

# Zelená chemie

Chemie pro udržitelný rozvoj

Jaromír Literák

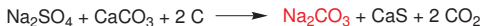
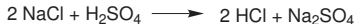


# Co je zelená chemie?

- Zelená chemie je termín poprvé použitý v USA na začátku devadesátých let 20. století EPA (Environmental Protection Agency).
- Dvojznačná role chemie:
  - Je jedním z hlavních přispěvatelů k blahobytu současného světa.
  - Dalekosáhlé jsou však i negativní dopady chemické výroby a jejich produktů.
- Zelená chemie se snaží omezit negativní dopady (vyčerpání zdrojů surovin a energií, znečištění) chemických výroby a produktů za současného zachování nebo vylepšení životního standardu. **Zelená chemie je důležitým nástrojem udržitelného rozvoje!**

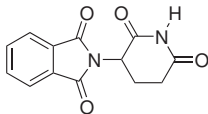
- V 19. století dochází k prudkému rozvoji chemického průmyslu. Dlouhou dobu panovalo nekritické přijímání kladných stránek tohoto rozvoje.
- Prvním zákonem regulujícím znečištění ŽP chemickým průmyslem byl tzv. *Alkali Act*, schváleným v roce 1863 ve Velké Británii.

## *Leblancův způsob výroby sody*

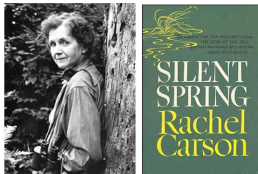


Odpady: HCl, CaS, H<sub>2</sub>S. Alkali Act nařizoval, že z procesu může do ovzduší uniknout maximálně 5 % vzniklého HCl. Vznikající HCl byl lapán do vody za vzniku kyseliny chlorovodíkové.

- Od 20. let 20. století se začíná rozvíjet toxikologie.
- Do 50. let 20. století převládal názor, že problém toxických látek a odpadů eliminuje jejich zředění.
- Po druhé světové válce dochází k rozvoji instrumentálních chromatografických metod, které umožňují stopovou analýzu.
- V roce 1961 je z trhu stažen lék Contergan (Thalidomid), v důsledku nedostatečných testů došlo ke zvýšení výskytu vrozených deformací u novorozenců.

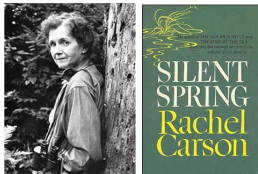


- V roce 1962 vydává **Rachel Carson** knihu *Silent Spring*, která ukazuje negativní dopady používání pesticidů na ŽP, obzvláště na ptáky. Kniha vyvolala zájem veřejnosti a způsobila obrat v nekritickém šíření chemických látek do ŽP.



# Vývoj zájmu o environmentální dopady chemických výrob

- V roce 1962 vydává **Rachel Carson** knihu *Silent Spring*, která ukazuje negativní dopady používání pesticidů na ŽP, obzvláště na ptáky. Kniha vyvolala zájem veřejnosti a způsobila obrat v nekritickém šíření chemických látek do ŽP.



- V roce 1968 založen **Římský klub**, v roce 1972 vydává knihu *The Limits to Growth*, která přináší analýzu a odhad vývoje nejdůležitějších globálních ukazatelů jako stav populace, množství zdrojů, míra znečištění, objem průmyslové výroby a výroby potravin, vyčerpání zdrojů.
- V roce 1987 vydává Světová komise pro životní prostředí a rozvoj (WCED) zprávu **Our Common Future**, definice principy trvale udržitelného rozvoje.

*Trvale udržitelný rozvoj umožňuje uspokojení potřeb současných generací a současně umožní, aby budoucí generace byly také schopny uspokojit své potřeby.*

- V roce 1989 vstupuje v platnost **Montrealský protokol**, dohoda omezující uvolňování plynů poškozujících ozonovou vrstvu.

- Konference OSN **Earth Summit** konaná v roce 1992 v Rio de Janeiru deklaruje 27 principů pro celosvětový udržitelný rozvoj.
- **Kjótský protokol** (dojednán 1997), závazek omezit produkci skleníkových plynů ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{SF}_6$ , HCFCs, PFCs).
- V roce 2001 byla podepsána (aktivní od 2004) **Stockholmská konvence**, jejímž cílem je eliminace vybraných POPs.
- V letech 2007–2018 bude v EU implementována politika **REACH** (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals), která má zajistit ochranu zdraví a ŽP v EU.

