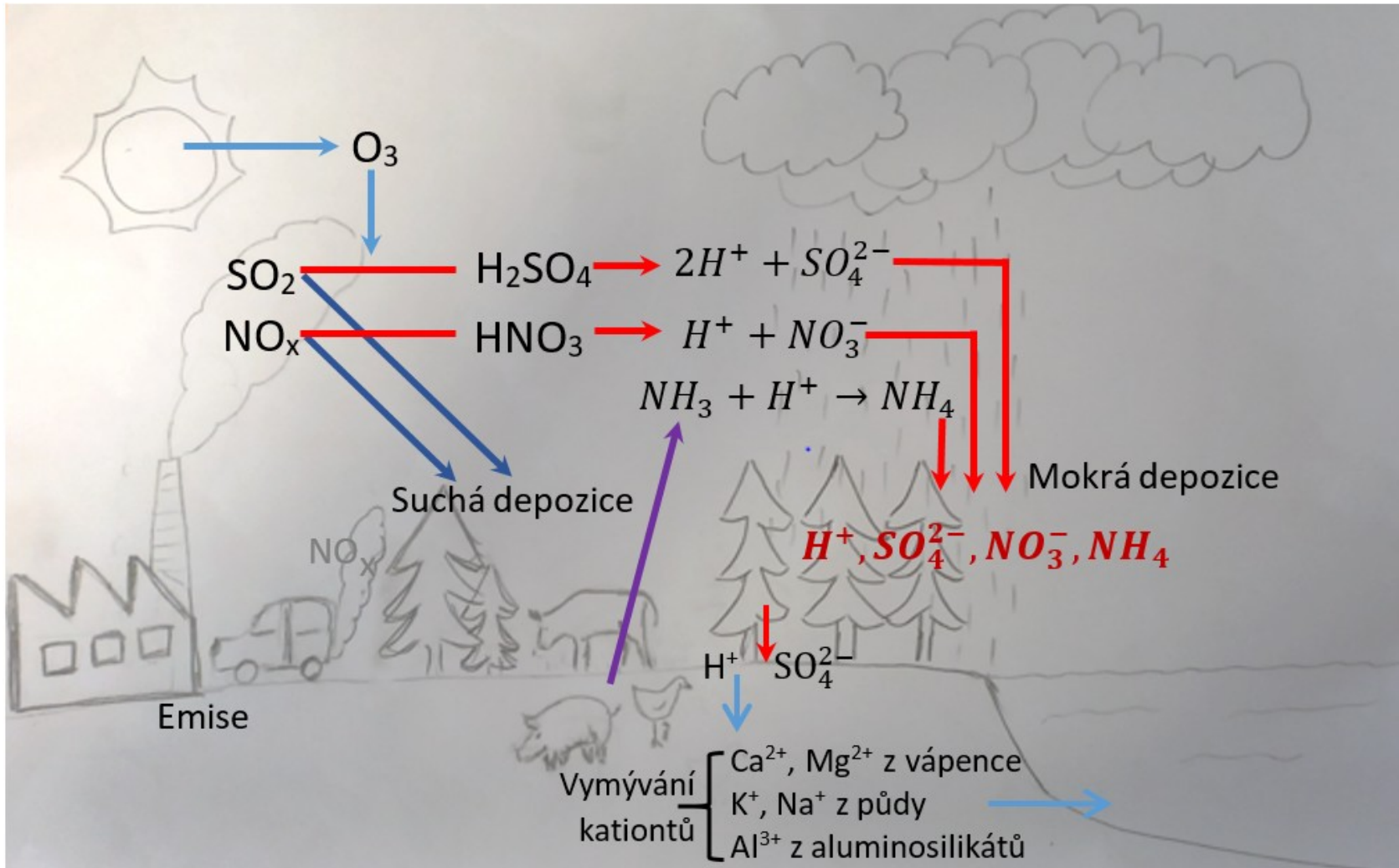


# Acidifikace



- **Přímý dopad** kyselého spadu se projevuje i na **nižších výnosech hospodářských plodin**, řada rostlin se pak nedokáže přizpůsobit chemickým změnám půdy, u nichž dochází k vyluhování živin a nárůstu např. iontů hliníku, čímž dochází ke **snížení biodiverzity**
- **Narušení přirozených mikrobiálních rozkladných procesů** → kumulace nerozložené rostlinné hmoty
- **Kovy, povrchové nátěry a minerální stavební materiály** se působením povětrnostních vlivů nebyvale rychle drolí a rozpadají, podobně jako **sochy a další historické objekty**, čímž dochází nejen k výrazným socioekonomickým ztrátám, ale i k nevratným škodám na kulturním dědictví
- **Lidské zdraví** → záněty průdušek a další onemocnění plic, kardiovaskulární problémy nebo bolesti hlavy ← zimní (Londýnský) smog
- **Problémy s okyselováním** naštěstí začala **Evropa a Severní Amerika brzy řešit**
  - ✓ regulace hlavních zdrojů acidifikace v energetice, průmyslu a dopravě ( $\text{SO}_2$  ze spalování fosilních paliv,  $\text{NO}_x$  emise z dopravy)
  - ✓ vápnění = obnovení přirozeného pH půd a vod

# Acidifikace – Environmentální mechanismus



➤ **Acidifikace** půdy nebo vodních ekosystémů v důsledku nárůstu koncentrace vodíkových kationtů (H<sup>+</sup>) = **snížení neutralizační kapacity** těchto **ekosystémů pro kyseliny** → snížení množství látek schopných neutralizovat přidané H<sup>+</sup>

➤ Dva **mechanismy acidifikace**:

✓ **Přidání H<sup>+</sup>** ← vytěsňují jiné kationty, které jsou následně do systému vyplaveny (např. vyluhovány do podzemní vody)

✓ **Úbytek kationtů** ze systému způsobený příjmem rostlinami nebo jinou biomasou

# Acidifikace – Environmentální mechanismus

- Hlavní zdroj acidifikace = **plynné emise schopné uvolňovat vodíkový iont** při rozkladu v atmosféře nebo na zemském povrchu → v půdě, na vegetaci, ve vodě (suchá depozice)
- **Depozice se zvyšuje při srážkách** = plyny se rozpouštějí ve vodě a dopadají na zemský povrch jako **kyselý déšť** (sníh, mlha) s pH až 3-4 (mokrý depozice)

*Fenomén kyselého deště byl znám již v 17. století, ale na významu získal za průmyslové revoluce, kdy došlo k značnému znečištění ovzduší. Pojem kyselý déšť začal již v roce 1852 používat Robert Angus Smith (Skotský chemik), popsal i mechanismus vzniku tohoto jevu a jeho vztah k emisím (Air and Rain, 1872). I přesto se svět začal touto problematikou seriózně zabývat až v 60. a 70 letech 20. století. V roce 1979 byla přijata "mezinárodní vzdušná konvence", která vedla ke snaze o snížení emisí a ozdravení ŽP.*

## ➤ Srážky

- ✓ neacidifikované = pH 5,6 (v důsledku nasycení vody atmosférickým  $\text{CO}_2$  → přítomnost kyseliny uhličitě) → pokles pod pH 5,6 např. v důsledku sopečné činnosti/vyvážení alkalickým prachem pH i nad 7
- ✓ acidifikované srážky → výrazný pokles pH i na 4-3 ← antropogenní vliv
- **Emisní zdroje kyselinotvorných plynů** (Intenzita acidifikace je dána množstvím emisí)
  - ✓ přirozené – sopečná činnost, biologické a rozkladné procesy, hoření (např. lesní požár)
  - ✓ antropogenní – acidifikující emise – hlavně ze spalování fosilních paliv ( $\text{SO}_x$ ) a dopravy ( $\text{NO}_x$ )

# Acidifikace – Environmentální mechanismus

Hlavní **acidifikující látky** pocházející z **antropogenní činnosti** = **plyny vytvářející při kontaktu s vodou disociované kyseliny uvolňující  $H^+$**  → Oxid siřičitý a sírový, oxidy dusíku, sirovodík, čpavek a amonné ionty, anorganické kyseliny ( $HCl$ ,  $H_2SO_4$ )

**Oxid siřičitý** a sírový → kyseliny → disociace za uvolnění  $H^+$  (půda, voda)

**Oxid dusný a oxid dusičitý** → oxidace v troposféře (energie/ $O_3$ ) → kyselina dusičná (reakce s hydroxylovým radikálem, M=příjemce energie)

Látky uvolňující při mineralizaci vodíkový iont také podporují acidifikaci = **amoniak** (zásaditý), je však oxidován bakteriální mineralizací na dusičnan

# Acidifikace – Environmentální mechanismus

## Okyselování sladkovodních ekosystémů v povrchových vodách (zejména jezera)

- Acidifikace vodních těles ← závisí na **pufrační/neutralizační schopnosti vody** podmíněné přítomností hydrogenuhličitanového komplexu
- Neutralizační kapacita vody (včetně půdní) je dána přítomností rozpuštěného  $CO_2$  a vápenatých iontů
- Pufrační schopnost pak zajišťuje rovnováha **uhličitanového komplexu**
- S přísunem acidifikujících emisí (např. i vyplavováním kyselé půdní vody) ubývá uhličitanů, rovnováha se porušuje, přibývá rozpuštěného  $CO_2$  → je narušena neutralizační kapacita vodního tělesa a pH klesá pod 5,5
- Při pH pod 4,5 hovoříme již o kyselých jezerech – do vody se začínají uvolňovat rozpustné formy hliníku i dalších kovů z podloží (kadmium, železo, mangan, rtuť, měď, olovo)
- ✓ **Hliníkový** (hexaaquahlinitý) **kationt** tvoří **komplexy s huminovými látkami** → snižuje svou toxicitu a působí pufračně ✗ s dalším poklesem pH a růstem koncentrace  $Al^{3+}$  klesá koncentrace vápenatých iontů, což opět pufrační schopnost vody snižuje a podporuje toxické účinky hliníku
- ✓ Hliník se sráží na žábrech ryb v podobě nerozpustného hydroxidu hlinitého, který je dusí
- ✓ Huminové látky jsou vázány v komplexech a chelátech s ionty kovů → voda v kyselých jezerech je průzračná = zvýšené pronikání světelné energie a UV záření → posun termokliny do větší hloubky → mění se fytoplankton i makrofytní flóra → dopad na faunu

# Acidifikace – Environmentální mechanismus

## Okyselování sladkovodních ekosystémů v povrchových vodách (zejména jezera)

- **Citlivost** povrchových vod k acidifikaci je silně ovlivněna geologií – **podložím a charakterem půdy** (rozdíl v citlivosti Skandinávských oblastí tvořených převážně žulami a balkánských vápencových oblastí)
- Na **rychlost** či **úroveň okyselení vodního prostředí** má vliv **složení a vlastnosti okolních hornin a půd** → zejména množství bazických kationtů ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) → **čím více bazických kationtů, tím déle mohou neutralizovat kyselou depozici z atmosféry**
- **Podloží**
  - ✓ Oblasti s **bazickými horninami** = **vápence, magnezit** jsou **odolnější** acidifikaci (neutralizují vstup vodíkových iontů zásaditými uhličitánovými ionty)
  - ✓ Oblasti tvořené **prekambrickými a kambrickými horninami** = **žuly a ruly** – malá zásoba výměny schopných bazických kationtů ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) → silná migrace kyselých kationtů ( $\text{H}^+$ , kovů jako  $\text{Al}^{n+}$ ) a stopových kovů ( $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ) z půd do povrchových vod

# Acidifikace – Environmentální mechanismus

## Okyselení půdy a krajiny → vliv na vegetaci

- **Acidifikace půd** → ovlivněna složením a vlastnostmi hornin, zejména množství bazických kationtů ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) → čím více bazických kationtů, tím déle mohou neutralizovat kyselou depozici z atmosféry
- Půda založená na **bazických horninách** bude přicházející  $\text{H}^+$  neutralizovat rozpouštěním uhličitanu vápenatého nebo hořečnatého
- Půda **bohatá na jílu** → odolná okyselení díky schopnosti adsorbovat protony na povrchu jílových částic při uvolňování iontů kovů
- **Písčité půdy** jsou na okyselení citlivější

## Acidifikace související s vegetací (lesní porosty) a obhospodařováním půd

- Listnaté lesy mají lepší pufrční účinek než jehličnaté, které acidifikaci půdy spíše podporují
- ✓ Pod zápojem jehličnanů → vyšší koncentrace iontů sulfátů, vodíku, chloridů, hořčíku, draslíku a vápníku a nižší pH (než na volném prostranství) → mobilizace Al, Fe v půdě a půdní vodě → transport půdní vody spolu s kovovými ionty a okyselujícími látkami do recipientu (okyselení povrchových vod)
- ✓ Jehličí = špatně rozložitelný opad → vznik kyselého humusu = huminové kyseliny vyvazující kationty z půdy → odplavení do recipientu
- ✓ Povrchový kořenový systém → využití pouze svrchní vrstvy půdy → v době růstu  $\text{H}^+$  vyloučeny do půdní vody výměnou za kationty
- ✓ Jehličnany = stálezelené + velký povrch jehličí → větší schopnost vázat  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$  a ukládat je v půdě

# Acidifikace – Environmentální mechanismus

Acidifikace souvisí také s vegetací (lesní porosty) či obhospodařováním půd

- **Intenzivní zemědělství** – biomasa produkovaná na půdě váže **bazické kationty** ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ) → není-li ponechána na místě k rozkladu, ochuzuje půdu o tyto látky
  - ✓ **Snížení dostupnosti** zmíněných živin (vyluhováním, spotřebou) → **pokles rychlosti růstu rostlin**
- **Toxicita mobilizovaných těžkých kovů** (zejména Al) → **poškození kořenů** = příjmu živin
- **Snížení pH půdy** → **potlačení klíčení semen** a růstu mladých sazenic
- Řada **půdních organismů nemůže přežít v půdě s pH < 6,0** → nedochází k rozkladu a koloběhu živin
- Vysoké **koncentrace kyseliny dusičné** → **přehnojení** rostlin dusíkem → nížení dostupnosti dalších živin
- **Přímé poškození listů**, zejména pokud jsou srážky ve formě kyselé mlhy
- **Suchá depozice**  $\text{SO}_2$  a  $\text{NO}_x$  ovlivňuje schopnost listů zadržovat vodu → **vodní stres**
- V důsledku **poškození důležitých orgánů (kořeny, fotosyntetizující listy/jehlice)** jsou rostliny ve stresu a časem odumírají nebo jsou **náchylnější a chorobám a poškození parazity a škůdci**



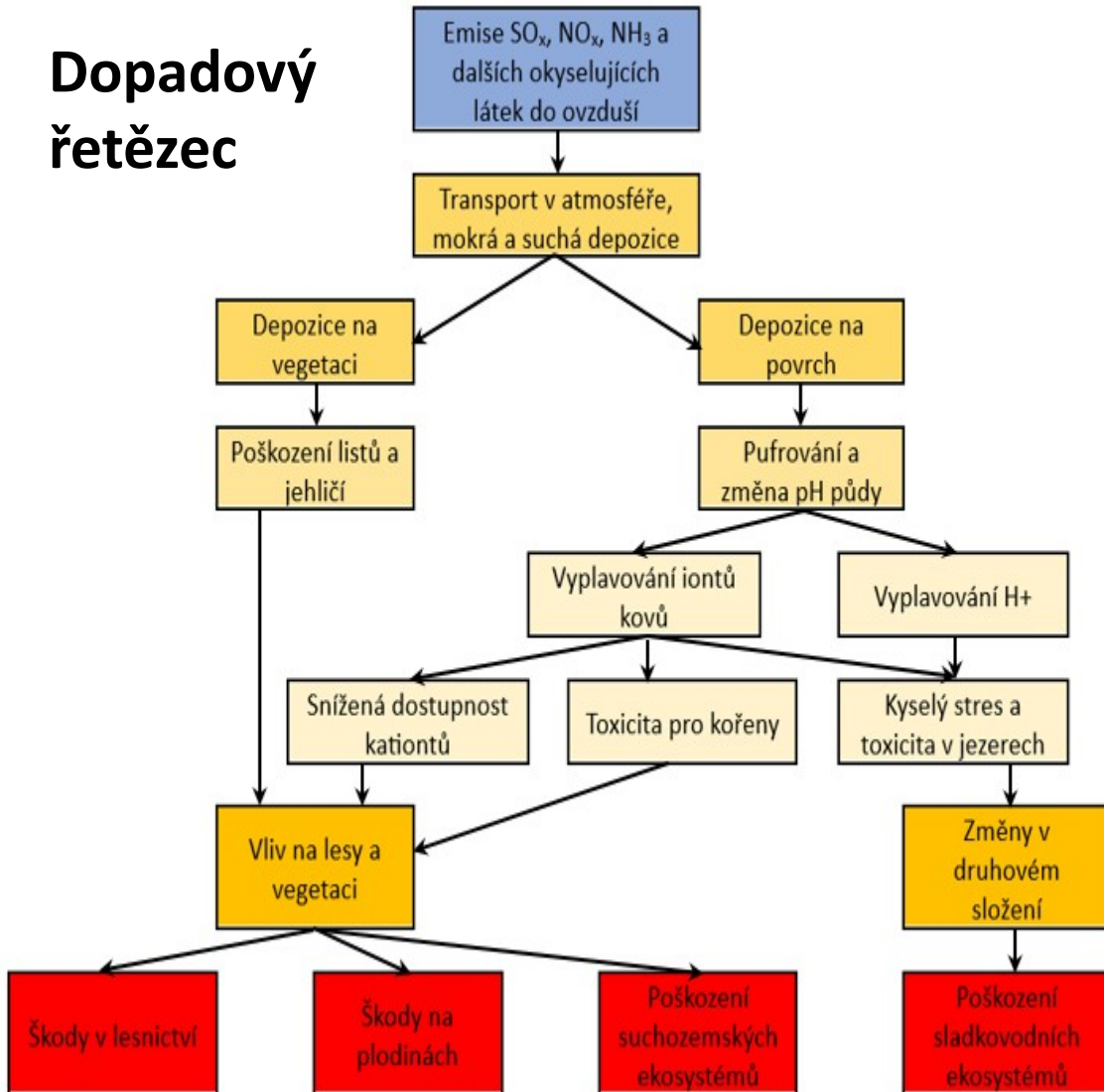
# Acidifikace – Environmentální mechanismus

## Účinky kyselé depozice na člověka

- Okyselením půdy → uvolňování toxických kovů (Hg, Al) – vyplavení do povrchových vod → přenos do pitné vody, plodin a ryb → **konzumace lidmi**; větší množství = **toxické účinky** (např. předpokládaná souvislost mezi hliníkem a výskytem Alzheimerovy choroby)
- Zvýšené koncentrace oxidu siřičitého a oxidů dusíku souvisejí se zvýšeným počtem hospitalizací pro **respirační onemocnění** nebo větším počtem respiračních onemocnění, **kašle a alergií u dětí**
- Kyselá depozice mají vliv i na **lidské produkty** či stavby (historické stavby a objekty, železné a ocelové konstrukce, lak na automobilech atd.)
- Nejnebezpečnější pro lidské zdraví – suchá kyselá depozice → **redukční smog** (zimní či londýnský smog)
  - ✓ Jde o umělou antropogenní mlhu ← v atmosféře rozptýlený oxid siřičitý, pevné látky – popílký s obsahem těžkých kovů (katalyzátor) a saze, vodní mlha = mlha zředěné kyseliny sírové se silnými dráždivými účinky
  - ✓ Zejména za špatných rozptylových podmínek v lokalitách s energetickými zdroji spalujícími zejména tuhá paliva s obsahem síry
  - ✓ Projevy – pálení krku, respirační potíže, bolesti hlavy, horečka, tvorba tekutiny v plicích atd.

# Acidifikace – Environmentální mechanismus

## Dopadový řetězec

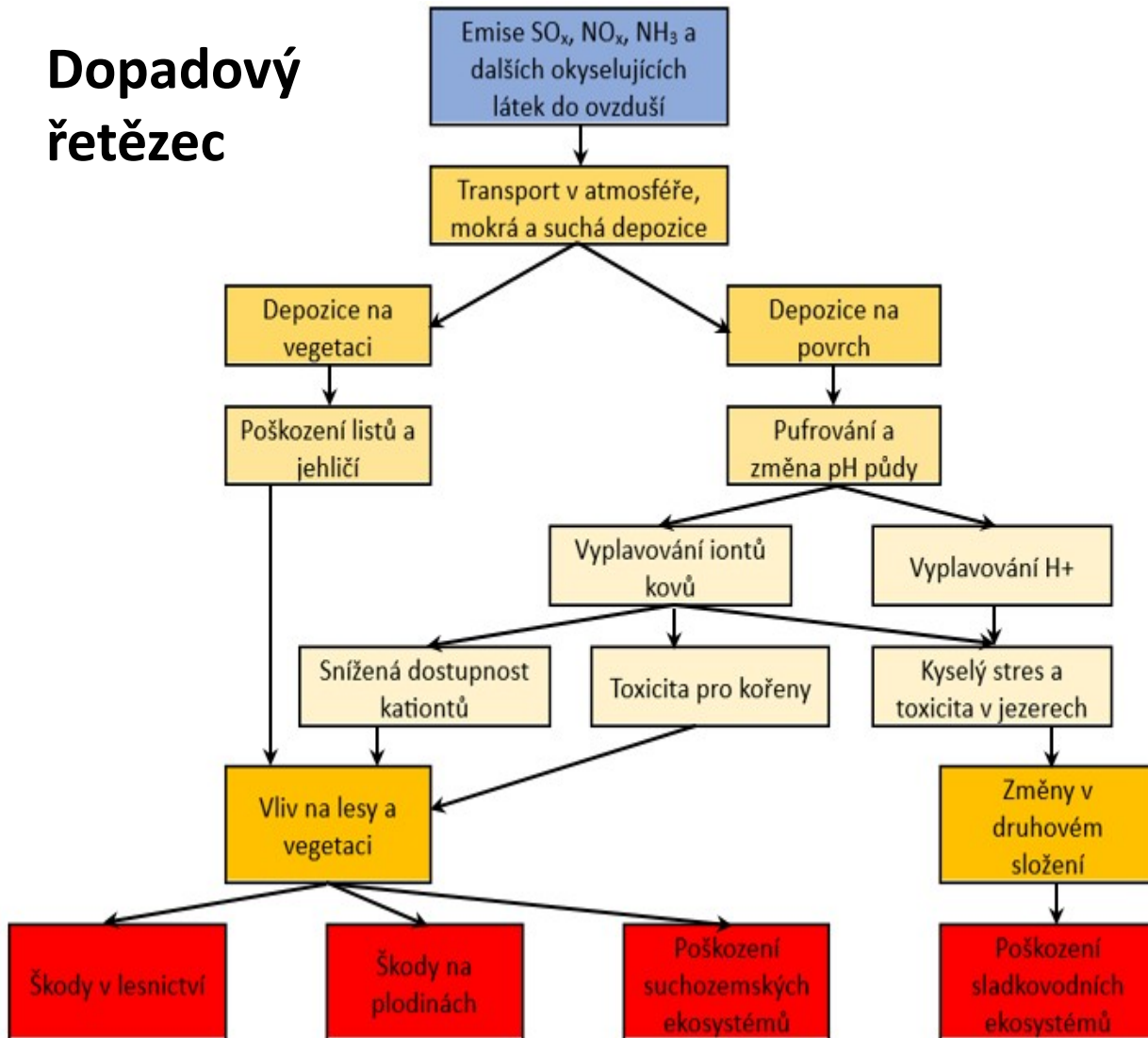


- Midpointový indikátor kategorie dopadu → **schopnost látky působit kysele**
- Charakterizační faktor acidifikace látkou  $i$  = **acidifikační potenciál  $AP_i$**
- Acidifikační potenciál = nejvyšší možný příspěvek látky  $i$  k acidifikaci = množství vodíkových iontů potenciálně uvolněných v důsledku chemických reakcí emitující látkou  $i$  ( $n_i$  je látkové množství protonů uvolněných látkou  $i$  o molární hmotnosti  $M_i$ ) vztažených k molárnímu množství vodíkových iontů, které produkuje referenční látka, jíž je oxid siřičitý o molární hmotnosti

Příklad acidifikačních potenciálů:

# Acidifikace – Environmentální mechanismus

## Dopadový řetězec



- Nevýhoda  $AP_i$  → nezohledňuje vlastnosti prostředí – např. pufrační kapacitu
- Novější metodiky již proto lokální vlastnosti prostředí zohledňují a hodnotí překročení tzv. kritické zátěže v oblasti
- Kritická zátěž prostředí popisuje citlivost ekosystému vůči acidifikaci = kvantitativní odhad expozice jednou nebo více znečišťujícími látkami, pod níž se podle současných znalostí neprojeví významné škodlivé účinky na určité citlivé složky životního prostředí (např. vápencové podloží bude mít vyšší kritickou zátěž než podloží žulové)
- Endpointovým indikátorem kategorie dopadu acidifikace je například podíl chybějících druhů PDF (Potentially Disappeared Fraction) v dané lokalitě
- PDF lze interpretovat jako podíl druhů, jež se s vysokou pravděpodobností nevyskytují v regionu v důsledku dopadů environmentálního mechanismu (např. pro cévnaté rostliny)

# Acidifikace – Elementární toky

- Acidifikace je **regionální** případně lokální **kategorie dopadu** → **většina** kyselého znečištění **dopadá na zemský povrch v oblasti produkce, určitá část může být transportována větrem tisíce kilometrů**, než je deponována v podobě srážek
- **Největší elementární toky – antropogenní emise oxidu siřičitého a oxidů dusíku**
- ✓ **Dříve** byly největším emitentem oxidů síry **kovohutě**, **dnes** jsou hlavními zdroji  $SO_x$  i  $NO_x$  **spalovací procesy v tepelných elektrárnách, spalovny odpadů a teplárny**, zejména k  $NO_x$  pak přispívají také **spalovací motory**
- ✓ V případě oxidů síry závisí úroveň emisí na **obsahu síry v palivech**
- ✓ Dusík je však součástí atmosféry, a tedy i všech spalovacích procesů využívajících vzduch → emise oxidů dusíku určují především **podmínkami spalování a případná úprava spalin** pomocí katalyzátorů a filtrů
- ✓ Při ochraně ŽP prostředí před acidifikací je nutná **mezinárodní spolupráce**, která v Evropě dobře funguje
- ✓ Země jsou vázány předpisy zajišťujícími povinnost **odstraňovat z paliv síru**, elektrárny, spalovny a jiní velcí znečišťovatelé musí mít **účinnou neutralizaci spalin před jejich vypuštěním do ovzduší**, všechny **spalovací motory** musí mít **katalyzátory** snižující obsah  $NO_x$  ve výfukových plynech atd.
- V některých regionech zaměřených na **zemědělství** je hlavní složkou acidifikujících emisí **amoniak** → hnojivo a emise z chovu zvířat, zejména prasat a kuřat
- **Minerální kyseliny**  $HCl$  a  $H_2SO_4$  se v LCI jako elementární toky objevují jen **zřídka** → mohou být emitovány z některých průmyslových procesů a také ze spaloven odpadů s neúčinným čištěním spalin

# Acidifikace v metodikách LCIA

- **Skutečný potenciál acidifikace** závisí, jak na *schopnosti emitované látky uvolňovat protony*, tak na *citlivosti prostředí* z hlediska pufrční kapacity půdy a citlivosti ekosystémů na acidifikaci vyjádřené kritickou zátěží
- ✓ *Rozdíl mezi emisemi* je mírný (v rozsahu jednoho řádu), *rozdíl citlivostí* v různých lokalitách může být i několik řádů v závislosti na geologii a vlastnostech půdy
- ✓ Dřívější charakterizační modely byly lokálně generické, zahrnovaly pouze rozdíl v acidifikačním potenciálu látek, *novější modely promítají stále více dopadové řetězce* – např. modelují část ekosystému v oblasti depozice, která se stává exponovanou nad svou kritickou zátěží.
  - přístup LCIA závislý na lokalitě
  - charakterizační faktor nejen pro emitovanou látku, ale i pro místo emise (absolutní hodnoty nebo jako ekvivalentní emise k SO<sub>2</sub>)

# Eutrofizace

- **Eutrofizace** → složenina řeckých slov *eu* = hojný a *trophí* = potrava nebo živina
- **Živiny** → předpoklad existence života
- **Různá dostupnost živin v různých místech a časech**
  - příčina existence různých typů **ekosystémů** a velkého množství **druhů**
  - příčina dynamických změn ekosystémů = **přizpůsobení**
- **Eutrofizace = obohacování ekosystému o živiny**, zejména dusík a fosfor

✓ Eutrofizace **přírozená** → nevratný přírozený proces **stárnutí** např. jezera  
← způsoben přísunem živin ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$  příp.  $\text{SiO}_3$ ) vyplavovaných z půdy, sedimentů a odumřelých organismů a přísunem částic půdy → dochází k pomalému vyplňování jezera pūdou  
→ převod na mokřadní a nakonec terestrický ekosystém

➤ Eutrofizace **antropogenní** → nadměrná eutrofizace způsobená lidskou činností ← zejména komunální odpadní vody (polyfosforečnany z detergentů), fekální odpady, intenzivní zemědělská výroba, některé druhy průmyslových odpadních vod

# Eutrofizace

➤ **Eutrofizace** = obohacování ekosystému o živiny, zejména dusík a fosfor

## Terestrické ekosystémy

- **zatížení ekosystémů chudých na dusík** (vřesoviště, dunová vegetace, rašeliniště) sloučeninami **dusíku z atmosférické depozice** → změny funkce a **druhového složení**
- **Lesnictví a zemědělství** → snížení výnosů v důsledku poškození lesů a plodin

## Vodní ekosystémy

- v současné době je **eutrofizace spojována spíše vodními ekosystémy** (zejména povrchová stojatá voda – jezera, rybníky příp. moře, ale i řeky)
- **nadměrné množství nutrientů** splachovaných a vyplavovaných do vodních těles způsobí **zvýšenou produkci biomasy**, zejména planktonních řas a sinic, které se shromažďují u hladiny (vodní květ)
  - vytlačení vyšších rostlin = **pokles biodiverzity** (přežijí jen odolnější)
  - **narušení kyslíkového režimu**
    - ✓ u hladiny: den = více O<sub>2</sub> (fotosyntéza)/noc = anoxie
    - ✓ u dna: spotřeba O<sub>2</sub> (rozkladné procesy odumřelé biomasy) = anoxie
  - **toxická některých sinic**
- ⇒ pokles **organoleptických vlastností** vody, úbytek **pitné vody** – problém se zpracováním ve vodárnách, narušení **ekologické rovnováhy** – pokles biodiverzity, ztráta **rekreační funkce, hygienické aspekty** atd.

# Eutrofizace – Environmentální mechanismus

## Potravní řetězec

- *primární producenti* (řasy a fotosyntetizující rostliny → produkce biomasy) = spotřeba eutrofizujících nutrientů = nadměrný růst
- *primární konzumenti* (druhy konzumující řasy a rostliny, vegetariáni)
- *sekundární konzumenti* (druhy konzumující primární konzumenty, masožravci)
- Průměrný molekulární vzorec primárního producenta:  $C_{106}H_{263}O_{110}N_{16}P$  → N 16× více než P  
+ malá množství velkého počtu dalších prvků, např. draslík, hořčík, vápník, železo, mangan, měď, křemík nebo bór
- ✓ Největší množství → **uhlík, vodík, kyslík** (C, H, O) ← **dostupnost z vody**
- ✓ **Živiny** = zajištění **růstu** → určující jsou makroživiny = síra (z atmosférické depozice), vápník, draslík a hořčík (vápno/jíl),  **dusík N a fosfor P ← mohou být limitující** (vstupují do LCIA)
- Potenciální přispěvatelé k obohacování živinami → **látky obsahující P nebo N v biologicky dostupné formě**
- Vodní útvary s **nedostatkem P** nebo N+P = **oligotrofní systémy**
- Přidání N+P → ≈ **rovnovážný stav** = **mezotrofní systém**
- **Přebytek N+P** = pokročilá eutrofizace → **hypertrofní/dystrofní systém**

N v mol. přebytku → limitující P  
nižší poměr → limitující N



# Eutrofizace – Environmentální mechanismus

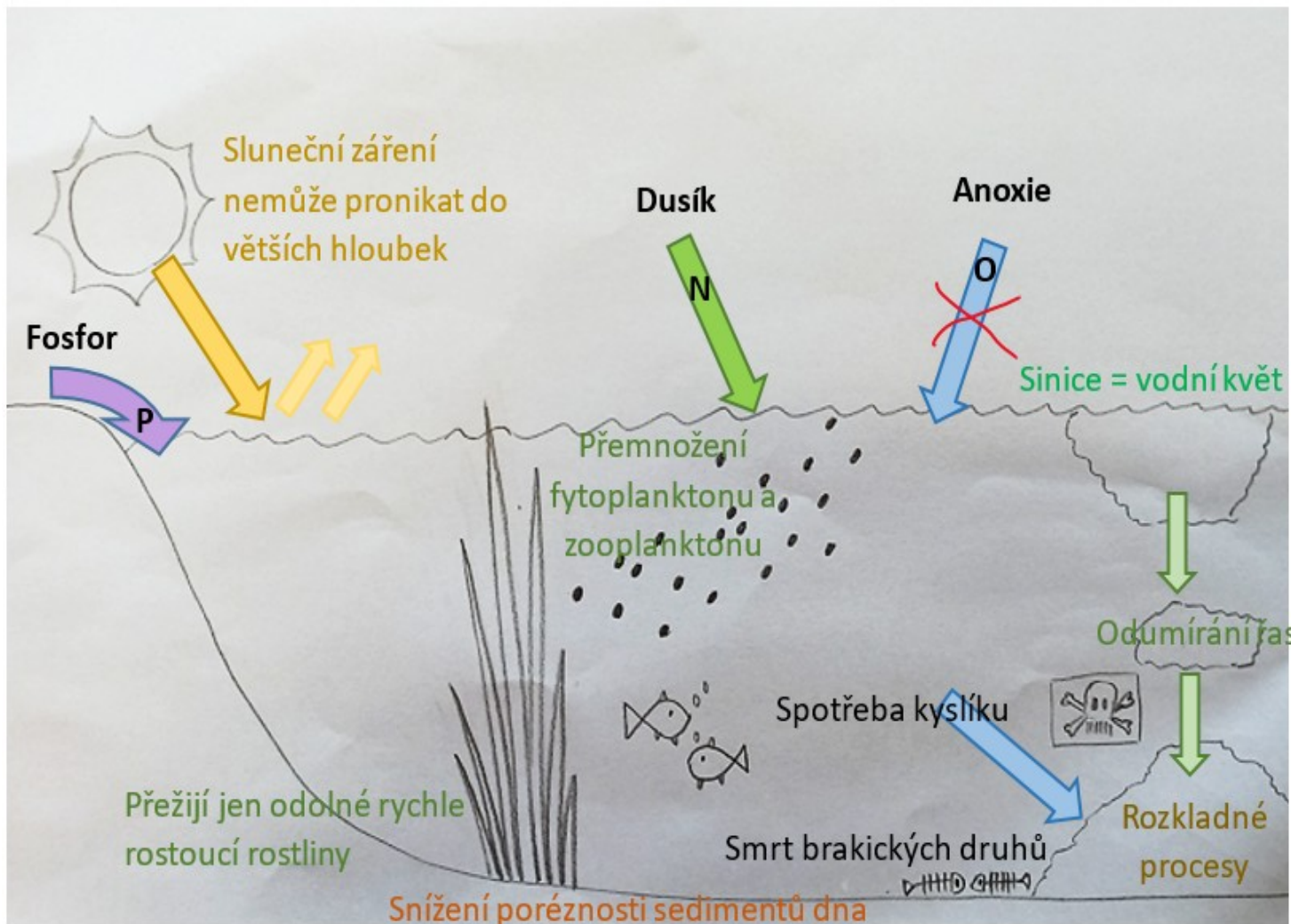
Je rozdíl mezi mořským a sladkovodním prostředím co do typu nutrientů?

