



## Hodina moderní přírodovědy VII

### Ochrana životního prostředí

Scénář a podkladový materiál pro lektory

**Autoři: Ing. Aneta Krausová, Ing. Lukáš Fuka**

**Upravili: Ing. Václav Bystrianský, Ing. Jiří Kratochvíla**

#### OSNOVA:

##### Obecné poznámky:

Ochrana životního prostředí je komplexní téma spadající do oblasti anorganické i organické chemie, ekologie a částečně i fyziky a biologie. Z tohoto důvodu je nutnou podmínkou pro prezentaci této hodiny zevrubná a aktivně využitelná znalost ochrany ovzduší, úpravy vody, ekologie, energetiky a fyzikální chemie, aby nedocházelo k pouhému předvádění relativně jednoduchých pokusů. Je **nutné**, aby prezentátoři byli nejen dobrými herci, přednášejícími a pedagogy, ale plně ovládali prezentovanou tematiku teoreticky a to v širším rozsahu, než je zde naznačeno, aby mohli kvalifikovaně zodpovědět doplňující otázky přítomných žáků i pedagogů, případně prezentovanou látku doplnit o vlastní poznatky.

*Uvedené časy jednotlivých částí jsou pouze orientační a je potřeba načasování vyzkoušet s pomůckami. A pokusy, které již nebude možné ve vymezeném čase předvést vyřadit.*

#### Úvod

Pod běžně používaným pojmem ochrana životního prostředí si lze podle definice ze Zákona o životním prostředí (č.17/1992 Sb.) představit činnosti, jimiž se předchází znečišťování nebo poškozování životního prostředí, nebo se toto znečišťování nebo poškozování omezuje a odstraňuje. Zahrnuje ochranu jeho jednotlivých složek, druhů organismů nebo konkrétních ekosystémů a jejich vzájemných vazeb, ale i ochranu životního prostředí jako celku. Složkami prostředí je myšleno jak ovzduší, tak voda, horniny, půda, organismy, ekosystémy či energie.

Zmiňované přírodní složky včetně člověka jsou v neustálé interakci. Z toho důvodu musí být jednotlivé environmentálně šetrnější postupy či efektivnější technologie realizovány jako udržitelné, tedy s respektem k jiným odvětvím či složkám životního prostředí. Nový postup či technické řešení, které sice vede v jednom aspektu ke zlepšení, ale v jiném naopak zvyšuje environmentální zátěž, určitě nebude splňovat aktuální požadavek udržitelnosti. Proto všechny segmenty působící v ochraně životního prostředí musí pracovat ve vzájemné spolupráci a doplňovat se.



Co ale ochrana životního prostředí znamená v praxi? Cílem následujících pokusů je divákům přiblížit, co všechno lze pod tímto pojmem nalézt a co všechno se dá v rámci ochrany životního prostředí studovat.

<b>Řazení pokusů</b>	
<b>Sekce VODA</b>	
<b>1</b>	<b>Filtrace</b> – nastínit dětem koloběh vody, cesta říční vody až po vodu čistou, předúprava hrubé česle, jemné česle, filtrace... <i>a co dál???</i>
<b>2</b>	<b>Čiření</b> – odstranění suspendovaných látek (zákalu) vody, proto název čiření, vyrábíme <i>čirou</i> vodu
<b>3a</b>	<b>Ionexová kolona</b> – odstranění iontově rozpuštěných látek z vody, „čirá“ voda obsahuje stále množství látek, které je nutno z vody odstranit úplně nebo upravit jejich obsah (těžké kovy, aniony, kationy, cukry)
<b>3b</b>	<b>Důkaz NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b> – jednou ze sledovaných látek ve vodě jsou dusitany, jejich zvýšený obsah má vliv především na kojenci ( <i>nemoc modrých dětí</i> ), přesto se dusitany hojně používají jako konzervanty v uzeninách
<b>Sekce EKOLOGIE</b>	
<b>4</b>	<b>Biodegradabilní materiály</b> – udělat malý test za jak dlouho se přibližně rozloží běžné výrobky např. zbytky od svačiny: jablko, sáček, láhev od limonády, flaška od rumu... V čem tkví „kouzlo“ rozložitelných plastů, z čeho se vyrábí a co je jejich hlavní nevýhodou (Jsou rozložitelné! Nelze je použít všude.). Simulovat jejich rozklad.
<b>Sekce ENERGIE A PALIVA</b>	
<b>5</b>	<b>Ropa a její frakce</b> – co to je ropa, jaké má vlastnosti, jakou technologií se zpracovává a jaké jsou produkty (frakce) a čím se liší (bod varu/teplota vzplanutí)
<b>6</b>	<b>Methanové bubliny</b> – jedním z produktů destilace ropy jsou i plynné uhlovodíky (propan-butan), případně methan (zemní plyn) který se nachází společně s ropou v ropných ložiscích. Demonstrovat rychlé hoření methanových bublin.
<b>7</b>	<b>(Bio)-ethanolová raketa</b> – Ethanolové či bioethanolové palivové směsi (směs benzínu a alkoholu) jsou nejhojněji využívaným alternativním palivem. Co ale vůbec žene automobil kupředu? Simulace toho co se odehrává v motoru (konkrétně v každém válci) při spalení paliva.

