

**Jiří Šibor**

**Katedra chemie  
Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity**

***Uplatnění principů „zelené chemie“  
ve výuce chemie***

**Zelená chemie** je v podstatě použití chemie pro prevenci znečištění. Bývá někdy také označována jako chemie **udržitelného** vývoje. Přesněji ji můžeme definovat jako zavádění řady principů, které redukuje nebo eliminují použití či generování látek nebezpečných pro lidské zdraví i životní prostředí ve výzkumu, výrobě a aplikaci chemických produktů a procesů. Ačkoli použití některých těchto principů vypadá triviálně, je mnohem příznivější k životnímu prostředí a tím pádem v delších časových souvislostech také ekonomicky výhodnější.

# Počátky zelené chemie

Se vznikem zelené chemie souvisí změna postoje k životnímu prostředí. Tato změna nastala roku 1987, kdy Světová komise pro životní prostředí a rozvoj při OSN pod vedením norské ministerské předsedkyně Gro Harlem Brundtlandové vydala zprávu nazvanou „Naše společná budoucnost“. V ní navrhla, aby problémy životního prostředí byly řešeny novým typem hospodářského rozvoje, tzv. trvale udržitelným rozvojem, který by byl současnou zárukou zachování života na Zemi. Jedná se o rozvoj, který zachová funkce přírody, neohroží zájmy jiného národa ani příštích generací. Takový rozvoj předpokládá přechod od antropocentrismu (potřeby člověka jsou nejdůležitější) ke vnímání světa prostřednictvím biocentrismu (středem pozornosti je život jako celek). To znamená zavádění technologií, jež jsou šetrné k přírodě, mají nižší nároky na materiál a energii a umožňují recyklaci surovin.

První konkrétní kroky ke vzniku zelené chemie byly učiněny ve Spojených státech. Zelené chemii je věnována pasáž v „Dokumentu o prevenci znečištění“ z roku 1990. Tento dokument je prvním zákonem o životním prostředí, který zdůrazňuje prevenci před nápravou již existujícího znečištění. Na základě tohoto nového zákona je zřízena Agentura pro ochranu životního prostředí (Environmental Protection Agency – EPA), která vydává roku 1991 ve spolupráci s Kanceláří pro prevenci znečištění a jedů (Office of Pollution Prevention & Toxics) „Program zelené chemie“. Tento program navrhuje zajímavé strategie k ochraně lidského zdraví a k zachování zdravého životního prostředí.

Úkolem Agentury pro ochranu životního prostředí bylo spolupracovat s vědeckými, vládními a průmyslovými organizacemi a za pomoci chemie najít nové technologie, které napomohou zamezit dalšímu znečištění. Začíná se rozvíjet výzkum a brzy se objevují první výsledky. Mezi jednotlivými organizacemi se vytvořilo partnerství a v roce 1993 je přijat program s oficiálním názvem U.S. Green Chemistry Program.



- K tomuto programu se záhy přidávají odborníci z Velké Británie, Austrálie, Japonska, Itálie, Německa a dalších zemí. Roku 1996 se začínají udělovat první ocenění za výzkum v oblasti zelené chemie. Program zelené chemie je představován na chemických sympoziích, věnují se mu vzdělávací instituce a jsou vydávány první knihy a časopisy.
- Vedle udělování cen se velmi významnou událostí zelené chemie stalo vytvoření dvanácti základních principů zelené chemie. Jejich autory jsou Paul T. Anastas organický chemik, který působí v Bílém Domě a který jako vůbec první použil termín zelená chemie a profesor chemie na Massachusettské univerzitě v Bostonu John C. Warner.
- Principy byly poprvé uveřejněny v časopise věnovaném zelené chemii – Green Chemistry: Theory and Practice. Navrhují plán pro zavádění zelené chemie.
- V roce 1997 je založena další organizace na podporu zelené chemie – Institut zelené chemie (Green Chemistry Institute). Jedná se o virtuální neziskovou organizaci, která se snaží zprostředkovat ekonomicky výhodné technologie, které se zároveň vyznačují čistou produkcí. V současné době má Institut spolupracovníky v 17 zemích. V loňském roce začal spolupracovat také s Americkou chemickou společností (American Chemical Society – ACS).