- Pro sladkovodní systémy → limitující P, příp. N+P
- Pro mořské oblasti → limitující N, příp. N+P
- ✓ **Sladká voda** → primární recipient **zemědělských emisí**
- ✓ **Část dusíku odstraněna** na cestě do mořských systémů **denitrifikací** v řekách a jezerech → dusík se přemění na molekulární N<sub>2</sub> → odejde **do atmosféry**
- ✓ **Zatížení sladkých vod dusíkem** je tedy **větší** než množství, které se prostřednictvím řek a potoků dostává do **mořských oblastí**
- ✓ **Sloučeniny fosforu** takové přeměně nepodléhají → fosforečnany vytvářejí s mnoha kovy nerozpustné soli → částečné odstranění prostřednictvím **akumulace fosforu v jezerních sedimentech**
- ✓ Fosfor nahromaděný v sedimentech řek a potoků během sušších období může být později, při zvýšení průtoku vody (po bouřce), **vyplavován do mořského prostředí**

## Hygienický aspekt eutrofizace

- Některé sinice obsahují **toxiny** → mladá populace = vázány v buňkách × **úhyn** = **únik do vody** → bezprostřední ohrožení člověka a hospodářských zvířat – **při kontaktu nebo odběru pro pitnou vodu** (náročné odstranění)
- Požití – kontakt – inhalace aerosolů s toxiny → poškození buněk, tkání (dermatotoxiny – podráždění kůže), orgánů (hepatotoxiny – poškození jater) + alergeny, neurotoxiny, imunosupresivní účinky

# Eutrofizace – Environmentální mechanismus



## Environmentální mechanismus

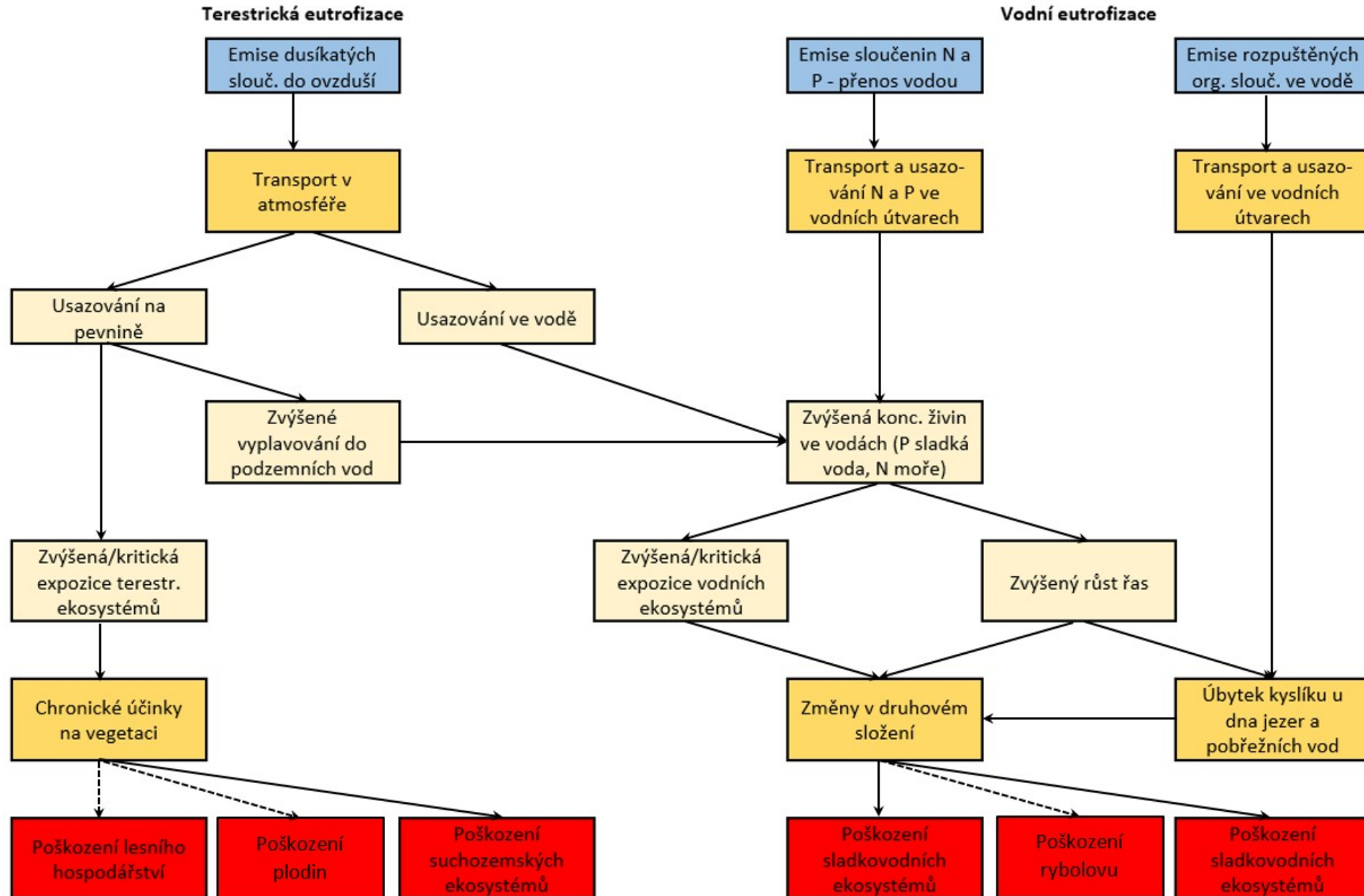
- Emise látek obsahujících N nebo P
- výrazný růst řas a sinic – vodní květ
- Sluneční světlo již nedosahuje do nižších vrstev vody → teplotní gradient s rostoucí hloubkou
- Stratifikace brání transportu kyslíku do hlubších vrstev → dušení druhů žijících u dna
- Rozklad odumřelých řas → další spotřeba kyslíku
- Vodní prostředí se stává hypoxickým a nakonec anoxickým, tvorba škodlivých plynů (thioly, metan)

# Eutrofizace – Environmentální mechanismus

## Environmentální mechanismus

- Přísun N/P → nárůst biomasy (řasy, sinice, několik vyšších rostlin) na hladině → **zabránění průniku slunce do hloubky** → rostliny na dně nemohou fotosyntetizovat → **změna druhového zastoupení** → krátkověké rychle rostoucí druhy na úkor pomaleji rostoucích rostlin (útočiště živočichů) = **narušení biodiverzity fauny**
- **Ve dne** fotosyntetizující rostliny, řasy a sinice **produkují kyslík**, ten však **v noci spotřebovávají** → vznik **hypoxie** v povrchových vrstvách
- **Odumřelé** mikro a makrofyty klesnou **ke dnu** → **hypoxie** v důsledku spotřeby veškerého kyslíku bakteriemi podílejícími se na **rozkladu biomasy**
- Vzhledem k nemožnosti průniku slunečního svitu do hloubky vzniká ve vodním sloupci **teplotní gradient způsobující stratifikaci** → brání promíchávání s čerstvou vodou bohatou na kyslík → množství kyslíku u dna stále klesá → brakické organismy buď uniknou do menších hloubek nebo zahynou
- Když se hypoxie začne blížit **anoxii** → vznik jedovatých plynů ukládaných v sedimentech ← **sulfan, thioly, metan**

# Eutrofizace – Environmentální mechanismus



# Eutrofizace – Environmentální mechanismus

- Eutrofizace má **lokální až regionální charakter** ← dopady závislé na místních podmínkách – typ emisí, limitující prvek
- **Midpointový indikátor** = ekvivalentní množství biologicky dostupného  $P$  nebo  $N$ , případně úbytek kyslíku ← důsledek nadměrné mikrobiální činnosti
- **Charakterizační faktor** = **eutrofizační potenciál  $EP$**  → vyjadřuje počet molů  $N$  nebo  $P$ , které se mohou uvolnit do ŽP z jednoho molu emitované látky  $i$
- ✓ Je-li  $M_i$  mol. hmotnost emitované látky  $i$  a  $\pi_i/v_i$  je počet atomů  $P$  či  $N$  v její molekule, pak lze při znalosti mol. hmotnosti  $P$  a  $N$  ( $M_P=30,97 \text{ g/mol}$ ,  $M_N=14,01 \text{ g/mol}$ ) určit  $CF$  v kg N eq./kg nebo kg P eq./kg
- Nutrienty nejsou samotný  $P$  nebo  $N$ , ale **bio-dostupné dusičnany a fosforečnany** → charakterizační faktory často vztaženy k aniontům a
- Obvyklé rovněž seskupení  $EP_{(P)}$  a  $EP_{(N)}$  a vztažení k jednomu z aniontů (většinou dusičnan) ← důsledky eutrofizace jsou obvykle nezávislé na tom, zda je původcem  $N$  nebo  $P$  (, )
- **Endpointovým indikátorem** kategorie dopadu eutrofizace může být opět **podíl chybějících druhů PDF** (Potentially Disappeared Fraction) v dané lokalitě

poměr N/P v biomase je roven 16  
podíl chybějících druhů PDF

(106 263 110 16)

# Eutrofizace – Environ. mechanismus + elementární toky

## Hlavní zdroje nutrientů

- **Zemědělství** = používání anorganických (umělých) hnojiv a organických hnojiv (mrva, hnůj) = významný zdroj emisí P i N → fosforečnany a dusičnany
  - ✓ podzemní vody → průsaky
  - ✓ povrchové vody → stékání a vyplavování (z polí)
  - ✓ ovzduší/usazování v okolí → emise amoniaku
- **Spalovací procesy** (energetika, spalovny, doprava atd.) = emise  $\text{NO}_x$
- Čistírny odpadních vod = významný zdroj P i N (např. polyfosfáty v detergentech)
- **Průmysl** = průmyslové vody bohaté na N i P (dle typu výroby)
- **Chov ryb** = dokrmování
- **Bakteriální rozklad organických zbytků/látek** (dno jezer) → hypoxie ← neobohacuje ŽP o živiny = není přímá součást environ. mechanismu = není součástí metod LCIA z pohledu eutrofizace
- ✓ Přesto – **dodatečná charakterizace** některými metodami LCIA → BSK = biologická spotřeba kyslíku (BOD – biological oxygen demand) a CHSK = chemická spotřeba kyslíku (COD – chemical oxygen demand) → hypoxie je společným midpointem

# Eutrofizace v metodikách LCIA

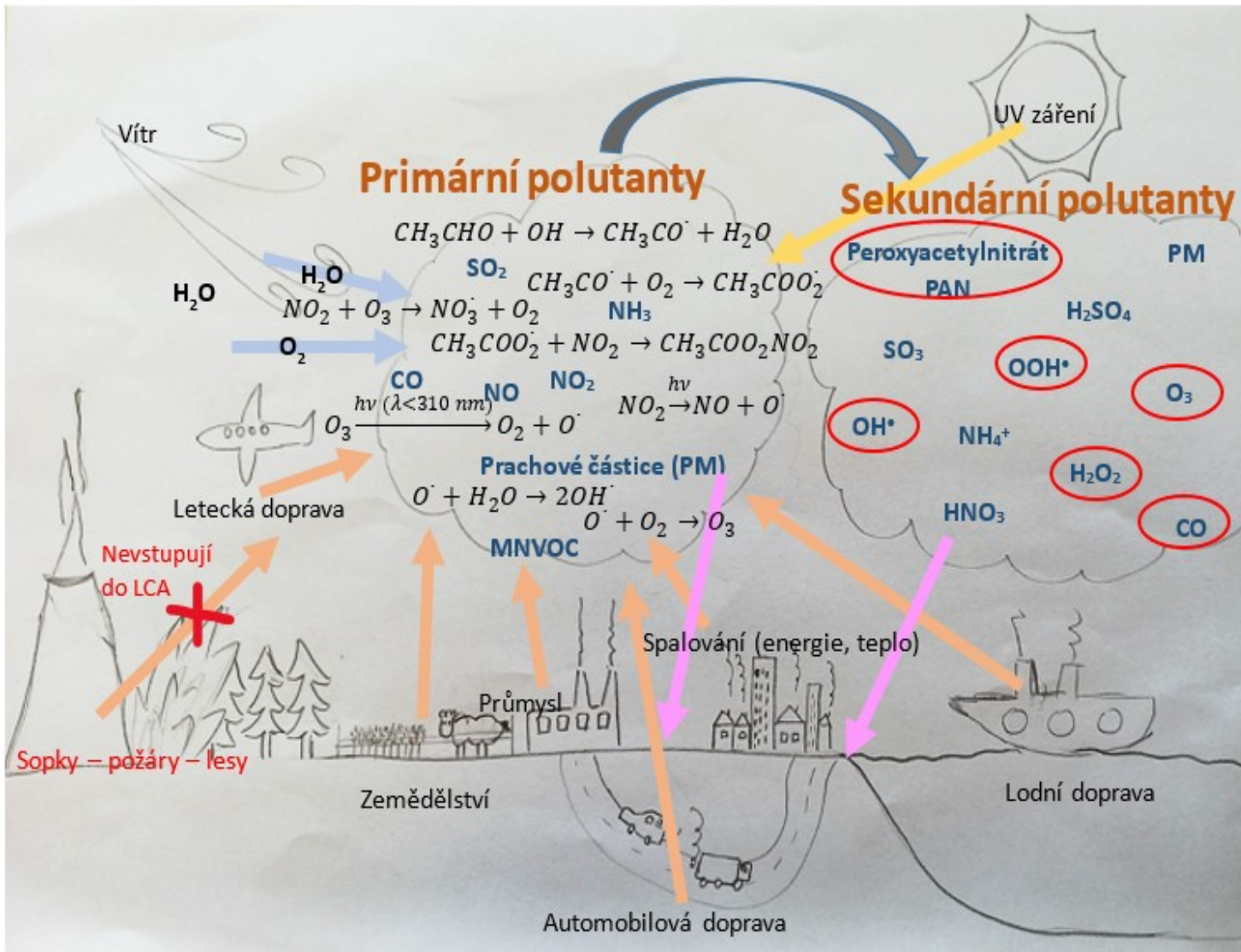
- Zaměření na **rozlišování mezi ekosystémy** → limitující P (sladkovodní) a N (mořské)
- Modelování globálně a s **lepším místním rozlišením**
- Midpointový charakterizační faktor v
  - ✓ kg N eq. nebo kg P eq.
  - ✓
- Endpointový faktor PDF v  $\text{m}^2 \cdot \text{rok}$ , jen LIME ztráta čisté primární produktivity (NPP)

# Vznik fotooxidantů

- Kategorie dopadu nemá jednotný název → vznik troposférického ozónu, vznik fotooxidantů, fotochemický vznik ozónu, fotochemický smog = letní smog
- Vše zahrnuje vznik přízemního ozónu a dalších reaktivních sloučenin kyslíku, jako sekundárních znečišťujících látek troposféru, oxidací primárních znečišťujících látek = těkavé organické sloučeniny (VOC) nebo oxid uhelnatý a oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>) pod vlivem světla
- Těkavé organické látky VOC = organické sloučeniny s bodem varu nižším než 250 °C, obsahují atomy vodíku nebo dvojně vazby potřebné k fotooxidačním reakcím, jsou i samy o sobě toxické (zahrnuto do kategorie dopadu humánní toxicita)
- **Problém** = přízemní ozón a ostatní fotooxidanty jsou značně reaktivní → mohou oxidovat organické molekuly na exponovaných površích
  - ✓ Člověk ← vdechání = kontakt s povrchem dýchacích cest → poškození tkání, respirační choroby
  - ✓ Vegetace ← kontakt s povrchem rostlin → poškození fotosyntetizujících orgánů (listy, jehlice)
  - ✓ Produkty/materiály ← organické materiály vystavené ovzduší (výrobky z pryže, plastů, tkaniny, nátěry, malby atd.)
- Dva dopady:
  - ✓ Celkové zvýšení troposférického ozónu (troposféra od povrchu Země k tropopauze – cca 8-17 km nad povrchem)
  - ✓ Při kombinaci výrazného znečištění, odpovídajících meteorologických podmínek (sluneční svit, bezvětří) a reliéfu terénu (malé proudění) vznikají lokální smogové epizody → ve velkých městech a okolí = extrémní koncentrace fotooxidantů = akutní poškození zdraví lidí



# Vznik fotooxidantů – Environmentální mechanismus



➤ **Sekundární polutanty = fotooxidanty** → ozón, peroxyacetylnitrát, oxid uhelnatý, peroxid vodíku a jeho radikál a další radikály – meziprodukty oxidačních reakcí

= nestabilní oxidující látky vznikající reakcí VOC s kyslíkatými sloučeninami (např. OH<sup>·</sup>, OOH<sup>·</sup>) a NO<sub>x</sub>

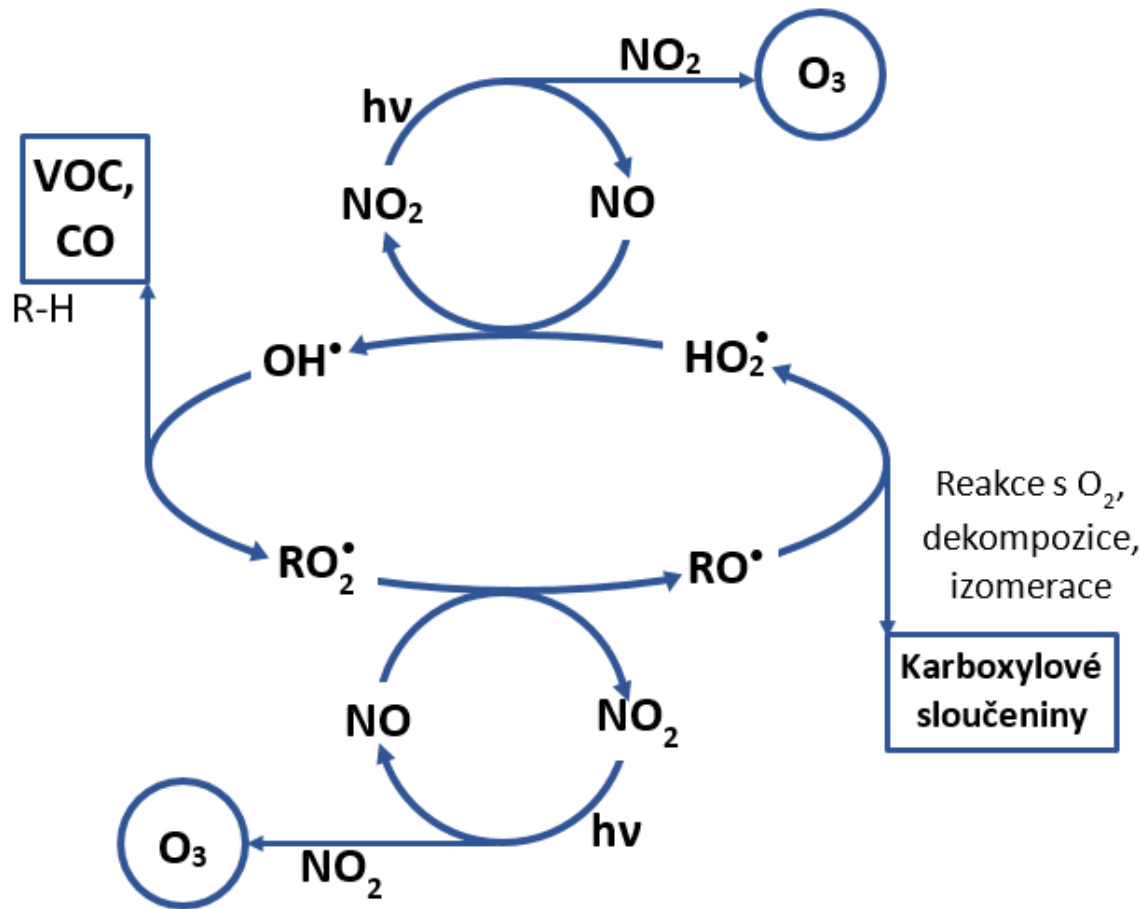
✓ **NMVOC** = těkavé organické látky *mimo metan* (stovky různých sloučenin) → prekurzory vzniku O<sub>3</sub> a dalších fotooxidantů, podléhají rozkladným reakcím

- CH<sub>4</sub> (skleníkový plyn) má dlouhý poločas rozpadu → přispívá spíše ke *globálnímu* růstu koncentrace troposférického ozónu

✓ Katalyzátory rozkladných reakcí VOC = **NO<sub>x</sub>** (NO a NO<sub>2</sub>) ← ze spalovacích procesů vč. dopravy

✓ Přispívá rovněž oxid uhličitý **CO** → produkt nedokonalého spalování

# Vznik fotooxidantů – Environmentální mechanismus



- Sled **radikálových reakcí** probíhajících za intenzivního slunečního svitu (UV záření =  $h\nu$ ) v přítomnosti vzdušných emisí, zejména VOC vázaných na prachové částice a NO<sub>x</sub>:
  1. Vznik peroxyradikálů ROO• reakcí VOC (R-H) nebo CO s hydroxylovým radikálem OH•
  2. Peroxyradikály oxidují NO na NO<sub>2</sub>
  3. NO<sub>2</sub> je štěpen slunečním zářením na NO a volný atom kyslíku
  4. Volný atom kyslíku reaguje s molekulárním kyslíkem O<sub>2</sub> za vzniku ozónu
- Reakce vyžadující **energii z UV záření neprobíhají v noci** (fotolýza NO<sub>2</sub> a O<sub>3</sub>) – ostatní do vyčerpání volných radikálů → **změna rychlosti a intenzity během dne** = maximum v odpoledních hodinách (zároveň obvykle dopravní špička) ✗ soumrak = rekombinace fotooxidantů → H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub>

# Vznik fotooxidantů – Environmentální mechanismus

**Primární fotooxidační reakce** = vznik volných atomů nebo radikálů kyslíku; ozónu; radikálu ← významná role  $\text{NO}_2$

**Vznik  $\text{OH}^\bullet$  z excitovaného  $\text{O}^\bullet$**  ← podmínka UV krátkých vlnových délek (většina zachycena ve stratosféře) → značná reaktivita (většina oxidačních reakcí v atmosféře)

**Peroxyacetylnitrát (PAN)** = nejvýznamnější z fotooxidantů ← reakce  $\text{NO}_2$  s radikálem acetaldehydu (obecně nejčastější reakce s radikály vyšších alkanů)

Schopnost/potenciál **VOC přispívat ke vzniku ozónu** je podmíněna typem a počtem vaz, které mohou vstupovat do reakce s  $\text{OH}^\bullet$  → roste s počtem dvojných či trojných vazeb a klesá s obsahem substituentů

↑ les potenciálu ↓	Uhlovodík		Poznámky
	1	Alkeny	delší řetězec = nižší aktivita
		Aromatické uhlovodíky	více alkylových substituentů = vyšší aktivita × delší řetězec alkylového substituentu = nižší aktivita
	2	Aldehydy	maximální potenciál = formaldehyd → nulový benzaldehyd
	3	Ketony	
	4	Alkany	od $\text{C}_3$ téměř konstantní
Alkoholy		více kyslíků = nižší aktivita	

# Vznik fotooxidantů – Environmentální mechanismus

## ➤ Dopady

### ➤ Volné radikály

→ Poškození **DNA** buněk → vznik nádorů

→ Zejména **chronické následky** pro člověka – podpora arteriosklerózy a urychlení procesu stárnutí buněk/tkání, pravděpodobný dopad na vznik a průběh cukrovky, Alzheimerovy choroby, Parkinsonovy choroby, artritidy atd.

### ➤ Ozón – vysoce reaktivní plyn (rozeznatelný podle zápachu už při 20 ppb) – silné oxidační účinky

→ Reakce s nenasycenými vazbami a SH skupinami bílkovin → *narušení buněčné membrány* → buněčná smrt

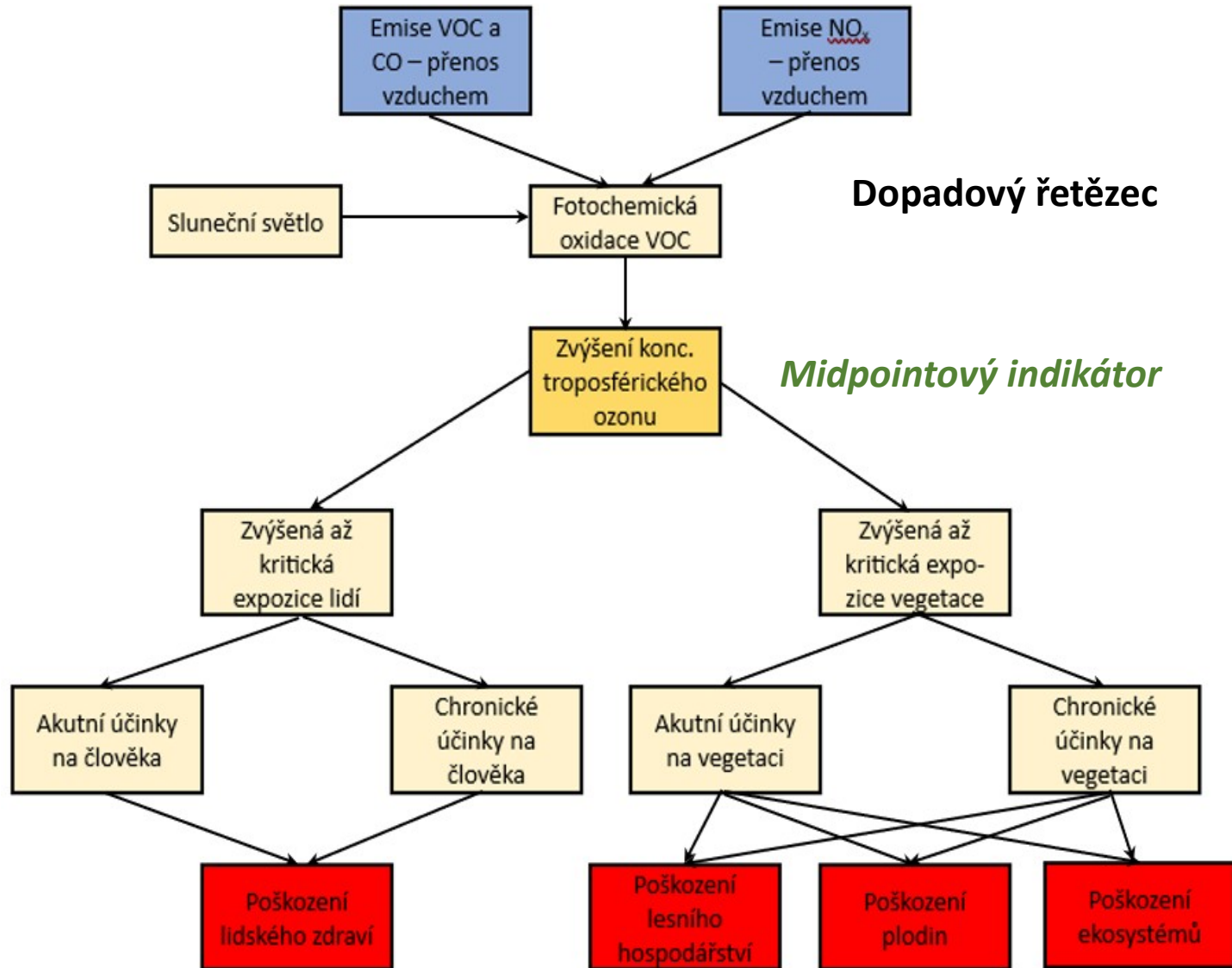
→ *Akutní reakce* u člověka/živočichů spojena s vdechováním  $O_3$  – podráždění dýchacích cest, očí, bolest hlavy

→ *Chronické následky* – chronická onemocnění dýchacích cest případně kardiovaskulárního systému

→ *Rostliny* – závislé na nepřetržité výměně vzduchu mezi fotosyntetizujícími orgány (listy nebo jehlicemi) a atmosférou → vzduch znečištěný ozónem a fotooxidanty → poškozují fotosyntetizující organel → změna barvy listů → odumření rostliny

→ V oblastech s vysokou koncentrací ozonu během vegetačního období dochází k výraznému snížení růstu → odhaduje se 10–15% snížení výnosů vlivem vyšších koncentrací  $O_3$

# Vznik fotooxidantů – Environmentální mechanismus



- Kategorie dopadu vznik troposférického ozónu má **lokální charakter**
- Je velmi **nelineární a dynamická** – nerovnoměrné rozmístění zdrojů emisí, široká škála VOC, závislost na atmosférických podmínkách a topografii krajiny atd.
- Velké množství **VOC** je emitováno **z přírodních zdrojů** (např. lesy), ty nejsou do LCA započítávány
- Může existovat **konkurenční reakce**  $2\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow 2\text{NO}_2 \leftarrow$  záporný potenciál tvorby ozónu (i když jde spíše o posun vzniku ozónu do jiné lokality)

# Vznik fotooxidantů – Environmentální mechanismus

- **Midpointový indikátor** kategorie dopadu → **zvýšení koncentrace troposférického ozónu** v důsledku emise látky  $i$  → podílem množství ozónu vzniklého emisí látky  $i$  ( $R_i$ ) k celkovému množství emitované látky ( $m_i$ )
- **Charakterizační faktor** vyjadřuje **potenciál** látky  $i$  **podílet se na fotochemickém vzniku  $O_3$**  (POCP = Photochemical Ozone Creation Potential) ve vztahu k referenční látce = ehtenu ( $C_2H_4$ ). Jednotka  $kg\ C_2H_4\ eq./kg$
- **Endpointové indikátory** → nepříznivé účinky na lidské zdraví DALY příp. poškození ekosystému – úbytek počtu biologických druhů PDF

# Vznik fotooxidantů – Elementární toky, metodiky LCIA

- **Největšími zdroji látek podílejících se na vzniku přízemního ozónu** jsou vesměs **spalovací procesy**:
  - ✓ CO = vytápění, spalovací procesy v průmyslu, silniční doprava
  - ✓ NO<sub>x</sub> = energetika, vytápění a spalování odpadů, silniční doprava
  - ✓ NMVOC = vytápění, využití rozpouštědel a nátěrových hmot, výroba a zpracování ropy a chemických produktů
- **Složité schéma reakcí, vysoký počet přispívajících látek** → potřeba zjednodušení při charakterizaci

Dva přístupy metod LCIA:

- ❖ Zjednodušení nelineárního dynamického chování fotochemických oxidačních schémat **modelováním jedné nebo několika typických situací z hlediska meteorologie, atmosférické chemie a souběžných emisí jiných látek znečišťujících ovzduší**
  - ✓ Pro jednotlivé VOC určeny charakterizační faktory vztažené k dané situaci
  - ✓ Charakterizační modely založené na použití POCP (Photochemical Ozone Creation Potential) nebo MIR (Maximum Incremental Reactivity)
- ❖ Ignorování rozdílů mezi jednotlivými VOC a **zaměření na modelování prostorových a časových zvláštností**
  - ✓ Tento přístup vede k prostorově (a případně i časově) diferencovaným charakterizačním faktorům pro těkavé organické látky jako skupinu, CO a NO<sub>x</sub>
  - ✓ Snaží se zachytit nelineární povahu tvorby ozonu s jeho prostorově a časově podmíněnými rozdíly

# Ekotoxicita

➤ **Ekotoxicita** → vliv toxických látek emitovaných do ŽP na přírodní ekosystémy

Specifická kategorie zvážíme-li: Každá látka vstupující do ŽP se může za určitých podmínek stát jedem ↔ v ŽP řada ekosystémů, mnoho druhů organismů, vzájemné vztahy atd.

➤ **Ekotoxicita** není zaměřena na jednotlivce/druh, **zvažuje toxické účinky elementárních toků na rovnováhu a funkčnost ekosystémů**

➤ Hnací **faktory toxicity** emitovaných látek:

✓ Emitované množství (inventarizováno v LCI)

✓ Mobilita

✓ Perzistence

✓ Způsob expozice a biologická dostupnost

✓ Toxicita

zohledněny v rámci  
charakterizačního faktoru

✓ Ne příliš toxická látka  
✓ krátké životnosti v ŽP  
✓ není dostatečně mobilní – skončí vázaná v půdě nebo sedimentu  
→ nedostane se k cílovému organismu → minimální dopad

✓ **Velmi toxická látka**  
✓ emitovaná ve velkém množství, delší dobu  
✓ silná perzistence v ŽP  
✓ dobrá mobilita  
→ může mít značný ekotoxický dopad

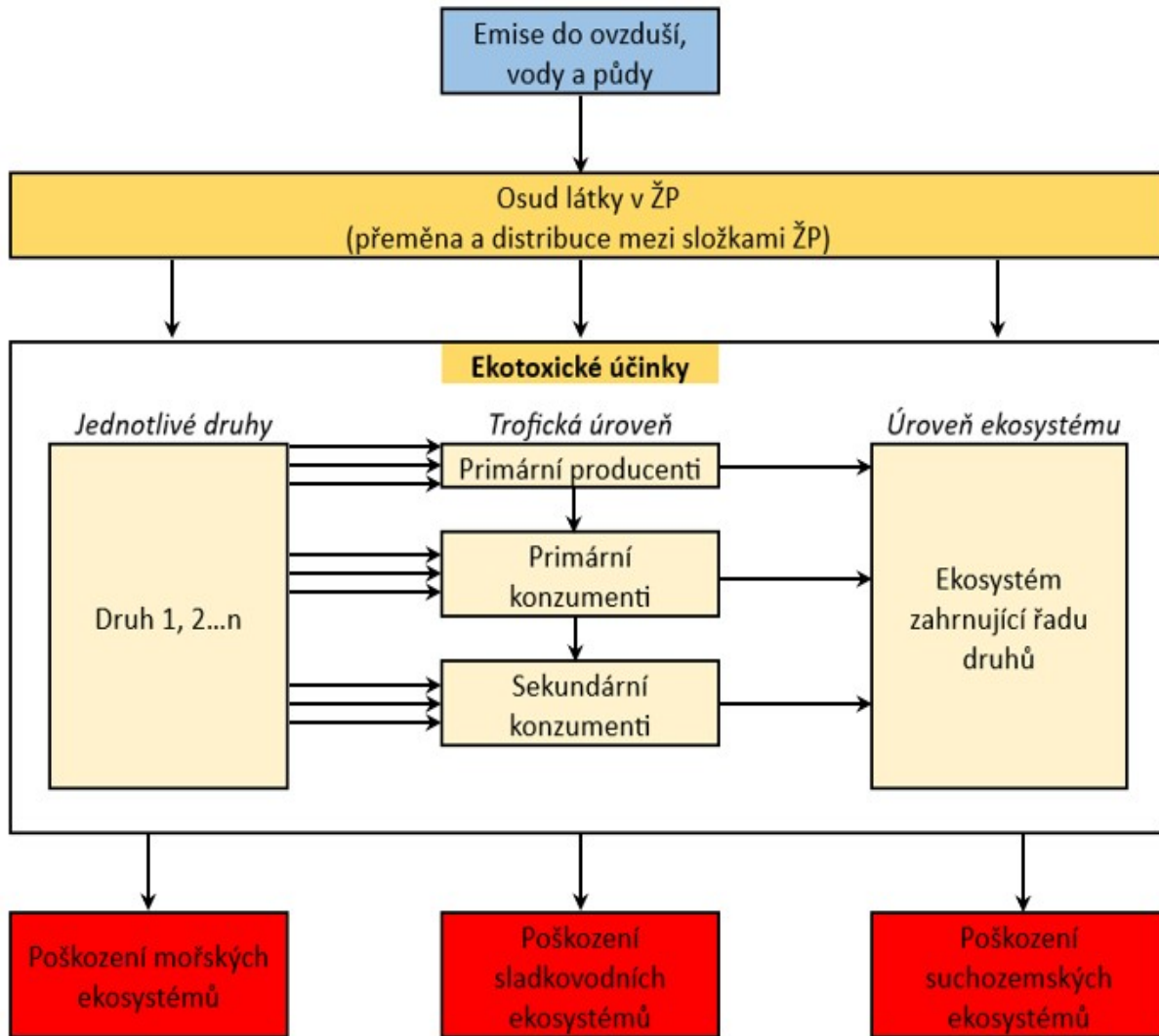
➤ **Ekosystémy:** sladkovodní > terestrická > mořské > > vzdušné (podle zvažování v LCIA metodách)

➤ **Emitované látky:** kovy a organické látky (komunální a průmyslový odpad) > pesticidy a zemědělské chemikálie > léčiva (poměrně nově) atd.

➤ **Dopady:** zvýšená úmrtnost, snížení pohyblivosti, snížení rychlosti růstu nebo rychlosti/schopnosti reprodukce, mutace, změny chování, změny biomasy nebo fotosyntézy atd.