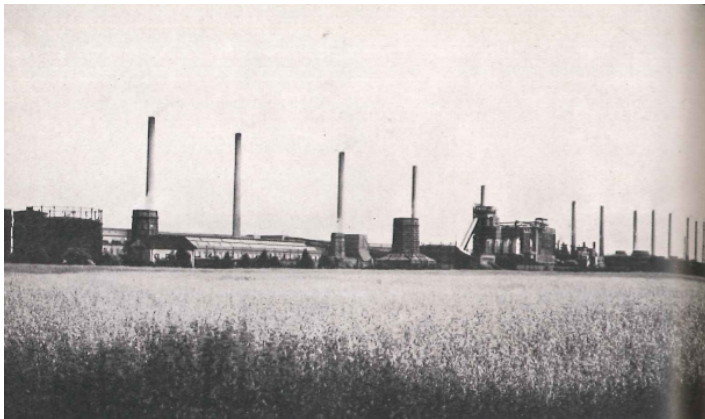




# Vývoj zájmu o environmentální dopady chemických výrob



# Vývoj zájmu o environmentální dopady chemických výrob

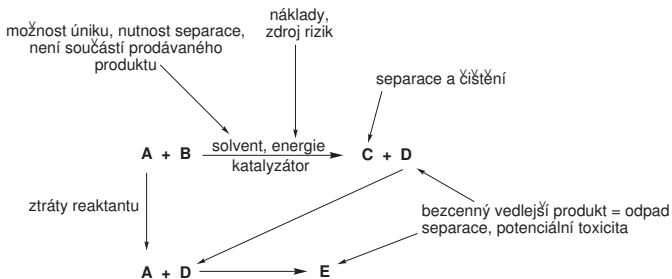


- **„End-of-Pipe“ přístup**, podstatou zamezení úniku nežádoucích látek z aparatury do ŽP (izolace, neutralizace odpadů, čistírny odpadních vod, odsíření elektráren).
- **Preventivní přístup** zahrnuje samotnou změnu chemických procesů, využití a produkce méně škodlivých látek.
- Přístup **Příkaz a Kontrola** – legislativní regulace aktivit, dodržování je kontrolováno a sankcionováno.
- Přístup nepřímých ekonomických tlaků, **zamezení externalizace nákladů**.
  - Spotřební daň
  - Zvýšení poplatků za ukládání odpadů na skládkách
  - Emisní povolenky a obchod s nimi.
  - Podpora výzkumu v této oblasti

# Princip trojí zodpovědnosti (Triple Bottom Line)

- Termín poprvé použit v roce 1997.
- Činnost podniku je posuzována ze tří hledisek:
  - **Ekonomické** – finanční zdraví, finanční bilance.
  - **Environmentální** – bilance environmentálních dopadů aktivit podniku a jeho produktů.
  - **Sociální** – jak podnik splňuje společenská očekávání (postoj k zaměstnancům, veřejnosti, jak podnik spolupracuje s regulačními a kontrolními orgány).
- Činnost podniku je trvale udržitelná, pokud je bilance ve všech těchto bodech kladná.
- *Shareholder* – držitel podílu *Stakeholder* – kdokoliv, kdo je jakkoliv zainteresován na aktivitách podniku

- Aplikace především v chemické výrobě.
- Chemická stránka:



- Technologická stránka.

P. T. Anastas a J. C. Warner definovali dvanáct základních principů zelené chemie (1998):

- **Prevence** Je lepší předejít vzniku odpadu než vzniklý odpad bezpečně likvidovat. Vždy by měly být náklady na likvidaci odpadů započítávány do ceny produktu.
- **Atomová ekonomie (hospodárnost)**  
Syntetické postupy mají být navrhovány tak, aby došlo k zabudování maximálního možného množství látek použitých v procesu do produktu.
- **Méně nebezpečné syntetické postupy**  
Syntetické postupy mají být navrženy s použitím látek o co nejmenší toxicitě a škodlivosti jak pro člověka, tak i životní prostředí.

- **Navrhování bezpečnějších chemikálií**

Nové chemické produkty mají být navrhovány tak, aby při zachování nebo zlepšení vlastností požadovaných pro jejich aplikaci došlo ke snížení jejich toxicity.

- **Bezpečnější rozpouštědla a činidla**

Procesy mají být navrhovány tak, aby nebylo nezbytné užívat pomocných činidel, jako jsou např. rozpouštědla. Pokud je jejich potřeba, měla by být neškodná.

- **Energetická úspornost procesů**

Mělo by dojít z důvodů ekonomických a environmentálních dopadů k minimalizaci energetických nároků procesů.



- **Obnovitelné zdroje**

Výchozí látky a suroviny by měly pocházet z obnovitelných zdrojů vždy, kdy je to technicky a ekonomicky uskutečnitelné.

- **Omezení derivatizace**

Snažíme se omezit derivatizace látek během procesu (chránicí skupiny a jejich odstranění, dočasné modifikace látek, fyzikálně chemické procesy) jen na nezbytné případy.

- **Katalýza**

Katalyzátory (pokud možno s nejvyšší možnou selektivitou) mají přednost před reagenty užívanými ve stechiometrických množstvích.