# Aktuální oblasti výzkumu

- Poslední desetiletí jasně potvrdilo, že zelená chemie může být zásadně prospěšná při ochraně lidského zdraví a životního prostředí a to navíc ekonomicky výhodným způsobem. Významný pokrok byl učiněn v klíčových oblastech výzkumu – ve vyvíjení bezpečnějších chemikálií, především rozpouštědel a ve hledání nových energetických zdrojů nezávislých na fosilních palivech tzv. obnovitelných zdrojů energie. Chemikové se dále snaží pomoci při řešení globálních problémů lidstva, jakými jsou např. změna klimatu, zajištění bezpečného a adekvátního zásobování pitnou vodou, produkce potravin apod.
- **Polymery** – slibnou oblastí zelené chemie je nacházení způsobu jak znovu obnovit paliva, či jak tyto nebezpečné látky snadno odstranit po jejich použití a to navíc užitečným způsobem. Např. využití polymerů vyrobených ze sóji a kukuřice jako balicího materiálu. Řešením je také polymer podléhající rozkladu – vzniká mikrobiálním kvašením z glukózy.

- **Rozpouštědla** – navrhování rozpouštědel neškodlivých životnímu prostředí a systémů fungujících bez rozpouštědel je jednou z neaktivnějších oblastí zelené chemie. Velmi používaná organická rozpouštědla jsou totiž těkavá, hořlavá, toxická, karcinogenní nebo znečišťují ovzduší. Průlomem je použití superkritických kapalin jako je oxid uhličitý. Jeho použití nabízí řadu výhod, největší je jeho kritická teplota a tlak (31,1 °C a 7400 kPa), které jsou mnohem přijatelnější než např. u vody. Oxid uhličitý není toxický, hořlavý, drahý a z výsledného produktu jej lze získat jednoduchým snížením tlaku.
- Výzkumem se zjistilo, že ve velkém množství organických reakcí, které klasicky fungují při použití organických rozpouštědel, mohou být při použití katalyzátorů a vytvoření správných podmínek nahrazeny tyto organická rozpouštědla vodou. Relativně novou a atraktivní oblastí výzkumu jsou iontová rozpouštědla.
- **Katalýza** – tato oblast bývá považována za základní kámen zelené chemie. Katalytické reakce snižují energetickou náročnost, zvyšují selektivnost, dovolují použití obnovitelných zdrojů energie a méně toxických reagentů a snižují množství reagentů potřebných pro chod reakce.



- **Obnovitelné zdroje energie** – jejich hledání je velice důležité, neboť dochází k vyčerpání původních zdrojů ropy, ze které se získává více než 98 % všech organických chemikálií. K úplnému vyčerpání by dle prognóz mělo dojít kolem roku 2040. Možnou variantou jsou např. zemědělské odpady a zbytky, které mohou být přeměněny v užitečné chemikálie jako jsou alkoholy, ketony a karboxylové kyseliny. Sčránky krabů a jiných mořských živočichů nabízí chitin, který může být přeměněn na chitosan, polymer s širokým využitím.
- **Navrhování bezpečnějších chemikálií** – je jednou z hlavních priorit zelené chemie. Např. pesticidy jsou navrhovány tak, aby byly mnohem selektivnější a méně trvalé než mnohé tradiční organické pesticidy. Povrchově aktivní látky a polymery jsou vyvíjeny tak, aby byly odbouratelné ze životního prostředí. Nově vyvíjená barviva jsou bez těžkých kovů. Systematické rozvíjení a aplikace pravidel pro omezení nebezpečí je nejdůležitějším cílem zelené chemie.