# Ekotoxická – Environmentální mechanismus



4 kroky environmentálního mechanismu ekotoxických dopadů chemických látek v LCA:

1. **Modelování „osudu“** látky (rozpad, distribuce) → odhad zvýšení *koncentrace* v dané složce ŽP v důsledku emise látky kvantifikované v LCI

2. **Modelování expozice** → kvantifikace *biologickou dostupností* látky v různých složkách ŽP stanovením biologicky dostupné frakce z celkové koncentrace

3. **Modelování účinku** → vztahování dostupného množství látky k *účinku na ekosystém* ← lze považovat za **midpointový indikátor** (nerozlišuje mezi závažností pozorovaných účinků – např. dočasné (vratné) snížení mobility a smrt mají stejnou důležitost)

4. **Modelování závažnosti** (poškození) → převedení účinků na ekosystém na *změnu biodiverzity* (biologické rozmanitosti) integrovanou v čase a prostoru

# Ekotoxicita – Environmentální mechanismus

- 4 části environmentálního mechanismu = **4 prvky charakterizačního faktoru ekotoxicity** specifického pro danou látku a emisní složku:
  - ✓ **FF = faktor osudu** → určuje hmotnost chemické látky v dané složce ŽP k hmotnosti chemické látky emitované za den do této/jiné složky ŽP ( $\text{kg}_{\text{ve složce}}/\text{kg}_{\text{emitovaný}}/\text{den}$ )
  - ✓  **$XF_{\text{eco}}$  = faktor expozice** ekosystému → množství látky biologicky dostupné pro organismy v uvažované složce ŽP ( $\text{kg}_{\text{bio-dostupný}}/\text{kg}_{\text{ve složce}}$ )
  - ✓  **$EF_{\text{eco}}$  = faktor ekotoxicity** (midpointový účinek) → potenciál biologicky dostupné frakce chemické látky působit toxicky v exponovaném ekosystému, je vyjádřen jako potenciálně zasažená frakce (Potentially Affected Fraction PAF) druhů v exponovaném ekosystému integrovaná přes objem složky ŽP vztažená k hmotnosti biologicky dostupné chemické látky v ekosystému ( $\text{PAF m}^3_{\text{expon. ekosystém}}/\text{kg}_{\text{bio-dostupný}}$ )
  - ✓  **$SF_{\text{eco}}$  = faktor závažnosti** pro ekosystém (endpointový účinek) → charakterizuje ekotoxicitu na úrovni poškozených druhů = převádí potenciálně zasažené podíly exponovaných druhů na potenciálně zaniklé (PDF/PAF)
- Některé metody LCIA přímo kombinují faktory  $EF_{\text{eco}}$  a  $SF_{\text{eco}}$  do jediného faktoru poškození → uvádějí endpointový charakterizační faktor
- V případě, že se vynechá endpointový faktor  $SF_{\text{eco}}$  →  $CF_{\text{eco}}$  se stane midpointovým charakterizačním faktorem ekotoxicity

# Ekotoxicita – Environmentální mechanismus

- Metoda hodnocení toxických dopadů chemických látek
- ✓ musí **pokrývat obrovský počet potenciálně toxických látek**, identifikovaných ve fázi inventarizace, charakterizačními faktory pracujícími s hmotnostními toky (v inventarizaci nenajdeme koncentrace)
- ✓ musí **integrovat dopady v čase a prostoru** (data z LCI obvykle nejsou prostorově a/nebo časově rozlišena)
- **USEtox** = nejčastěji používaný celosvětový vědecký konsensuální model pro charakterizaci ekotoxických dopadů a dopadů chemických látek na člověka
- **Model „osudu“** → předpovídá chování a distribuci chemické látky v životním prostředí
- ✓ zohledňuje přenos mezi jednotlivými složkami ŽP (např. vzduch, voda, půda) i mezi různými zónami stejné složky
- ✓ výměnné procesy modelovány na základě rozdělování, difúze, sorpce, advekce, konvekce (šipky) a také biotické a abiotické degradace (např. biodegradace, hydrolýza nebo fotolýza) nebo usazování v sedimentech
  - Degradace je důležitým ztrátovým procesem většiny organických látek × může vést i ke vzniku toxických rozkladných sloučenin
  - Rychlost rozkladu je závislá na poločas rozpadu látky a podmínkách prostředí (teplota, energie slunečního záření, přítomnost reakčních partnerů (např. OH radikálů) atd.
- ✓ základním princip modelování = hmotnostní bilance pro každou složku → soustava diferenciálních rovnic řešena pro ustálené nebo dynamické podmínky

# Ekotoxicita – Environmentální mechanismus

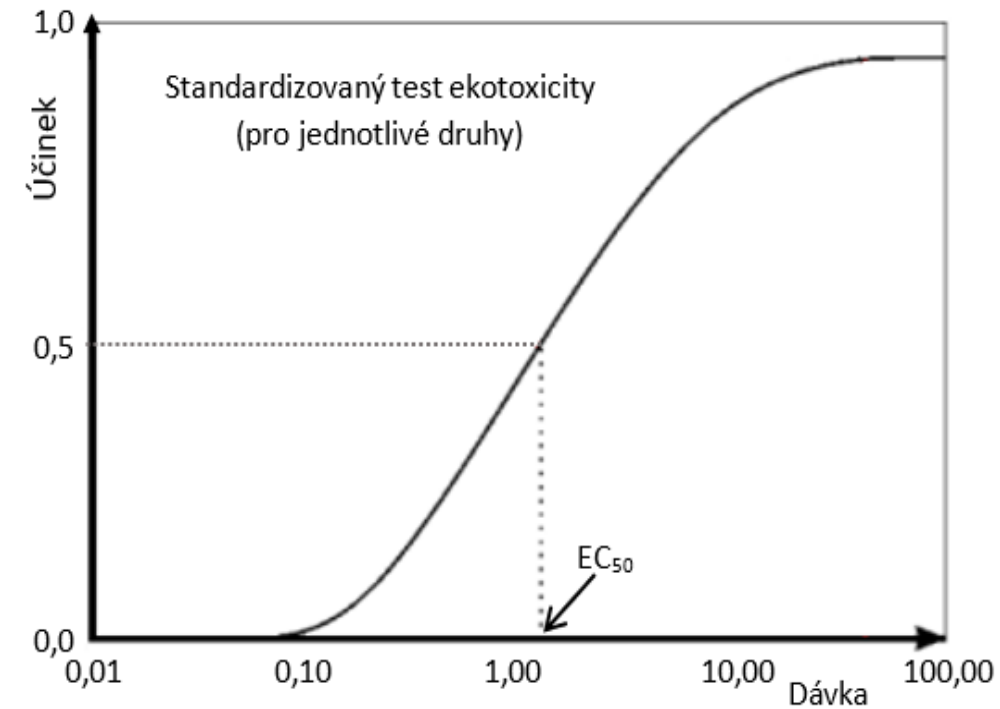
- **Model expozice** → charakterizuje vystavení organismu působení chemické látky
- **Expozice** = kontakt cílového organismu se znečišťující látkou za hranicí expozice po určitou dobu a s určitou frekvencí
- K expozici organismů **nemusí** být nutně k dispozici **celková** koncentrace chemických látek přítomných v ŽP → množství dostupné k expozici ekosystému může ovlivnit (snížit) sorpce, rozpouštění, disociace nebo přechod látky do jiných forem
  - ✓ Biologická *dostupnost* = množství látky aktuálně dostupné pro průchod buněčnou membránou organismu z prostředí
  - ✓ Biologická *přístupnost* = množství látky aktuálně biologicky dostupné + potenciálně biologicky dostupné → množství látky, které může interagovat s organismem, má-li k němu přístup (otázka času, vzdálenosti)
  - ✓ Bio-přístupné množství je obvykle větší než bio-dostupné

## **Faktory ovlivňující ekotoxicitu:**

- ❖ *Chemicko-fyzikální vlastnosti látek* = skupenství, rozpustnost ve vodě/v tucích, zda jde o látku organickou či anorganickou, ionizovanou či nikoliv atd.
- ❖ *Čas a způsob expozice* ovlivňuje míru projevu toxického účinku (kontinuální expozice je obvykle škodlivější než krátkodobá, okamžitá)
- ❖ *Podmínky v prostředí* = teplota, vlhkost, intenzita světla atd.
- ❖ *Interakce mezi látkami* = toxicita směsí – synergické a antagonistické působení
- ❖ *Biologické faktory* = působení téže látky na jedince téhož druhu souvisí i s věkem organismu, genetickou informací, pohlavím, celkovým zdravotním stavem, výživou

# Ekotoxicita – Environmentální mechanismus

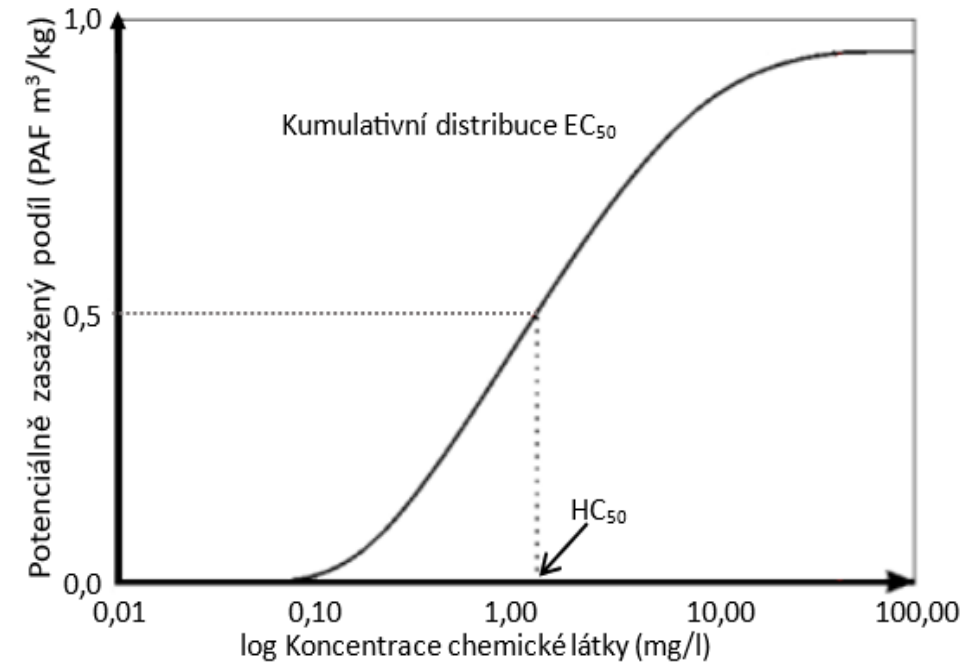
- **Model účinku** → charakterizuje podíl druhů v ekosystému, které budou ovlivněny určitou chemickou expozicí
- **Účinek** → kvantitativně popsány pomocí křivek „dávka–účinek“ odvozených z laboratorních zkoušek, které se vztahují ke koncentraci chemické látky a k látkou ovlivněnému podílu **zkoušené skupiny** →  $EC_{50}$  je účinná koncentrace (Effect Concentration) ovlivňující 50 % skupiny **jedinců téhož zkoušeného druhu** ve srovnání s kontrolní situací
- **Ovlivnění** = zvýšení úmrtnosti, snížení pohyblivosti, snížení rychlosti růstu, snížení schopnosti reprodukce, mutace, změny biomasy, snížení fotosyntézy atd. (standardizované laboratorní testy ekotoxicity pro specifické kombinace látka/druhu)
- **Toxické účinky** = akutní, subakutní, subchronická a chronická toxicita (i podrobnější členění) dle poměru doby expozice ku délce života (akutní – krátkodobé působení × chronická – expozice po delší dobu zahrnující alespoň jeden životní cyklus nebo jedno citlivé období)



# Ekotoxicita – Environmentální mechanismus

## Model účinku

- **Pro celý ekosystém s řadou druhů** (např. sladkovodní ekosystém s primárními producenty a primárními a sekundárními konzumenty) → velké rozdíly mezi druhy v citlivosti na danou látku
- **Citlivost celého ekosystému na danou látku** → popsána křivkou rozdělení citlivosti podle druhu (SSD = Species–Sensitivity Distribution)
- SSD → sestavena na základě geometrického průměru všech dostupných a reprezentativních hodnot toxicity pro každý druh
- **Faktor ekotoxického účinku**  $EF_{eco}$  vypočten z tzv. nebezpečné koncentrace (Hazardous Concentration)  $HC_{50}$  = koncentrace, při níž je 50 % *druhů* (ve vodním ekosystému) vystaveno koncentraci vyšší než jejich  $EC_{50}$  (podle křivky SSD)
  - ✓ Rozměr faktoru účinku je PAF (Potenciálně zasažený podíl druhů) s obvyklou jednotkou  $m^3/kg$



## SSD křivka

Hodnotu  $HC_{50}$  lze určit z křivky SSD nebo vypočítat jako geometrický průměr hodnot  $EC_{50}$  pro jednotlivé druhy s o celkovém počtu  $ns$

# Ekotoxicita – Environmentální mechanismus

- **Model poškození** → vyjadřuje závažnost účinku
- ✓ Je vyjádřen endpointovým ukazatelem → v dopadovém řetězci jde dále než PAF → kvantifikuje **kolik druhů z daného ekosystému zcela mizí**
- ✓ Úbytek může být způsoben například úmrtností, sníženým reprodukční schopnosti nebo migrací
- USEtox vypočítává **charakterizační faktory pro ekotoxicitu pro sladkou vodu na úrovni midpointu**
- Charakterizační faktor = **potenciál ekotoxicity** pro dopady na vodní ekosystémy je vyjádřen ve srovnávacích toxických jednotkách (CTUe – Comparative Toxic Units - ecotoxicity), což je odhad potenciálně zasaženého podílu druhů (PAF) integrovaný v čase a objemu, na jednotku hmotnosti emitované chemické látky.
- Jednotka:  $\text{CTUe}/\text{kg}_{\text{emitované látky}} = \text{PAF} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{den}/\text{kg}_{\text{emitované látky}}$

# Ekotoxicita – Elementární toky

## ➤ Elementární toky

- ✓ Důsledkem toxického působení elementárních toků je **snížení produkční schopnosti ekosystémů, snížení biodiverzity a četnosti populací**, což vede k **snížování přírodního bohatství, ale i kvality a vydatnosti přírodních surovin**
- ✓ **Úzká provázanost přírodních ekosystémů má za následek návazné porušení dalších ekosystémů** (př. narušení funkce půdního ekosystému → snížení výnosů hospodářských plodin → snížení kvality podzemní vody v lokalitě)
- ✓ Chemické látky jsou hlavním pilířem průmyslové ekonomiky světa → jsou emisemi téměř ze všech procesů zahrnutých do inventarizace
- ✓ Ekotoxicita se liší od všech kategorií dopadu, v níž nejde o toxicitu, počtem potenciálně relevantních elementárních toků
- ✓ S výjimkou fotochemické tvorby ozonu, nepřekračuje žádná z kategorií dopadu, v níž nejde o toxicitu, počet 100 přispívajících elementárních toků (a souvisejících charakterizačních faktorů)
- ✓ *Kategorie toxicit však musí charakterizovat několik desítek tisíc chemických látek s obrovskými rozdíly ve schopnosti způsobovat toxické dopady*



# Ekotoxicita v metodice LCIA

**Používané charakterizační metody využívají různé způsoby modelování:**

- **Metoda a model EDIP** → zohledňuje empirické modely osudu a expozice založené na klíčových vlastnostech chemických látek
- **IMPACT 2002+ = model IMPACT 2002; CML a ReCiPe = model USES-LCA** → mechanistické modely a metody zohledňující osud, expozici a účinky a poskytující zásadní míry dopadu ← metody zahrnují modelování více složek ŽP i více cest mechanistického dopadového řetězce × neshodují se ve způsobu modelování, což vede k rozdílným výsledkům
- Na základě rozsáhlého srovnání těchto modelů byl vyvinut **vědecký konsenzuální model USEtox** (UNEP/SETAC toxicity consensus model) = vědecky dohodnutý přístup k charakterizaci toxicity pro člověka a sladkovodní ekosystémy

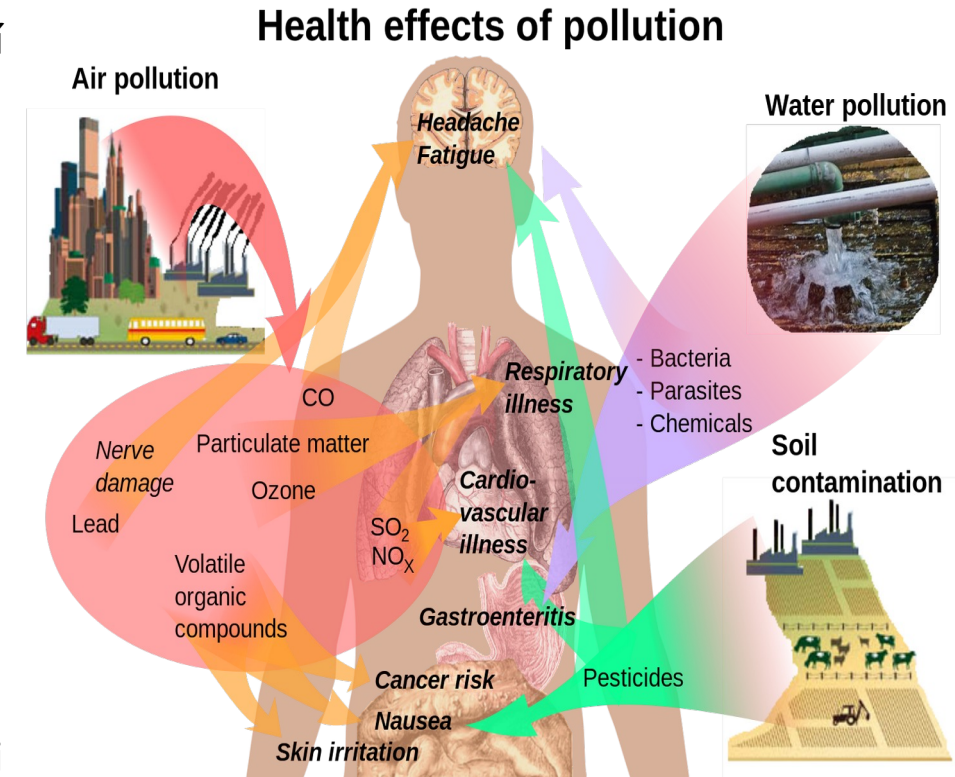
Obecně lze říci:

- ✓ Existují dobře propracované modely a metody pro sladkovodní ekotoxicitu a pro dopady zejména na nižší organismy (mikroorganismy, řasy, korýši)
- ✓ Endpointové indikátory kategorie dopadu prozatím nejsou dostatečně propracované → je třeba být obezřetný při jejich interpretaci

# Humánní toxicita a lidské zdraví

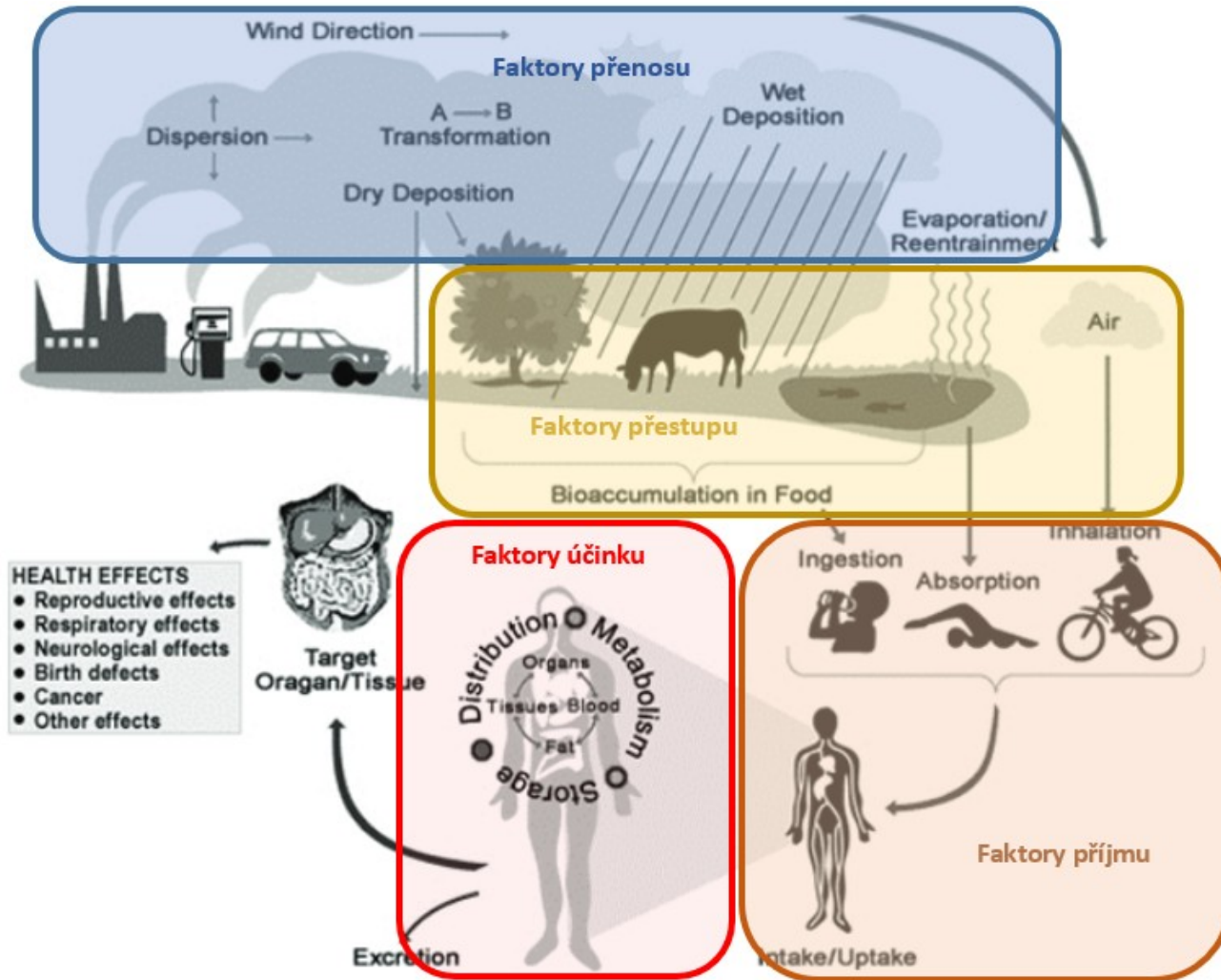
- Další kategorie zaměřující se na toxicitu ↔ **mnoho společných rysů s kategorií ekotoxicita** → hlavní emise a jejich zdroje, principy modelování, struktura modelu (někdy i celé modely = osudu chemických látek emitovaných do ŽP)
- Ačkoli jsou hnací **faktory toxicity** emitovaných látek stejné, jako u ekotoxicity:
  - ✓ Emitované množství (inventarizováno v LCI)
  - ✓ Mobilita
  - ✓ Perzistence
  - ✓ Způsob expozice a biologická dostupnost
  - ✓ Toxicita

**zohledněny v rámci charakterizačního faktoru**
- **Mechanismy a parametry působení jsou odlišné** → specifické pro humánní toxicitu, zejména pokud jde o modelování expozice
- ✓ Expozice spojená s látkami emitovanými do ŽP (ovlivní celou populaci)
- ✓ Expozice chemickými složkami ve výrobcích = působení → ve výrobě → při používání → při zpracování po skončení životnosti (ovlivní pracovníky nebo spotřebitele)
- Emise chemických látek způsobují nebo přispívají k mnoha zdravotním dopadům od široké škály nenádorových onemocnění po zvýšené riziko rakoviny (karcinogenní látky)
- Je třeba rozlišovat mezi **toxickým působením látky v organismu** (midpoint – potenciál toxického účinku) a **dopadem na lidské zdraví** (endpoint – dopad toxinů na délku života)



[Health effects of pollution.svg](#) - Wikimedia Commons od autora Mikael Häggström, licencovaný pod Public domain

# Humánní toxicita



## Toxické působení chemických látek:

- Toxicita nemá jediný souhrnný účinek – existuje řada **mechanismů toxického působení**
- **Expozice chemickým látkám** může být
  - ✓ přímá – vdechnutí, požití kontaminované vody
  - ✓ nepřímá – látka je pozřena v potravě, kam se dostala biokoncentrací (maso, zelenina, ryby atd.)
- Je třeba agregovat různé elementární toky emitované do různých složek ŽP do jedné kategorie dopadu – **humánní toxicita HT**
- Při popisu míry toxického účinku látky na člověka je třeba vzít v úvahu **způsob vstupu toxinu do organismu a typ toxického účinku** ← vyjádřeny **faktory přenosu, přestupu, příjmu a účinku**

(přístup využitý modelem USES-LCA)

# Humánní toxicita

## ➤ Faktory přenosu $F_{i, ecomp, fcomp}$

- ✓ ovlivňují přestup látky  $i$  ze složky ŽP, do které byly emitovány  $ecomp$  (Emission COMPartment), do složky ŽP, ze které na člověka působí  $fcomp$  (Final COMPartment) ← jde o modelování osudu látky v ŽP (obdobně jako u ekotoxicity)
- ✓ přenos závisí na fyzikálně-chemických vlastnostech emisí a složek ŽP ← vliv má: reaktivita = vazby, reakce, sorpce atd. mezi látkou a složkou ŽP; perzistence látky v ŽP; biodegradace atd.

## ➤ Faktory přestupu $T_{i, fcomp, r}$

- ✓ popisují přestup látky  $i$  ze složky ŽP  $fcomp$  do expozičního vektoru  $r$  = prostředek transportu látky do organismu (př. vdechnutý vzduch, voda, mléko, maso...)

## ➤ Faktory příjmu $I_r$

- ✓ ovlivňují příjem toxické látky z vektoru  $r$  člověkem ← např. množství přijímané potravy, vypité vody, rychlost vyluč. atd.

## ➤ Faktory účinku $E_{i,r}$

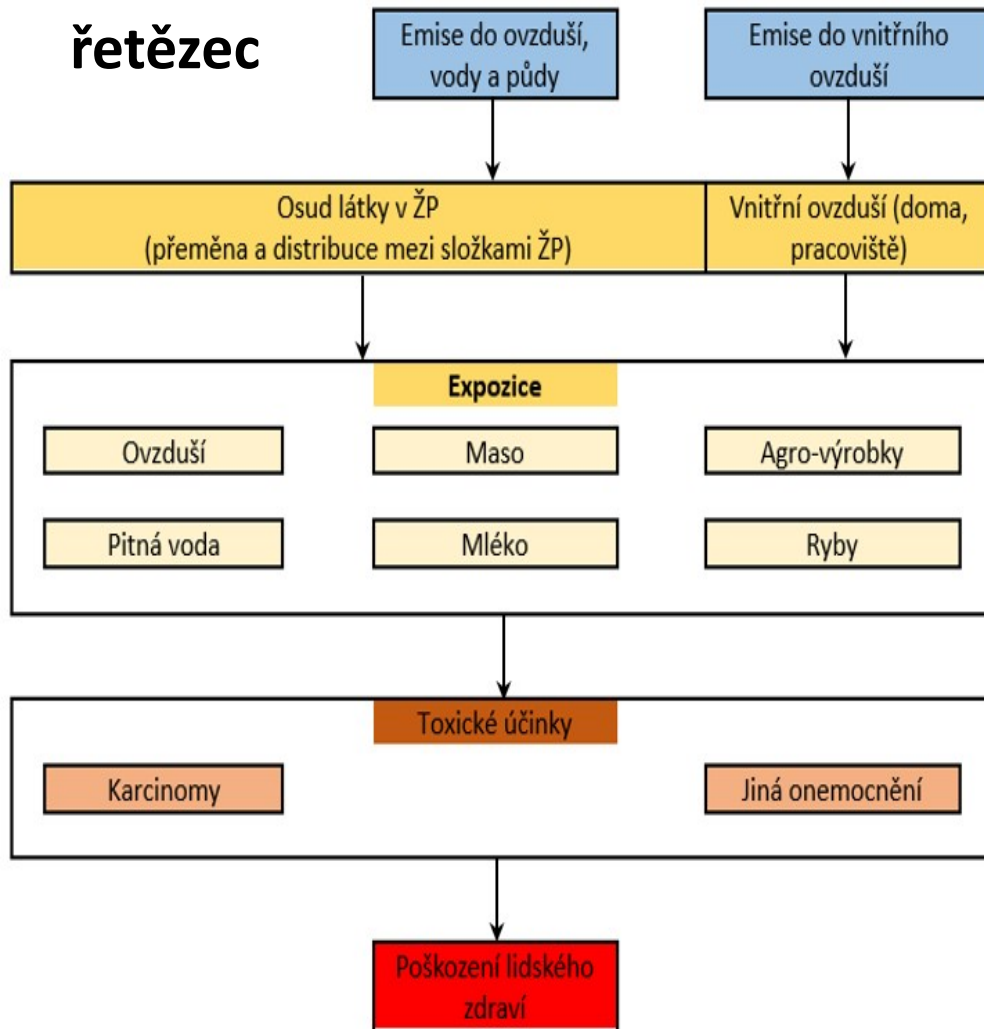
- ✓ popisují míru toxicity látky  $i$  ve vztahu k vektoru  $r$  ← reciproká hodnota přijatelné denní dávky  $ADI$  (Acceptable Daily Intake)

- ✓ **Toxické účinky emise látky  $i$  zaústěné do složky ŽP  $ecomp$  působící na člověka ve složce ŽP  $fcomp$  prostřednictvím vektoru příjmu  $r$**

- ✓ **Potenciál humánní toxicity** – vztažen k toxicitě 1,4-DCB (1,4-dichlorbenzen)

# Humánní toxicita – Environmentální mechanismus

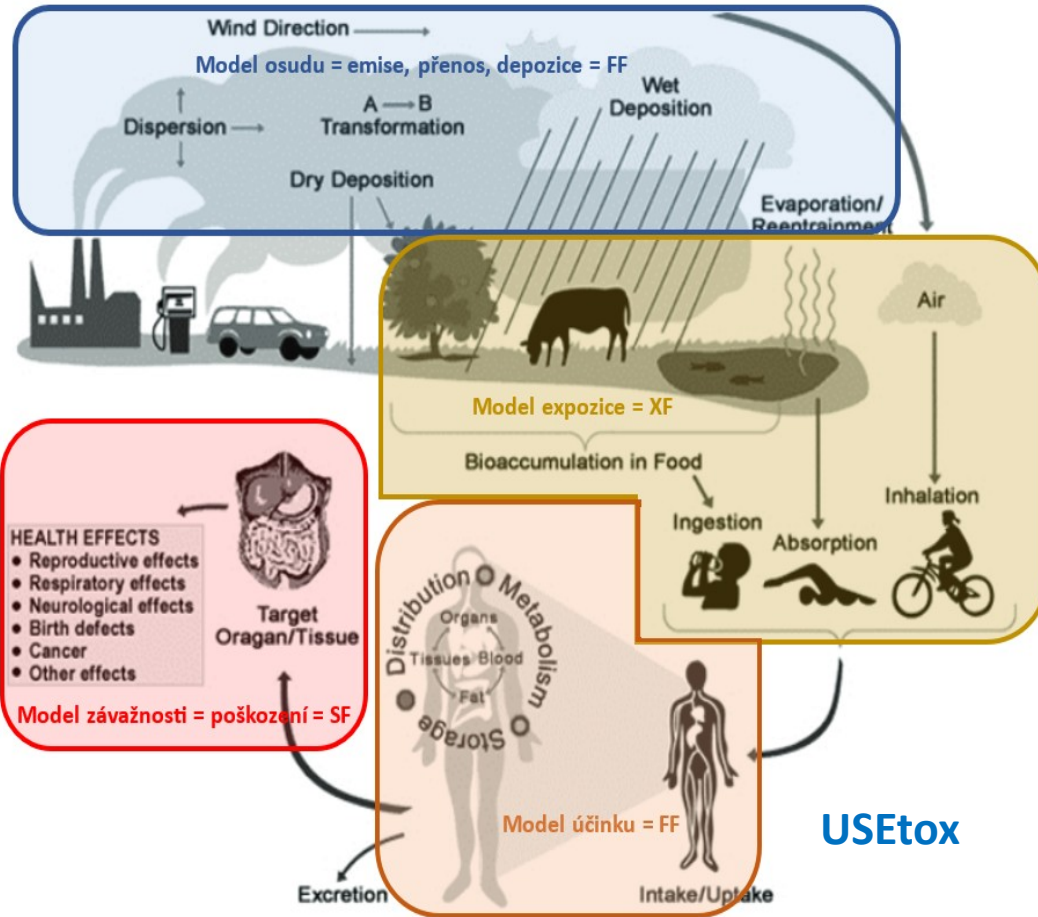
## Dopadový řetězec



Dopadový řetězec spojuje emise s

- výslednou **hmotností chemické látky ve složkách ŽP** (model osudu)  $\leftrightarrow$   $FF$  faktor osudu emitované látky
  - **příjemem látky celou populací** prostřednictvím potravin a inhalační cestou = expozice (model expozice člověka)  $\leftrightarrow$   $XF_{hh}$  faktor expozice člověka chemickou látkou (faktor přestupu)
  - **výsledným počtem případů různých zdravotních rizik** pro člověka → porovnáním expozice se známým vztahem mezi dávkou a odezvou pro chemickou látku (model toxického účinku)  $\leftrightarrow$   $EF_{hh}$  faktor účinku toxicity pro člověka = *midpointový charakterizační faktor*
  - **poškozením zdraví celé populace** (model závažnosti)  $\leftrightarrow$   $SF_{hh}$  faktor závažnosti/poškození pro lidské zdraví = *endpointový faktor*
  - **Faktor charakterizující lidské zdraví  $CF_{hh}$**
- ✓ Některé metody LCIA opět přímo kombinují  $EF_{hh}$  a  $SF_{hh}$  do jediného faktoru poškození → endpointový faktor
- ✓ Pro charakterizaci středního bodu se vynechá  $SF_{hh}$  →  $CF_{hh}$  je pak faktorem charakterizujícím **střední bod toxicity pro člověka NE lidského zdraví!**

# Humánní toxicita – Environmentální mechanismus



➤ **Midpointový charakterizační faktor pro humánní toxicitu** → jednotka počet případů/kg<sub>emitované látky</sub>

✓ Vyjadřuje toxický dopad na globální lidskou populaci na jednotku hmotnosti látky emitované do ŽP → interpretace = zvýšení celopopulačního rizika případů onemocnění v důsledku emise dané látky do určité složky ŽP

➤ **Endpointový charakterizační faktor pro lidské zdraví** → DALY/kg<sub>emitované látky</sub>

✓ Kvantifikuje dopad na lidské zdraví v celosvětové populaci v letech života s postižením (DALY) vztažený na hmotnostní jednotku látky emitované do ŽP

✓ DALY (Disability Adjusted Life Years) je statistická míra ztracených nebo nemocí (nebo jinými vlivy) ovlivněných let života populace (v dispozici na webu Světové zdravotnické organizace WHO)

✓ Analýza – transportu látek v ŽP, expozice, účinků na lidské zdraví a poškození využívající odhady počtu let osob žijících s vyvolaným poškozením YLD (Years Lived Disabled) a počtu let zkrácení lidského života v exponované lidské populaci YLL (Years of Life Lost)

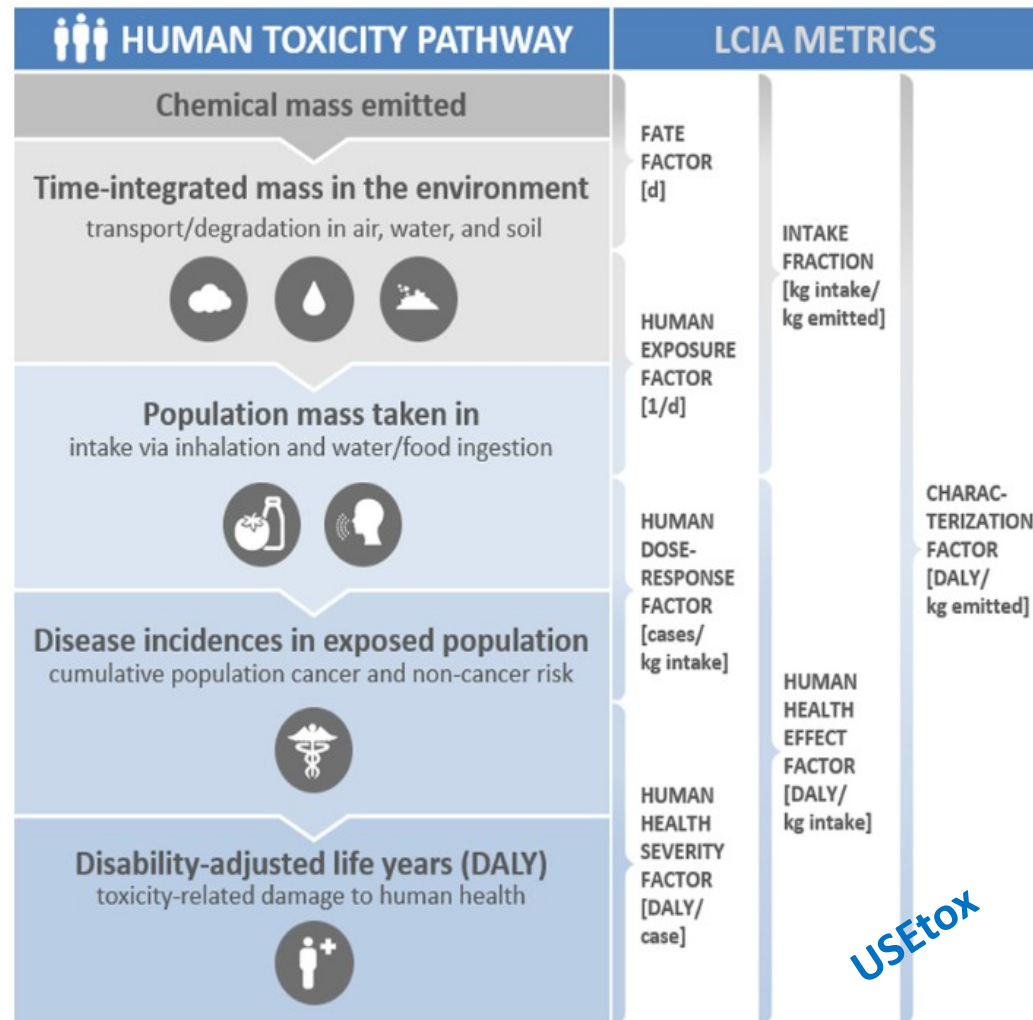
$$DALY = YLL + YLD \quad YLD = I \cdot Z \cdot T \quad YLL = N \cdot R$$

I = počet výskytů onemocnění, Z = závažnost onemocnění, T = průměrná doba trvání onemocnění, N = počet úmrtí, R = počet let od věku úmrtí do hodnoty průměrného věku života

[Illustration how people are exposed to chemicals in the environment and the effect of such chemicals on human health](#) od autora, licencovaný pod

Ab Latif Wani, CC-BY-2.0

# Humánní toxicita – Environmentální mechanismus



Pár poznámek k modelu **USEtox** – modelování humánní a ekotoxicity:

- **Model osudu** → zcela stejný jako pro ekotoxicitu
- **Model expozice** → množství chemické látky v dané složce životního prostředí a její příjem člověkem (míra expozice)
  - ✓ Cesta expozice = vdechování (vzduch), požití potravin a pitné vody, expozice kůží
  - ✓ Expozice člověka posuzována vždy na úrovni populace s ohledem na prostorovou variabilitu
  - ✓ Součin faktoru osudu a faktoru expozice  $iF = FF \cdot XF_{hh} \rightarrow \text{kg}_{\text{příjmu}}/\text{kg}_{\text{emitované látky}}$ 
    - Udává podíl příjmu = podíl emise, který je přijat celou populací všemi cestami expozice
    - Vysoká hodnota  $iF$  → např. pro dioxiny  $iF = 0,001$  → lidé přijmou tisícinu hmotnosti dioxinu uvolněného do ŽP
    - U ostatních chemických emisí se hodnoty podílu příjmu obvykle pohybují v rozmezí  $10^{-10}$  až  $10^{-5}$   $\text{kg}_{\text{příjmu}}/\text{kg}_{\text{emitované látky}}$
- **Model účinku** → spojuje množství chemické látky přijaté obyvatelstvem danou cestou expozice = inhalace/požití (dermální příjem není v současné době v LCIA modelován) s toxickými účinky chemické látky po jejím vstupu do lidského organismu ↔ zvýšení počtu případů daného účinku na lidské zdraví (např. rakoviny nebo nenádorových onemocnění) u exponované populace na jednotku hmotnosti přijaté chemické látky
- **Model závažnosti** → faktor závažnosti → představuje nepříznivě ovlivněné roky života na jeden případ onemocnění (DALY/případ) a rozlišuje závažnost postižení způsobených nemocemi z hlediska ovlivněných let života (např. rozlišuje mezi smrtelnou rakovinou a reverzibilním podrážděním kůže)

# Humánní toxicita – Elementární toky

## ➤ Do kategorie dopadu lidské zdraví spadají zejména

- ✓ infekční nemoci, kardiovaskulární a respirační onemocnění a vynucená migrace v důsledku klimatických změn
- ✓ rozvoj nádorových onemocnění v důsledku radiace
- ✓ poškození očí a karcinomy v důsledku úbytku stratosférického ozónu
- ✓ respirační choroby a karcinomy způsobené toxickými látkami ve vzduchu, pitné vodě a potravě

## ➤ Z hlediska elementárních toků

- ✓ Podobně jako u ekotoxicity jde o **tisíce chemických látek**, jimž může být člověk vystaven
- ✓ Dostávají se do ŽP jako polutanty z průmyslu (např. znečišťující látky v ovzduší), zemědělství (např. pesticidy), dopravy (spaliny, částice) atd.
- ✓ Ve všech modelech jsou započteny *emisní toky ve venkovním prostředí případně v interiérech*
- ✓ V současných metodikách *není zvažována přímá pracovní expozice* pracovníků nebo *expozice* související s *používáním výrobků spotřebiteli*, i přesto je relevance současných modelů velmi vysoká
- ✓ Tvůrci LCIA metod a charakterizačních modelů se zaměřují na výrobky zvláštního zájmu → *kosmetika, přípravky na ochranu rostlin, textilie, léčiva* atd., které mohou obsahovat zejména látky s toxickými vlastnostmi (mutagenní, neurotoxické endokrinní disruptory atd.)