## Sekce 1 - VODA

*Celou sekci pokusů je dobré začít samotným koloběhem vody. Odkud se bere voda, čím vším musí projít a co se z ní musí postupně odstranit, než se například z říční vody stane voda pitná nebo dokonce voda demineralizovaná. Celý proces je dobré rozepsat jako jednoduché blokové schéma: VSTUP-surová voda → odstranění hrubých nečistot (FILTRACE → odstranění suspendovaných látek (ČIŘENÍ) → atd...*

### **Pokus 1: Filtrace vody**

#### Motivace:

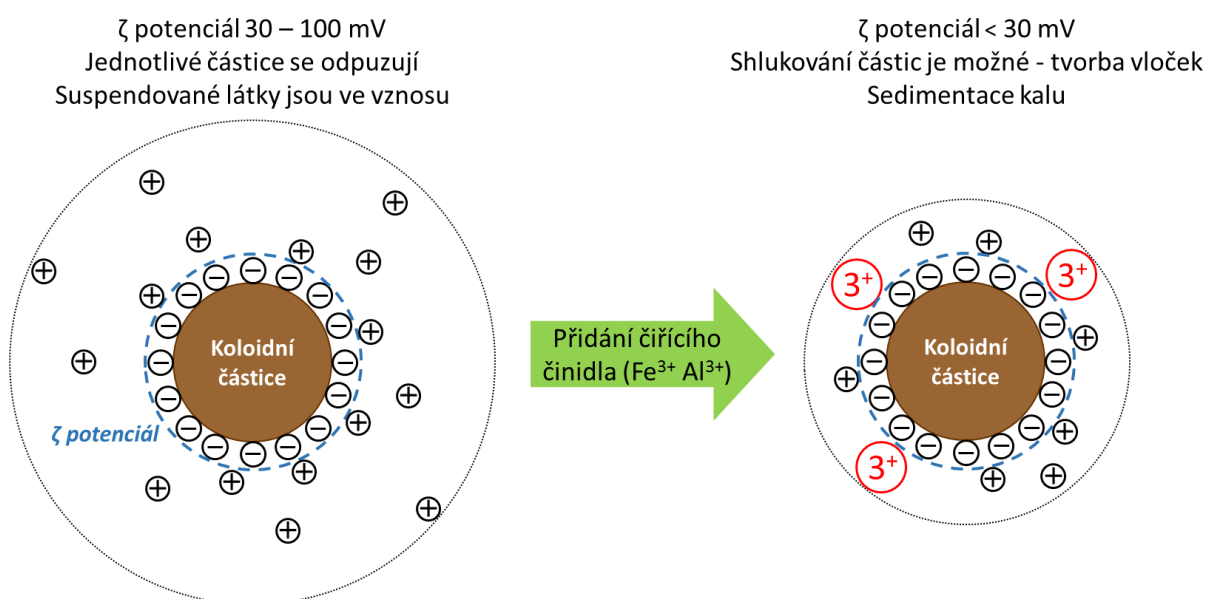
Filtrace vody je jedním z hlavních úpravárenských kroků při přípravě vody pitné. Filtrace vody je lidstvu známa poměrně dlouho, neboť již ve století páry se používala ke zlepšování kvality vody. Za nejranější stádium využívání filtrace vody, byť pasivním způsobem, můžeme považovat moment, kdy člověk či nějaké vývojové stádium člověka začalo využívat zdroje podzemních vod.