# VZDĚLÁVÁNÍ

Rozvíjení zelené chemie je možné pouze za předpokladu, že nastupující generace chemiků bude znát metody, techniky a principy zelené chemie. Za tímto účelem vědecké společnosti (Americká vědecká společnost, Královská společnost pro chemii apod.) ve spolupráci se vzdělávacími institucemi vytváří kolekci vzdělávacích programů a materiálů, která neustále narůstá – učebnice, případové studie, laboratorní experimenty, studentské organizace, letní školy, školení středoškolských učitelů, pomůcky, vzdělávací sympozia a profesionální semináře.

# 12 principů zelené chemie:

- **Prevence vzniku odpadu**

- Je lepší se vyhnout odpadům, než s nimi pak nakládat a čistit je.

- **Atomová ekonomie**

- Syntetické metody by měly být navrhovány tak, aby sloučení všech použitých komponent ve finální produkt bylo maximální.

- **Méně riskantní chemické syntézy**

- Všude, kde je to proveditelné, by měly být navrženy a používány látky, které nejsou škodlivé (nebo jen nepatrně) pro člověka a životní prostředí.

- **Navrhování bezpečnějších chemikálií**

- Chemické produkty by měly být navrhovány tak, aby se zachovala jejich efektivnost, ale snížila toxicita.

- **Bezpečnější rozpouštědla**

- Pomocné látky, jako jsou např. rozpouštědla, by měly být používány pouze pokud je to nezbytné a měly by se používat především ty neškodlivé.

- **Efektivní využití energie**

- Měly by být stanoveny energetické požadavky vzhledem k jejich ekonomickému dopadu a dopadu na životní prostředí. Nové metody by se měly navrhovat tak, aby probíhaly při normálním tlaku a teplotě.

- **Použití obnovitelných zdrojů energie**

- Vytvořit obnovitelné zdroje energie.

- **Omezení vzniku derivátů**

Snaha vyhnout se zbytečné přeměně chemické látky v balastní derivát, když je to možné.



- **Katalyzátory**

Katalytické reagenty jsou lepší než stechiometrické.