# Humánní toxicita v metodikách LCIA

## ➤ Metody a charakterizační modely

- ✓ **USEtox** – uznávaný charakterizační model využívaný LCIA metodami IMPACT World+ nebo TRACI 2
- ✓ Doporučen ILCD – použit v PEF/OEF
- ✓ Potenciál humánní toxicity = charakterizační faktor pro dva midpointové indikátory (nenádorová a nádorová onemocnění = karcinomy) je vyjádřen ve srovnávacích toxických jednotkách  $CTU_h$  (Comparative Toxic Units for humans) ← odhadované zvýšení nemocnosti v celkové lidské populaci na jednotku hmotnosti emitované chemické látky → jednotka  $CTU_h/kg_{emitované\ látky}$  = případy onemocnění/ $kg_{emitované\ látky}$
- ✓ Oba indikátory lze v konečném výsledku sečíst, přičemž se předpokládá *stejná váha mezi karcinomem a nenádorovými onemocněními* z důvodu nedostatku přesnějších poznatků o této problematice
- ✓ Endpointový indikátor dopadu na lidské zdraví v USEtox uveden ve srovnávací jednotce poškození lidského zdraví  $CDU_h = DALY$
- ✓ Tento ukazatel lépe vyjadřuje rozlišení závažnosti různých účinků

# Využití krajiny

- **Využití krajiny = Využití půdy = Land use** → vše vyjadřuje totéž = antropogenní činnost na dané ploše půdy/krajiny s dopadem na ŽP
- Příklady využití krajiny → **zemědělská a lesnická** produkce, **urbanistická** činnost (městské osídlení), **průmyslová** výroba nebo **těžba** nerostných surovin ← vše vede vedle **úbytku půdy a volné přírody** k **parcelaci a fragmentaci** krajiny
- ✓ *Fragmentace* (rozdělení krajiny zejména lineárními stavbami (dopravní stavby) nebo městskými aglomeracemi) a *parcelace* (rozdělení na krajiny na stále menší ohraničená území)
  - **snížení možnosti migrace** organismů (podmínka zachování genetické pestrosti druhů)
  - změna ve **složení biologických druhů** v oblasti → pokles biodiverzity i četnosti organismů (nejohroženější druhy s vyhraněnými nároky na stanoviště) → menší diverzifikace = větší náchylnost k dalšímu poškozování a narušení rovnováhy ekosystému
  - zhoršení schopnosti druhů **přizpůsobovat se** dalším stresům (např. klimatické změně)
- ✓ **Půda = vyčerpatelný zdroj**
  - kvantitativní hledisko → průměrná míra **tvorby půdy** je v porovnání s mírou jejího vyčerpání extrémně nízká
  - kvalitativní hledisko → prostřednictvím neudržitelných způsobů hospodaření s nejkvalitnějšími půdami dochází k **degradaci**

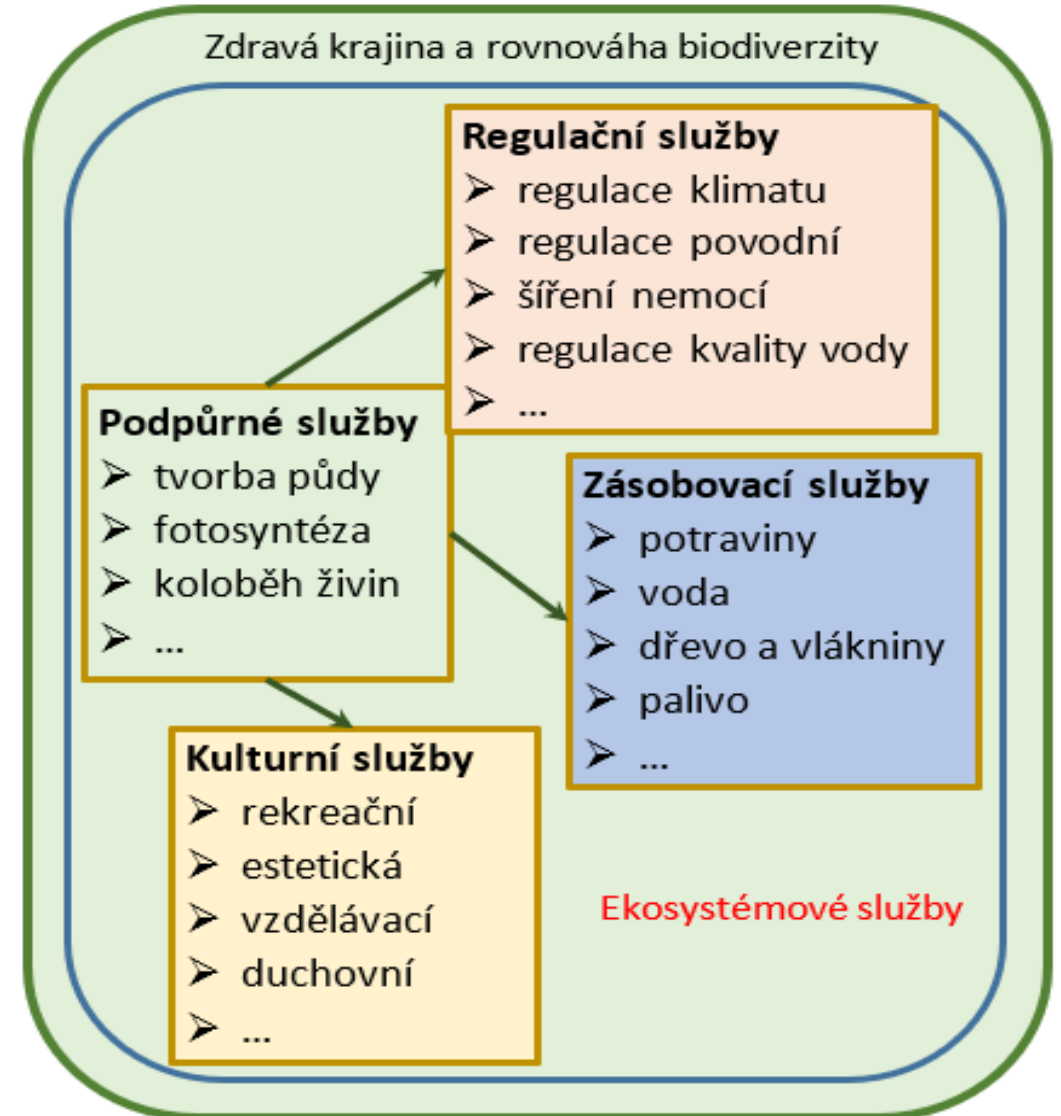
# Využití krajiny



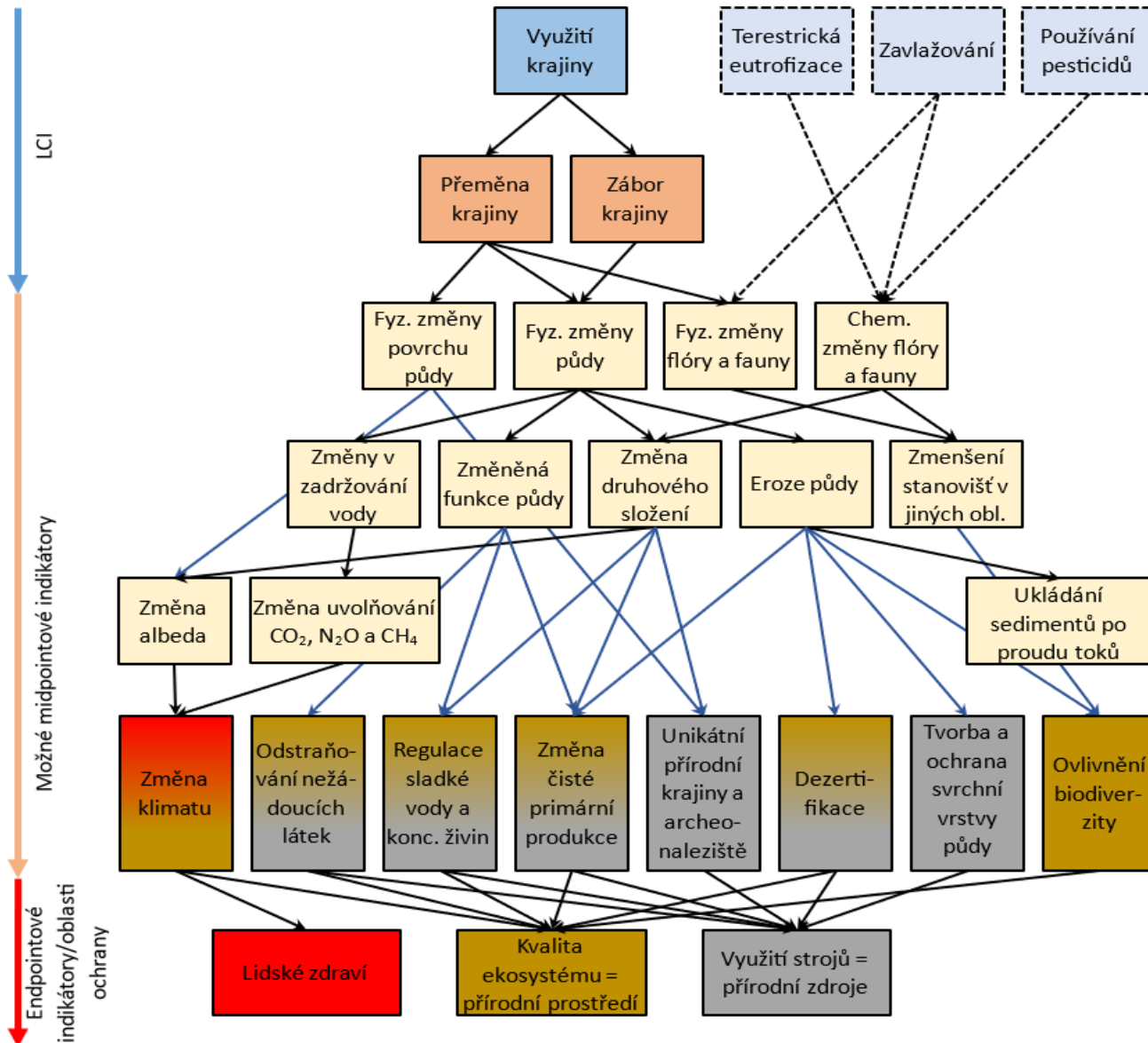
- Změna využívání krajiny/půdy → **změna hydrologického režimu** ← snížení zásob podzemní vody, častější povodně a sucha
- ✓ **Odklon řek** a větší **odběr sladké vody** z řek, jezer a vodonosných vrstev pro zavlažování oblastí přeměněných **na zemědělské plochy** ↔ nárůst rizika **povodní a sucha** v důsledku úbytku mokřadů, lužních lesů atd.
- ✓ Mechanizované zemědělství vyvolává **zhutnění půdy** → ovlivňuje **doplňování vodonosných vrstev** a přirozenou schopnost půdy odstraňovat znečišťující látky
- ✓ Intenzifikace zemědělství přináší významnější **erozi půdy** → **desertifikace** (zejména v suchých oblastech), regionální **pokles produkce** potravin
- ✓ **Změny v půdním pokryvu** = odlesňování, zástavba bez zeleně, betonové plochy atd. → dopad na místní a **regionální regulaci klimatu** = změna albeda, snížení výparu vody z vegetace → lokální snížení množství srážek a ovlivnění teplotního režimu (lokální změna klimatu), rychlý odtok vody z krajiny (voda není zadržena vegetací) → **změna biodiverzity a četnosti organismů**

# Využití krajiny

- Ekologické funkce krajiny a přínosy, které lidé z ekosystémů získávají se označují jako **ekosystémové služby** a jejich narušení vede k *snižování blahobytu člověka*
- Ekosystémové služby spolu s se ztrátou biologické rozmanitosti jsou předmětem **kategorie dopadů využití krajiny**



# Využití krajiny – Environmentální mechanismus

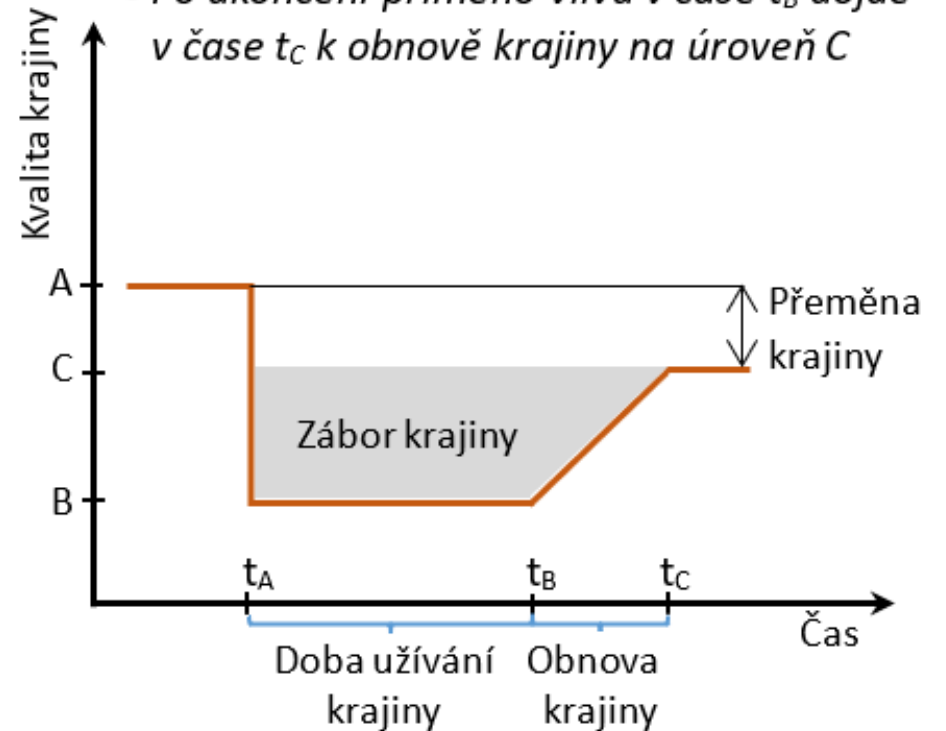


- Kategorie dopadu využití krajiny zahrnuje celou řadu indikátorů dopadu
- Nehodnotí však emise živin, pesticidů a další látek do ekosféry ← jsou zvažovány odpovídajícími kategoriemi dopadu založenými na emisích, jako je eutrofizace pro emise živin nebo ekotoxicita pro emise pesticidů → jejich zahrnutí do kategorie využití krajiny by vedlo k dvojímu započítání téhož dopadu
- Dopadový řetězec začíná u elementárních toků *transformace krajiny a zábor krajiny*
- Konečným bodem jsou škody na lidském zdraví, ekosystémech a dostupných půdních zdrojích
- Dopadový řetězec vystihuje složitost modelování využití půdy ↔ pro některé dopady jsou charakterizační modely stále vyvíjeny – např. oteplování v důsledku změny albeda nebo poškození krajiny (terénu)

# Využití krajiny – Environmentální mechanismus

- **Transformace** (přeměna) **krajiny** (land use change, LUC) → přeměna krajiny z jednoho stavu na jiný
  - ✓ v důsledku přeměny dochází ke změně biodiverzity na úrovni ekosystémů, druhů i na genetické úrovni
  - ✓ míra transformace krajiny je součinem kvality krajiny (většinou bezrozměrná veličina) a plochy = jednotka  $m^2$
- **Zábor krajiny** (land use, LU) → využití určité plochy krajiny pro určitý účel
  - ✓ nezahrnuje v sobě vliv na okolní prostředí
  - ✓ míra záboru je součinem kvality krajiny, plochy a doby záboru, jednotka  $m^2 \cdot rok$
- **Kvalita krajiny** zahrnuje množství a diverzitu společenstev rostlin, živočichů a mikroorganismů, bohatství nerostných materiálů a estetických a kulturních funkcí krajiny

- Mezi časy  $t_A$  a  $t_B$  dojde k přeměně krajiny antropogenní činností = snížení kvality krajiny z úrovně A na B
- Po ukončení přímého vlivu v čase  $t_B$  dojde v čase  $t_C$  k obnově krajiny na úroveň C



# Využití krajiny – Environmentální mechanismus

- Stejný typ lidské činnosti → **různé dopady** (různá velikost dopadů) v **různých regionech** světa
- Rozdíly dány → silným vlivem klimatu, kvalitou půdy, topografií a ekologickou kvalitou krajiny atd.
  - ✓ *Příklad odlesnění plochy pro zemědělské využití v brazilské Amazonii má větší dopad z hlediska počtu zasažených druhů než kácení lesů v ekologicky chudším evropském regionu*
- **Využívání krajiny je lokální kategorií dopadu**
  - ✓ **Inventarizace musí obsahovat informace o geografickém umístění lidského zásahu** → přesnost určení místa závisí na cíli a rozsahu studie ← může lišit od přesných souřadnic až po hrubší měřítko (např. biom, země, kontinent)
  - ✓ **V LCIA musí charakterizační faktory** pro daný indikátor dopadu **zohledňovat citlivost stanoviště** na modelovaný dopad → např. charakterizační faktory pro erozi půdy by měly zahrnovat informace o hloubce půdy v dané lokalitě ← dopad ztráty půdy bude záviset na velikosti půdní zásoby

# Využití krajiny v metodikách LCIA

- **Charakterizace využití krajiny v LCA není zdaleka vyřešena** a v posledních desetiletích se hojně diskutuje
- Hlavní důvod tohoto stavu = **dopady související s využíváním krajiny závisí na prostorových a časových podmínkách** v místě, kde probíhá hodnocená činnost (tradiční LCA je generická)
- Průlom v modelování prostorově závislých kategorií dopadu (vč. využití krajiny) může znamenat **využití GIS softwaru a datových sad** (Geografický Informační Systém)
- Současné **metody LCIA** dokáží hodnotit **dopad na biodiverzitu** a dopady na **několik ekosystémových služeb**
- ✓ **Biodiverzita** → škody na biologické rozmanitosti se běžně vyjadřují v množství úbytku druhů
  - Relativní úbytek druhů = potenciálně zaniklý podíl druhů na ploše plocha ( $\text{PDF} \cdot \text{m}^2$ )
  - Absolutní úbytek druhů
  - Indikátory biodiverzity jsou endpointové
- ✓ **Ekosystémové služby** → zahrnuje řadu indikátorů popisujících změnu schopnosti krajiny být nositelkou života
  - Všechny dostupné metody se pohybují na úrovni midpointu = nemožnost srovnání nebo agregace se škodami na biodiverzitě
  - Nedávná revize charakterizačních modelů pro využití krajiny v PEF/OEF (environmentální stopě výrobků a organizací) předběžně (tj. s opatrností) doporučila pro hodnocení dopadů na ekosystémové služby charakterizační faktory z kaskádového modelu LANCA



# Využití krajiny v metodikách LCIA

- V současné době existují **metody LCA pro následující ekosystémové služby**
- **Biotický produkční potenciál:** schopnost ekosystémů dlouhodobě produkovat a udržovat biomasu → dostupné indikátory založeny na obsahu půdní organické hmoty, biotické produkci a přivlastňování biotické produkce člověkem
- **Potenciál vázání uhlíku:** schopnost ekosystémů regulovat klima pomocí pohlcování uhlíku ze vzduchu → velikost klimatického dopadu je dána množstvím CO<sub>2</sub> přeneseným mezi vegetací, půdou a atmosférou v průběhu terestrického uvolňování a opětovného ukládání uhlíku
- **Regulační potenciál sladké vody:** schopnost ekosystémů regulovat kulminační průtok a základní průtok povrchové vody → indikátory se týkají způsobu, jakým využívání krajiny ovlivňuje průměrnou dostupnost vody, rizika povodní a sucha, a to na základě rozdělení srážek mezi evapotranspiraci, infiltraci do podzemních vod a povrchový odtok
- **Potenciál čištění vody:** mechanická, fyzikální a chemická schopnost ekosystémů absorbovat, vázat nebo odstraňovat znečišťující látky z vody → určen na základě specifických vlastností půdy v dané lokalitě (textura, pórovitost a kationtová výměnná kapacita apod.)
- **Potenciál regulace eroze:** schopnost ekosystémů stabilizovat půdu a zabránit hromadění sedimentů po proudu → půdní výkonnost je dána výší ztráty půdy a tím, jak tato ztráta snižuje místní zásoby půdy a biotickou produkci
- **Potenciál regulace desertifikace:** schopnost suchých půd odolávat nevratné degradaci → zranitelnost ekosystému vůči desertifikaci určuje systém více ukazatelů složený ze čtyř proměnných = klimatická suchost, půdní eroze, využívání vodonosných vrstev a riziko požárů

# Využití krajiny v metodikách LCIA

➤ Využívání krajiny je kategorie pravděpodobně nejvíce postižena potenciálními **problémy dvojího započítávání**, protože:

→ **modely pro emise jsou založeny na principu zdola nahoru** → výchozím bodem je elementární tok v LCI a model dopadu postupně popisuje všechny mechanismy z dopadového řetězce (příčina v LCI → důsledek = midpointový/enpointový dopad)

→ **modely pro využití krajiny jdou shora dolů** → vycházejí z empirických pozorování stavu ŽP, přičemž neexistuje žádný důkaz o spojení mezi následkem a (předpokládanou) příčinou

*Např. metody hodnocení škod na biodiverzitě jsou založeny na databázích druhů vyskytujících se při různých typech využití krajiny. Snížení druhového bohatství např. při přechodu z lesa na zemědělskou půdu je způsobeno mnoha příčinami = kácení stromů, jejich náhrada plodinami, používání traktorů a jiných zemědělských strojů, emise pesticidů a hnojiv atd. Do jaké míry však přispívá každá z uvedených příčin ke skutečnému úbytku biodiverzity pozorovanému na zemědělské půdě?*

# Spotřeba vody

- Voda = **obnovitelný zdroj** (díky koloběhu vody v přírodě) značně se **lišící od ostatních zdrojů**
  - ✓ je nezbytná pro život člověka a ekosystémů
  - ✓ její funkce jsou přímo spojeny s její geografickou a sezónní dostupností ↔ její přeprava a do jisté míry i skladování jsou často nepraktické a nákladné
- Na naší planetě je dostatek vody ↔ **odběr vody se odhaduje na méně než 10 % maximálního dostupného obnovitelného zdroje sladké vody** ✗ přesto existují **problémy spojené s dostupností vody**
  - ✓ Mnoho *důležitých řek vysychá v důsledku nadměrného využívání* (Colorado, Žlutá řeka a Indu) → vliv na místní vodní a suchozemské ekosystémy
  - ✓ V některých *regionech lidé soupeří o využívání vody* → vyostření napětí mezi národy (Modrý Nil)
  - ✓ *Špatné hospodaření s vodou* → problém pro lidi i ekosystémy
  - ✓ *Rostoucí počet obyvatel a měnící se stravovací návyky* (s rostoucí spotřebou masa)
  - ✓ *Klimatické změny* ↔ zhoršují sucha a záplavy, a tím dále zvyšují rozdíl mezi poptávkou a dostupností v mnoha hustě osídlených regionech po celém světě
- **V rámci LCA** nutno zohlednit
  - ✓ **geografické a časové hledisko** dostupnosti sladké vody včetně **kvality dostupné vody**
  - ✓ **dopady na lidské zdraví, kvalitu ekosystémů i využití zdroje**

# Spotřeba vody – několik důležitých pojmů

- **Typy užívání vody** → **Spotřební** užívání a **degradační** užívání lze dále charakterizovat pojmy
  - ✓ *Odběr vody* = antropogenní odběr vody z jakéhokoli vodního útvaru nebo povodí ← trvale nebo dočasně
  - ✓ *Spotřeba vody* = užívání vody, při kterém se voda odpařuje, je integrována do výrobku nebo je vypouštěna na jiném místě než u zdroje
  - ✓ *Degradační užívání vody* = voda je odebírána a vypouštěna na stejném místě, ale se zhoršenou kvalitou ← formy znečištění = organické, anorganické, tepelné atd.
- **Zdroje vody** = *povrchová voda*, *podzemní voda*, *srážková voda* (včetně srážkové vody zachycené v půdě), *odpadní voda* a *mořská voda* + někdy také *brakická voda* (slaná voda s nižší salinitou než mořská voda a *fosilní voda* (neobnovitelná podzemní voda))

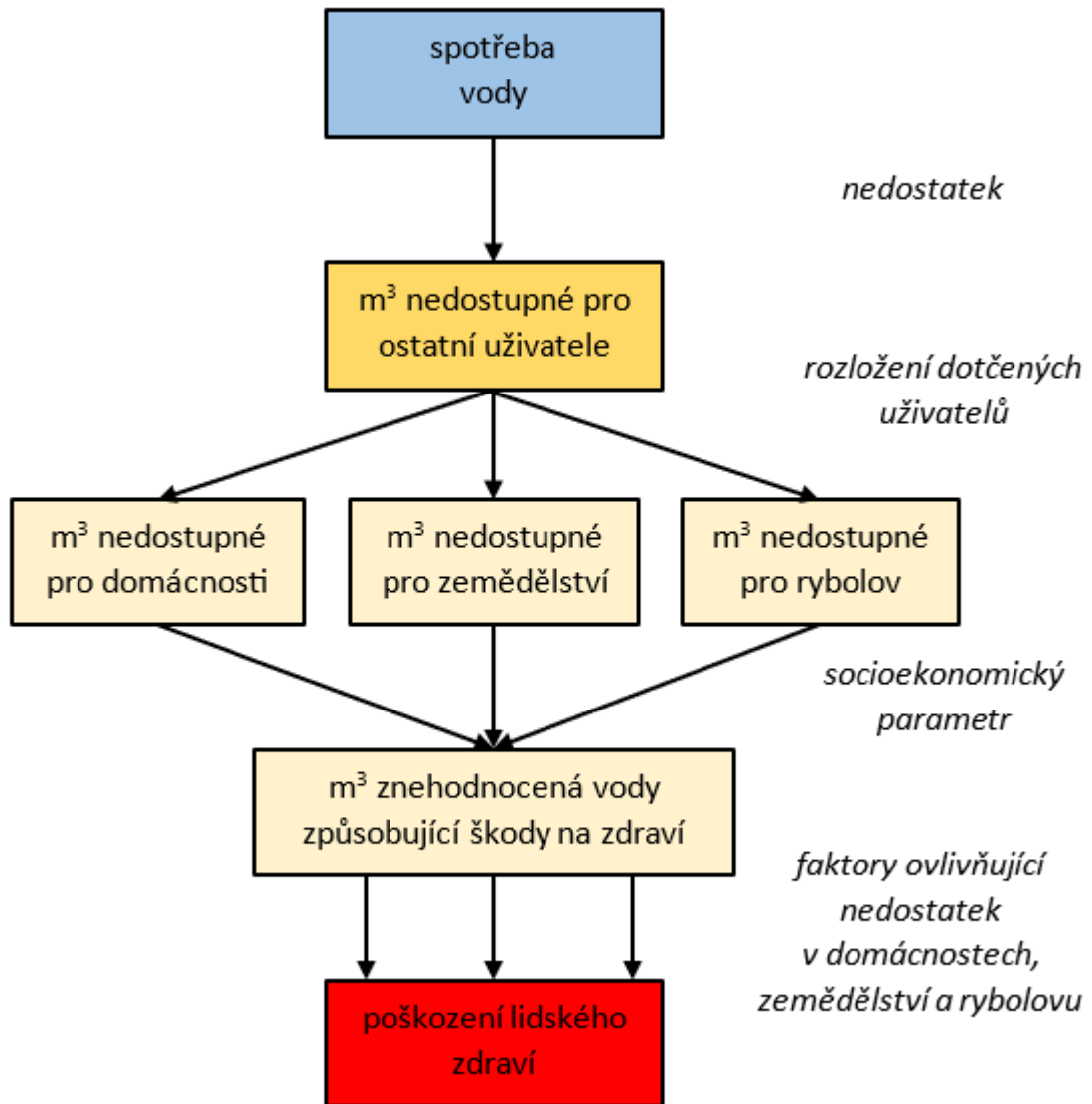
# Spotřeba vody – několik důležitých pojmů

- **Dostupnost vody** = rozsah, v jakém mají lidé a ekosystémy **dostatek vodních zdrojů pro své potřeby** ← je ovlivněna **geograficky a časově**, může být ovlivněna i **kvalitou vody** ↔ Pokud dostupnost vody zohledňuje pouze její množství, nazývá se **nedostatek vody**
- ✓ Termín **dostupnost vody** se používá také pro označení **obnovitelného objemu vody**, který je **k dispozici v celém povodí** v určité oblasti během **určitého období** ( $\text{m}^3/\text{rok}$  nebo  $\text{m}^3/\text{měsíc}$ ).
- **Nedostatek vody** = rozsah, v jakém je **potřeba vody porovnávána s doplňováním vody** v dané oblasti (např. v povodí) **bez ohledu na kvalitu vody**
- **Povodí** = území, z něž je přímý povrchový **odtok z atmosférických srážek samospádem odváděn do vodního toku** nebo jiného vodního **útvary** (obvyklá referenční geografická oblast)
- Z pohledu **poskytování ekosystémových služeb** lze srážkovou vodu rozdělit na
  - ✓ **Zelenou vodu** = ta část srážek, která se dostává zpět do atmosféry evapotranspirací ← odpařená půdní vláhla (evaporace) a voda vydýchaná listy rostlin (transpirace), zelená voda je jediným zdrojem zemědělství plně závislého na vodních srážkách
  - ✓ **Modrou vodu** = povrchová a podzemí voda, která se spotřebuje v průběhu výrobního cyklu produktu nebo služby ← využívání v zemědělství, průmysl, domácnosti, ale i ekosystémy
  - ✓ **Šedou vodu** = objem vody potřebný k rozředění vypouštěného znečištění do přírodních vod tak, aby výsledná koncentrace zůstala pod zákonnými limity v daném místě

# Spotřeba vody – Environmentální mechanismus

- Posuzování dopadů využívání vody **na úrovni midpointu** se obvykle zaměřuje na **nedostatek = ztrátu vody** (water deprivation)
  - ✓ V daném okamžiku je v dané lokalitě k dispozici **omezené množství vody** ↔ různí uživatelé (člověk/ekosystémy) se o tento zdroj musí dělit (soupeřit)
  - ✓ **Spotřeba** určitého objemu vody **sníží její dostupnost** pro uživatele **níže po proudu** a může také ovlivnit například doplňování podzemních vod → **uživatelé** závislí na této vodě mohou být o vodu **ochuzeni a nést následky**
  - ✓ Rozsah, v jakém budou ochuzeni, bude záviset na nedostatku vody v regionu = čím vyšší je spotřeba vody v porovnání s dostupností, tím pravděpodobněji bude uživatel ochuzen → **potenciál omezení uživatele** (lidí nebo ekosystémů) **při spotřebě vody** v regionu definovaný pomocí indexu nedostatku vody je **midpointovým indikátorem** × **posouzení potenciálních škod z tohoto nedostatku** na zdraví lidí či kvalitu ekosystémů je **endpointovým indikátorem**

# Spotřeba vody – Environmentální mechanismus



## ➤ Endpointový indikátor lidské zdraví

→ Čím větší je *nedostatek vody* (a konkurence mezi uživateli), tím větší je *podíl dodatečné spotřeby vody*, který připraví o vodu jiné uživatele

→ Který uživatel bude postižen závisí na *množství uživatelů* v regionu a na jejich *schopnosti přizpůsobit* se nedostatku vody

→ Uživatelé s dostatečnými *socioekonomickými zdroji* = lepší vyhlídky na přizpůsobení (záložní technologie – např. odsolování mořské vody nebo dovoz sladké vody) ← *přenos dopadů na záložní technologie*

→ Uživatelé bez dostatečných socioekonomických prostředků = *dopad nedostatku* v domácnostech, zemědělství, akvakultuře

✓ *Domácnosti* = nemoci způsobené používáním nevhodných vodních zdrojů nebo změna chování (nákup)

✓ *Zemědělství* = menší produkce → snížení dostupnosti potravin = podvýživa

✓ *Akvakultura/rybolov* = snížení nabídky ryb → podvýživa (mnohem nižší rozsah než předchozí dva dopady)

# Spotřeba vody – Environmentální mechanismus



- **Endpointový indikátor poškození ekosystémů**
- ✓ **Dostupnost vody** → vliv na vodní i terestrické ekosystémy
- ✓ **Změna průtoku** řeky nebo snížení hladiny jezera = zmenšení prostoru pro vodní ekosystémy → přizpůsobení nebo úbytek druhů
- ✓ Stejný dopad může mít **změna kvality vody** – např. zvýšení teploty nebo koncentrací znečišťujících látek, ale i snížením hloubky vodního útvaru nebo přirozené kolísání průtoku v různých ročních obdobích
- ✓ **Spotřeba vody** v jezeře může ovlivnit i **dostupnost podzemní vody** a opět úbytek druhů ← na hladině podzemní vody může být závislá i suchozemská vegetace



# Spotřeba vody v metodikách LCIA

- **Index nedostatku (stresu) = nejčastěji používaný midpointový indikátor** ← nemusí nutně představovat *skutečný* bod dopadového řetězce
  - ✓ je založen na **porovnání mezi spotřebovanou vodou a dostupnou obnovitelnou vodou** = představuje úroveň konkurence mezi různými uživateli (lidé/ekosystémy)
- **První indikátory**
  - WTA (withdrawal-to-availability) → založen na poměru *odebrané a dostupné* vody = snadno dostupné údaje
  - ✓ Problém = Voda odebraná, ale v rozumném časovém rámci uvolněná do stejného povodí nepřispívá k nedostatku!
    - CTA (consumption-to-availability) → založen na poměru *spotřeby* (namísto odběru) *a dostupnosti*
    - DTA (demand-to-availability) → založen na poměru *potřeby* (poptávky) *k dostupnosti* = v potřebě zahrnuty environmentální požadavky na vodu s cílem lépe reprezentovat celkovou poptávku po vodě od všech uživatelů, včetně ekosystémů
  - ✓ Tyto indikátory ovšem **neposkytují informace o absolutní dostupnosti vody** = jde o poměry – např. 0,5 je polovina z dostupné vody v současnosti odebírané, spotřebovávané nebo potřebné, ale nevíme z jakého objemu vody

# Spotřeba vody v metodikách LCIA

- **AWARE** (available water remaining; 2016, skupina WULCA = Water Use in LCA) = indikátor **zbývající dostupné vody na jednotku plochy v daném povodí ve vztahu ke světovému průměru** po uspokojení potřeb člověka a vodních ekosystémů
- ✓ Založený na reciproké hodnotě indikátoru *AMD* (availability minus demand = dostupnost minus potřeba) vztažené k světovému průměru tohoto indikátoru ( $AMD_{world\ avg}$ )
- ✓ Metoda vychází z inverzního **rozdílu** mezi *dostupností* na plochu (*Dostupnost*) a *potřebou* na plochu ( $HWC+EWR$ ) **namísto dříve použitého poměru**
- **potřeba** představuje součet spotřeby vody pro člověka (*HWC* human water consumption) a potřeby vody pro ŽP (*EWR* environmental water requirements); **dostupnost** je skutečný odtok (včetně vlivu člověka na regulaci průtoku), vše v  $m^3/měsíc$  a plochu (*S*) v  $m^2$
- ✓ *AMD* je vyjádřen vzhledem k ploše → zajišťuje srovnatelnost v rámci regionu
- ✓  **$1/AMD$**  má pak rozměr  $m^2 \cdot měsíc / m^3$  → lze interpretovat jako **ekvivalent plochy a času potřebný k vytvoření jednoho krychlového metru nevyužité vody** v tomto regionu

# Spotřeba vody v metodikách LCIA

- ✓ Charakterizační faktor:
- ✓ Hodnota  $AMD_{world\ avg}$  je vážený průměr  $AMD_i$  na celém světě ( $0,0136 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{měsíc}$ )
- ✓ Charakterizační faktor  $CF_{AWARE}$  může nabývat hodnot 0,1 až 100, je bezrozměrný
- ❖ Indikátor tedy hodnotí potenciál nedostatku vody = potenciál připravit jiného uživatele (člověka nebo ekosystém) o vodu na základě relativního množství vody zbývajících na danou oblast po uspokojení potřeby, v porovnání se světovým průměrem = Čím méně vody v porovnání s průměrem zbývá, tím vyšší je potenciál připravit jiného uživatele o vodu
- ✓ Jednotka je  $\text{m}^3$  světového eq./ $\text{m}^3$
- ✓ Midpointntový indikátor pro určení míry dopadu spotřeby vody nebo k výpočtu stopy nedostatku vody podle normy ISO 14046
- **Některé midpointové indikátory** navrhují zahrnout také **aspekty kvality**, což umožňuje kvantifikovat nižší dostupnost způsobenou jak spotřebním, tak degradačním využíváním
  - ✓ Provádí se buď zavedením kategorií kvality vody a posouzením jejich individuální vzácnosti nebo využitím přístupu vzdálenosti k cíli či ekvivalentu objemu zředění ve vztahu k referenčnímu standardu

# Spotřeba vody v metodikách LCIA

- **Poškození zdraví člověka** → endpointové indikátory
  - ✓ Dopad na *domácnosti* → dvě metody mechanisticky nebo statisticky kvantifikující dopadová řetězec → charakterizační faktory v DALY/m<sup>3</sup>
  - ✓ Dopad na *zemědělství* → tři metody → založeny na faktoru konkurence uživatelů (nedostatku), schopnosti uživatelů přizpůsobit se či ne nedostatku vody, na faktoru účinku a především na zahrnutí či nezahrnutí tržního účinku, tj. přenesení nižší produkce potravin do zemí s nižšími příjmy a zemí závislých na dovozu potravin
- **Poškození ekosystémů** → existuje několik metod pokoušejících se o kvantifikaci části komplexního dopadového řetězce od spotřeby vody k úbytku druhů (dopady na kvalitu ekosystémů) ← většina z nich *zatím není uplatňována v LCA*, žádný nepoužívá nedostatek vody jako modelovací parametr

## ➤ Vodní stopa

	Bilanční vodní stopa	Dopadová vodní stopa (LCA)
Komu je určena	Vodohospodář	Manažer ŽP
Co řeší	Spotřeba vody v životním cyklu	Environmentální dopady užívání vody
Typy/východiska	Zelená (evapotranspirace), modrá (spotřeba) a šedá (znečištění) vodní stopa	Vodní stopa dostatku, dostupnosti a degradativní vodní stopa
Fáze studie	Stanovení cílů a rozsahu	Stanovení cílů a rozsahu
	Bilancování vodní stopy	Inventarizace a inventarizační analýza
	Posouzení udržitelnosti	Hodnocení dopadů
	Formulace závěrů	Interpretace životního cyklu

# Dokázali byste odpovědět?

1. Jmenujte regionální a lokálních kategorie dopadu – co znamená, že jsou regionální?
2. Co je acidifikace? Jaké jsou její dopady na ŽP?
3. Jaký je základní environmentální mechanismus acidifikace a jaké toky do něj vstupují?
4. Co je acidifikační potenciál?
5. Co je eutrofizace? Jaké jsou její dopady na ŽP?
6. Jaký je základní environmentální mechanismus eutrofizace a jaké toky do něj vstupují?
7. Co je eutrofizační potenciál?
8. Proč představuje vznik přízemního ozónu problém? Co jsou fotooxidanty?
9. Jak vzniká troposférický ozón a další sekundární polutanty? Jaké jsou jejich dopady na ŽP?
10. Co je fotochemický smog, kdy hlavně vzniká?



# Dokázali byste odpovědět?

11. Popište dopadový řetězec kategorie vznik fotooxidantů.
12. Jaké dvě kategorie dopadu řadíme mezi kategorie toxicit? Jsou si v něčem podobné?
13. Jaké jsou základní 4 kroky environmentálního mechanismu ekotoxicity, jaké jsou jeho důsledky?
14. Co je biologická dostupnost látky? Věděli byste jak modeluje ekotoxicitu charakterizační model USETox?
15. Jaký je základní environmentální mechanismus humánní toxicity?
16. Co vyjadřuje jednotka DALY?
17. Jaké jsou dopady využití krajiny a půdy?
18. Jaký je vztah mezi transformací, záborem a kvalitou krajiny?
19. Co je to dostupnost a nedostatek vody? Jak můžeme rozdělit srážkovou vodu ve vztahu k ekosystémovým službám?
20. V čem spočívá výhoda indikátoru AWARE oproti indikátorům založeným na poměru?