V dnešní době používáme pro úpravu vody vysoce sofistikovaná zařízení, pracující však na stejném principu, jako je tomu např. u klasických půdních filtrů. Avšak díky volbě náplně filtru a dalších provozních parametrů jsme schopni odstraňovat z vody jednotlivé složky, které by zabraňovaly využití konkrétního zdroje pro přípravu pitné vody.

## Pokus 2: Odstranění suspendovaných látek

### Motivace:

Je patrné, že i po přefiltrování vody má voda patrný zákal, ten je způsoben koloidními nebo suspendovanými látkami. Tyto látky lze z vody odstranit procesem, který je označován jako koagulace neboli *čiření* (výroba *čiré* vody). Koloidní látky mají ve vodě tzv. hydratační obal. Hydratační obal se skládá z vnitřní většinou záporně nabitě vrstvy. Aby zůstal celkový náboj hydratačního obalu neutrální, shlukují se v okolí záporně nabitě vrstvy kladně nabitě částice. Na rozhraní těchto vrstev vzniká potenciálové rozhraní tzv. Zeta potenciál. Pokud je tento potenciál příliš velký (vnější vrstva hydratačního obalu je široká) jsou jednotlivé koloidní částice navzájem odpuzovány a drží se ve vznosu. Přidáním koagulačního činidla do roztoku ( $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), které umožní shlukování částic, dochází v důsledku narušení vnější vrstvy hydratačního obalu a celkovému snížení Zeta potenciálu pod limitní hodnotu.



### Zajímavost:

Součástí čistíren odpadních vod jsou i tzv. usazovací nádrže kde se voda zbavuje mechanických nečistot, které lze odstranit sedimentací. Sedimentace je použitelná, pokud doba zdržení v sedimentaci není větší než řádově desítky minut až hodiny. Pokud je tato doba vyšší, je třeba použít flokulaci (čiření).

průměr částice ( $\mu\text{m}$ )	typ částice	doba sedimentace
1000	písek	10 sekund
100	jemný písek	2 minuty
10	jíl	2 hodiny
1	bakterie	8 dní
0,1	koloid (mléko)	2 roky
0,01	koloid	20 let

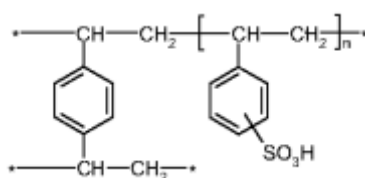
0,001	koloid	200 let
-------	--------	---------

### Pokus 3a: Lze odstranit z vody těžké kovy?

#### Motivace:

Důležitost odstranění těžkých kovů vyplývá zejména ze skutečnosti, že tyto kovy již při velmi nízkých koncentracích ( $0,01 \text{ mg.l}^{-1}$ ) ve vodě mohou způsobit zdravotní závadnost. Mezi jejich hlavní zdroje patří různá průmyslová odvětví (galvanotechnika, metalurgický či elektrochemický průmysl). Z chemického hlediska mohou být přítomny těžké kovy jako jednoduché kationty či anionty nebo mohou tvořit komplexy s anorganickými nebo organickými ligandy, které mnohdy jejich odstranění ještě více znesnadňují. Velice výhodná metoda pro jejich odstranění je sorpce na ionexech. Ionexy neboli měniče iontů (ION EXchanger) jsou látky schopné nahrazovat kationty nebo anionty. Jsou to polymerní látky obsahující na svém skeletu (kopolymer styren-divinylbenzenu) funkční skupinu, která je schopna vyměňovat ionty. Podle toho jestli vyměňují kationty nebo anionty se nazývají - katexy a anexy.

Pro odstranění mědi ( $\text{Cu}^{2+}$ ) z roztoku ( $0,1 \text{ M CuSO}_4$ ) lze použít silně kyselý katex ve vodíkové formě (sulfonová skupina  $\text{SO}_3\text{H}$  je navázána na skeletu styren divinylbenzenu) (*napsat vzorec na tabuli*). Iontová výměna proběhne mezi vodíkem a ionty mědi. Pro regeneraci ionexu se použije silná minerální kyselina ( $1 \text{ M HCl}$ ), která vytěsňuje měď z ionexu a regeneruje ionex do vodíkové formy.



Obr. 1 Silně kyselý katex

### Pokus 3b: Šunka - jako zdroj dusitanů?

#### Motivace:

Jak známo, do šunky se vkládá při její výrobě nakládací sůl pro lepší chuť a vzhled výsledného produktu. Solné nakládací směsi pro výrobu uzenin se mohou lišit svým detailním složením, ale vždy obsahují dusitany, které jsou zodpovědné za výslednou lákavou růžovou barvu konečného výrobku.