- **Navrhování odbouratelných látek**

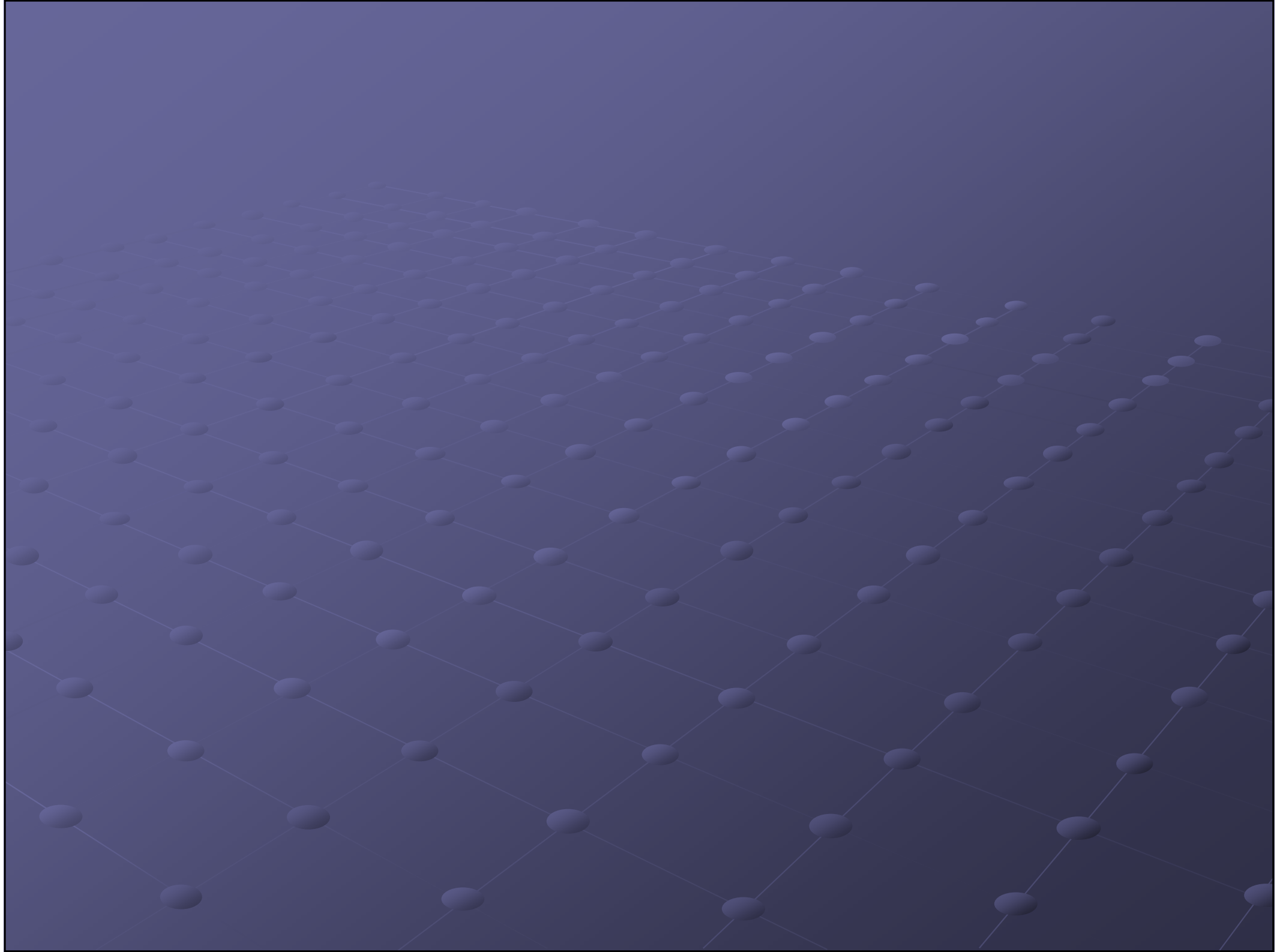
Chemické produkty by měly být navrhovány tak, aby po jejich využití neškodily životnímu prostředí a změnily se v neškodné, odbouratelné látky.