- **Snadno odbouratelné produkty**

Nové chemické produkty mají být navrhovány tak, aby nebyly stálé v životním prostředí a snadno se zde odbourávaly na neškodné látky.

- **Analytické metody pro monitorování procesů v reálném čase**

Vývoj analytických metod pro monitorování a účinné řízení chemických procesů, které může předcházet vzniku nebezpečných látek.

- **Používání bezpečnějších chemikálií**

Látky a forma, ve které jsou používány v chemických procesech, by měly být navrženy tak, aby se minimalizovalo nebezpečí havárií a úniků látek.

# Extrakce kofeinu z kávy



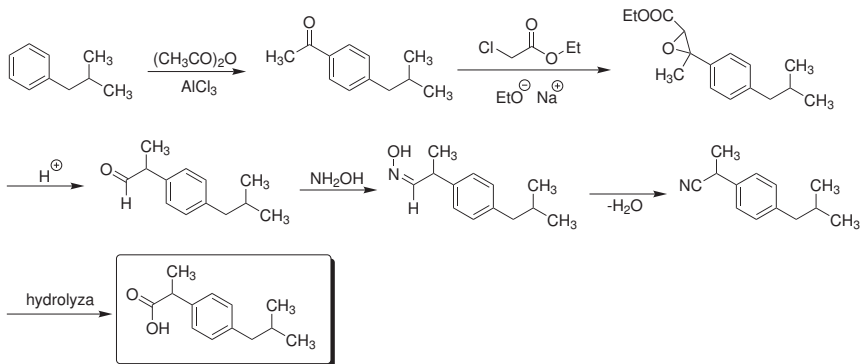
- 1903: Ludwig Roselius extrahoval kofein z kávových zrn pomocí benzenu bez větší změny v chuti kávy. Podobně lze použít chloroform, dichlormethan nebo ethyl-acetát.

# Extrakce kofeinu z kávy

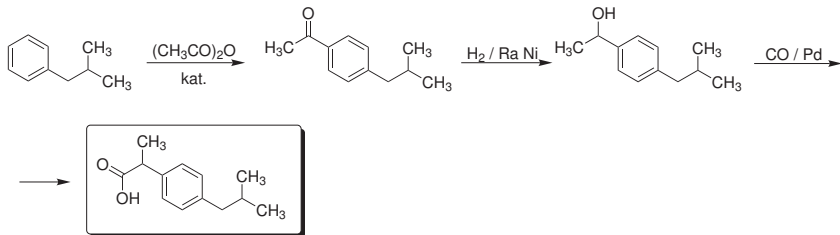


- 1903: Ludwig Roselius extrahoval kofein z kávových zrn pomocí benzenu bez větší změny v chuti kávy. Podobně lze použít chloroform, dichlormethan nebo ethyl-acetát.
- Dnes: extrakce  $\text{scCO}_2$  nebo vodným extraktem ze zelených kávových zrn zbavených kofeinu.

# Příprava Ibuprofenu

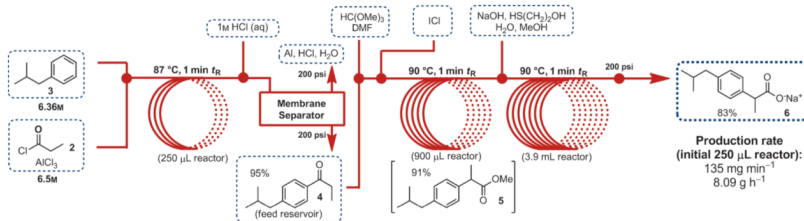


# Příprava Ibuprofenu



# Příprava Ibuprofenu

- Průtokový reaktor, doba setrvání látek 3 minuty.



# Co můžete od této přednášky očekávat?

- Úvod, historický vývoj a základní principy zelené chemie, její širší společenské souvislosti.
- Zelená metrika, hodnocení reakcí a chemických látek. Nástin problematiky LCA.
- Obnovitelné a neobnovitelné zdroje surovin a energií. Biomasa a biorafinerie. Biopaliva. Alternativní ekonomiky.
- Environmentální management (ISO 14000, EMAS), ekoznačky.
- Zelená činidla, navrhování zelenějších produktů.
- Katalýza, homogenní a heterogenní katalyzátory. PTC.



# Co můžete od této přednášky očekávat?

- Alternativní způsoby převodu energie do reakční směsi (mikrovlny, ultrazvuk, plazmochemie, elektrochemie).
- Problematika rozpouštědel. Iontové kapaliny, superkritické kapaliny, fluorovaná rozpouštědla. Zelené separační techniky.
- Zelené technologie a trendy jejich vývoje. Biotechnologie.
- Problematika odpadů a jejich zpracování. Recyklace.