Cílem této práce je předvést žákům, že dusitany jsou přítomny i v běžně prodávané šunce. Co se týče důkazové metody dusitanů, bude v rámci této práce využita metodika pro stanovení dusitanů ve vodách dle ČSN EN 2677 (75 7452). Podstatou tohoto stanovení je diazotace amidu kyseliny sulfanilové v prostředí okyseleném kyselinou fosforečnou (při hodnotě pH 1,9) kyselinou dusitou (z dusitanů ve vzorku) na diazoniovou sůl. Vzniklá sůl je kopulována s N-(1-naftyl)-1,2-ethylendiamin-dihydrochloridem na červené azobarvivo. Červeno-růžové zbarvení, objevující se po nadávkování připraveného činidla, nám dokazuje přítomnost dusitanů, uvolněných ze šunky v roztoku.

#### Evropský sociální fond

Praha a EU – Investujeme do vaší budoucnosti

Vybarvovací činidlo (SANED) se připravuje následujícím způsobem: K asi 500 ml destilované vody v odměrné baňce o obsahu 1 litr se přidá za stálého míchání 100 ml kyseliny fosforečné. V takto připraveném roztoku se postupně rozpustí nejprve 40 g 4-aminobenzen-sulfonamidu a dále 2 g N-(1-naftyl)-1,2-ethylendiamin-dihydrochloridu. Po dokonalém rozpuštění obou sloučenin se obsah doplní destilovanou vodou na 1000 ml. Pro přípravu činidla vždy dbejte aktuálních potřeb.

#### Zajímavost:

Označení typu „dětská šunka“ je pouze obchodní, ve skutečnosti i tyto výrobky obsahují dusitany a při bližším zkoumání obalu lze najít sdělení, že tyto výrobky nejsou vhodné pro děti do 3 let.

### **Sekce 2 - VÝROBKY KOLEM NÁS A EKOLOGIE**

*U svačiny (předchozí pokus musí být důkaz dusitanů v šunce) ještě chvíli zůstaneme a provedeme ve třídě malý test: za jak dlouho se rozloží běžná svačina? Tj. jablko, papírový sáček nebo ubrousek, PET lahev od limonády, konzerva od fazolí a v některých případech (maturitní ročníky nebo repetenti) láhev od piva či rumu. Pozornost pak věnujeme biologicky rozložitelným tzv. biodegradabilním plastům, které se za správných podmínek dokáží rozložit až 100x rychleji.*

#### **Pokus 7: Zaměřeno na biopolymery**

##### Motivace:

Stále více se dnes mluví o znečištění a zamoření naší planety polymery (polymer představuje širší pojem než plast, polymery se dělí na plasty a elastomery).

*Víte, jaká je jejich spotřeba ve světě za rok a kolik z toho je recyklováno?*

Za rok se spotřebuje asi 200 milionů tun polymerů, což odpovídá na 1 člověka přibližně třiceti kilům ročně. Z toho asi pouhých 20 % je recyklováno. Celkově polymery tvoří kolem 15 % veškerého odpadu na Zemi. Kromě těchto obrovských čísel vyvstává další problém a to je jejich škodlivý vliv na lidské zdraví. Mezi zdraví nejvíce ohrožující polymery je považováno PVC (polyvinylchlorid), protože z něj unikají ftaláty a bisfenoly. Tyto látky způsobují různé zdravotní problémy (vrozené vady) a rovněž jsou rakovinotvorné. Od 21.2.2015 vzejde v platnosti nový zákon, který právě 4 nejvíce nebezpečné druhy ftalátu úplně zakáže. Lze tedy problém s nadvýrobou zdraví nebezpečných polymerů nějak řešit? Nabízí se alternativní řešení v podobě biopolymerů.

*Nejprve si zkuste tipnout, jak dlouho trvá, než se rozloží tyto běžně používané předměty.*



**Obr. 9** Obalové materiály a jejich rozložitelnost

Zatímco současné biopolymery lze rozložit během 2 - 4 měsíců. Biopolymery se vyrábí z rostlinné biomasy (z kukuřičného škrobu, obilovin, sóji) či z celulózy nebo ligninu (*ukázka bio tašky vyrobené ze škrobu*). Musí se však dát pozor, aby biopolymery byly i biodegradabilní, neboť na trh se dostávají i materiály, značené sice jako biopolymery, avšak biodegradabilní být nemusí. Z celkového počtu biopolymerů je asi jen 44 % opravdu tzv. BD (biobased – biodegradable).