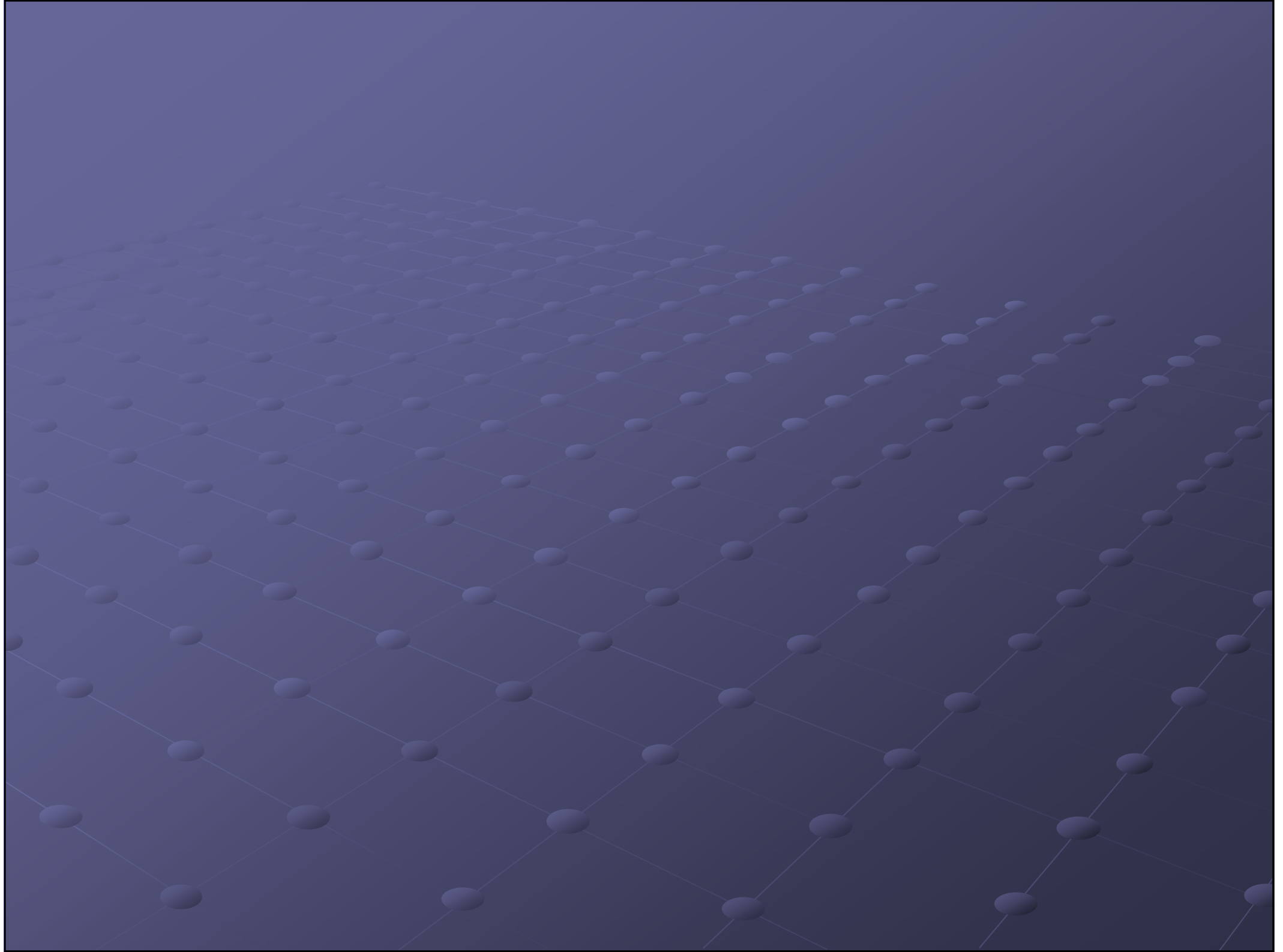
- **Aktuální analytické metody pro zjištění znečištění**

Analytické metody musí být stále rozvíjeny, aby byly schopny monitorovat případné nové škodliviny.

- **Bezpečnější chemie – prevence nehod**

Látky používané v chemických procesech musí být zpracovávány tak, aby se minimalizovalo riziko potenciálních nehod, jakými jsou například exploze a požáry.