# Zdroje aneb kam ještě mohu nahlédnout?

- HAUSCHILD, Michael Z., ROSENBAUM, Ralph K., OLSEN, Stig Irving. *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*. Cham: Springer International Publishing, 2017. ISBN 978-3-319-56474-6.
- KOČÍ, Vladimír. *Environmentální dopady: Posuzování životního cyklu*. Praha: VŠCHT, 2013. ISBN 978-80-7080-858-0.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC. ISBN 1-59726-040-1.
- FANTKE, Peter, AYLWARD, Lesa, BARE, et al. Advancements in Life Cycle Human Exposure and Toxicity Characterization. *Environmental Health Perspectives* 126:12 CID:25001, 2018.  
<https://doi.org/10.1289/EHP3871>
- BOULAY, Anne-Marie, BARE, Jane, BENINI, Lorenzo et al. The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). *Int J Life Cycle Assess* 23, 368–378, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1333-8>
- ANSORGE, Libor, 2022. Vodní stopa. [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z:  
[https://storm.fsv.cvut.cz/data/files/p%C5%99edm%C4%9Bty/RPZ/Cviceni/Vodn%C3%AD%20stopa\\_2022.pdf](https://storm.fsv.cvut.cz/data/files/p%C5%99edm%C4%9Bty/RPZ/Cviceni/Vodn%C3%AD%20stopa_2022.pdf)

# 10. Databáze a další zdroje a jejich využití

Miroslava Kovářová

Vladimír Sedlařík

ADAPT UTB: Adaptabilní, Digitální, Agilní, Progresivní,

Transformace UTB ve Zlíně, reg. č.

NPO\_UTB\_MSMT-16585/2022



# Osnova předmětu Posuzování životního cyklu

---

1. Environmentální pohled na životní cyklus výrobků či služeb, udržitelnost, nástroje environmentálního managementu
2. Principy LCA, legislativní rámec
3. Metoda LCA – produktový systém, procesy, materiálové a energetické toky, 4 fáze LCA
4. Studie LCA (typy, prezentace, vizualizace) a software pro LCA
5. Definování cílů a rozsahu LCA (funkce a funkční jednotka, toky, hranice systému)
6. Inventarizace a inventarizační analýza (sběr dat, sestavení systémového schématu, alokace)
7. Hodnocení dopadů životního cyklu (kategorie dopadu, indikátor kategorie dopadu, charakterizační modely)
8. Globální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA
9. Lokální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA
10. **Databáze a další zdroje a jejich využití**
11. Interpretace a přezkum LCA
12. Posuzování životního cyklu v kontextu nákladové a sociální udržitelnosti (life cycle costing LCC a social-LCA)
13. „Zelený“ marketing, environmentální prohlášení a značení, principy ekodesignu

# Co se dnes můžu dozvědět:

---

- Veškerá data vstupující do studie je třeba kriticky posoudit
- Ne vždy je možné a potřebné, aby veškerá data měla tu nejvyšší relevanci
- Vyhledávání údajů z veřejně dostupných zdrojů je rovněž důležitou součástí práce na studii LCA

# Možná si pamatujete z dřívějška:

---

## ➤ Zdroj dat

### *Interní odborníci zadavatele*

- Procesní inženýři = Údaje o toku interních procesů
- Oddělení nákupu = Údaje o dodavatelích
- Výzkum a vývoj/design = Údaje o koncepcích výrobků, které ještě nebyly uvedeny na trh

### *Externí odborníci zadavatele*

- Výzkumní pracovníci = Odborníci v příslušné technologické oblasti
- Konzultanti = Osoby s dlouholetými zkušenostmi s prováděním podobných studií
- Zástupci odvětví = Osoba s širokým přehledem o příslušném odvětví

### *Veřejné zdroje*

- Ostatní studie LCA = Akademická literatura, zprávy zadané společnostmi
- **Databáze LCI** = **ecoinvent**, **GaBi** (nejpoužívanější)
- Modely LCI = PestLCI
- Zprávy o společenské odpovědnosti firem = Zmínky o klíčových environmentálních údajích
- Zprávy a databáze průmyslových sdružení = Objem produkce, průměrné elementární toky
- Právní dokumenty = Podrobnosti o nejlepších dostupných technologiích, regulační prahové hodnoty
- Národní nebo nadnárodní statistické agentury = Mixy zpracování odpadu, dopravy, energie atd.
- Spotřebitelské organizace = Průměrná životnost výrobků

# Možná si pamatujete z dřívějška:

---

**Reprezentativnost údajů** → co si představit pod kategoriemi velmi vysoká až velmi nízká

- *Velmi vysoká* = měřeno přímo na konkrétním místě procesu nebo převzato z měření
- *Vysoká* = odvozeno z měření na konkrétním místě procesu pomocí modelování
- *Střední* = **proces z databáze LCI** nebo údaje z literatury specifické pro aktuální proces (př. podle standardu nejlepší dostupné technologie (BAT) nebo průměru země). Specifičnost lze zlepšit úpravou procesu pomocí údajů specifických pro dané místo.
- *Nízká* = **obecný proces z databáze LCI** nebo údaje z literatury, např. zahrnující kombinaci technologií v dané zemi nebo regionu.
- *Velmi nízká* = úsudek odborníka nebo specialisty na LCA

# Zdroje dat podle reprezentativnosti

---

- **Ideální vstupní data = relevantní, vysoce specifická data** = úplný popis jednotkových procesů
- ❖ **Formuláře** ← vyplněny technology, provozními inženýry apod. s dokonalou znalostí procesu, jeho vstupů a výstupů
  - ✓ Nezapomenout na **jednotky** → elementární toky/produkční toky většinou potřebují udat v hmotnostních jednotkách, ale získat mohou data v kg/rok, g/m<sup>3</sup> atd. → znám-li jednotku, mohou přepočítat (časté využití hmotnostních bilancí)
  - ✓ Nezapomenout uvést **časové období**, pro které jsou data platná
  - ✓ Vhodné je zjistit i **režie** podniku a způsob, jakým jsou alokovány = přehled o celkové výrobě a výrobcích, vstupech pro ně, procesech na pozadí a jak do nich sledovaný proces zapadá
  - ✓ Pozor – některá interní data společností mohou být **citlivá nebo důvěrná** → ošetření dohodou o mlčenlivosti ← veškeré důvěrné údaje ve zprávě uvedeny ve zvláštní příloze = přístupná pouze vybrané skupině osob (zadavatel, oponenti pro kritické přezkoumání)

# Zdroje dat podle reprezentativnosti

---

- **Ideální vstupní data = relevantní, vysoce specifická data** = úplný popis jednotkových procesů
- ❖ Přepočty pro získání dat o jednotkových procesech mohou být někdy složitější, pak již můžeme hovořit o **modelování** → lze využít **sofistikované nástroje**, jako je model PestLCI = pesticidy v zemědělství
  - ✓ PestLCI = emise pesticidů (různé cesty – např. odpařováním, unášením vzduchem, emisemi přes drenážní potrubí a vyplavováním do podzemních vod) z polí při využití specifických vstupních dat = konkrétního pesticidu a údajů o poli, jako je typ plodiny, doba aplikace, pH půdy, sklon svahu apod.
- ❖ **Výroční zprávy** nebo **specializované zprávy** (např. o emisích apod.), které některé progresivní společnosti vydávají/poskytují ve snaze komunikovat svůj zájem na environmentálně šetrné produkci ← vysoká specifičnost
  - ✓ data přímo měřená v konkrétních výrobcích, často se opírají o denní sběr údajů
  - ✓ někdy může jít o výsledky z již provedených studií LCA

# Zdroje dat podle reprezentativnosti

---

- **Velká část dat = střední a nižší specifičnost** ← ne vše je možné a nutné změřit
- ❖ Sběr dat se střední reprezentativností probíhá obvykle **online vyhledáváním** ← veřejně dostupné zdroje = **jiné studie LCA, zprávy průmyslových sdružení, národní statistiky** apod.
- ✓ Online vyhledávání = možnost **identifikace podobných procesů** k modelovanému (stejný nebo podobný referenční tok např. splování polypropylenu × polyetyleny) → **extrapolace údajů** o podobných procesech
  - extrapolace = užitečný krok pro doplnění chybějících údajů v předběžném jednotkovém procesu, který je již částečně popsán vysoce specifickými daty
  - pro extrapolaci je nutno čerpat ze zdrojů s dostatečnou reprezentativností (technologickou, geografickou, časovou) = např. **vědecké práce, jiné studie** apod.
- ✓ Zvláštní případ extrapolace představují **nové technologie** = v době provádění studie ještě nejsou využívány v průmyslovém měřítku → zdroj extrapolace = procesy v laboratorním měřítku
  - Pozor – **up-scaling** na provozní měřítko vede nejen ke změnám velikosti toku, ale např. také ke změně účinnosti nebo kvality toků

# Zdroje dat podle reprezentativnosti

---

➤ **Velká část dat = střední a nižší specifičnost** ← ne vše je možné a nutné změřit

❖ Sběr dat – online vyhledáváním

➤ Nesnáze online vyhledávání

- ✓ **odborné znalosti tvůrce** studie = zejména znalost terminologie v dané technické oblasti
- ✓ **obecná úroveň znalostí o daném jevu**, který je potřeba charakterizovat (např. obecně je k dispozici více veřejně dostupných údajů o emisích skleníkových plynů než o emisích syntetických chemických látek používaných pro velmi specifické průmyslové účely a vyráběných jen v malých objemech)
- ✓ **Množství údajů** (počtu datových bodů), které lze z každého zdroje získat = vynaložené úsilí  
↔ jednotkový proces je často popsán i více než stovkou toků (většina z nich obvykle elementární) → některé zdroje, např. **databáze LCI**, obsahují údaje o všech tocích tvořících jednotkový proces × např. údaje **statistických agentur** mohou zahrnovat pouze několik elementárních toků



# Zdroje dat podle reprezentativnosti

---

➤ **Velká část dat = střední a nižší specifčnost** ← ne vše je možné a nutné změřit

## ❖ Databáze LCI

- ✓ Databáze LCI se používají jako **zdroj údajů pro základní systém** a pro části systému popředí, kde nelze získat konkrétnější údaje
- ✓ K dispozici je řada databází LCI → obvykle **obsahují** vysoce kvalitní **údaje pro konkrétní technologie nebo průmyslová odvětví**, mnohé z nich jsou specificky zaměřeny na konkrétní oblast (např. *Ökobaudat* = německá databáze s daty o environmentálních prohlášeních o produktech a procesech pro stavebnictví; *Agri-footprint* = komplexní databáze LCI pro krmiva, potraviny a biomasu atd.)
- ✓ Pravděpodobně **nejjobsáhlejší a nejpoužívanější databází je ecoinvent**

➤ **Databáze ecoinvent** obsahuje více než 18 000 datových sad, které pokrývají celou řadu odvětví

➤ **Nejnovější verze** databáze ecoinvent v3.9 byla vydána říjnu 2022

# Zdroje dat podle reprezentativnosti

---

## ecoinvent:

- Databáze ecoinvent pokrývá různá odvětví lidské činnosti (procesy, produkty) na **globální i regionální úrovni**
- **Nejnovější verze** databáze ecoinvent v3.9 byla vydána říjnu 2022, prosinci 2022 pak byla vydána opravená verze **ecoinvent v3.9.1** (opravy charakterizačních faktorů některých metod LCIA, údajů o nejistotě a doplnění chybějících metadat)
- V současné době obsahuje **více než 18 000 spolehlivých datových sad inventarizace životního cyklu**, které modelují lidské činnosti
- Datové sady obsahují **informace o průmyslových nebo zemědělských procesech** → zemědělství a chov zvířat, stavebnictví, chemický průmysl a plasty, energetika, lesnictví a dřevařství, kovy, textil, ale i z oblastí jako je **doprava, turistické ubytování, zpracování a recyklace odpadů a zásobování vodou** a další oblasti
- **Modelováno** a charakterizováno je **využití přírodních zdrojů, emise** vypouštěné do vody, půdy a ovzduší, **produkty** požadované **z jiných procesů** (např. elektřina) a samozřejmě také vyprodukované **výrobky, vedlejší produkty a odpady**
- Pro každou datovou sadu jsou k dispozici **charakterizační faktory** pro řadu LCIA metod (např. IPCC 2021, ReCiPe, EF v3.1, TRACI 2.1, EPS 2020d atd.) a odpovídající **kategorie dopadů** (např. změna klimatu, humánní toxicita, využití vody, využití půdy)

# Zdroje dat podle reprezentativnosti

---

## ecoinvent:

- Systémové modely jsou vystavěny jako **jednotkové procesy**
- **Multifunkční procesy** jsou zpracovávány
  - ✓ **Rozdělením** → definován více než jeden referenční produkt a vstupy a emise se rozdělí mezi produkty na základě různých fyzikálních charakteristik
  - ✓ **Substitucí** → převádí víceproduktový proces na jednoduktoový, vedlejší produkty započteny jako záporné vstupy a jako kredity substituovaných výrobních procesů
  - ✓ **Alokací**
    - pro **atribuční přístup** se databáze při převodu víceproduktových procesů na jednoduktoové opírá o **ekonomickou alokaci** s několika málo výjimkami, jako je například energie, u níž je alokace založena na exergii
    - je možno využít **alokace cut-off** a výchozí alokace – **alokace v místě substituce** → **liší se pouze způsobem nakládání s odpady a recyklovatelnými materiály** = u verze cut-off jsou tyto materiály před odesláním k recyklaci „odříznuty“ × ve výchozí verzi alokace je sekundárním recyklovaným materiálům přiřazen i podíl na dopadech předchozího životního cyklu materiálu (na základě ekonomické alokace)

# Zdroje dat podle reprezentativnosti

## ecoinvent:

### ➤ Základní filozofie:

- ✓ Primární **výroba materiálů je vždy přidělena primárnímu uživateli** materiálu → pokud je **materiál recyklován, primární výrobce nemá žádné výhody** za poskytnutí recyklovatelných materiálů = recyklovatelné materiály jsou k dispozici „bez zátěže“ pro recyklační procesy a sekundární (recyklované) materiály nesou pouze dopady recyklačních procesů
  - ✓ *Příklad: recyklovaný papír nese pouze dopady sběru odpadního papíru a recyklačního procesu přeměny odpadního papíru na recyklovaný papír = není zatížen žádnou zátěží spojenou s lesnickými procesy a procesy primární výroby papíru*
  - ✓ Producenti odpadů nedostávají žádné výhody za recyklaci nebo opětovné použití produktů, které jsou výsledkem jakéhokoli zpracování odpadu
  - ✓ *Příklad: teplo ze spalování tuhého komunálního odpadu může být použito k vytápění = má nějakou hodnotu ↔ spalování je však zcela přiděleno k zpracování odpadu → zátěž je tedy přidělena producentovi odpadu, zatímco teplo přichází bez zátěže*
- Přístup "cut-off" je doporučeným přístupem ve Směrnici o environmentální stopě evropských výrobků i tvůrci databáze
- Poznámka: Konsekvenční verze databáze ecoinvent používá dlouhodobou mezní technologii (konsekvenční, dlouhodobá substituce), která je identifikována na základě zvážení, zda trh roste (nebo je stabilní, nebo pomalu klesá), nebo rychle klesá

# Zdroje dat podle reprezentativnosti

## ❖ Databáze LCI – několik dalších příkladů

Name	Popis	Odkaz
Agri-footprint	Komplexní databáze LCI pro krmiva, potraviny a biomasu, která obsahuje přibližně 3500 produktů a procesů	Blonk Consultants; <a href="http://www.agri-footprint.com">www.agri-footprint.com</a>
CPM LCA database	Obsahuje na 750 dobře zdokumentovaných datových sad LCI ve formátu SPINE z oblasti průmyslových procesů, dopravy spotřebního zboží nebo služeb	Swedish Life Cycle Center; <a href="http://cpmdatabase.cpm.chalmers.se/">http://cpmdatabase.cpm.chalmers.se/</a>
ecoinvent	Švýcarská databáze, přibližně 18000 procesů (verze 3.9) uspořádaných podle odvětví – doprava, energetika, výroba surovin, zemědělství atd. Všechny procesy k dispozici jako jednotkové, podrobná dokumentace, pravidelně aktualizováno	ecoinvent; <a href="http://www.ecoinvent.org">www.ecoinvent.org</a>
GaBi databases	Databáze společnosti Sphera založená na robustních datech z primárních zdrojů, zahrnuje oficiální datové soubory od více než 60 průmyslových sdružení, na 15000 každoročně aktualizovaných datových sad sdružených do přibližně 20 tematických databází (od zemědělství přes elektroniku a automobilový průmysl, textilní a maloobchodní průmysl až po služby)	Sphera; <a href="https://sphera.com/product-sustainability-gabi-data-search/">https://sphera.com/product-sustainability-gabi-data-search/</a>
PSILCA	Databáze pro sociální LCA vyvinutá společností GreenDelta. Obsahuje inventarizační informace pro téměř 15 000 průmyslových odvětví a komodit pro výpočet a hodnocení sociálních dopadů výrobků v průběhu jejich životního cyklu a k odhalování sociálních rizikových míst	Green delta; <a href="https://nexus.openlca.org/database/PSILCA">https://nexus.openlca.org/database/PSILCA</a>
Ökobaudat	Německá databáze s přibližně 1400 datovými sadami environmentálních prohlášení o produktech pro stavební materiály, stavební procesy a dopravní procesy	Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety; <a href="http://www.oekobaudat.de/en.html">http://www.oekobaudat.de/en.html</a>

# Zdroje dat podle reprezentativnosti

## ❖ Databáze LCI

- **GLAD = Globální síť pro přístup k datům LCA** (Global LCA Data Access network) → největší adresář datových souborů LCA od nezávislých poskytovatelů databází LCA z celého světa
- ✓ GLAD není přímým hostitelem databází → přesměruje na webové stránky poskytovatelů dat, z nichž si lze datové sady stáhnout za komerční licenční poplatek (některé zdarma)
- ✓ Pro zvýšení interoperability mezi formáty však GLAD nabízí funkci konverze
- ✓ Správcem GLAD je Iniciativa životního cyklu pod UNEP <https://www.globalcadataaccess.org/>
- **OpenLCA Nexus je online úložiště dat LCA** → nabízí data předních světových poskytovatelů dat LCA
- ✓ Datové sady poskytované v systému Nexus lze snadno importovat do různých softwarů LCA → mají společný základ elementárních toků a dalších referenčních údajů a byly „mírně harmonizovány“ v koordinaci s příslušnými poskytovateli údajů, aby se překonaly metodické rozdíly
- ✓ K dispozici je také ucelená sada metod posuzování dopadů životního cyklu (LCIA), která se hodí k referenčním údajům openLCA Nexus
- ✓ Nexus obsahuje bezplatné datové sady i sady vyžadující zakoupení licence
- ✓ Stránky Nexus, datový prostor a software openLCA (lze v něm využít datové sady z prostoru Nexus) vyvíjí a spravuje společnost GreenDelta <https://nexus.openlca.org/>
- Obsáhlý seznam databází s odkazy na stránky poskytovatelů lze nalézt také např. na stránkách Geenhouse Gas Protocol: <https://ghgprotocol.org/life-cycle-databases>

# Zdroje dat podle reprezentativnosti

---

- **Velká část dat = střední a nižší specifičnost** ← ne vše je možné a nutné změřit
- ❖ Dobrým zdrojem dat jsou **dříve publikované studie LCA** ← validitu takto získaných dat je však **vždy nutno prověřit**
  - ✓ Data nemusí být extrapolovatelná na řešený problém, nemusí být časově nebo regionálně sourodá s řešeným problémem také omezení/předpoklady použité v dřívější studii nemusí vyhovovat cíli řešené studie
  - ✓ **Obdobně** lze využít **environmentální deklarace produktů (EPD)**, které se opírají o studie LCA
- ❖ **International Journal of Life Cycle Assessment** (<https://www.springer.com/journal/11367/>) → časopis, věnovaný výhradně posuzování životního cyklu a úzce souvisejícím metodám a tématům
  - ✓ Fórum pro vědce a vědecké a průmyslové společnosti zabývající se vývojem a zdokonalováním LCA či LCM (Life Cycle Management) metod, pro odborníky z praxe, pro manažery zabývající se ekologickými aspekty výrobků, vládní agentury odpovědné za životní prostředí a kvalitu výrobků, pro ekologické instituce a orgány
  - ✓ Časopis obsahuje příspěvky o metodikách LCA včetně vývoje nových metodik, případové studie zejména o výrobcích hodnocených jen zřídka nebo nikdy (např. z oblasti zachytávání a ukládání uhlíku CCS), příklady průmyslových aplikací, zavedení LCT v organizacích a regionech i o vládních aktivitách v této oblasti
  - ✓ Kromě LCA je dán prostor také posuzování udržitelnosti životního cyklu (LCSA), sociálnímu LCA (SLCA) nebo studiím o nákladech životního cyklu (LCC)

# Zdroje dat podle reprezentativnosti

---

➤ **Velká část dat = střední a nižší specifičnost** ← ne vše je možné a nutné změřit

❖ **Statistické přehledy nebo registry dat** jsou dobrým zdrojem informací typu množství vyprodukovaných emisí, průměrné vzdálenosti, kterou urazí nějaký výrobek ke spotřebiteli, průměrné složení odpadu v daném regionu atd.

➤ **Integrovaný registr znečišťování** (IRZ <https://www.irz.cz/>) → databáze údajů o emisích znečišťujících látek a jejich přenosu

✓ Povinnost nahlašovat tyto látky jednotlivými provozy vyplývá z mezinárodního práva, které ČR po vstupu do EU přijala do svých právních předpisů (zejména Aarhuská úmluva o přístupu k informacím, účasti veřejnosti na rozhodování a přístupu k právní ochraně v záležitostech životního prostředí a Protokol o registrech úniků a přenosů znečišťujících látek = Protokol o PRTR)

✓ Registr obsahuje i informace o látkách se škodlivým vlivem na ŽP a lidské zdraví

✓ Obdobné registry můžeme najít i na evropské úrovni → European Industrial Emissions Portal <https://industry.eea.europa.eu/#/home> nebo v rámci OECD → OECD Centre for PRTR Data [https://www.oecd.org/env\\_prtr\\_data/](https://www.oecd.org/env_prtr_data/)



# Zdroje dat podle reprezentativnosti

---

➤ **Velká část dat = střední a nižší specifičnost** ← ne vše je možné a nutné změřit

❖ **Další statistické údaje** lze nalézt např. na stránkách:

✓ Český hydrometeorologický ústav (<https://www.chmi.cz/>)

✓ Česká informační agentura životního prostředí (CENIA, správa MŽP) – př. statistická ročenka pro ŽP (<https://www.cenia.cz/publikace/statisticka-rocenka-zivotniho-prostredi-cr/>)

✓ Vodohospodářský informační portál (správa MŽP, MZe) (<https://voda.gov.cz/index.html>)

✓ Český statistický úřad (<https://www.czso.cz>)

✓ Státní zdravotní ústav (<https://szu.cz/>)

# Zdroje dat podle reprezentativnosti

---

## ➤ Údaje o velmi nízké specifičnosti

- ❖ V případě, že potřebná data skutečně není možné nikde nalézt, je třeba **se spolehnout na odborný úsudek**
  - ✓ Odborník → znalosti v technické oblasti relevantní pro údaje (např. vytlačování plastových profilů)
    - osoba, která v minulosti sestavovala podobné studie LCA
- ❖ Pokud není k dispozici žádný odborník → **pro výpočet první iterace výsledků LCA je použit tzv. „přiměřený nejhorší možný případ“**
  - ✓ Ze znalosti podobných nebo příbuzných procesů nebo z korelace či výpočtu z jiných toků daného procesu nebo jiných procesů je *odvozena přiměřená nejhorší hodnota* → z výsledků pak vyplýne, zda jsou takto doplněné **údaje potenciálně důležité nebo zanedbatelné** (při porovnání s definicí rozsahu)
  - ✓ V případě, že se údaje jeví jako *důležité*, je třeba hledat další cesty pro *získání údaje lepší kvality* nebo se *problémem zabývat při interpretaci výsledků*
  - ✓ V případě *zanedbatelného vlivu* lze přiměřeně nejhorší údaje buď v modelu ponechat, nebo je odstranit → v obou případech je třeba tuto skutečnost *zmínit ve zprávě o studii*

# Dokázali byste odpovědět?

---

1. Rozdělte data potřebná pro sestavení studie podle reprezentativnosti/specifičnosti.
2. Které typy zdrojů můžeme přiřadit k jednotlivým typům dat? Jak lze získat jednotlivé typy dat?
3. Co je ecoinvent a kam byste tento pojem zařadili?
4. Co mohu nalézt v integrovaném registru znečišťování?
5. Jmenujte časopis zabývající se LCA.



# Zdroje aneb kam ještě mohu nahlédnout?

---

- HAUSCHILD, Michael Z., ROSENBAUM, Ralph K., OLSEN, Stig Irving. *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*. Cham: Springer International Publishing, 2017. ISBN 978-3-319-56474-6.
- KOČÍ, Vladimír. *Environmentální dopady: Posuzování životního cyklu*. Praha: VŠCHT, 2013. ISBN 978-80-7080-858-0.
- *Ecoinvent*, 2023. [online]. *Database*. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/>



# 11. Interpretace a přezkum studie LCA

Miroslava Kovářová

Vladimír Sedlařík

ADAPT UTB: Adaptabilní, Digitální, Agilní, Progresivní,

Transformace UTB ve Zlíně, reg. č.

NPO\_UTB\_MSMT-16585/2022

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Centrum polymerních systémů

# Osnova předmětu Posuzování životního cyklu

1. Environmentální pohled na životní cyklus výrobků či služeb, udržitelnost, nástroje environmentálního managementu
2. Principy LCA, legislativní rámec
3. Metoda LCA – produktový systém, procesy, materiálové a energetické toky, 4 fáze LCA
4. Studie LCA (typy, prezentace, vizualizace) a software pro LCA
5. Definování cílů a rozsahu LCA (funkce a funkční jednotka, toky, hranice systému)
6. Inventarizace a inventarizační analýza (sběr dat, sestavení systémového schématu, alokace)
7. Hodnocení dopadů životního cyklu (kategorie dopadu, indikátor kategorie dopadu, charakterizační modely)
8. Globální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA
9. Lokální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA
10. Databáze a další zdroje a jejich využití
11. Interpretace a přezkum LCA
12. Posuzování životního cyklu v kontextu nákladové a sociální udržitelnosti (life cycle costing LCC a social-LCA)
13. „Zelený“ marketing, environmentální prohlášení a značení, principy ekodesignu

# Co se dnes můžu dozvědět:



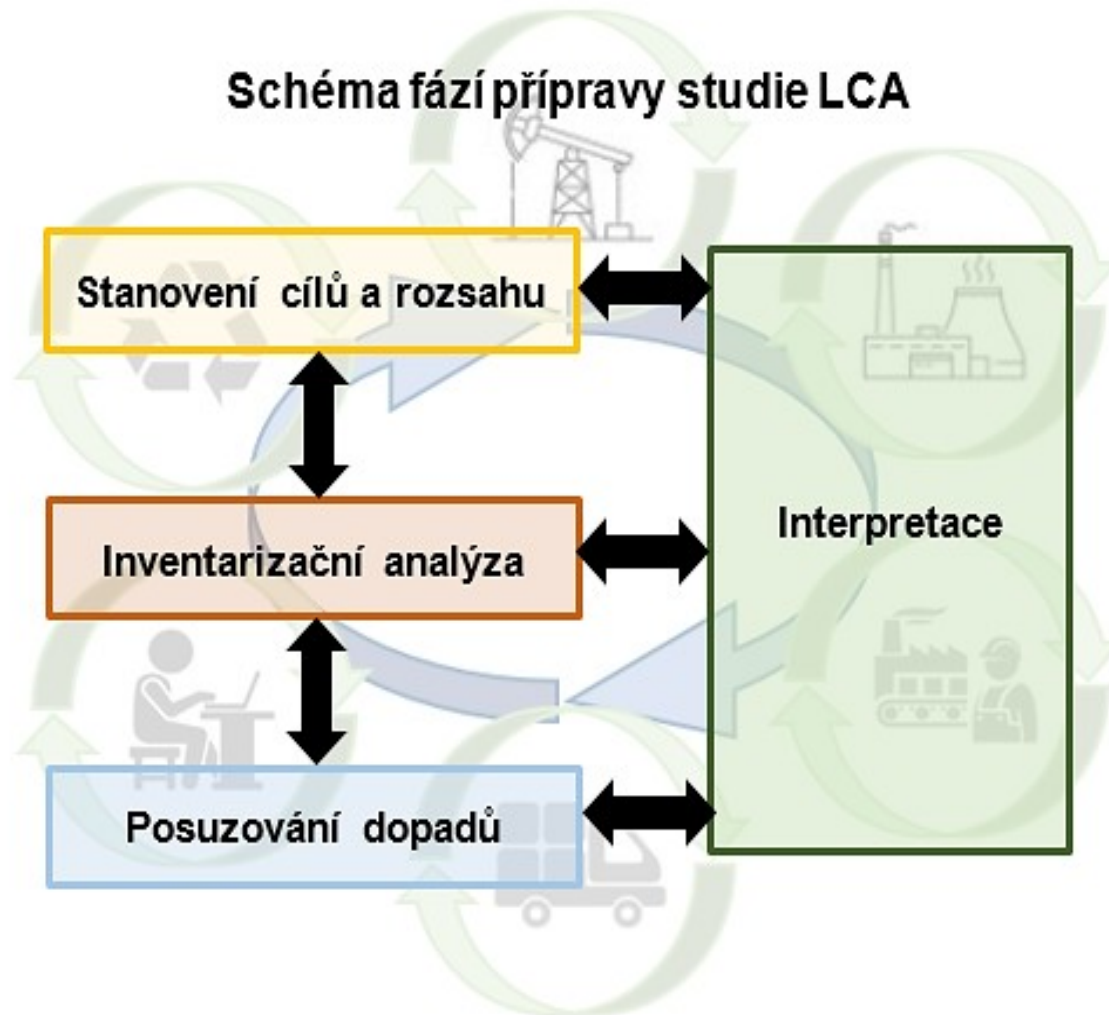
- Co jsou významná zjištění a co s nimi?
- Co všechno patří k hodnocení?
- Jak vyvodit závěry a formulovat doporučení?

# Možná si pamatujete z dřívějška:

## 4 fáze přípravy studie LCA

- Definice cíle a rozsahu
- Inventarizační analýza (LCI)
- Posuzování dopadů (LCIA)
- **Interpretace**

Schéma fází přípravy studie LCA



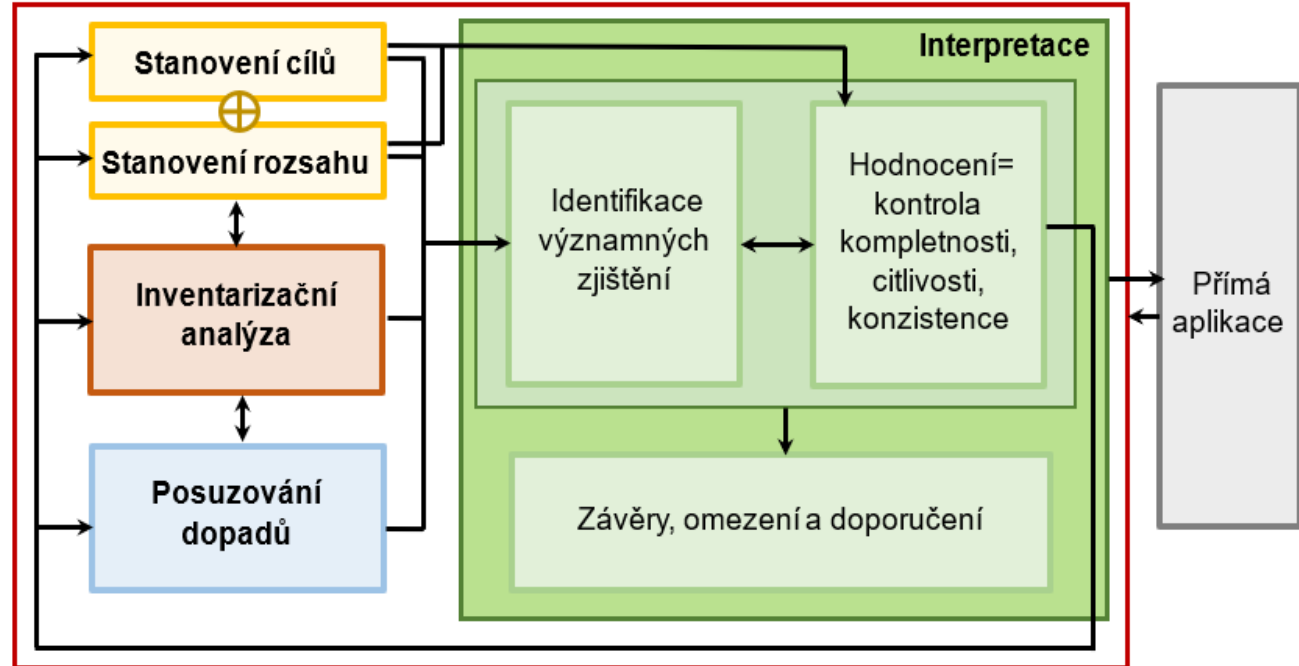


# Charakteristika a cíl fáze interpretace

Výstup z LCA studie = velké množství údajů z LCI a LCIA → **utřídění všech dat a vhodný a srozumitelný výklad těchto údajů je cílem fáze interpretace životního cyklu**

➤ **Interpretace dat tedy zahrnuje:**

- ✓ *Strukturalizaci dat* s ohledem na nejvýznamnější procesy nebo skupiny procesů, nejvýznamnější elementární toky, nejzávažnější dopady
- ✓ Provedení *analýzy citlivosti* údajů a *zhodnocení nejistot* studie
- ✓ *Diskuse* nad smysluplností údajů ve vztahu k úplnosti studie (zohlednění omezení a zjednodušení) a kvalitě vstupních dat a důslednosti jejich zpracování
- ✓ *Konečné shrnutí závěrů* plynoucích z diskuse a *formulace* srozumitelných a realistických *doporučení* pro uživatele studie



➤ ISO 14044 – tři kroky implementace:

- ✓ **Identifikace významných zjištění**
- ✓ **Hodnocení**
- ✓ **Formulace závěrů a doporučení**

➤ Stále platí *iterační povaha* metody LCA = i když je interpretace poslední fází, často ovlivňuje předchozí fáze LCA studie → na základě významných zjištění může dojít ke změnám v předchozích krocích

# Interpretace: Identifikace významných zjištění

- Účel = analyzovat výsledky předchozích fází LCA s cílem **určit environmentálně nejvýznamnější problémy**
- ❖ Např: nejvíce skleníkových plynů se uvolní ve výrobní fázi hodnoceného produktu × nejvíce ropy se spotřebuje během užívání produktu × fáze dopravy produktu má největší podíl na uvolnění toxických emisí atd.
- Tyto problémy, opírající se o výstupy z LCI a LCIA fáze, které mají největší vliv na výsledky LCA nazýváme **významná zjištění**
- ✓ Významná zjištění jsou **základem pro krok hodnocení** = kontroly kompletnosti, citlivosti, konzistence
- ✓ Významná zjištění mohou představovat
  - Výstupy z LCI = energetické toky, množství odpadů, emisní toky atd.
  - Výsledky LCIA v podobě indikátorů kategorií dopadů (v midpointové i endpointové podobě, případně jejich variant při použití různých charakterizačních faktorů) = příspěvek ke globálnímu oteplování, acidifikaci, spotřeba surovin/ropy atd.
  - Významné příspěvky jednotlivých procesů/skupin procesů = doprava, spotřeba energie apod.
- Pro určení významných zjištění je třeba výsledky LCI a LCIA vhodně uspořádat a seřadit → tzv. **strukturalizační tabulky** (matice) = informace o materiálových a energetických tocích a výsledcích indikátorů kategorií dopadů (před i po normalizaci a vážení) z jednotlivých procesů i fází celého životního cyklu

# Interpretace: Identifikace významných zjištění

- Základní **strukturalizační tabulka** → **hmotnostní toky** (obdobně energetické toky) pro fáze životního cyklu

Tok (vstup/výstup)	Výroba <u>mat.</u> <u>+energ.</u> kg	Výrobní <u>procesy</u> kg	Fáze <u>užívání</u> kg	<u>Ostatní</u> kg	<u>Celkem</u> kg
Uhlí	1400,0	60,0	40,0	0,0	1500,0
CO <sub>2</sub>	2300,0	1800,0	800,0	200,0	5100,0
NO <sub>x</sub>	100,0	215,0	400,0	10,0	725,0
Komunální odpad	40,0	5,0	50,0	2,0	97,0
...					

(smyšlená data, neexistující produktový systém)

- Strukturalizační tabulka podle fází životního cyklu → **výsledky indikátorů kategorií dopadu**

Kategorie dopadu	Výroba <u>mat.</u> <u>+energ.</u> kg	Výrobní <u>procesy</u> kg	Fáze <u>užívání</u> kg	<u>Ostatní</u> kg	<u>Celkem</u> kg
Globální oteplení kg eq. CO <sub>2</sub>	2300,0	1800,0	800,0	200,0	5100,0
Úbytek surovin, kg eq. Sb	17,0	0,8	0,6	0,0	18,4
Vznik fotooxidantů, kg eq. C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	3,1	6,2	11,9	0,3	21,5
Acidifikace, kg eq. SO <sub>2</sub>	60,0	12,0	9,8	6,0	87,8
...					

# Interpretace: Identifikace významných zjištění

## ➤ Nejčastější postupy identifikace významných zjištění

- ✓ Analýza dominance
  - ✓ Analýzy příspěvku
  - ✓ Analýza ovlivnění
  - ✓ Analýza bodu zvratu
- } Záleží na typu informace, kterou chceme získat

❖ **Analýza dominance** → **identifikuje** fáze životního cyklu (procesu/skupiny procesů) produkující největší množství emisí nebo spotřebovávající největší množství surovin → tím se **nejvýrazněji podílejí na hodnotách výsledků kategorií dopadů** (největší vliv na hodnotu environmentálních dopadů)

✓ **Strukturalizační tabulky s toky** → podíl fází životního cyklu/procesu vyjádřen **procentuálně** nebo tzv. **ABC analýzou**

✓ ABC analýza = fázím/procesům přiděleno označení např. A–E dle významu – A nejvýznamnější/E zanedbatelný příspěvek

Tok (vstup/výstup)	Výroba mat. +energ. %	Výrobní procesy %	Fáze užívání %	Ostatní %	Celkem %
Uhlí	93,3	4,0	2,7	0,0	100,0
CO <sub>2</sub>	45,1	35,3	15,7	3,9	100,0
NO <sub>x</sub>	13,8	29,7	55,2	1,4	100,0
Komunální odpad	41,2	5,2	51,5	2,1	100,0
...					