*Jaký z toho tedy plyne závěr?*

Biopolymery jsou v některých aplikacích vhodnou alternativou, avšak rozhodně neřeší problém nadměrné globální produkce polymerních odpadů. Toho lze docílit především správným nakládáním s odpady, nejlépe však snahou o minimalizaci vzniku odpadů.

Zajímavost:

Jednou z nevýhod rozložitelných plastů je už samotná rozložitelnost. Dobrá chemická odolnost a stálost normálních plastů je využívána hojně v průmyslu (např. horkovodní potrubí z tvrzeného PVC je výrazně levnější a ekologičtější než původní mosazné či měděné vodovodní trubky). Biodegradabilní biopolymery jsou ideálním řešením jako náhrada stávajících plastů, ale pouze v některých odvětvích (jednorázové obaly na jídlo, medicínské použití, odpadkové pytle). Bohužel tato část představuje pouze 5-10 % z celkového počtu.

### **Sekce 3 – ENERGIE A PALIVA**

#### **Pokus 6: Frakce ropy - zkouška zapálením**

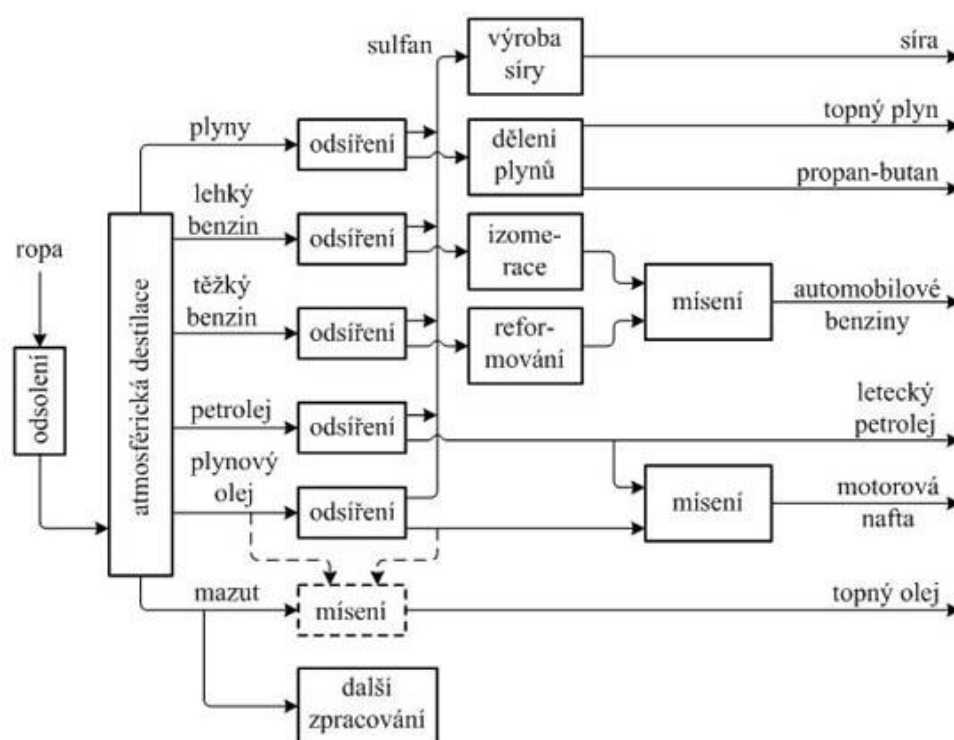
Motivace:

Ropný průmysl v dnešní době dosahuje gigantických rozměrů a jedná se de facto o business v řádu sta miliard ročního obratu a jednotlivé země jsou na něm ekonomicky i infrastrukturně závislé. Z tohoto důvodu je snahou zemí, jako je Česká republika, postupně přecházet na alternativní zdroje paliv, které by byly v dané zemi dostupné nebo alespoň byly schopny saturovat základní potřeby obyvatelstva a průmyslu, neboť závislostí na jiných zemích se vždy vystavujeme možnému tlaku na růst vstupní ceny pohonných hmot a tedy i dalších produktů.