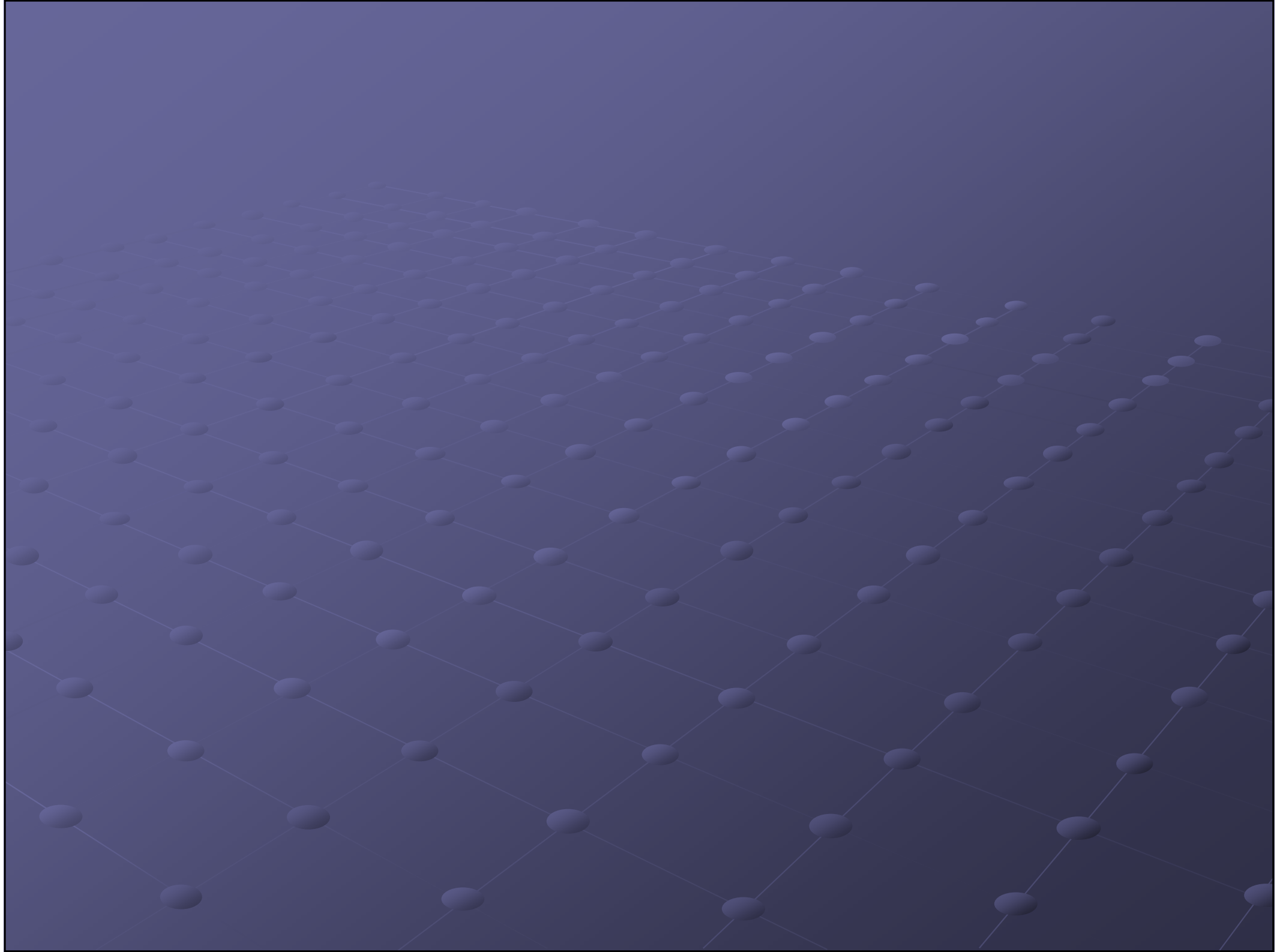






**Zevní toxiny:**





## Podmínky vzniku ložiska:

- 1. Vznik pouzdra z přítomných hlenů, metabolitů různých potravin – často mléka, dále masa, bílé mouky, cukru a solí.
- 2. Infekce získaná z těla matky nebo získaná během života po proběhlém onemocnění většinou léčeném antibiotiky, kdy nejsou zlikvidovány všechny mikrobi a zbylá část se uchýlí do úkrytů, tedy do hlenových obalů.

## Jak ložiska působí:

- Ložiska se spontánně rozpadají a vzniká chronická infekce.
- Vzhledem k tomu, že se infekce nemůže rozmnožovat, přechází do režimu produkce mikrobiálních toxinů pronikajících do organismu.
- Ložiska poškozují funkci orgánů a blokují průchod energie čchi, tak jak ji chápali starověcí čínští lékaři.
- Nejzávažnějším důsledkem infekčních ložisek je působení mikrobiálních toxinů na tkáně, orgány, tedy přímo na funkci buňky a jsou zásadní pro vznik chronických chorob, poruch imunitního a hormonálního systému, poruch trávení a metabolismu.