Tok (vstup/výstup)	Výroba mat. +energ. %	Výrobní procesy %	Fáze užívání %	Ostatní %
Uhlí	A	D	D	E
CO <sub>2</sub>	B	B	B	D
NO <sub>x</sub>	C	B	A	E
Komunální odpad	B	D	A	E
...				

A ≥ 50 %; 50 % < B ≥ 25 %; 25 % < C ≥ 10 %; 10 % < D ≥ 2,5 %; E < 2,5 %

# Interpretace: Identifikace významných zjištění

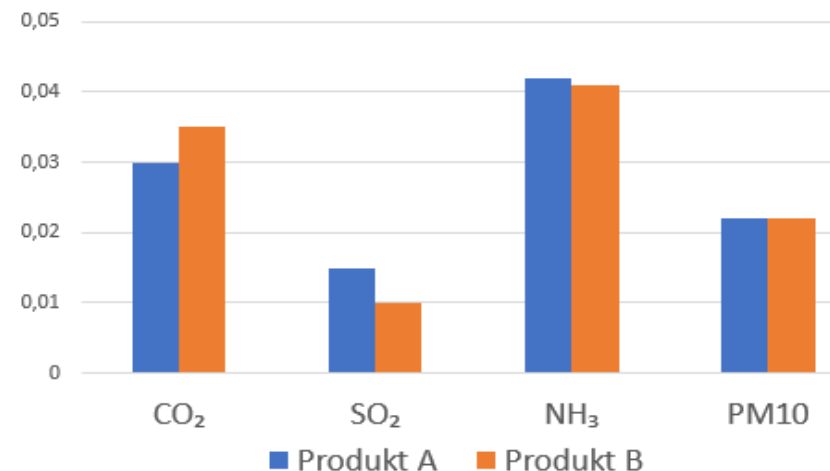
❖ **Analýza dominance** → strukturalizační tabulky s toky pro skupiny procesů vyjádřenými v kg i procentuálně

Tok (vstup/výstup)	Dodávka energie		Topení		Doprava		Ostatní		Celkem	
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%
Uhlí	900,0	60,0	600,0	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1500,0	100,0
CO <sub>2</sub>	2600,0	60,5	1310,0	30,5	300,0	7,0	90,0	2,1	4300,0	100,0
NO <sub>x</sub>	260,0	35,9	85,0	11,7	60,0	8,3	320,0	44,1	725,0	100,0
Komunální odpad	40,0	41,2	15,0	15,5	5,0	5,2	37,0	38,1	97,0	100,0
...										

❖ **Analýza příspěvku** → podobná analýze dominance → **hledá elementární toky** (emise/spotřebu surovin) z celého životního cyklu s **největším environmentálním dopadem** = nehledá fáze/procesy s maximem emisí, ale přímo emise

✓ **Strukturalizační tabulky** → sestaveny s ohledem na elementární toky

Elem. tok	Produkt A	Produkt B
CO <sub>2</sub>	0,030	0,035
SO <sub>2</sub>	0,015	0,010
NH <sub>3</sub>	0,042	0,041
PM10	0,022	0,022
...		



# Interpretace: Identifikace významných zjištění

- ❖ **Analýza ovlivnění** → zkoumá do jaké míry jsou inventarizační data ovlivnitelná např. vedením společnosti nebo vedením výroby apod. → lze **identifikovat procesy** u nichž může příjemce studie LCA ovlivnit míru environmentálních dopadů
- ✓ Např. výrobce lakovaného nábytku může **výrazně (↑)** ovlivni vlastní provozované procesy, jako je volba laku, volba paliva apod., **méně (↓)** ovlivní procesy spjaté s výrobou nakupovaných materiálů/výrobků (může ovlivnit volbou dodavatele) a **prakticky vůbec (-)** neovlivní např. výrobu energie nebo paliv

Tok (vstup/výstup)	Dodávka energie	Topení	Doprava	Ostatní	Celkem kg
Uhlí	-	↑	-	↓	1500,0
CO <sub>2</sub>	-	↑	↑	↓	4300,0
NO <sub>x</sub>	-	↓	↑	-	725,0
Komunální odpad	-	-	-	↓	97,0
...					

- **Při identifikaci závažných zjištění** je třeba vzít v úvahu nejen data z LCI a LCIA
- ✓ Údaje o hlavních procesech nebo fázích životního cyklu, které významně přispívají k dopadu produktového systému na ŽP (v jedné nebo více kategoriích dopadu)
- ✓ Klíčové elementární toky (v procesech nebo fázích životního cyklu) které se významně podílejí na celkových výsledcích pro danou kategorii dopadu
- ✓ Kategorie dopadů, které dominují celkovým dopadům produktového systému
- ✓ Činnosti, které se vyskytují v mnoha částech produktového systému (např. doprava nebo přeměny energie) a tak mohou mít značný vliv na výsledný environmentální dopad

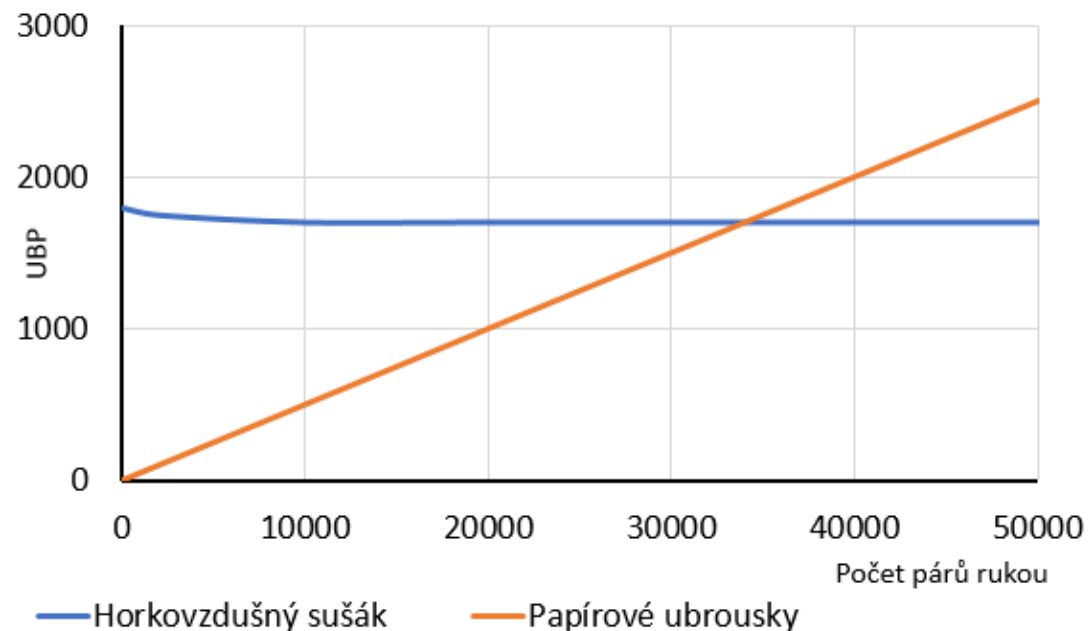
- Je třeba **vzít v úvahu také definici cíle a rozsahu**, nejen z hlediska funkční jednotky či hranic systému, ale i použitých modelů a metod, omezujících předpokladů, alokačních pravidel nebo zamýšleného použití výsledků

# Interpretace: Identifikace významných zjištění

- **Analýza bodu zvratu** → metoda často používaná **v ekonomice** (takové množství produkce, které negeneruje žádný zisk ani ztrátu) nebo i v klimatologii (práh, jehož překročení může vést k velkým změnám stavu systému)
- Analýza bodu zvratu **slouží k identifikaci bodu, kdy dochází ke změně výsledku** ← porovnávání dvou produktových systémů nebo produktů
- ✓ Výhodnost/nevýhodnost produktu neplatí nutně v celém rozsahu, spíše v určitém intervalu podmínek → **identifikace bodu = obvykle velikosti funkční jednotky, kdy jsou environmentální dopady (ED) dvou produktů stejné** (v jedné kategorii dopadu nebo obecně)

## Příklad: pro usušení rukou použiji:

- ❖ *Papírové ubrousky* – počáteční ED prakticky nulový (snadné zavedení systému do užívání)
- ❖ *Horkovzdušný sušák* – počáteční dopad při zavedení systému (vybudování rozvodu vzduchu, který se však následně recykluje, instalace vypínače), pak jsou již ED prakticky konstantní
- Zjišťujeme **velikost funkční jednotky** (počet párů usušených rukou), **při němž jsou ED obou systémů stejné** → lze snadno určit, který z produktů je environmentálně šetrnější pro zadanou funkční jednotku



(hodnocení bodovým kritériem eko-bodů UBP podle Metody ekologického vyčerpání (Eco Scarcity))

# Interpretace: Hodnocení



- Cíl kroku hodnocení = **vybudovat a posílit důvěru ve výsledky studie LCA**, jejich **spolehlivost a stabilitu** ← na základě **kontroly** průběžných i konečných **údajů** a především **ověření** platnosti **významných zjištění**
- **Výsledek hodnocení** má zásadní význam pro **určení síly závěrů a doporučení** studie → potřeba jasné a **srozumitelné prezentace** zadavateli a uživateli studie
- Při sestavování studie může být nutné přijmout určitá **omezení, předpoklady**, pracovat s **nejistými daty** ↔ je třeba **prověřit významnost** jejich vlivu:
  - ✓ Ověřit, zda dojde ke změně formulace významných zjištění při změně předpokladů
  - ✓ Ověřit, zda dojde ke změně výsledků při změně použitého charakterizačního modelu LCIA
  - ✓ Ověřit, zda jsou použítá data porovnatelná atd.
- **Hodnocení** v souladu s cíli a rozsahem studie **zajišťuje**:
  - ✓ Kontrolu úplnosti
  - ✓ Kontrolu citlivosti (v kombinaci s analýzou nejistoty)
  - ✓ Kontrolu konzistence (včetně zhodnocení kvality dat)



# Interpretace: Hodnocení – kontrola úplnosti

- **Kontrola úplnosti = ověření dostupnosti a úplnosti všech významných informací**
- ✓ Provádí se u **inventarizace a posouzení dopadů** → zjistit **úplnost dostupných dat** zejména pro procesy, elementární toky, kategorie dopadů identifikované jako **významná zjištění**

**Chybí relevantní údaj nebo je neúplný → nutno prozkoumat nezbytnost dat pro splnění cíle a rozsahu LCA**

- ✓ Chybějící data jsou nezbytná → navázat kříží inventarizace a posouzení dopadů → doplnit nedostatky
- ✓ V případě, že nelze nedostatek odstranit → upravit definici cíle a rozsahu s ohledem na neúplnost a zohlednit formulaci omezení v závěrech studie

- ✓ Chybějící data jsou málo důležitá → zdokumentováno ve zprávě o kontrole úplnosti

➤ Provádění kontroly úplnosti ← **seznamy úplnosti** sestavené

- ✓ podle stádií životního cyklu (produkce surovin → odstranění)
- ✓ podle podstatných procesů a operací
- ✓ podle typu dat (suroviny, energie, emise do vzduchu atd.)
- ✓ podle kategorií dopadu (vyjádřených indikátory kategorií)

Životní cyklus	Dostupnost dat produkt A	Komplet-nost	Požadovaná akce	Dostupnost dat produkt B	Komplet-nost	Požadovaná akce
Produkce surovin	Ano	Ano	Není	Ano	Ano	Není
Produkce materiálů	Ano	Ano	Není	Ano	Ano	Není
Dodávky energie	Ano	Ano	Není	Ano	Ne	Přepočítat
Doprava	Ano	?	Kontrola inventarizace	Ano	Ano	Není
Výroba produktu	Ano	Ne	Kontrola inventarizace	Ano	Ano	Není
Balení	Ano	Ano	Není	Ne	Ne	Porovnat s A
Spotřeba	Ano	?	Porovnat s B	Ano	Ano	Není
Likvidace	Ano	?	Porovnat s B	Ano	?	Porovnat s A

Příklad podle ISO 14044 → ? = další kontrola nutná

# Interpretace: Hodnocení – kontrola citlivosti

- **Kontrola citlivosti = důležitý prvek pro zajištění hodnověrnosti studie LCA** → cílem je posoudit spolehlivost konečných výsledků a závěrů studie
- **Testuje, zda malá změna vstupních dat nevyvolá velkou změnu významných zjištění/výsledků studie**
- Analyzována je **možnost ovlivnění významných zjištění**
  - ✓ Proměnlivostí vstupních dat, ať jde o volbu dat, jejich kvalitu nebo použití alternativních údajů
  - ✓ Volbou hranic systému
  - ✓ Odchytkami v předpokladech
  - ✓ Volbou jiných alokačních pravidel pro multifunkční procesy
  - ✓ Způsobem klasifikace (přiřazení) výsledků inventarizace
  - ✓ Použitím jiných metodik a charakterizačních modelů v LCIA, včetně výběru kategorií dopadů a výpočtu charakterizačních faktorů kategorií dopadu
  - ✓ Různými metodami normalizace a vážení výsledků dopadů
- Při kontrole citlivosti je sledován **vliv obměňování dat** a předpokladů v určitém rozmezí (např.  $\pm 25\%$ ) **na výsledek**
- Tento vliv (citlivost) lze **vyjádřit absolutní změnou** (rozdílem mezi původním výsledkem a výsledkem v pozměněném systému) nebo **v %** ← za významné jsou pak pokládány např. odchylky převyšující 10 %
- Pro hodnocení lze s výhodou využít simulační metody Monte Carlo, která je součástí řady LCA SW
- **Je-li studie LCA citlivá k některému z faktorů, je třeba provést interpretaci velmi citlivě, obzvlášť jde-li o studii porovnávající dopady různých produktů určenou k zveřejnění**

# Interpretace: Hodnocení – kontrola citlivosti

- **Kontrola citlivosti** je obvykle prováděna **v kombinaci s analýzou nejistot** → testuje vliv nepřesnosti dat na výsledky
- **Variabilita dat** (rozpětí) → může mít vliv na formulaci závažných zjištění ← **zpřesnění dat** (snížení nejistoty) **nemusí být někdy možné** (nedostupnost přesnějších dat)
- **Míru nejistoty** je třeba vyjádřit ve **formulaci závěrů** → **odhadem v %** nebo **slovně** (zdůvodnění, proč nebyla/byla některá data zahrnuta)
- Analýzu nejistoty je možno provést např. s využitím simulační metody Monte Carlo
- **Zdroje nejistot**
  - ✓ Nepřesnost dat → empiricky získaná data mohou být zatížena chybou měření
  - ✓ Nejistota modelů → snaha o zjednodušení příliš komplexního produktového systému
  - ✓ Nejistota zvolených předpokladů → kterou variantu předpokladů zvolit pro komplexní systém
  - ✓ Prostorová variabilita dat → změna dat s geografickým umístěním produktového systému
  - ✓ Časová proměnlivost → hodnota dat se může měnit s časem
  - ✓ Citlivost cílových objektů → různá citlivost jednotlivých organismů k různým elementárním tokům
  - ✓ Epistemologická nejistota → rozvoj lidského poznání není ukončen, což se týká i metodiky LCA – může vnášet chyby a nejistoty (tuto nejistotu je obtížné vyjádřit)
  - ✓ Chyby → vždycky se vyskytnou a těžko se v LCA hledají
  - ✓ Odhad nejistot → samotný odhad nejistot je zdrojem nejistoty

# Interpretace: Hodnocení – kontrola citlivosti

- **Kvalita a spolehlivost použitých dat určuje spolehlivost celé studie LCA**
- **Kvalitní** musí být nejen **vstupní data** (technologická, environmentální nebo ekonomická), ale i použité **metody** (např. charakterizační modely v LCIA)
- Požadavky na kvalitu dat jsou formulovány ve fázi definování cíle a rozsahu studie – nejprve předběžně, průběžně bližší specifikace
- V průběhu sběru dat a sestavování studie je třeba **všechna sesbíraná data** testovat pomocí **indikátorů kvality dat** ← např. doba (rok) získání dat → obzvlášť důležité u srovnávacích studií
- Indikátory kvality dat
  - ✓ Kvantitativní = statistické deskriptory definující úplnost, odchylku, rozložení či přesnost a správnost dat
  - ✓ Kvalitativní = konzistence, srovnatelnost, použitelnost ← geografická, časová apod.

Otestovat lze i vliv změny celé části modelového produktového systému ← hovoříme o **analýze obměny**

Př.: *nahrazení dodavatele elektrické energie ČR (značná část tepelné elektrárny) za Švédsko (hydroelektrárny, jaderná energetika) nebo citlivost k acidifikaci prostředí lze posoudit dle změny regionu (Balkán/Skandinávie) → rozdílná citlivosti prostředí*

# Interpretace: Hodnocení – kontrola konzistence

- **Kontrola konzistence** (soudržnosti) = zjištění, zda jsou předpoklady, metody a údaje, které byly použity ve studii, v souladu s cílem a rozsahem studie
- Zaměřuje se na **konzistenci kvality** inventarizačních údajů z hlediska časového, geografického, technologické reprezentativnosti, porušování hranic nebo alokačních pravidel
- Při srovnání dvou produktových systémů nebo i v rámci jednoho produktového systému **mohou nastat nekonzistence** v těchto oblastech
  - ✓ Zdroj inventarizačních dat (literatura × primární údaje z experimentu)
  - ✓ Přesnost/kvalita inventarizačních dat (přesný a podrobný technologický postup × postup charakterizován jen v rámci firmy, povrchně – tzv. černá skříňka)
  - ✓ Stáří dat (deset let staré × nedávno sesbírané)
  - ✓ Technologický rozsah (experimentální laboratorní proces × zavedená sériová výroba)
  - ✓ Časový rozsah (nejnovější technologie × mix = vylepšená stará technologie)
  - ✓ Geografický rozsah (technologie dle evropských standardů × technologie dle US standardů)
  - ✓ Hranice systému, předpoklady, modely (použití charakterizačního faktoru  $GWP_{100}$  v kg CO<sub>2</sub> eq/kg ×  $GWP_{500}$  v kg CO<sub>2</sub> eq/kg)
- Některé nekonzistence lze odstranit, jiné je třeba **vzít v úvahu, vysvětlit**, proč byly akceptovány a **zohlednit v závěrech a doporučeních**

# Interpretace: Hodnocení – kontrola konzistence

➤ Seznam pro kontrolu konzistence (podle ISO 10044)

Oblast konzistence	Produktový systém A		Produktový systém B		Porovnání A a B	Požadovaná akce
Zdroj dat	Literatura	OK	Primární	OK	Konzistentní	Žádná
Vhodnost dat	Dobrá	OK	Špatná	Cíle rozsahu nebylo dosaženo	Nekonzistentní	Revidovat B
Stáří dat	2 roky	OK	3 roky	OK	Konzistentní	Žádná
Technologický rozsah	Nejmodernější	OK	Pilotní linka	OK	Nekonzistentní	Odpovídá definici cílů – Žádná
Časový rozsah	Nedávné	OK	Aktuální	OK	Konzistentní	Žádná
Geografický rozsah	Evropa	OK	USA	OK	Konzistentní	Žádná

# Interpretace: Závěry, omezení a doporučení

## Formulace závěrů, omezení a doporučení

- **V návaznosti na předešlé kroky interpretace** (identifikaci významných zjištění a hodnocení) je možno **vyvodit závěry, určit omezení studie a vypracovat doporučení** pro cílovou skupinu **v souladu s definicí cíle a zamýšleným použitím výsledků**
- Kroky identifikace významných zjištění a hodnocení transparentně prokazují, že výsledky hodnocení environmentálních dopadů vyplývající z inventarizace jsou *úplné, porovnatelné a dostatečné* pro formulaci závěrů a doporučení – lze z nich vyvodit **předběžné závěry**
- Předběžné závěry jsou porovnány s požadavky vymezenými v definici cíle a rozsahu studie, je *ověřena jejich věrohodnost a kvalita dat, na jejichž základě byly formulovány*, lze **závěry prohlásit za konečné**
- V závěrech je třeba *uvést všechna významná zjištění a souhrn analýz použitých pro hodnocení studie LCA*, je třeba uvést, zda jsou v souladu s cíli a rozsahem studie, zda jsou konzistentní s celou studií a jaká jsou **omezení jejich platnosti**
- **Společně se závěry musí být uvedeny také všechny původní předpoklady a předpoklady učiněné v průběhu sestavování studie**, v opačném případě by mohlo dojít k nesprávné interpretaci vytržením závěrů z jejich kontextu
- Výhradně na konečných závěrech a v souladu s cíli a rozsahem studie by měla být formulována doporučení pro příjemce studie

# Kritické přezkoumání studie LCA

- **Důvod** kritického přezkoumání studie LCA → **zvýšení důvěryhodnosti, zlepšení srozumitelnosti**
- U **porovnávací tvrzení určených ke zveřejnění musí** být kritické **přezkoumání** vždy provedeno **skupinou odborníků ze zainteresovaných stran** = snížení pravděpodobnosti nedorozumění, mylných interpretací a negativních dopadů
- Již **ve fázi definování cíle a rozsahu** je třeba **definovat** rozsah, hloubku, způsob a **typ kritického přezkoumání**, včetně určení, **kdo bude přezkoumání provádět**
- **Zpráva z kritického přezkoumání je součástí** kompletní **dokumentace** ke studii LCA
- Kritické přezkoumání provádí **oponent** – má k dispozici **veškerá data** ke studii, včetně **citlivých nebo utajovaných**, jejichž přijetí musí potvrdit ve své zprávě
- **Role oponenta** → objektivně **posoudit metody** (jejich platnost – vědeckou a technickou, soulad s normou) a **kvalitu** studie (soulad použitých údajů i závěrečné interpretace s cíli studie) a zkontrolovat, že konečné **výsledky publikované** ve zprávě pro zveřejnění jsou **v souladu s úplným zněním studie** – posouzení transparentnosti a celistvosti studie
- **Úkolem oponenta není podporovat některé výstupy či výsledná zjištění**
- **V průběhu sestavování** studie působí oponent jako **nezávislý odborník**, s nímž může autor studie konstruktivně diskutovat rozhodnutí, která musí učinit v průběhu sestavování studie LCA



# Kritické přezkoumání studie LCA



- V případě, že si to význam studie žádá, může být **přezkoumání provedeno skupinou odborníků**
- Kritické přezkoumání může být **provedeno**
  - ✓ **Interním oponentem** – u studií, jejichž výstupy jsou použity pro ovlivnění vlastních technologických provozů ← měl by mít dobrou znalost technologického i sociálně-ekonomického zázemí podniku a dostateční povědomí o LCA
  - ✓ **Externím oponentem** – u studií pro zveřejnění a zejména u srovnávacích studií konkurenčních produktů
  - ✓ **Týmem odborníků zainteresovaných stran** – sestaven se zástupců všech subjektů majících vztah k posuzovanému produktu, ale nepodílí se přímo na sestavování studie, vedoucím týmu je obvykle pracovník zadavatele, tým musí mít alespoň 3 členy

# Kritické přezkoumání studie LCA



- **Zpráva z kritického přezkoumání** (součást závěrečné zprávy studie LCA) – **nemá striktní formu**, ale musí obsahovat vyjádření ke každé fázi sestavování studie
- Co vše **musí být ve zprávě** posouzeno a okomentováno:
  - ✓ Shoda použitých metod s ISO standardy řady 14040
  - ✓ Vhodnost použitých metod ve vztahu k definici cílů a rozsahu
  - ✓ Vědecká a technická platnost použitých metod
  - ✓ Vhodnost a přiměřenost použitých dat
  - ✓ Správnost výpočtů
  - ✓ Zda bylo použito hodnocení dopadů životního cyklu (LCIA) a zda byly zvoleny vhodné charakterizační modely
  - ✓ Správnost formulovaných závěrů ve vztahu k rozsahu studie a k přijatým předpokladům a omezením
  - ✓ Kontrola začlenění stanovených cílů a omezení do formulací závěrů
  - ✓ Vztah dat získaných v LCI a LCIA k formulovaným závěrům
  - ✓ Ucelenost a transparentnost studie

# Kritické přezkoumání studie LCA

- **V případě komparativní studie** oponent dále hodnotí:
  - ✓ Vhodnost a shoda zvolené funkční jednotky
  - ✓ Zda mají porovnávané systémy stejný rozsah – hranice systému
  - ✓ Použití stejných alokačních pravidel
  - ✓ Provedení hodnocení dopadů s použitím stejných metodik LCIA a stejných kategorií dopadu (včetně normalizace a vážení)
- U studií použitých **pro udělení environmentálních prohlášení** o produktu **EPD** → součástí EPD dokumentace (umožňující zákazníkovi zvolit produkt s nižším environmentálním dopadem):
  - ✓ Musí oponent dbát především na správnost použitých dat a výpočtů
  - ✓ Je vhodné otestování alespoň některé z hodnot v praxi
  - ✓ Jelikož v dokumentaci k EPD nejsou obsaženy veškeré informace z LCA studie – jde o netransparentní souhrn výstupů, je úlohou oponenta zajistit věrohodnost EPD a soulad mezi EPD a kompletní studií LCA

# Dokázali byste odpovědět?

---

1. Tři kroky interpretace – jmenujte a stručně charakterizujte.
2. Co jsou významná zjištění, k čemu slouží a jak je lze identifikovat?
3. Co vše je třeba zkontrolovat a analyzovat při hodnocení?
4. Proč se provádí kritické přezkoumání a kdy je povinnost jej provést?
5. Kdo provádí kritické přezkoumání a jaká je úloha oponenta?



# Zdroje aneb kam ještě mohu nahlédnout?



- KOČÍ, Vladimír. *Environmentální dopady: Posuzování životního cyklu*. Praha: VŠCHT, 2013. ISBN 978-80-7080-858-0.
- ČSN ISO 14044. *Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Požadavky a směrnice*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.
- HAUSCHILD, Michael Z., ROSENBAUM, Ralph K., OLSEN, Stig Irving. *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*. Cham: Springer International Publishing, 2017. ISBN 978-3-319-56474-6.



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



Národní  
plán  
obnovy



# 12. Posuzování životního cyklu v kontextu nákladové a sociální udržitelnosti (life cycle costing LCC a social-LCA)

Viera Pechancová

ADAPT UTB: Adaptabilní, Digitální, Agilní,  
Progresivní, Transformace UTB ve Zlíně, reg. č.  
NPO\_UTB\_MSMT-16585/2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Centrum polymerních systémů

# Osnova předmětu Posuzování životního cyklu

---

1. Environmentální pohled na životní cyklus výrobků či služeb, udržitelnost, nástroje environmentálního managementu
2. Principy LCA, legislativní rámec
3. Metoda LCA – produktový systém, procesy, materiálové a energetické toky, 4 fáze LCA
4. Studie LCA (typy, prezentace, vizualizace) a software pro LCA
5. Definování cílů a rozsahu LCA (funkce a funkční jednotka, toky, hranice systému)
6. Inventarizace a inventarizační analýza (sběr dat, sestavení systémového schématu, alokace)
7. Hodnocení dopadů životního cyklu (kategorie dopadu, indikátor kategorie dopadu, charakterizační modely)
8. Globální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA
9. Lokální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA
10. Databáze a další zdroje a jejich využití
11. Interpretace a přezkum LCA
12. Posuzování životního cyklu v kontextu nákladové a sociální udržitelnosti (life cycle costing LCC a social-LCA)
13. „Zelený“ marketing, environmentální prohlášení a značení, principy ekodesignu



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



Národní  
plán  
obnovy



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

# Obsah přednášky

---

Náklady životního cyklu (Life Cycle Costing, LCC)

Sociální LCA (Social LCA, S-LCA)





Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



# Náklady životního cyklu LCC

---

- ✓ Stanovení nákladů životního cyklu (Life Cycle Costing, LCC) tvoří ekonomický pilíř v celkovém posouzení udržitelnosti životního cyklu, které zahrnuje:
  - ✓ environmentální
  - ✓ ekonomickou a
  - ✓ sociální dimenzi.
- ✓ Náklady životního cyklu (LCC) zahrnují všechny náklady spojené s výrobkem, zařízením nebo aktivitou v průběhu jeho životního cyklu, včetně nákladů na návrh, vývoj, výrobu, provoz, údržbu a nakonec i likvidaci nebo recyklaci. Mezi další náklady mohou patřit náklady na dopravu, balení, skladování a správu informačního systému. LCC zahrnuje také náklady, které nejsou přímo spojeny s výrobkem nebo zařízením, ale s jeho využitím, například náklady na energii, vodu a jiné zdroje.
- ✓ Cílem LCC je posoudit a porovnat celkové náklady spojené s různými alternativami a pomoci při rozhodování, která alternativa je nejlepší z hlediska celkových nákladů a životního cyklu.

# Cíle LCC

---

- ✓ LCC je univerzální technika
  - ✓ kterou lze použít pro různé účely a v různých fázích projektu nebo životního cyklu
  - ✓ která může tvořit podklad pro rozhodování pro manažery, inženýry, finanční pracovníky a smluvní dodavatele.
- ✓ LCC může být použita jako plánovací nástroj, nástroj optimalizace, nástroj pro identifikaci kritických míst, jako součást hodnocení udržitelnosti životního cyklu konkrétního výrobku nebo pro posouzení investičních rozhodnutí.



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



# Terminologie LCC

---

V literatuře se objevuje mnoho termínů, které jsou synonymem pro LCC a popisují náklady během celého životního cyklu produktu, systému nebo projektu:

- ✓ **Through-Life Costing (TLC)**
- ✓ **Whole-Life Costing (WLC)**
- ✓ **Total Cost of Ownership (TCO)**

S ohledem na časové hledisko lze rozlišit dva hlavní typy LCC:

- ✓ **Ex ante LCC** je perspektivní přístup založený na odhadech a provádí se v raných fázích rozhodování.
- ✓ Na rozdíl od toho, **ex post LCC** je retrospektivní přístup založený na skutečných výsledcích, obvykle prováděný na konci projektu nebo určitého časového období.

# Interní náklady <-> externí náklady

---

✓ Náklady nesené aktéry přímo zapojenými do životního cyklu produktu se nazývají **interní náklady** (někdy označované také jako "soukromé náklady").

Nicméně produkt nebo systém může zahrnovat i jiné náklady nesené jinými aktéry, kteří jsou nepřímo ovlivněni životním cyklem produktu.

✓ **Externí náklady** (také označované jako externalita) jsou náklady, které vznikají v důsledku výroby, distribuce nebo spotřeby výrobku, ale nejsou zahrnuty do jeho tržní ceny. Tyto náklady jsou tedy přeneseny na ostatní subjekty, kteří s nimi nijak nesouvisí a nejsou schopni je ovlivnit. Příkladem mohou být náklady na znečištění ovzduší, které vznikají během produkce zboží a které mají negativní vliv na zdraví lidí nebo na životní prostředí.



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



# Kalkulace nákladů životního cyklu

---

Existují tři typy kalkulace nákladů životního cyklu:

- ✓ **Tradiční LCC**, také nazývaná finanční LCC, je původní metoda a v mnoha ohledech ztotožněna s celkovými náklady vlastnictví (TCO).
- ✓ **Environmentální (eLCC)** je v souladu s LCA co se týče systémových hranic, funkční jednotky a metodologických kroků.
- ✓ **Sociální (sLCC)** zahrnuje monetarizaci dalších externích faktorů, jak environmentálních, tak sociálních dopadů, například na sociální blahobyt nebo kvalitu práce.



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



# Tři typy kalkulace nákladů životního cyklu

sLCC	<ul style="list-style-type: none"><li>• Societal/social</li><li>• Sociální</li></ul>
eLCC	<ul style="list-style-type: none"><li>• Environmental</li><li>• Environmentální</li></ul>
LCC	<ul style="list-style-type: none"><li>• Conventional</li><li>• Tradiční</li></ul>



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



# Standardizace LCC

---

- ✓ Pro tradiční LCC byly vyvinuty standardy různých vládních institucí a průmyslových odvětví, kupříkladu:
  - ✓ ISO 15663
  - ✓ IEC 60300-3-3
  - ✓ BS 3843
  - ✓ AS/NZS 4536
  - ✓ ISO 15686.
- ✓ Práce vědecké pracovní skupiny v rámci SETAC na environmentální LCC vedla k vytvoření metodologie eLCC.
- ✓ Sociální LCC je stále v rané fázi vývoje.



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



# Environmentální LCC (eLCC)

---

- ✓ eLCC je metoda, která zahrnuje jak ekonomické, tak i environmentální aspekty do celkového nákladového hodnocení produktů, procesů nebo služeb v průběhu celého jejich životního cyklu.
- ✓ Na rozdíl od konvenčního LCC, je eLCC v souladu s normami ISO 14040 a 14044 v tom smyslu, že zaujímá perspektivu funkční jednotky a zahrnuje celý životní cyklus včetně všech aktérů v řetězci hodnot nebo životním cyklu.
- ✓ Kromě interních nákladů, které nesou aktéři v životním cyklu, může eLCC zahrnovat také externí náklady, které se očekávají, že budou internalizovány v blízké budoucnosti.



# Postup eLCC

---

- ✓ Obecně je celkový přístup k eLCC velmi podobný standardizované LCA, ale existují některé důležité rozdíly, které mohou zjednodušit analýzu, ale také ji ztížit.
  - ✓ Jednou výhodou je, že charakterizace nebo vážení inventárních dat mohou být v eLCC vynechány, protože agregovaná data nákladů poskytují přímé měření finančního dopadu a mohou být agregována bez dalšího zpracování.
  - ✓ V LCC je distribuce dopadů v čase klíčovým faktorem, protože se používá diskontování, jehož výsledky závisejí na tom, kdy náklady nebo dopady nastávají. Pokud se výsledky eLCC mají používat souběžně s LCA, je nutné zarovnat různé předpoklady, což bude dále podrobně popsáno.
- 1. Definice cíle a rozsahu**
  - 2. Sběr dat**
  - 3. Interpretace a analýza citlivosti**



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



# Definice cíle a rozsahu eLCC

---

**Functional Unit** -> Funkční jednotka pro eLCC musí být definována podobným způsobem jako pro LCA.

**System boundaries** -> Systémové hranice musí být jasně definovány a zdokumentovány jako v případě LCA.

**Cut-off criteria** -> Existuje důležitý rozdíl mezi eLCC a LCA v oblasti kritérií cut-off. I když je běžnou hypotézou, že náklady v upstreamu jsou zahrnuty v ceně, existují výjimky. Pro malé náklady, které pravděpodobně neovlivní výsledky analýzy, by měla být použita kritéria cut-off. Pro určité fáze životního cyklu (jako je těžba surovin, výroba nebo doprava) by mohlo být pravidlem, že náklady, které pravděpodobně přispívají méně než 1 % k celkovým nákladům této fáze, lze zanedbat.

**Allocation** -> Alokace je klíčovým krokem v metodologii LCC. Tento krok se týká rozdělení nákladů na jednotlivé produkty nebo služby v rámci celého životního cyklu. Alokace nákladů zahrnuje identifikaci, měření a přidělení nákladů na jednotlivé fáze životního cyklu, jako je výroba, distribuce, používání, údržba a likvidace.

**Inventory** -> Tento krok se týká sběru dat o všech materiálech, energii a emisích, které jsou spojeny s produktem nebo službou v průběhu celého životního cyklu. Inventarizace je základem pro další kroky v LCC, jako je alokace nákladů a vyhodnocení dopadů na životní prostředí. V inventární analýze by měly být náklady vyjádřeny v jedné měně (např. euro nebo americký dolar).

# Sběr dat pro inventární analýzu eLCC

---

- ✓ Sběr dat pro inventární analýzu eLCC slouží k získání úplného a přesného popisu materiálů, energie a emisí, které jsou spojeny s produktem nebo službou v průběhu celého životního cyklu.
- ✓ Sběr dat pro inventární analýzu eLCC může být velmi náročný a zahrnuje několik kroků. Prvním krokem je identifikace fází životního cyklu produktu nebo služby. Tyto fáze mohou zahrnovat těžbu surovin, výrobu, distribuci, použití a konečnou likvidaci.
- ✓ Dalším krokem je sběr dat o materiálech, energii a emisích v každé fázi. Tyto údaje mohou být získány ze zdrojů jako jsou výrobní záznamy, účty za energii, průmyslové standardy nebo ze speciálních databází.
- ✓ Po sběru dat jsou tyto údaje obvykle vyjádřeny pomocí jednotek, které jsou přiměřené danému produktu nebo službě. Tyto jednotky mohou zahrnovat například spotřebu energie, emise CO<sub>2</sub> nebo množství odpadu.
- ✓ V závěru sběru dat jsou tyto údaje často převedeny do software, který umožňuje výpočet celkových nákladů a dopadů na životní prostředí v rámci životního cyklu produktu nebo služby.
- ✓ Sběr dat pro inventární analýzu eLCC může být časově náročný proces, ale zároveň umožňuje získat úplný a přesný popis nákladů a dopadů na životní prostředí spojených s produktem nebo službou v průběhu celého životního cyklu.



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



# Interpretace a citlivostní analýza eLCC

---

- ✓ Po dokončení eLCC analýzy a získání výsledků je důležité provést interpretaci a citlivostní analýzu. Interpretace pomáhá porozumět výsledkům a zjistit, jaké jsou důsledky a vlivy jednotlivých částí životního cyklu na celkové náklady. Citlivostní analýza pak slouží k odhalení, jaké jsou kritické faktory výpočtu a jaký vliv mají různé předpoklady na výsledky analýzy.
- ✓ Při interpretaci výsledků je důležité vzít v úvahu celkové náklady a také náklady jednotlivých fází životního cyklu. Výsledky lze porovnat s jinými podobnými produkty nebo procesy a získat tak lepší představu o tom, jak jsou dané náklady konkurenceschopné.
- ✓ Citlivostní analýza se provádí tak, že se postupně mění jednotlivé předpoklady a výpočetní parametry, aby se zjistil vliv na výsledky. Například může být změněna výše diskontovací sazby, počet let uvažovaných v analýze, nebo náklady na jednotlivé fáze životního cyklu. Citlivostní analýza umožňuje odhalit, které faktory mají největší vliv na celkové náklady a jaké jsou rizika spojená s nejistotou výpočetních parametrů.
- ✓ Citlivostní analýza v LCC je velmi podobná LCA, existují však některé rozdíly. Hlavní rozdíl souvisí s tím, že na rozdíl od environmentálních dopadů a emisí jsou ceny komodit mnohem volatilnější v důsledku mechanismů trhu nabídky a poptávky a skutečnosti, že komodity se obchodují na burze.