**Evropský sociální fond**

**Praha a EU – Investujeme do vaší budoucnosti**

Co se týče ropy, můžeme ji popsat jako směs uhlovodíků od  $C_1$  až do  $C_{70}$ , které jsou děleny na rektifikačních kolonách. Celý proces si lze představit jako mnohonásobné destilace, probíhající v kontinuálním uspořádání s tím, že podmínky procesu jsou dále upravovány, aby bylo docíleno optimálních fyzikálně-chemických vlastností konečného produktu. Díky širokému spektru molekul, obsažených v ropě, ji využíváme téměř ve všech činnostech lidského snažení, ať již v podobě pohonných hmot pro automobily, letadla, mazací a těsnící oleje a v neposlední řadě také ve stavebnickém průmyslu pro přípravu živichých povrchů. Spektrum jednotlivých ropných frakcí je znázorněno na obrázku 8. Ropa je rovněž zdrojem, kromě zmíněných uhlovodíků, síry. Množství síry, získávané v rámci ropného průmyslu, není z pohledu světového obchodu významné, avšak není v žádném případě malé.



Obr. 8 Atmosférická destilace ropy a její produkty

### Zajímavost:

Nejdéle běžícím experimentem je pozorování tekutosti asfaltu. Asfalt je zbytkem po vakuové destilaci (má nejvyšší bod varu) a má tedy i nejvyšší hustotu. Pokus běží od roku 1927 a od té doby spadlo celkem 9 kapek (1 kapka/± 10 let) z toho 4 z nich se vědcům vůbec nepodařilo zachytit. Od roku 2000 lze pokus sledovat na online přenosu.

### **Pokus 5: Bio-ethanolová raketa**

#### Motivace:

Emise skleníkových plynů, které přispívají ke globálnímu oteplování, jsou asi z 20 % tvořeny emisemi ( $NO_x$ , CO, těžkých uhlovodíků) z dopravy. Zaváděním biopaliv je tak jednou z hledaných alternativ pro jejich snížení. Program do roku 2020 stanovuje 20%-ní náhradu

#### **Evropský sociální fond**

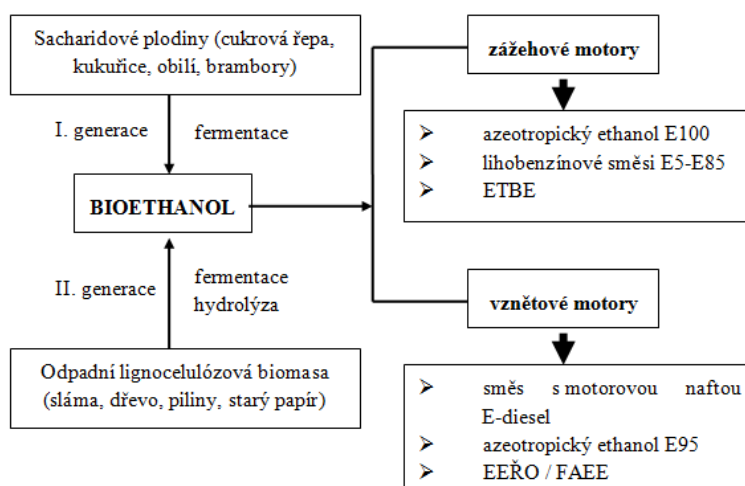
**Praha a EU – Investujeme do vaší budoucnosti**



motorových paliv vyráběných z ropné suroviny, a to nahrazením alternativními palivy, jako jsou biopaliva, zemní plyn a vodík.

Ethanol jako biopalivo lze využít v několika variantách. (ukázat obrázek 7) Bioethanol se vyrábí fermentací (kvašením) plodin obsahující cukry a škrob.

V České republice se využívají automobilové benzíny s obsahem ethanolu do 5 % obj. ve formě paliva E5, nadále pak biopalivo E85 a ETBE jako součást automobilových benzínů.



**Obr. 7** Využití bioethanolu jako paliva

Ethanol v benzínech zvyšuje oktanové číslo, rozpustnost vody, mění polaritu paliva, zvyšuje výparné teplo, ovlivňuje tlak par, snižuje výhřevnost, emise CO a uhlovodíků. Na druhou stranu však např. zvyšuje emise aldehydů a výrazně zvyšuje korozivitu lihobenzínové směsi. Ta je daná schopností ethanolu zvyšovat rozpustnost vody (ethanol je polární sloučenina, která je velmi dobře rozpustná ve vodě).