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



# Finanční koncepty LCC-> Čistá současná hodnota

- ✓ Čistá současná hodnota (Net Present Value - NPV) je jedním z finančních konceptů, které se používají v rámci LCC. NPV se používá k určení hodnoty budoucích nákladů a příjmů v souladu s principem, že peníze mají dnes větší hodnotu než v budoucnosti. Při rozhodování o volbě varianty z hlediska nákladů životního cyklu se obvykle používá metoda výběru varianty s nejnižší čistou současnou hodnotou nákladů.
- ✓ Čistá současná hodnota nákladů životního cyklu zahrnuje tedy současnou hodnotu všech budoucích nákladů, které budou vynakládány v průběhu životnosti projektu.
- ✓ Vzhledem k tomu, že se kalkulace nákladů životního cyklu zaměřuje především na náklady namísto příjmů, je praktičtější uvažovat náklady jako kladné hodnoty.

**NPV** ... současná hodnota nákladů životního cyklu (LCC),

**$C_t$**  ... součet všech relevantních nákladů po odpočtu výnosů vzniklých v období  $t$

**$r$**  ... diskontní sazba

**$t$**  ... je analyzované období ( $t=0...T$ ) (roky)

**$T$**  ... je životní cyklus.

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}$$



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



# Social LCA

---

- ✓ **Social LCA (S-LCA, nebo taky Social Value Assessment)** je metodologie používaná k posouzení sociálních dopadů produktů nebo služeb po celém jejich životním cyklu, od těžby surovin až po likvidaci. Cílem je posoudit potenciální pozitivní a negativní dopady produktu nebo služby na lidské blaho, sociální rovnost a lidská práva.
- ✓ Social LCA zvažuje různé sociální aspekty, jako je zdraví a bezpečnost, pracovní podmínky, pracovní práva, zapojení komunity a sociálně-ekonomické dopady. Zahrnuje perspektivy různých zúčastněných stran, jako jsou zaměstnanci, spotřebitelé, místní komunity a společnost jako celek.
- ✓ Použitím social LCA mohou organizace identifikovat sociální problémy ve svých dodavatelských řetězcích a výrobních procesech a vyvinout strategie pro zlepšení sociálního výkonu svých produktů nebo služeb. Social LCA může také poskytnout informace spotřebitelům a jiným zúčastněným stranám o sociálních dopadech produktů nebo služeb, umožňujíc jim tak rozhodovat na základě informovanějších rozhodnutí.
- ✓ Dosud nejdůležitějším krokem směrem k standardizaci S-LCA bylo vytvoření "Směrnic pro S-LCA" v rámci iniciativy životního cyklu UNEP-SETAC (Benoît a Mazijn, 2009).

# Fáze S-LCA

---

S-LCA (Social Life Cycle Assessment) se obvykle skládá ze tří hlavních fází:

- ✓ **Fáze definice cílů a rozsahu:** Tato fáze zahrnuje definování cílů a předmětu hodnocení S-LCA, určení výrobního procesu, výběr sociálních aspektů a stakeholderů a určení hranic hodnocení.
- ✓ **Fáze inventarizace:** Tato fáze zahrnuje sběr dat, analýzu a interpretaci sociálních dopadů v celém životním cyklu výrobku nebo služby. V této fázi se také identifikují a charakterizují sociální výstupy a vstupy spojené s výrobkem nebo službou.
- ✓ **Fáze hodnocení vlivů:** Tato fáze zahrnuje kvantifikaci a vyhodnocení sociálních dopadů v celém životním cyklu výrobku nebo služby, porovnání výsledků s cíli definovanými v první fázi a posouzení důsledků pro stakeholdery.

Tyto fáze mohou být rozšířeny o další kroky, jako je například ověřování a zveřejňování výsledků S-LCA. Interpretace analyzuje výsledky předchozích fází v souladu s cílem studie a snaží se odpovědět na otázku, kterou stanovuje definice cíle.

# Definice cíle a rozsahu S-LCA

---

S-LCA hodnotí "společenské dopady" namísto environmentálních dopadů, jak se děje v LCA.

- ✓ Definice cíle a rozsahu S-LCA spočívá v identifikaci hlavních otázek a cílů, které jsou klíčové pro hodnocení sociálních dopadů produktu a stanovení oblastí, které mají být zahrnuty do analýzy. Hlavním cílem je posoudit celkové sociální dopady produktu v průběhu celého jeho životního cyklu včetně výroby, distribuce, použití a nakládání s odpadem. Kromě toho musí být stanoven rozsah hodnocení, tj. oblasti a aktivity v rámci životního cyklu, které budou analyzovány, a definovány hlavní skupiny zainteresovaných stran, které jsou zahrnuty do hodnocení.
- ✓ V komunitě S-LCA existuje obecná shoda, že konečným účelem S-LCA je posoudit, jak jsou produkty nebo systémy ovlivňující lidské blaho po celou dobu svého životního cyklu.
- ✓ Systémové hranice v S-LCA, stejně jako v LCA, určují, které části životního cyklu a které procesy patří do analyzovaného systému, tj. které procesy jsou potřebné pro poskytnutí funkce definované funkční jednotkou





Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



# Inventarizační analýza S-LCA

---

Inventarizační analýza S-LCA je fáze, ve které jsou sbírána data o sociálních dopadech produktu v průběhu jeho životního cyklu. Tato fáze se skládá z několika kroků:

1. Identifikace a specifikace životního cyklu produktu: V této fázi jsou identifikovány všechny fáze životního cyklu produktu, od těžby surovin až po nakládání s odpadem. Každá fáze je specifikována a popsána podrobně.
2. Identifikace sociálních výstupů a vstupů: V této fázi jsou identifikovány sociální vstupy a výstupy spojené s každou fází životního cyklu produktu. Sociální vstupy zahrnují například pracovní podmínky, lidská práva a zdraví zaměstnanců, zatímco sociální výstupy se týkají například vytváření pracovních příležitostí, zvyšování příjmů a zlepšování vzdělávacích možností.
3. Identifikace zdrojů dat: V této fázi jsou identifikovány zdroje dat o sociálních výstupech a vstupech v každé fázi životního cyklu produktu. Zdroje dat mohou zahrnovat interní a externí zdroje, jako jsou například podnikové záznamy, odborné publikace a statistiky.
4. Shromáždění dat: V této fázi jsou data o sociálních výstupech a vstupech shromážděna a zpracována. Tato data jsou následně použita pro výpočet sociálních dopadů produktu.
5. Kvantifikace sociálních dopadů: V této fázi jsou sociální dopady produktu kvantifikovány. To může být provedeno pomocí různých metod a ukazatelů, jako jsou například počet pracovních míst vytvořených v průběhu životního cyklu produktu, počet nehod spojených s produktem nebo počet zneužívání lidských práv v průběhu výroby produktu.
6. Zhodnocení spolehlivosti dat: V této fázi jsou data zhodnocena z hlediska spolehlivosti a důvěryhodnosti. To zahrnuje například posouzení dostupnosti dat, přesnosti a úplnosti dat a přímého ověření dat.

# Posuzení dopadu S-LCA

---

- Posuzení dopadu S-LCA se zaměřuje na vyhodnocení dopadů všech identifikovaných sociálních aspektů na zvolené funkce. Tato fáze zahrnuje tři hlavní kroky:
  1. **Charakterizace** dopadů - tato fáze zahrnuje popis a kvantifikaci sociálních dopadů každého identifikovaného aspektu. Může se jednat o pozitivní nebo negativní dopady a mohou být vyjádřeny pomocí různých jednotek, například počtem lidí ovlivněných daným dopadem, snížením kvality života, zvýšením příjmů atd.
  2. **Vážení** dopadů - v této fázi jsou určeny priority jednotlivých dopadů. Tyto priority jsou určeny na základě diskuse s různými zainteresovanými stranami a mohou být ovlivněny hodnotovými preferencemi. Je důležité mít na paměti, že některé dopady mohou být prioritní pro jednu skupinu zainteresovaných stran a pro jinou ne.
  3. **Interpretace** výsledků - v této fázi jsou výsledky z charakterizace a vážení dopadů interpretovány a diskutovány. Závěry z této fáze jsou základem pro definici opatření k minimalizaci nebo eliminaci negativních dopadů a posílení pozitivních dopadů na společnost. Tato opatření by měla být realizována v rámci celého životního cyklu produktu nebo služby.



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



# Přehled společenských dopadů S-LCA

Zaměstnanci	Společnost	Zákazníci
Nediskriminace	Korupce	Integrace zdravotních a bezpečnostních obav zákazníků v produktu
Svoboda sdružování a kolektivní vyjednávání	Podpora rozvoje a investice do společnosti	Dostupnost informací o produktu pro uživatele produktu
Práce dětí, včetně nebezpečné práce dětí	Akceptace místní komunity společnosti	Etické zásady pro reklamu produktu
Nucená a povinná práce	Závazek společnosti v otázkách udržitelnosti	
Úroveň a pravidelnost mezd a benefitů		
Fyzické pracovní podmínky		
Psychologické pracovní podmínky		
Školení a vzdělávání zaměstnanců		



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



# Reference

---

1. ČSN EN 60300-3-3 ed. 2 (010690): Řízení životního cyklu výrobků a souvisejících procesů - Část 3-3: Pokyny pro použití normy ISO 14062:2006 - Příklady metod pro zohlednění environmentálních aspektů v normách pro výrobky. Praha: Český normalizační institut, 2011.
2. HAUSCHILD, Michael Z., ROSENBAUM, Ralph K., OLSEN, Stig Irving. *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*. Cham: Springer International Publishing, 2017. ISBN 978-3-319-56474-6.
3. BSI British Standards. (2019). BS ISO 15686-5:2017 Buildings and constructed assets. Service life planning. Part 5: Life cycle costing. London: British Standards Institution.
4. Hunkeler, D. (2008). Life cycle costing: A decision support tool for economically and environmentally sound decisions. In *EcoDesign and Sustainability III* (pp. 105-116). Springer, London.
5. Rödger, Laumann Kjær and Pagoropoulos (2017) LCC: An Introduction. In: Hauschild, Rosenbaum and Olsen (Eds) *LCA Theory and Practice*. Cham (CH): Springer. 373-400.
6. Teixeira, R. F. M., de Oliveira, J. F. G., & de Moraes, R. (2018). Life cycle costing in the context of sustainability and social responsibility: A literature review. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4177-4187.
7. Task Group 4 (TG4) (2003). Report of Task Group 4: Life Cycle Costs in Construction. European Commission. Retrieved from <http://ec.europa.eu/enterprise/construction/suscon/tgs/tg4/lccreport.pdf>
8. Benoît, C., & Mazijn, B. (2009). The Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products. United Nations Environment Programme and Society of Environmental Toxicology and Chemistry. Retrieved from <https://lca-net.com/p/1735>
9. Benoît, C., & Mazijn, B. (2009). The Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products: just in time!. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 14(3), 218-221



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



Národní  
plán  
obnovy



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

# Otázky k přednášce

---

1. Jaké jsou hlavní výhody použití metodologie social LCA?
  2. Jaké jsou nejčastější sociální aspekty, které se zvažují při použití social LCA?
  3. Jaké jsou náklady a obtíže spojené s provedením social LCA a jak lze tyto náklady minimalizovat?
  4. Jaký je vztah mezi social LCA a ekologickou LCA?
  5. Jak lze použití social LCA přispět k podpoře sociální spravedlnosti a ochraně lidských práv?
1. Jaký je základní princip metodologie Life Cycle Costing (LCC)?
  2. Jaké jsou hlavní výhody použití LCC při rozhodování o investicích a nákupech?
  3. Jaký je rozdíl mezi tradičním způsobem výpočtu nákladů a LCC?
  4. Jaké jsou hlavní obtíže při výpočtu nákladů v rámci celého životního cyklu produktu?
  5. Jak lze LCC využít k podpoře udržitelného rozvoje a snižování dopadů na životní prostředí?



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



Národní  
plán  
obnovy



# 13. „Zelený“ marketing, environmentální prohlášení a značení, ekodesign

Miroslava Kovářová

Vladimír Sedlařík

ADAPT UTB: Adaptabilní, Digitální, Agilní, Progresivní,

Transformace UTB ve Zlíně, reg. č.

NPO\_UTB\_MSMT-16585/2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Centrum polymerních systémů

# Osnova předmětu Posuzování životního cyklu

---

1. Environmentální pohled na životní cyklus výrobků či služeb, udržitelnost, nástroje environmentálního managementu
2. Principy LCA, legislativní rámec
3. Metoda LCA – produktový systém, procesy, materiálové a energetické toky, 4 fáze LCA
4. Studie LCA (typy, prezentace, vizualizace) a software pro LCA
5. Definování cílů a rozsahu LCA (funkce a funkční jednotka, toky, hranice systému)
6. Inventarizace a inventarizační analýza (sběr dat, sestavení systémového schématu, alokace)
7. Hodnocení dopadů životního cyklu (kategorie dopadu, indikátor kategorie dopadu, charakterizační modely)
8. Globální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA
9. Lokální dopady antropogenních aktivit v kontextu LCA
10. Databáze a další zdroje a jejich využití
11. Interpretace a přezkum LCA
12. Posuzování životního cyklu v kontextu nákladové a sociální udržitelnosti (life cycle costing LCC a social-LCA)
13. „Zelený“ marketing, environmentální prohlášení a značení, principy ekodesignu

# Co se dnes můžu dozvědět:

---

- Zelený marketing je pro firmy i spotřebitele motivací k zájmu o životní prostředí
- Ekoznačky mohou být vodítkem pro ekologicky smýšlející spotřebitele
- Environmentální prohlášení a značení se mohou stát konkurenční výhodou progresivně smýšlejících firem
- Ekodesign je vhodným nástrojem udržitelného rozvoje



# Zelený marketing

---

- Zelený marketing = environmentální = ekologický = green marketing
- **Mnoho definic** → vždy souvisí s environmentálně šetrnými výrobky, ekologickým chováním podniku a poptávkou po nich
- Definujeme-li marketing jako propagaci výrobků či služeb, jehož hlavním úkolem je pochopit, co spotřebitelé chtějí a následně uspokojit jejich potřeby, pak **zelený marketing usiluje zejména o vyzdvižení environmentální stránky produktu**
- **Hnací silou** marketingu je **poptávka spotřebitelů**, kteří v případě zeleného marketingu **vedle funkčnosti či kvality produktu nebo služby požadují udržitelnost a minimální dopad na ŽP**
- Je-li **smyslem marketingu získat „jakékoliv“ zákazníky**, v zeleném marketingu **nejde o snahu za každou cenu získat každého zákazníka** → tato selektivnost tedy kvalitativně odlišuje zelený marketing od tradičního marketingu
- **Zelený marketing je vývojově novějším typem marketingu → zahrnuje šetrnost k životnímu prostředí**
- **Tradiční marketing** → nezahrnuje takové kritérium, nebere v úvahu omezené přírodní zdroje a jeho cílem je **maximalizace prodeje a zisku při neomezeném uspokojování lidských potřeb**
- ✓ Zelený marketing je tedy významný ze společenského, ekonomického a etického hlediska, protože je **motivován povědomím lidí o environmentálních otázkách**
- ✓ **Vede podniky k ochraně životního prostředí, snižování spotřeby energií a efektivnímu využívání přírodních zdrojů**
- ✓ Na tyto snahy navazují další aktivity související s **úpravou výrobku, změnami ve výrobním procesu, změnami v balení, distribučním procesu nebo při prodeji a recyklaci výrobků**, což vede ke změnám celé **komunikační strategie firmy navenek**
- ✓ Tento druh marketingu si získává u podniků čím dál větší pozornost a oblibu

# Zelený marketing

- Střípky z historie pojmu
- ✓ **Vznik zeleného marketingu se datuje do 80. let 20. století** = doba vzniku konceptu udržitelného rozvoje nebo zelené spotřeby (green consumerism), i když začátek jeho éry lze posunout až do 70. let 20. století, kdy byly chlorofluorované uhlovodíky (CFC) odhaleny jako látky poškozující ozonovou vrstvu a lidstvo začalo více myslet na křehkost ŽP
- ✓ **Základ zelenému marketingu položila kniha Ecological Marketing** (Karl E. Henion a Thomas C. Kinnear) publikovaná Americkou marketingovou Asociací v roce 1975
- ✓ **Další důležitý krok** v rozvoji zeleného marketingu učinily společnosti Nike, Ben and Jerry's Homemade a další → začaly vedle tradičních finančních zpráv vydávat **zprávy o vlastní společenské odpovědnosti** → identifikace dopadu společnosti na životní prostředí

Období	Fáze strategie zeleného marketingu
70. a 80. léta 20. století	Na trh uvedena koncepce ekologických výrobků → malá informovanost, nedostatek účinných marketingových strategií = nízká spotřeba, nepřijetí
Počátek 90. let 20. století	Přestože organizace zvyšují svůj zájem o ŽP, usilují o rozšíření recyklace, snížení energetické náročnosti apod., snaží se zákazníky informovat a vzdělávat → přetrvává odmítání ekologických výrobků (nejsou tak kvalitní/účinné?) – překážkou je i cena
Konec 90. let 20. století	Změny ve výrobních procesech a technologiích pomáhají zvýšit povědomí o otázkách ŽP → zákazníci si začínají tuto problematiku rovněž více uvědomovat a jsou ochotni platit více
Začátek 21. století	Začíná se více pracovat s pojmem udržitelnost – udržitelný zelený marketing → lidé si uvědomují potřebu a výhody ekologického chování → vzestup ekologicky šetrných výrobků a služeb
2. dekáda 21. století a dnes	Konceptu udržitelnosti věnována velká pozornost ze strany vlád (včetně pravidel/předpisů) a organizací, ekonomických subjektů i vědy → zákazníci si uvědomují potřebu ekologického chování = zelený marketing na vzestupu × ! ruku v ruce s greenwashingem

# Zelený marketing

- Zelený marketing úzce souvisí s pojmem **společenská odpovědnost firem** = CSR (Corporate Social Responsibility)
- SCR = dobrovolná integrace sociálních a environmentálních hledisek do strategie firmy = do každodenních firemních operací a vztahů s ostatními zainteresovanými stranami
- **Trojí odpovědnost**

## **Ekonomická oblast (kodex podnikatelského chování):**

- ✓ odmítnutí korupce
- ✓ transparentnost
- ✓ dobré vztahy se zákazníky, akcionáři, obchodními partnery
- ✓ ochrana duševního vlastnictví

## **Sociální oblast**

- ✓ filantropie
- ✓ komunikace se zainteresovanými stranami
- ✓ dodržování lidských práv
- ✓ dodržování pracovních standardů (v oblasti bezpečnosti práce, ale i dovolená, přesčas, benefity atd.)

## **Environmentální oblast**

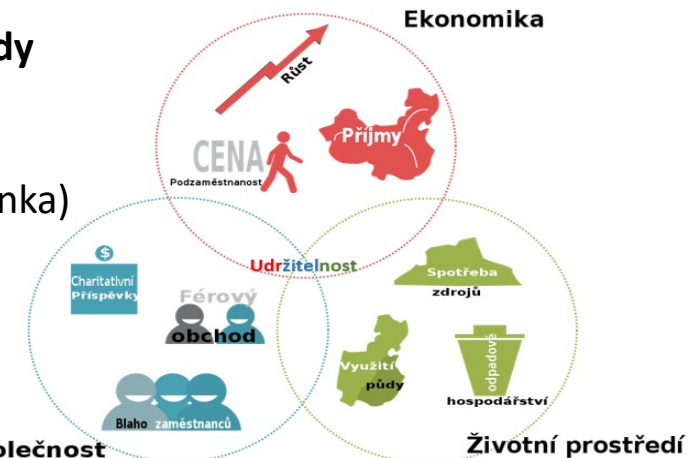
- ✓ šetrná produkce (včetně možnosti certifikace např. podle ISO 14000)
- ✓ ekologická politika na všech úrovních (např. využívání recyklovaného papíru v administrativě, nemusí se tisknout každý email, elektronické zálohy, třídění odpadu, používání vratných obalů)
- ✓ ochrana využívaných přírodních zdrojů

## **Benefity pro firmu**

- ✓ zvýšení produktivity práce a loajality zaměstnanců
- ✓ dlouhodobě udržitelná konkurenční výhoda

## **Společenská odpovědnost je tedy implementací principů 3P**

- ❖ People (sociální stránka)
- ❖ Planet (environmentální stránka)
- ❖ Profit (ekonomická stránka)



# Zelený marketing

## Segmentace spotřebitelského trhu pro zelený marketing

➤ Vychází z konceptu „zelenosti“ = spotřebitelé mají různou úroveň zájmu o ekologii a ŽP → cílová skupina middle greens

<b>Skuteční zelení (true blue greens)</b>	spotřebitelé se silnou ekologickou orientací, životní styl v maximálním souladu s přírodou, aktivně usilují o změnu ŽP k lepšímu, finančně podporují různé ekologicky orientované skupiny, vyhledávají výrobky společností chovajících se eticky a podporujících udržitelný rozvoj × nenakupují výrobky společností, jejichž podnikání nepovažují za šetrné k ŽP	super greens
<b>Zelení nakupující (greenbacks)</b>	jsou ochotni připlatit si za ekologické/udržitelné výrobky, ekologicky smýšlející skupina sympatizující s aktivitami ekologických hnutí, ale jsou příliš zaneprázdnění než, aby změnili svůj životní styl, svůj zájem o ŽP dávají najevo spíše finanční podporou	middle greens
<b>Průměrní zelení (sprouts)</b>	jsou ochotni se čas od času zapojit do ekologických aktivit, ale jen pokud je to nestojí mnoho úsilí, své aktivity omezují spíše na recyklaci, třídění odpadu, čtení etikety označující ekologičnost/udržitelnost výrobků – vše v menší míře než předchozí skupiny, většinou nejsou ochotni platit více jen proto, aby vlastnili právě ekologické výrobky	
<b>Neaktivní bručouni (grouzers)</b>	odpovědnost za ochranu ŽP přenechávají vládě a korporacím, záležitosti udržitelnosti je příliš nezajímají, rovněž nemají dostatek informací (z nezájmu), přesto řad z nich třídí odpad (nepříliš ochotně) = zastávají postoj ‚To není to můj problém, tak proč se o to starat?‘	light greens, green rejectors
<b>Obyčejní hnědí lidé (basic browns)</b>	Ekologie/ŽP/udržitelnost je nezajímá, stěží se někdo z nich přikloní k recyklaci, k nákupu k ŽP šetrných/udržitelných výrobků nebo vyhýbání se neekologickým produktům	

# Zelený marketing

**Zelený marketingový mix** = 4P → Product + Packaging, Price, Place, Promotion = **Produkt + Obal, Cena, Distribuce, Reklama**

## Produkt

- ✓ Minimalizace environmentální zátěže způsobené vyrobenými produkty
- ✓ Minimalizace environmentální zátěže způsobené výrobou
- ✓ Volba materiálů/aditiv šetrných k ŽP
- ✓ Získávání zdrojů od místních dodavatelů, dodavatelů fair trade
- ✓ Substituce neobnovitelných zdrojů
- ✓ Zajištění používání výrobku v souladu s ochranou ŽP prostřednictvím – zákaznické služby

## Obal

- ✓ Minimalizace spotřeby obalového materiálu, správná velikost obalů
- ✓ Materiálová změna vzhledem k větší šetrnosti k ŽP
- ✓ Zpětný odběr obalů/zálohový systém
- ✓ Správná velikost a tvar obalů → optimalizace přepravy

## Cena

- ✓ Vyšší cena vyváží např. energetickou úspornost, biokvalitu, fair trade atd.
- ✓ Produkce neprobíhá v masovém měřítku, čemuž odpovídá cena
- ✓ Respektování vyčerpatelnosti zdrojů a environmentální zátěže v cenových kalkulacích
- ✓ Motivace k vrácení použitých výrobků/obalů

## Distribuce

- ✓ Zajištění zpětného toku výrobků na konci životnosti prostřednictvím distribučního kanálu
- ✓ Vybudování distribučního kanálu šetrného ke zdrojům a ŽP – týká se prodeje, dopravy, balení při prodeji a distribuci
- ✓ Logistické koncepty v souladu s ochranou ŽP – odbourání přepravy na velké vzdálenosti, využití místních surovin (př. regionální potraviny)

## Propagace

- ✓ Zvyšování povědomí o ekologických problémech
- ✓ Informace o výrobcích a technologiích šetrných k ŽP
- ✓ Environmentálně orientovaná podpora prodeje
- ✓ Dialog se zájmovými skupinami (rizikový dialog)
- ✓ Vybudování silné značky šetrné k ŽP
- ✓ Ekologicky zaměřené akce veřejné správy
- ✓ Lze využít všech médií a forem propagace (reklama, public relations, osobní prodej, sociální média, digitální a mobilní marketing → rozhodování o použití záleží na marketingovém cíli, efektivním mediálním dosahu a rozpočtu)

# Zelený marketing

---

- **Greenwashing** = termín označující praktiky, při kterých **společnosti úmyslně, nebo neúmyslně používají klamná a zavádějící tvrzení o ekologických vlastnostech** svých výrobků = uvádějí zákazníka v omyl
- **Je reakcí na rostoucí poptávku spotřebitelů po ekologicky šetrném zboží a službách**
- **Hlavní cíl greenwashingu = poskytnout spotřebitelům pocit**, že organizace podniká nezbytné kroky k odpovědnému přístupu k ŽP → společnosti, které záměrně využívají komunikační strategie greenwashingu, tak často činí proto, aby se distancovaly od vlastních ekologických poklesků nebo poklesků svých dodavatelů
- **7 hříchů greenwashingu podle nezávislé certifikační organizace zabývající se bezpečností produktů a služeb UL (divize TerraChoice)**
- ✓ **Skrývání kompromisů** = Tvrzení, že produkt je zelený na základě nepřiměřeně úzkého souboru vlastností, přičemž není věnována pozornost ostatním důležitým environmentálním otázkám
- ✓ **Chybějící důkazy** = Tvrzení, která nelze doložit snadno dostupnými informacemi nebo spolehlivou certifikací třetí strany
- ✓ **Nejednoznačnost** = Tvrzení, která jsou natolik špatně nebo nejasně definována, že spotřebitel jen těžko pochopí skutečný význam
- ✓ **Uznávání falešných označení** = Tvrzení, která prostřednictvím slovního sdělení nebo obrázku (značky) vyvolávají dojem, že jsou schválena třetí stranou, ačkoliv tomu tak není
- ✓ **Nepodstatnost** = Tvrzení, která mohou být pravdivá, avšak pro spotřebitele, kteří hledají environmentálně šetrné produkty, jsou nepodstatná nebo užitečná
- ✓ **Menší zlo** = Tvrzení, která mohou být v rámci zatřídění výrobku pravdivá, avšak mohou odvádět pozornost spotřebitele od většího celkového dopadu produktu na ŽP
- ✓ **Falešná tvrzení** = Tvrzení, která jsou jednoduše nepravdivá (nejméně častý prohřešek)

# Zelený marketing

---

## ➤ 8 technik zeleného marketingu, které může organizace použít k vytvoření udržitelné strategie:

- 1. Výroba udržitelných produktů** → nabídnutí alternativy k neudržitelným výrobkům = spotřebitel ví, že výrobek má nižší vliv na ŽP → společnost získává vyšší vliv na trhu (př. lahve na vodu, lépe rozpustné šampony bez škodlivých přísad atd.)
- 2. Používání udržitelných materiálů** k výrobě produktů → použití obnovitelných surovin, recyklovaných/recyklovatelných materiálů pro své výrobky (kompostovatelné obaly, regenerované kartridže do tiskárny atd.)
- 3. Zodpovědná likvidace odpadu** → i případné nebezpečné odpady z výroby lze likvidovat správně a ekologicky
- 4. Volba elektronického marketingu** → přesunout celé marketingové strategie na digitální platformy (tištěné materiály – letáky, brožury, časopisy, katalogy nejsou vždy spotřebiteli řádně recyklovány, také tisk může být zátěží pro ŽP)
- 5. Zavádění ekologicky šetrných energetických postupů** → přechod na využívání obnovitelných zdrojů energie = snížení výrobních nákladů + dopadů na ŽP + nižší využití neobnovitelných surovin
- 6. Používání emisně šetrných přepravních postupů** → nepřevážovat na velké vzdálenosti suroviny, které mohou získat blíže/lokálně, neposílat jednotlivé zakázky – odesílat zboží hromadně ← volbu ekologické přepravy lze nabízet i zákazníkům (delší doba přepravy, slučování objednávek)
- 7. Podpora „zeleného spojení“** → společnosti se mohou stát součástí zelené aliance = dary určené neziskovým nebo aktivistickým organizacím zaměřeným na ŽP, které čerpají ze solidarity spotřebitelů
- 8. Investice do místní komunity** → marketingové kampaně, kdy společnosti investují do místních komunit = sponzorování místního recyklačního programu, darování udržitelné infrastruktury – kompostéry, solární panely apod. místním občanům, školám atd. → tyto iniciativy jsou většinou velmi úspěšné a zvyšují image společnosti

# Environmentální značení a prohlášení

---

- Ekoznačky a environmentální prohlášení jsou prvky, kterými lze podpořit zelený marketing produktů
- Jedná se o **celosvětově uplatňovaný koncept dobrovolných informačních nástrojů** environmentálního managementu, jež jsou zastřešeny mezinárodními normami ISO řady 14020
- Jejich podstatou je **hodnocení vlastností výrobků a služeb (produktů) s ohledem na jejich vliv na ŽP** ↔ environmentální značka/prohlášení je tvrzení poukazující na environmentální aspekty produktu
- Cílem environmentálních značek a prohlášení je **povzbudit poptávku po produktech/nabídku produktů prokazatelně šetrnějších k ŽP** ← průkaznost dána prostřednictvím sdělování ověřitelných, přesných a nezavádějících informací o environmentálních aspektech produktů



# Environmentální značení a prohlášení

---

- V ČR zastřešuje oblast environmentálního značení

## **Národní program environmentálního značení NPEZ**

- *Vznik* (schválení zastřešujícího systému) → 3.1.2007, Usnesení vlády č. 26/2007
- *Návrh Pravidel* NPEZ → Usnesení vlády č. 356/2007 (fungování a organizačního zabezpečení NPEZ, požadavky na podniky v souvislosti s EPD, pravidly pro produktovou kategorii atd. – doplněno a rozšířeno ve Věstníku MŽP č. 8/2007)
- **Typy environmentálního značení**
- **Typ I – ekoznačení (ecolabelling)**
  - ✓ Podle usnesení vlády č. 159/1993 Národní program označování ekologicky šetrných výrobků
  - ✓ Podle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) o ekoznačce EU č. 66/2010
- **Typ II – vlastní environmentální tvrzení (self-declared environmental claim)**
- **Typ III – environmentální prohlášení o produktu (environmental product declaration = EPD)**

# Environmentální značení a prohlášení

## ➤ Základní charakteristiky značek a prohlášení

Typ	Typ I	Typ II	Typ III
ISO norma	ISO 14024	ISO 14021	ISO 14025
Charakter	Zn. ekologicky šetrné produkty → předem stanovená kritéria v rámci určité produktové kategorie	Ověřitelné environmentální tvrzení výrobce o produktu bez certifikace třetí stranou	Třetí stranou certifikované tvrzení zahrnující celý životní cyklus → srovnání produktů shodných funkčních vlastností
Určení	Konečný spotřebitel	Konečný i průmyslový spotřebitel	Průmyslový spotřebitel, velkoobchod příp. konečný spotřebitel
Aplikace LCA	Kritéria zohledňující celý životní cyklus	Není podmínkou	Založeno na LCA (ISO 14040 a ISO 14044 )
Ověření třetí stranou	Ano	Není však vyloučené	Ano
Značka/logo	Ano	Možné	Ano

# Environmentální značení – střípky z historie

- **Označování** produktů příznakem **méně poškozující ŽP** jde ruku v ruce s růstem zájmu o ochranu ŽP, ale i snahy firem využít takové deklarace k zvýšení své prestiže a zisku ← **konec 60. let a 70. léta 20. století**
- **S růstem počtu** takto označovaných **úspěšných výrobků** však rostl také počet výrobků, jež firmy vydávaly za ekologicky šetrnější, aniž by s nimi bylo nějaké skutečné snížení negativního dopadu na ŽP spojeno → tak se objevil pojem **greenwashing** a dokonce i silnější **brainwashing**
- Reakce = snaha o **vytvoření mezinárodních standardů pro věrohodné informování** o produktech s nižším dopadem na ŽP → následně vznik programů environmentálního značení ekoznačení a prohlášení
- **První** program ekoznačení = „**Modrý anděl**“ (Der Blaue Engel), 1978, Německo → úspěch, odrazový můstek pro následovníky = „Environmental Choice“, 1988, Kanada – „Green Seal“ = první **nestátní program**, 1989, USA - „Eco Mark“, 1989, Japonsko atd.
- První **nadnárodní program ekoznačení** = „**Nordic Swan**“, 1989; Norsko, Švédsko, Finsko, Island a 1997 se připojilo Dánsko
- **Společný program ekoznačení Evropské unie** = „EU Ecolabel“ = „Ekoznačka EU“, 1992
- **Národní program označování výrobků ochrannou známkou** = „Ekologicky šetrný výrobek“, 1994, ČR
- 1994 → založena nezisková nevládní organizace **Global Ecolabelling Network (GEN)**
  - ✓ sdružuje národní i mezinárodní programy ekoznačení z celého světa
  - ✓ cíl → vylepšovat, propagovat a rozvíjet ekoznačení výrobků a služeb

# Environmentální značení – zásady

---

Informační dokument GEN (Introduction to ecolabelling) uvádí tyto **základní principy environmentálního značení**:

1. Dobrovolná účast
2. Soulad s právními normami, zejména těmi týkajícími se životního prostředí
3. Zahrnutí hodnocení použitelnosti produktů, aby kromě šetrnosti k životnímu prostředí dobře sloužily svému účelu
4. Založení značení na solidních vědeckých a technických zásadách (podložení ověřitelnými fakty)
5. Nastavení hodnotících kritérií tak, aby vystihovala vlastnosti nejlepších produktů ve své kategorii (srovnatelnost)
6. Kritéria musí být věrohodná, relevantní, splnitelná a měřitelná
7. Nezávislost – nezávislý a důvěryhodný certifikační orgán
8. Otevřený a odpovědný proces certifikace
9. Flexibilita – revize a aktualizace kritérií či kategorií s ohledem na technologický vývoj a vývoj na trhu
10. Soulad se zásadami norem řady ISO 14020

# Environmentální značení **typ I – ekoznačka**

- **Ekoznačení = ecolabelling** = označování produktů, které jsou **prokazatelně šetrnější k ŽP a k zdraví spotřebitele**, přičemž je posuzován **celý životní cyklus produktu**
- Kvalita či **užitná hodnota produktů** přitom **musí zůstat zachována**, neboť užitné vlastnosti jsou rovněž testovány akreditovanými laboratořemi

***Dobrovolný program třetí strany zakončený udělením licence opravňující k používání environmentálních značek na produktech***

- Norma **ISO 14024** → stanoví **zásady a postupy pro značení ekoznačkami typu I** a také **certifikační postupy pro udělování** těchto značek
- Produkt ucházející se o ekoznačku musí **splnit předem stanovená kritéria**, která jsou dána **pro určitou produktovou skupinu** a jsou **ověřena třetí stranou**
- ✓ **Kritéria pokrývají celý životní cyklus výrobku** → hodnotí např. udržitelnost vstupních surovin, omezení používání nebezpečných látek, nižší energetickou náročnost, redukci emisí do různých složek ŽP, recyklovatelnost výrobku na konci jeho životního cyklu nebo možnost využití třídění odpadu z produktu atp.
- ✓ Proces **ověřování** vždy musí být prováděn nezávislou třetí stranou → ověření musí být důsledné, nestranné a spolehlivé
- ✓ Produktu je po ověření splnění všech kritérií udělena environmentální značka, kterou smí výrobce umístit na výrobek, do propagačních materiálů atd.

# Environmentální značení **typ I – ekoznačka**

---

**Ekoznačka** = stylizované písmeno „e“ s nápisem „**Ekologicky šetrný výrobek**“ či „**Ekologicky šetrná služba**“ a identifikačním číslem ← první dvojčíslí uvádí číslo směrnice odpovídající kategorii produktu, za pomlčkou je pak pořadové číslo výrobku v rámci příslušné produktové kategorie

**CENIA** = *Česká informační agentura životního prostředí* → organizace, která zprostředkovává udělování ekoznaček Ekologicky šetrný výrobek/služba ← vede celou **agendu** udělování ekoznačky spolu s aktuálními **seznamy** označených produktů a zajišťuje průběžnou **revizi a aktualizaci** kategorií produktů a příslušných kritérií (v závislosti na nových technologiích, environmentálních informacích, změnách na trhu atd.)

Informace o značce Ekologicky šetrný výrobek/služba, již udělených licencích nebo způsobu certifikace lze nalézt na <https://www.ekoznacka.cz/>

# Environmentální značení **typ I – ekoznačka**

## ➤ **Co značka „Ekologicky šetrný výrobek/služba“ přináší spotřebiteli?**

- ✓ Poskytne srozumitelnou a věrohodnou informaci o provedení environmentálního hodnocení produktu a o jeho vlastnostech
- ✓ Usnadní spotřebiteli orientaci v množství produktů s obdobnými technickými a užitnými vlastnostmi z pohledu šetrnosti k ŽP
- ✓ Garantuje, že u označeného produktu bylo provedeno hodnocení jeho vlastností, na jehož základě lze osvědčit minimalizaci nepříznivých dopadů produktu na ŽP, přírodní zdroje a zdraví spotřebitele (např. riziko vzniku alergické reakce apod.)