Víte, jak se nazývá motor spalující benzín/lihobenzínovou směs? U zážehového motoru je směs paliva a vzduchu ve válci zapálena (zažehnuta) elektrickou jiskrou, kterou obvykle tvoří zapalovací svíčka. Tím se liší od vznětového motoru (spaluje naftu), kdy dochází k samovznícení vstříknutého paliva samotnou teplotou stlačeného vzduchu.

#### Zajímavost:

Ve spalovacích motorech dochází k opakovaným „výbuchům“ paliva ve válcích. Množství paliva, které je opakovaně vstříkováno do válců je překvapivě velmi malinké (okolo 50 µl), což odpovídá zhruba objemu, který vznikne, přeložíme-li přes sebe dva lidské vlasy. S nadsázkou lze říct, že automobily spíš než na benzín jezdí na vzduch.

### Vysvětlení pojmů:

Jednotlivé vysvětlení pojmů slouží pouze pro prezentující autory jako jakési stručné uvedení do problému či utvrzení v úplné znalosti daného pojmu v kontextu s touto prací.

aerace	Proces nebo postup vhánění vzduchu do vody. V kontextu práce se jedná o proces dodávání kyslíku do aktivační nádrže.
biomasa	Biologický materiál, který je možné dále využít. Jedná se o obnovitelný zdroj.
botnání	Vlastnost ionexu, kdy při jeho zvlhčení dochází ke zvětšení objemu perličky. Botnání je specifický pojem, neplést s bobtnáním!
ekosystém	Uzavřený okruh živých a rostlinných společenstev, vzájemně na sebe navazujících.
environmentální	Synonymum ke slovu životní prostředí, které je používané v odborné terminologii v ochraně životního prostředí, taktéž environmentu.
foton	Elementární částice nesoucí energii světelného záření.
interakce	Vzájemné působení a ovlivňování různých či souběžně probíhajících dějů ovlivňujících výsledek.
ionexy	Polymerní látky schopné nahrazovat kationty nebo anionty.
kolona	Uzavřený či otevřený systém umožňující provádět filtraci či obdobný proces přes vrstvu zrnitého materiálu.
komplexy	V rámci této práce je tento termín využíván ve smyslu tvorby komplexů kovů s jedním či více ligandy, které zvyšují stabilitu kovu v roztoku a zabraňují mu v běžných reakcích, které by v případě volného kovu mohl tvořit.
ligandy	Látka nebo sloučenina, která je schopná implementovat kov či další sloučeninu do své struktury a vytvořit s ním koordinačně kovalentní vazbu.
matrice	Jedná se o základní látku nebo strukturu, která byla využita pro další rozšíření, aby výsledný produkt nabyl požadovaných vlastností.
patogenní mikroorganismy	Jedná se o mikroorganismy, které způsobují onemocnění či jiné zdravotní obtíže jinému organismu, který s ním přijde do kontaktu. Zpravidla uvažujeme vždy o patogenitě vůči lidskému organismu, potažmo teplokrevným organismům.
polymer	Jedná se o látku, v níž dochází k neustálému opakování základní struktury, tedy monomeru. Polymerní látky jsou zpravidla vysokomolekulární sloučeniny, které mírou polymerace nabývají různých vlastností. Zpravidla se jedná o plasty.



regenerace	V rámci této práce je myšleno procesem regenerace obnova absorpčních schopností ionexu zpět před proces absorpce.
rektifikace	Jedná se o proces, který ve zjednodušeném popisu lze popsat jako proces opakované destilace, prováděný v rámci jednoho zařízení.
sedimentace	Proces oddělování disperzní soustavy na základě působení gravitace, který využívá rozdílnou hustotu částic a rozpouštědla.
separace	Proces oddělení dvou a více druhů částic od sebe navzájem na základě využití různých vlastností či velikostí.
skelet	V rámci této práce je pod pojmem skelet myšlena základní struktura ionexu, kterou tvoří matrice.
sorpce	Jedná se o proces zachycování iontů na pevném materiálu. V rámci této práce se sorpce uplatňuje u ionexů a filtrace vody přes zrnitý materiál – zeolit.
suspenze	Disperze pevných částic a kapaliny. V rámci této práce se se suspenzí setkáváme u čištění odpadních vod a filtrace.