## ➤ **Co tato značka znamená pro výrobce?**

- ✓ Pomůže zlepšení image společnosti
- ✓ Přispěje k marketingovému náskoku před konkurencí
- ✓ Může pomoci k lepším podmínkám při exportu (značka EU)
- ✓ Díky značce může být snadnější splnit podmínky veřejných soutěží → lepší uplatnitelnost ve státních zakázkách a výběrových řízeních ve smyslu Usnesení vlády č. 465/2010 na podporu prodeje a užívání ekologicky šetrných výrobků
- ✓ V neposlední řadě zvýšení odbytu takto označených produktů

# Environmentální značení **typ I – ekoznačka**

---

- Prostřednictvím **mezinárodního programu ekoznačení Evropské unie** jsou od roku **1992** označovány produkty prokazatelně šetrnější k životnímu prostředí rovněž ***Ekoznačkou EU***
- Ekoznačka EU může být **udělena produktům na trhu celé Evropské unie** (na rozdíl od značky Ekologicky šetrný výrobek/služba)
- Tato značka umožňuje **propagaci produktu po celé Evropě**
- Pro udělování evropských ekoznaček má každý členský stát EU určen subjekt (v rámci státní správy nebo mimo ni), který zajišťuje plnění požadavků Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 66/2010 o ekoznačce EU a zaručuje nezávislost, neutralitu a transparentnost celého procesu
- **Ověřování** zajišťuje i v tomto případě **nezávislá třetí strana**
- Zprostředkovatelem udělení Ekoznačky EU je opět **CENIA**
- Logo Ekoznačky EU má podobu stylizované ***květiny se symbolem € uprostřed*** a nápisem EU Ecolabel a její nedílnou součástí je rámeček s číslem licence v požadovaném tvaru
- Program ekoznačení EU je **součástí světové sítě GEN** – Global Ecolabelling Network, která sdružuje organizace zabývající se označováním ekologicky šetrných produktů z celého světa



# Environmentální značení/prohlášení **typ II**

- **Vlastní environmentální tvrzení** = typ II environmentálního značení = **dobrovolný informační nástroj**, jenž může mít podobu sdělení, značek nebo obrazců, poukazující na výrobek, jeho část, obal, činnost či službu organizace z hlediska dopadu na ŽP
- Je určitým **druhem reklamy** → sdělení, značky či obrazce jsou umístěny na výrobek, obal, do propagačních materiálů (tištěných, elektronických) atd., aby *sdělovali informace o příznivých environmentálních vlastnostech* produktu zájmovým skupinám, především spotřebiteli
- **Vydání** → *výrobci, dovozci, distributoři, maloobchodníci* nebo jakákoliv další osoba, která by mohla mít z takového tvrzení prospěch

***Tvrzení je vyhlášováno bez certifikace nezávislou třetí stranou a environmentální aspekty prokazující příznivost produktu k ŽP vyhlášovatel vybírá a formuluje sám***

- **Norma ISO 14021** → jasná a transparentní pravidla pro sestavení typu II environmentálního značení
  - Specifikuje požadavky na vlastní environmentální tvrzení
  - Popisuje obecnou metodiku hodnocení a ověřování
  - Uvádí související terminologii a vymezuje její použití
- ✓ **Použití normy je dobrovolné**, odkaz na ni může **zvýšit prestiž** environmentálního tvrzení
- ✓ Pokud se vlastní environmentální *tvrzení na normu odkazuje, je pro něj závazná*

# Environmentální značení/prohlášení **typ II**

- Pro podporu II. typu značení vydala **CENIA příručku „Vlastní environmentální tvrzení aneb férová ekoreklama v praxi“**, která by měla spolu s normou pomoci efektivně využívat nástroje vlastního environmentálního tvrzení
- Vlastní environmentální tvrzení využíváno výrobcí/poskytovateli služeb, kteří chtějí podpořit odbyt svých produktů s pozitivními environmentálními aspekty, ale nemohou využít označení v rámci typu I nebo III (např. neexistující produktová kategorie ← výjimečný produkt)
- **Hlavní zásady pro tvorbu vlastních environmentálních tvrzení** (dle příručky CENIA a normy ISO 14021)
  - ✓ Vlastní environmentální tvrzení musí být *přesná, ověřitelná, relevantní, doložitelná a nezavádějící*
  - ✓ Environmentální tvrzení musí být *podloženo údaji* získanými postupem, který je *dostatečně důkladný a vyčerpávající* a jehož výsledky jsou *přesné a reprodukovatelné*, aby dostatečně tvrzení podpořily
  - ✓ *Informace* o postupu, metodice a všech kritériích použitých pro podporu environmentálních tvrzení, *musí být veřejně dostupné* nebo poskytnuty na vyžádání
  - ✓ Formulace environmentálních tvrzení *má brát v úvahu všechny náležité aspekty životního cyklu zboží či služeb*, ačkoli není nezbytné provádět samotnou analýzu celého životního cyklu

# Environmentální značení/prohlášení **typ II**

## ✓ **Obecné pokyny**

- **Obecná tvrzení o přínosu pro ŽP či o udržitelnosti jsou nepřipustná** → „přátelský k životnímu prostředí“, „zelený“, „neznečišťující“, „přátelský k ozonu“, „přítel přírody“, „vyrobena ekologicky“, „udržitelný“, „ekologický“ „bioprodukt“ (v případě, že nejde o produkt ekologického zemědělství) nebo „ekologicky šetrný výrobek“ (v případě, že nemá ekoznačku)
- Je třeba **zabránit špatné interpretaci** = eliminace neurčitosti, stylisticky přesné texty, vysvětlující prohlášení atd.
- Je třeba vyhlásit jen environmentální tvrzení, jejichž **pravdivost lze doložit**
- Je třeba **zajišťovat aktualizaci** environmentálních tvrzení v souladu se skutečností
- ✓ V případě **použití grafických symbolů** nesmí vyvolat falešný dojem, což se týká i symbolů s přírodními motivy × *žádoucí je připojení recyklační značky* (pokud je relevantní) doplněné číselným údajem o recyklovaném podílu apod.
- ✓ **Srovnávací tvrzení** = základ řady značení typu II → srovnávat skutečně srovnatelné produkty, být konkrétní při vyčíslení zlepšení (nestačí relativní hodnoty)
- ✓ V normě jsou uvedena vhodná **specifická tvrzení**, jichž lze při sestavování vlastního tvrzení využít → je třeba zvážit jejich obsah, aby byl v souladu s produktem = Kompostovatelný; Degradovatelný; Snížená spotřeba energie; Snížená spotřeba vody; Opakovaně použitelný a opakovaně naplnitelný; Recyklovatelný atd.
- **Hodnocení** → zodpovědnost vyhlášovatele → přednost standardizované metody
- **Přístup k informacím** → zodpovědnost vyhlášovatele → musejí být transparentní a každý musí mít možnost si je ověřit, nesmějí podléhat např. obchodnímu tajemství
- **Ověření a registrace** → nezávislé ověření zvyšuje důvěryhodnost vyhlášovatele/vyhlášení ← může zajistit CENIA

# Environmentální značení/prohlášení **typ III EPD**

- **Environmentální prohlášení typ III** → informační a komunikační prostředek subjektů pohybujících se na trhu o environmentálních parametrech svých produktů = *kvantifikované environmentální informace zahrnující celý životní cyklus produktu určené ke srovnání produktů plnících stejnou funkci, vytvořené podle předem stanovených požadavků (předem stanovené parametry) a nezávisle ověřené třetí stranou*
- **Zásady vypracování EPD (dle ISO 14025)**
  - ✓ Řízení se normami → *ISO 14025 Environmentální značky a prohlášení – Environmentální prohlášení typu III* doplněna *ISO 14020 Environmentální značky a prohlášení – Obecné zásady*
  - ✓ *Dobrovolnost* → vývoj a používání environmentálních prohlášení o produktu jsou dobrovolné
  - ✓ *Založení EPD na životním cyklu* → musí se vzít v úvahu a do prohlášení zahrnout všechny relevantní environmentální aspekty v rámci celého životního cyklu (omezení musí být zdůvodněna)
  - ✓ *Modularita* → při sestavování LCA možno využít informačních modulů pro části, materiály a vstupy zahrnuté do životního cyklu produktu
  - ✓ *Zapojení zainteresovaných stran* do vývoje environmentálních prohlášení
  - ✓ *Porovnatelnost* → environmentální profily produktů jsou porovnatelné na základě posouzení celého životního cyklu *Ověřování* → nezávislý akreditovaný ověřovatel ← přezkoumání PCR, LCI, LCA
  - ✓ *Flexibilita* → možnost zapojení širokého okruhu subjektů
  - ✓ *Transparentnost* → dostupnost pravidel pro tvorbu EPD

# Environmentální značení/prohlášení **typ III EPD**

## ➤ Hlavní cíle EPD

- ✓ **poskytovat informace** založené na metodě posuzování životního cyklu (LCA), a tím umožnit **posouzení environmentálních dopadů produktů v rámci jejich celého životního cyklu**
  - PCR (Product Category Rules) – **Pravidla produktových kategorií** ← pravidla a postupy pro shromažďování a výpočet údajů uváděných EPD (založených na LCA) pro **skupinu výrobků plnících tutéž funkci** = určitou produktovou kategorii ← umožňují provádět srovnání mezi různými EPD
  - Veškeré **údaje** v EPD musí být **nezávisle** (interně/externě) **ověřeny** → pokud je EPD použito pro komunikaci se spotřebiteli, musí být ověření provedeno odborně způsobilou, nezávislou třetí stranou
- ✓ pomáhat uživatelům produktu/zajímavým stranám **udělat si srovnání mezi produkty** na základě hodnověrných informací (tato prohlášení nejsou porovnávacími tvrzeními)
  - EPD je určeno **především k mezipodnikové komunikaci** (B2B), avšak není vyloučeno ani použití ve vztahu ke konečným spotřebitelům (B2C) ← na rozdíl od značení I. a II. typu je EPD založeno na LCA = podává kvantifikovanou výpověď o environmentálních aspektech daného produktu
- ✓ podpořit **zlepšování environmentálního profilu** produktů/organizací
  - EPD vychází z LCA, což vylučuje přesouvání environmentálních zátěží mezi jednotlivými fázemi životního cyklu produktu = **objektivita a transparentnost**

# Environmentální značení/prohlášení **typ III EPD**

---

## ➤ **Pětikrokový postup udělení EPD**

- ✓ Určení vhodné produktové kategorie a PCR pro daný produkt
- ✓ Sestavení LCA studie dle požadavků PCR
- ✓ Transformace údajů z LCA do formuláře EPD
- ✓ Ověření PCR/LCA/EPD
- ✓ Vydání a registrace EPD

## ➤ **Které části EPD obsahuje?**

- ✓ rozsah environmentálního prohlášení typu III
- ✓ popis organizace
- ✓ popis produktu
- ✓ prohlášení o environmentálním profilu produktu
- ✓ informace od organizace
- ✓ informace od nezávislého ověřovatele

# Environmentální značení/prohlášení **typ III EPD**

## ➤ Které části EPD obsahuje?

- ✓ *rozsah environmentálního prohlášení* typu III → jmenuje produkt a udává, jaká část životního cyklu je předmětem EPD (od kolébky po bránu/po hrob), identifikace CPR
- ✓ *popis organizace* → vedle názvu a identifikace např. i informace o zavedení systému EM nebo řízení kvality, popis výrobního programu apod.
- ✓ *popis produktu* → podrobně včetně technických parametrů apod., identifikace hranic systému
- ✓ *prohlášení o environmentálním profilu produktu* → **hlavní část EPD** =
- ✓ *informace od organizace* → veškeré další informace důležité pro zainteresované strany včetně např. způsob nakládání s produktem po skončení jeho funkčnosti (recyklace, zpětný odběr apod.) nebo způsob údržby atd.
- ✓ *informace od nezávislého ověřovatele* → akreditace ověřovatele, datum ověření, období platnosti ověření (certifikace) a číslo registrace
- ✓ *doplňující informace* → např. u EPD určených pro spotřebitele musí být uvedeno, kdy může získat doplňující informace, kontakty apod./pro jiné zainteresované strany např. informace o účasti organizace v recyklačních programech či environmentálních certifikačních programech apod.

- **Životní cyklus** musí být rozdělen minimálně na 3 fáze výroby/užívání/konec životního cyklu
- Pro jednotlivé fáze musí být v EPD deklarováno
- ✓ Údaje z LCI v souladu s PCR
- spotřeba zdrojů, energie, vody a obnovitelných zdrojů
- emise do ovzduší, vody, půdy
- ✓ Výsledky indikátorů hodnocení dopadů z LCIA
- globální kategorie: potenciál globálního oteplování (GWP), úbytek stratosférického ozónu (ODP)
- regionální/lokální kategorie: acidifikace (AP), eutrofizace (EP), fotochemická tvorba ozonu (POCP), spotřeba fosilních surovin (ADP), využívání vody (potenciál nedostatku WDP)
- ostatní údaje jako jsou množství a druhy produkovaných odpadů (nebezpečné, radioaktivní ostatní)
- ✓ V případě, že je to relevantní mohou EPD deklarovat i doplňkové kategorie dopadu (dopady na biodiverzitu, toxicitu, rizika pro lidské zdraví) apod.

# Environmentální značení **typ III EPD**

- EPD je především **tržním informačním a komunikačním prostředkem subjektů o environmentálních parametrech produktů**
- ***Ke komunikacím založeným na ekonomických informacích a stále více na údajích o kvalitě tak přistupuje třetí informační pilíř – environmentální vlastnosti produktů***
- **Jak může organizace využít EPD?**

## ➤ ***Interní využití***

- ✓ Identifikace a kvantifikace vlastních energetických a materiálových toků → zefektivnění spotřeby surovin/materiálů a nalezení možných úspor energií a paliv → snížení nákladů na výrobu či provoz
- ✓ Identifikace míst vhodných ke zlepšení a snížení environmentálních dopadů
- ✓ Proces přípravy EPD se částečně překrývá s EMS → může vést k dalším certifikacím
- ✓ Zlepšení vnitropodnikové komunikace ↔ prezentace informací týkajících se uhlíkové a vodní stopy
- ✓ **Podněty pro produktový vývoj a ekodesign**

## ➤ ***Externí využití***

- ✓ Produkty se značkou EPD propaguje MŽP a NPEZ agentura CENIA
- ✓ Mezinárodní propagace → zveřejnění registrovaní EPD na portálu [www.environdec.com](http://www.environdec.com)
- ✓ Otevřená prezentace vnitropodnikových procesů a zájmu environmentální a ekonomickou šetrnost produktů → posílení důvěry u obchodních partnerů
- ✓ EPD je tržně orientovaný nástroj ↔ **získání konkurenční výhody, získání náročného spotřebitele, usnadnění vstupu na zahraniční trhy**
- ✓ Vhodný nástroj komunikace s veřejností (PR) ↔ pravdivost, ověřitelnost, transparentnost



# Environmentální značení a prohlášení

## ➤ Přehled výhod používání všech tří typů environmentálního značení a prohlášení (dle materiálů MŽP)

Typ	Typ I ekoznačka	Typ II vlastní tvrzení	Typ III EPD
Výhody pro výrobce/ poskytovatele služeb	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vysoká důvěryhodnost (garance státu)</li> <li>➤ Uznání ve veřejných soutěžích</li> <li>➤ Uznávání při označování shody (CE) výrobků spojené se spotřebou energie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Používání dle vlastní úvahy = nezávislost na součinnosti s vnějšími stranami/certifikačními orgány</li> <li>➤ Flexibilita = druh produktu, načasování a trvání uveřejnění, změny a modifikace</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vhodné pro progresivní výrobce = konkurenční výhoda</li> <li>➤ Uznávání při označování shody (CE) výrobků spojené se spotřebou energie a stavebních výrobků</li> </ul>
Výhody pro stát	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ V souladu s dalšími politikami může ovlivňovat výběr produktových kategorií</li> <li>➤ Zvýšením účinnosti ekoznačení může ovlivňovat spotřební vzorce a snižování zátěže ŽP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Nevyžadují zapojení státu - mimo dohled nad klamavou reklamou a zavádějícími tvrzeními</li> <li>➤ Podněcováním výrobců k zelenému marketingu může bez nákladů podporovat udržitelnou spotřebu a výrobu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Zvyšováním podpory přístupů z hlediska životního cyklu = poskytnutí možnosti širší uplatnění ekodesignu a strategií udržitelné spotřeby a výroby výrobcům</li> </ul>
Výhody pro spotřebitele	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vysoká důvěryhodnost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Zvýšená důvěra k „zeleným“ prohlášením</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Průmyslový partner = důvěra v deklarované aspekty produktu</li> <li>➤ Konečný spotřebitel = možnost seznámení se s těmito aspekty</li> </ul>
Výhody ze synergie ze společného zastřešujícího programu	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Účinnější společná propagace</li> <li>➤ Koordinace a iniciace aktivit na podporu výzkumu a vývoje všech tří typů značení a prohlášení</li> <li>➤ Koordinace a iniciace aktivit v oblasti environmentálního vzdělávání, výchovy a osvěty</li> <li>➤ Koordinace podpor a iniciativ mezi všemi zainteresovanými stranami</li> <li>➤ Koordinace a harmonizace mezi národním programem a programem ekoznačení EU; a programy pro EPD</li> <li>➤ V případě zájmu výrobce o ekoznačku pro produkt nebo službu vně vhodných produktových kategorií = převedení jeho zájmu ke značení typu II nebo III</li> </ul>		

# Ekodesign – možná si pamatujete z dřívějška

---

**Ekodesign = ekonomický + ekologický**

**Ekodesign** = jako systematický proces navrhování a vývoje výrobků, jenž klade velký důraz na dosažení minimálního negativního dopadu výrobku na životní prostředí v průběhu celého životního cyklu výrobku, přičemž musí zůstat zachovány klasické vlastnosti produktu, jako je funkčnost, bezpečnost, technická proveditelnost, estetický aspekt, ergonomie atd.

# Ekodesign

---

- Slovo **design** v češtině chápáno jako **vzhled výrobku**, zde je však třeba vycházet z angličtiny, kde může mít i podobu slovesa vyjadřujícího **vlastní proces vývoje, návrhu a konstrukce výrobku**

**Design** = *vývoj výrobku, kdy se rozhoduje o materiálech, technologiích a životnosti výrobku* → **určuje environmentální dopady produktu** ↔ konstruktér/designér/vývojář  
*určuje životní cyklus výrobku* ↔ **konstruktér by měl pečlivě a systematicky integrovat environmentální hlediska do činností spojených s vývojem produktu** = **ekodesign**

## ➤ Střípky z historie

- ✓ Analýzy zhoršujícího se ŽP → 80. letech 20. století ← **nejlepší způsob ochrany ŽP je prevence** = hledání a likvidace příčin znehodnocování ŽP
- ✓ Vyústilo ve **strategii čistší produkce** = hledání a likvidace příčin ve výrobních procesech ← výrobní procesy jsou určovány charakterem výrobků → **90. léta 20. století výrobkově orientovaná environmentální politika**
- ✓ Změny v návrhu výrobku → časté **zaměření na zlepšení jedné důležité vlastnosti** → **design pro ... = DfX**

# Ekodesign

---

## ✓ Design pro (DfX)

- ✓ Design pro bezpečnost → Design for Safety = DfS
- ✓ Design pro podporu kvality → Design for Quality = DfQ
- ✓ Design pro jednoduchou vyrobiteľnosť dílů při minimalizaci výrobních nákladů → Design for Manufacturing = DfM
- ✓ Design pro redukce počtu dílů za účelem zjednodušení montáže (demontáže, oprav) → Design for Assembly = DfA
  - ❖ také kombinace Design for Manufacturing and Assembly = DfMA
- ✓ Implementace požadavků zákazníka do návrhu produktů → Quality Function Deployment = QFD
- ✓ Design ve vztahu k zadaným nákladovým cílům → Design to Costs = DtC
- ✓ Design ve vztahu ke konečné ceně výrobku akceptovatelné zákazníkem → Target Costing = TC
- ✓ Design pro ŽP → Design for Environment = DfE

## ✓ Za počátek existence ekodesignu na trhu se považuje rok **1992**

- ❖ Na *veletrhu v Hannoveru* německá firma *Wilkhahn Ltd* představila **otočnou kancelářskou židli** zkonstruovanou dle zásad ekodesignu → **všechny použité materiály byly označeny** materiálovou identifikační značkou; byly **nahrazeny toxické látky** = *lepidla* (mechanické spoje = zároveň rychlé opravy i demontáž), pěnová náplň židle vyrobena *bez použití freonů, barviva neobsahovala těžké kovy*; vybudován **system zpětného odběru** vyřazených židlí → demontáž a opětné využití *recyklovaných materiálů* ve výrobě → zájem výrobek ze strany spotřebitelů vedl k nárůstu prodeje

1998 → návrh zařadit DfE = ekodesign do souboru norem ISO řady 14000 ↔ ČSN EN **ISO 14006:2020 Systémy environmentálního managementu – Směrnice pro začleňování ekodesignu**

# Ekodesign

---

***Ekodesign = proaktivní přístup k environmentálnímu řízení vývoje výrobku s cílem začlenit environmentální hlediska do procesu vývoje, minimalizovat dopady na ŽP a zachovat užité funkce výrobku, jenž vyžaduje multioborový přístup (znalost materiálů, procesů, logistiky, recyklace i dopadů na ŽP)***

- V uplynulých 2-3 desetiletích byla vyvinuta řada **přístupů a metodik podporujících implementaci ekodesignu do systému návrhu výrobků** výrobních společností
- Pro úspěšnou aplikaci ekodesignu v podnicích je **potřeba, aby dobře fungovaly strategické, taktické i operativní aktivity podniku:**
  - ✓ **Strategické** (manažerské) rozhodování = *stanovení cílů a očekávání* (výrobních, obchodních, environmentálních atd.) → implementace ekodesignu na strategické úrovni vytváří *základ, cíle a zdroje* v organizaci, aby byl proces ekodesignu úspěšný
  - ✓ **Taktické stanovení priorit dobrých záměrů vedení**
    - výběr prioritních projektů ekodesignu
    - volba metod a nástrojů a jejich integrace do procesu vývoje výrobku
    - aktualizace procesu vývoje výrobku tak, aby zahrnoval environmentální hlediska → tvorba a zavádění prováděcích plánů ekodesignu
  - ✓ **Vlastní vývoj výrobků** = provozní implementace ekodesignu

# Ekodesign – metody a nástroje

- **Metody a nástroje ekodesignu** → dnes je jich na 150 = **systematické prostředky pro řízení a realizaci ekodesignu na provozní úrovni** ← nejčastěji užívány ve fázích **formulace funkční podstaty produktu a návrhu produktu** procesu vývoje výrobku = **největší možnosti zlepšení**
- **Podle hlavního účelu** lze metody a nástroje zařadit do tří hlavních skupin:
  - ✓ **Preskriptivní** → Poskytují obecné postupy – možnost volby z předem stanoveného souboru osvědčených postupů pro minimalizaci dopadů na ŽP
  - ✓ **Srovnávací** → Porovnávají výkonnost různých výrobků, koncepcí nebo alternativních návrhů výrobku
  - ✓ **Analytické** → Identifikují možnosti zlepšení prostřednictvím posouzení nejvýznamnějších environmentálních aspektů



<b>Analytické</b>	Eco-QFD STRETCH	Eco-roadmap	Eco-function matrix	LCA Environmental effect analysis (EEA)		EcoValue
<b>Srovnávací</b>		EcoBenchmarking	LiDs wheel	DfE matrix MECO matrix		Eco communication matrix
<b>Preskriptivní</b>			Ten golden rules	EcoDesign pilot		

# Ekodesign – metody/nástroje a využití LCA

- **LCA si v průmyslu získalo široké uznání jako důvěryhodná metoda kvantifikace environmentálních aspektů a potenciálních dopadů životního cyklu výrobků** a jako taková je dobře využitelná v souvislosti s ekodesignem k vývoji produktů s nižším dopadem na ŽP
- **Pochybnosti panující ohledně využitím LCA v ekodesignu**
- ✓ **Rozpor mezi možnostmi a znalostmi**
  - počáteční fáze návrhu výrobku → velký prostor pro možnosti ovlivnit design a začlenit do návrhu environmentální aspekty ✗ nedostatek znalostí o budoucím produktu a procesech vedoucích k jeho výrobě
  - pozdější fáze vývoje → existuje více dat (znalostí) pro modelování LCA ✗ avšak prostor pro změny návrhu se zmenšuje
  - Pokud existuje předchozí výrobek nebo obdobný výrobek konkurence, je vhodné provést jeho LCA již v počátečních fázích návrhu produktu
- ✓ **Znalosti a kompetence konstruktéra** → příprava LCA i návrh výrobku jsou vysoce odborné činnosti vyžadující řadu odlišných znalostí ← je otázkou priorit vedení, jak bude potřeba spojení dvou odborníků řešena
- ✓ **Vývoj zcela nového výrobku** ← bez předchozí verze nebo možnosti srovnání s konkurencí → LCA hraje spíše vedlejší roli
- ✓ **Nesprávné chápání rozsahu a přínosu LCA** → není možné zlepšit vývoj/ekodesign výrobku jen na základě analýzy jeho environmentální výkonnosti provedené pomocí LCA → je třeba spojit analýzu poskytnutou LCA se syntézou vývoje výrobku ← **využití ekodesignových nástrojů**
- ✓ **Vyžadování konkurenčních přístupů** → někdy zaznívají názory, že klasické LCA je příliš konzervativní a je třeba použít přístup pro cyklus od kolébky ke kolébce ← i klasické LCA však dokáže odhalit problematická místa a pomoci tak ekodesignu

# Ekodesign – metody/nástroje a využití LCA

- Praktické využívání ekodesignu odhalilo potřebu **zjednodušení komplexních projektů vývoje produktu** → vývoj řady tzv. **zjednodušených LCA (simplified-LCA)** = poskytují **obdobný typ výsledků**, pokrývají celý **životní cyklus**, ale poněkud **zjednodušeným způsobem** (někdy jen kvalitativní nebo semikvantitativní hodnocení), čímž jsou výrazně **levnější a časově méně náročné**
  - ✓ K jistému ulehčení dochází např. **při sběru dat**, kdy mohou být údaje náročné na zdroje nahrazeny **podloženými informacemi** z různých podnikových směrnic, seznamů preferovaných typů dopravy, blacklistů materiálů apod.
- ✓ **Zjednodušené LCA** je tak **nástrojem pro identifikaci "horkých míst"** a zdůraznění **klíčových příležitostí pro zlepšení** ve vztahu k ŽP
- ✓ Zjednodušené LCA jsou **využitelné zejména u jednodušších produktů nebo obalů**
- ✓ V případě **složitých produktů** (mnoho součástí, materiálů atd.) se uplatní **v prvních fázích vývoje** výrobku → ve fázi **dalšího zlepšování již vyvinutého/existujícího výrobku** je lépe využít **úplné studie LCA**
- Vedle zjednodušených LCA lze využít i dalších nástrojů ekodesignu, jako jsou **kontrolní seznamy** (Edodesign checklist method ECM), **matice návrhu** (MET matrix, MECO matrix, environmentally responsible product assessment matrix ERPA) apod. ← vše v závislosti na povaze a složitosti výrobku
- Pro vývoj výrobku se však **nesmí zapomínat ani na údaje z oblasti nákladů, výkonů, práva** apod.



# Ekodesign – proces ekodesignu

- **Proces ekodesignu** = Zlepšování životního prostředí prostřednictvím vývoje výrobků Dánské technické univerzity → sedm obecných kroků k zavedení ekodesignu ← vytvořeno na základě podrobné analýzy jiných existujících přístupů a řady zkušebních implementací v průmyslu
- **Jak sedmikrokový přístup ekodesignu funguje?**
- ✓ Postup **odděluje environmentálně zaměřený vývoj od běžných úkolů vývoje výrobku** ← prostor pro inovace = možnost zaměření se výhradně na otázky ŽP
- ✓ **Na konci přístupu je pak třeba odborně posoudit, jak začlenit tento postup do procesu vývoje výrobku dané organizace** ← odborník z praxe
- ✓ V projektu je stanoven **referenční výrobek**
  - Již existující výrobek, pro nějž má být nalezeno environmentální zlepšení (snadnější varianta)
  - Vyvíjený výrobek (náročnější posouzení životního cyklu)
- ✓ Prvních **6 kroků** pak slouží k
  - Získání hrubého *přehledu o environmentálních problémech* referenčního výrobku
  - Získání *detailního přehledu* o environmentálních aspektech, včetně *používání výrobku* a názoru uživatelů
  - Vytvoření koncepcí, které povedou ke zlepšení životního prostředí
  - Vytvoření perspektivních návrhů environmentálních strategií vývoje produktu
- ✓ **Sedmý krok** poskytuje **rámec pro systematické začlenění navrhovaných environmentálních zlepšení do procesu vývoje výrobku**

# Ekodesign – proces ekodesignu

## Krok 1 Kontext použití produktu

- **Popis funkčnosti výrobku pro uživatele = měřítko pro následná rozhodnutí a porovnávání alternativních koncepcí**
- K čemu je výrobek určen, co dělá?
- Pro koho je určen?
- Jak dlouho a jak často bude užíván?
- Kde bude užíván?

## Krok 2 Přehled dopadů

- **Charakterizace životního cyklu a všech dopadů do ŽP:**
- fáze suroviny a materiály
- fáze výroba (vlastní, montáže z dílů)
- doprava (od dodavatele i k uživateli)
- užívání (vč. instalace nebo údržby)
- likvidace (včetně recyklací či zvážení legislativních nároků)

## Krok 3 Ekoprofil produktu

- **Kategorizace dopadů a nalezení příčin a fyzikálních vztahů = možnost nalezení prioritních oblastí = uspořádání dopadů do skupin v rámci fází životního cyklu (MECO)**
- materiály (zdroje, likvidace, recyklace)
- energie (včetně dodavatelů komponent nebo dopravy)
- chemikálie (zejména toxicita)
- ostatní = zohlednění zdraví, bezpečnosti, sociální odpovědnosti, ekonomických otázek atd.

## Krok 4 Síť zúčastněných stran

- **Vytvoření sítě zúčastněných stran a vztahů a vlivů mezi nimi = identifikace stran s významnými dopady na ŽP**
- např. dodavatelé součástí, dopravci, úřady, spotřebitelé, firmy likvidující odpad atd.

## Krok 5 Kvantifikace dopadů na ŽP

- **Vyčíslení dopadů, jejich porovnání v rámci alternativních scénářů, vizualizace řádových rozdílů mezi dopady produktu v jednotlivých fázích životního cyklu i v jednotlivých scénářích**
- oblast pro využití LCA nebo zjednodušených metod

## Krok 6 Vytvoření environ- mentálních konceptů

- **Vytvoření alternativ s nižším dopadem na ŽP = "skutečný ekodesign"**
- možno využít 10 environmentálních zásad → sestavit ideální koncepcce pro každou zásadu a konsolidovaných koncepcí zohledňujících maximum z nich

## Krok 7 Vypracování environmen- tální strategie

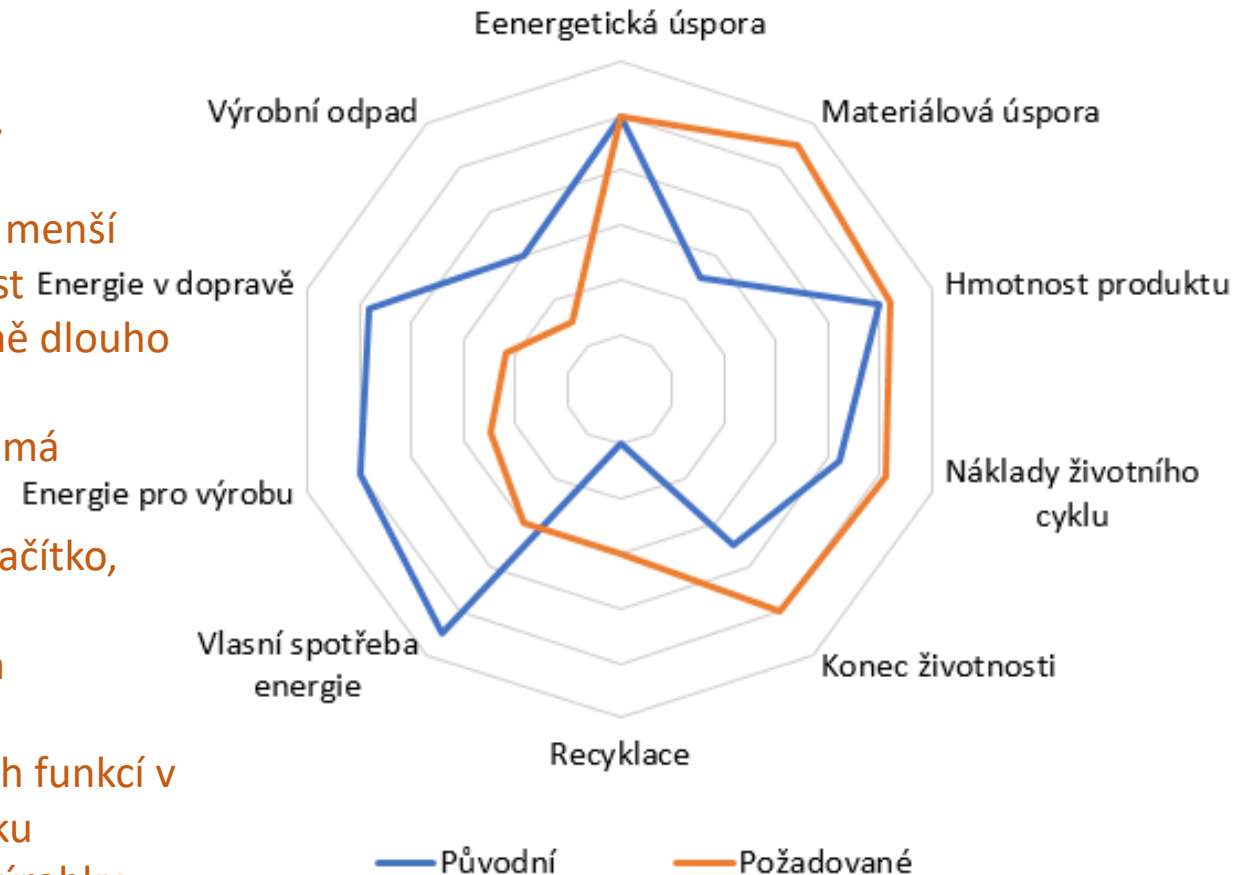
- **Strategie začlenění navrhovaných environmentálních zlepšení do procesu vývoje výrobku**
- návrh zobecnění úsilí o environmentální vývoj výrobku pro celou společnost → akční plán podniku
- možnost využití kola strategie ekodesignu

# Ekodesign – proces a strategie

## ➤ 10 environmentálních zásad:

1. Snížení materiálové náročnosti → méně materiálových zdrojů pro výrobu, úspora při přepravě, skládkování, recyklaci atd.
2. Snížení energetické náročnosti → zejména energie/paliva z neobnovitelných/fosilních zdrojů
3. Omezení škodlivých látek → mohou migrovat z výrobku (např. bromované retardéry hoření)
4. Zvýšení podílu recyklovaných a recyklovatelných materiálů → menší počet materiálů použitých ve výrobku, snadná separovatelnost
5. Prodloužení životnosti → u výrobků, které mohou být skutečně dlouho využívány, nemá význam u rychle zastarávajících produktů
6. Začlenění environmentálních prvků → např. výrobek (pračka) má provozní režim pro maximální úsporu energie
7. Designové zviditelnění environmentálních prvků → výrazné tlačítko, nastavení environmentálně šetrnější funkce jako výchozí apod.
8. Maximalizace využívání udržitelných zdrojů → zapojení celých dodavatelských řetězců
9. Optimalizace výkonu → zapojení více vzájemně se doplňujících funkcí v jednom produktu a zaměření se na účinnost výrobku jako celku
10. Návrhu výrobku by měl předcházet návrh životního cyklu → výrobky vyvíjené na základě důkladné znalosti procesů a potřeb uživatelů mají větší šanci dosáhnout optimalizovaného životního cyklu a environmentálního profilu

Kolo strategie ekodesignu



# Ekodesign – shrnutí

---

- Hlavní **cíl** ekodesignu → vytvoření kvalitního, ekonomicky efektivního výrobku s minimálním negativním dopadem na ŽP = úspora materiálů, surovin, vody, energie + omezování odpadů
- Hlavní **význam** ekodesignu → jde o nástroj preventivní strategie posuzující dopad výrobku na ŽP v celém jeho životním cyklu a výsledky tohoto posouzení zahrnuje už do návrhu a konstrukce výrobku
- **Holistický přístup** ekodesignu → posuzování návrhu výrobku z hlediska jeho celého životního cyklu je prevencí přesouvání environmentálních dopadů na jiné procesy či fáze životního cyklu + tlak na snižování dopadů na ŽP v dodavatelských řetězcích
- Důležitý **nástroj trvale udržitelného rozvoje** → hledá nová řešení, jak uspokojit potřeby společnosti → pomocí ekodesignu lze totiž ovlivňovat i spotřebitele a působit na změnu vzorců spotřeby a výroby
- Používání ekodesignu je **plně v kompetenci podnikové sféry** → lze jej využít při realizaci environmentálních systémů managementu, je nejdůležitějším a nejperspektivnějším nástrojem výrobkově orientované environmentální politiky
- Podobně jako ekoznačení **působí ekodesign na tržní mechanismy** → jeho tržní úspěch nezávisí jen na snížení negativního dopadu výrobku na životní prostředí, ale může být podpořen i zvýšenou účinností, životností, funkčností atd. produktu = je nástrojem pro realizaci udržitelné výroby, ale i udržitelné spotřeby → významný prostředek pro zvýšení konkurenceschopnosti podniku

# Dokázali byste odpovědět?

---

1. Definujte zelený marketing.
2. Co je společenská odpovědnost firem?
3. Co je zelený marketingový mix?
4. Jak vypadá segmentace spotřebitelského trhu pro zelený marketing?
5. Objasněte pojem greenwashing.
6. Jmenujte a stručně definujte tři typy environmentálního značení.
7. Čím se jednotlivé typy značení liší?
8. Definujte pojem ekodesign.
9. Jak lze v ekodesignu využít LCA?
10. Charakterizujte proces ekodesignu.



# Zdroje aneb kam ještě mohu nahlédnout?

---

- *The Sustainable Business Case Book*. [online] LibreTexts. Dostupné z: <https://biz.libretexts.org/@go/page/34310>. [cit. 2023-04-10]
- *Národní program environmentálního značení (NPEZ) – aktualizace 2017*. [online] Ministerstvo životního prostředí. Dostupné z: [NPEZ-III \(mzp.cz\) https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/environmentalni\\_znaceni/\\$FILE/OFDN-NPEZ\\_v2017-20180410.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/environmentalni_znaceni/$FILE/OFDN-NPEZ_v2017-20180410.pdf). [cit. 2023-04-10]
- HRUBÝ, Pavel, *Vlastní environmentální tvrzení aneb férová ekoreklama v praxi*. CENIA, česká informační agentura životního prostředí, 2010. ISBN 978-80-85087-86-4. Dostupné také z: [https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2021/01/VET\\_prirucka\\_CENIA\\_def.pdf](https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2021/01/VET_prirucka_CENIA_def.pdf). [cit. 10.04.2023]
- HAUSCHILD, Michael Z., ROSENBAUM, Ralph K., OLSEN, Stig Irving. *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*. Cham: Springer International Publishing, 2017. ISBN 978-3-319-56474-6.
- REMTOVÁ, Květoslava, *Ekodesign*. Ministerstvo životního prostředí, 2003. ISBN 80-7212-230-4. Dostupné také z: [https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/7907A38F19E1D57EC1256FC0004FE74D/\\$file/ekodesign.pdf](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/7907A38F19E1D57EC1256FC0004FE74D/$file/ekodesign.pdf). [cit. 2023-04-10]