

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Katedra učitelství a didaktiky chemie



Bakalářská práce

SKLENÍKOVÉ PLYNY V GYMNAZIÁLNÍM UČIVU CHEMIE

Greenhouse gases in chemistry education

Lucie Kristlová

Praha 2009

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Renata Šulcová

Klíčová slova: skleníkové plyny v učivu chemie; rámcové vzdělávací programy; analýza učebnic; pracovní listy, emise a separace CO₂, metoda CCS.

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracovala samostatně, na základě uvedené literatury.

Souhlasím se zapůjčením práce ke studijním účelům.

V Praze dne 30. 5. 2009

.....

Lucie Kristlová

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat RNDr. Renatě Šulcové v první řadě za její cenné rady a připomínky, které přispěly ke vzniku této bakalářské práce. Dále děkuji za její ochotu a čas, který mi věnovala.

OBSAH

Obsah	4
Seznam zkratk vyskytujících se v textu	5
1. Úvod	6
1.1. Cíle	7
1.2. Zařazení tématu skleníkové plyny do gymnaziálního vzdělávání v souladu s RVP	8
1.2.1. Systém kurikulárních dokumentů	8
1.2.1.1. Rámcové vzdělávací programy	8
1.2.1.2. Školní vzdělávací programy	9
1.2.2. Koncepce vzdělávacího oboru Chemie v RVP G a oprávněnost zařazení tématu skleníkové plyny	9
1.3. Analýza zpracování tématu skleníkové plyny ve vybraných českých i zahraničních učebnicích chemie určených pro ZŠ i SŠ	10
1.3.1. Vlastní analýza učebnic a dalších studijních materiálů	
1.3.1.1. Hodnotící kritérium	
1.3.1.2. Diskuze výsledků analýzy učebnic chemie	
2. Teoretická část	
2.1. Základní pojmy vztahující se k tématu	
2.1.1. Globální oteplování	
2.1.2. Skleníkový efekt	
2.1.3. Skleníkové plyny	
2.2. Metoda CCS – zachycení, doprava a dlouhodobé uskladnění CO ₂	
2.2.1. Pilotní projekt ve francouzském Lacq	
2.2.2. Technologie zachycující emise CO ₂ z kouřových plynů	
2.2.2.1. Separace CO ₂ z kouřových plynů po spálení paliva se vzduchem	
2.2.2.2. Separace CO ₂ před spálením paliva	
2.2.2.3. Separace CO ₂ po spálení paliva s kyslíkem	
2.2.3. Transport zachyceného CO ₂	
2.2.4. Geologické uskladnění CO ₂	
2.2.4.1. Plynová a ropná ložiska	
2.2.4.2. Hluboké podmořské vrty, hlubinná jezera sladké nebo slané vody (aquifery)	
2.2.4.3. Uhlené sloje	
2.2.5. Rizika související s ukládáním	
2.3. Přeměna odpadního CO ₂ na cyklické uhličitany	
2.4. Přeměna CO ₂ na křídou a písek	
3. Praktická část	
3.1. Návrhy pracovních listů pro základní a gymnaziální vzdělávání	
3.1.1. Zadání pracovních listů	
3.1.2. Autorská řešení pracovních listů	
3.2. Metodické pokyny pro učitele	
4. Závěr	
5. Shrnutí a summary	
5.1. Shrnutí	
5.2. Summary	
6. Seznam literatury a internetových zdrojů	
6.1. Seznam použité literatury	
6.2. Seznam internetových zdrojů	

Seznam zkratk vyskytujících se v textu

G = gymnázium

RVP = rámcový vzdělávací program

RVP G = Rámcový vzdělávací program pro gymnaziální vzdělávání

RVP ZV = Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání

SŠ = střední škola

ŠVP = Školní vzdělávací program

ZŠ = základní škola

CCS

NVP

Anglické zkratky vysvětleny průběžně v textu.

1. ÚVOD

Tématem mé bakalářské práce jsou Skleníkové plyny a jejich vliv na globální oteplování v učivu nižšího i vyššího stupně gymnaziálního vzdělávání.

Má práce je členěna na tři části. V první části se zabývám analýzou vybraných učebnic chemie z hlediska obsahu a případně rozsahu – na část teoretickou a část praktickou. V části teoretické se podrobněji rozepisují o nových technologiích, přičemž větší pozornost je věnována metodě CCS – zachycení, doprava a dlouhodobé uskladnění CO₂. zaměřena na rešeršní průzkum nových technologií/...

Ačkoliv jsem při zpracování této práce vycházela z mnoha zdrojů. Velkou část této práce jsem věnovala metodě CCS, která je relativně mladá. Z tohoto důvodu o ní není mnoho informací v literárních knihách. Informace o ní jsem čerpala převážně z internetových zdrojů

celosvětový problém globální oteplování. Je to problém nejen ekologický, ale také politický a ekonomický. Z hlediska faktů a dávám tím možnost studentům objektivně si na problém udělat vlastní názor.

Praktická část obsahuje pracovní listy navržené pro nižší i vyšší stupeň gymnaziálního vzdělávání a jejich vypracovaná autorská řešení s doporučením bodovým ohodnocením. Součástí praktické části jsou i metodické pokyny pro učitele.

Přestože jsem při psaní této bakalářské práce vycházela (čerpala informace) z mnoha zdrojů, největší důraz jsem kladla na prameny „ověřené“ such as univerzity, atd.

1.1. Cíle

Cíle mé bakalářské práce jsou:

- na základě odborné literatury a internetových zdrojů vypracovat stručný rešeršní průzkum k problematice skleníkových plynů a nových technologií redukcí jejich množství v atmosféře
- v souladu s RVP provést analýzu tohoto průřezového tématu a zjistit možnosti jeho zařazení do gymnaziálního vzdělávání (z hlediska jeho realizace na gymnáziích) **Zjistit RVP a zařazení**
- provést analýzu vybraných dostupných českých i zahraničních učebnic chemie a biologie
- navrhnout pracovní listy a metodickou podporu pro výuku tohoto tématu na nižším i vyšším stupni gymnaziálního vzdělávání

1.2. Zařazení tématu skleníkové plyny do gymnaziálního vzdělávání v souladu s RVP

1.2.1. Systém kurikulárních dokumentů

V souladu s novými principy kurikulární politiky, zformulovanými v Národním programu rozvoje vzdělávání v ČR (tzv. Bílé knize) /73/ a zakotvenými v zákoně č. 561/2004 Sb., zákon o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání, se do vzdělávací soustavy zavádí nový systém kurikulárních dokumentů pro vzdělávání žáků od 3 do 19 let. Kurikulární dokumenty jsou vytvářeny na dvou úrovních – státní a školní. Státní úroveň v systému kurikulárních dokumentů představují Národní program vzdělávání (NPV) a rámcové vzdělávací programy (RVP) /71/. Zatímco NPV formuluje požadavky na vzdělávání, které jsou platné ve vzdělávání jako celku, RVP vymezují závazné rámce pro jeho jednotlivé etapy (pro předškolní, základní a střední vzdělávání). Školní úroveň představují školní vzdělávací programy (ŠVP), podle nichž se uskutečňuje vzdělávání na jednotlivých školách. Školní vzdělávací program si vytváří každá škola podle zásad stanovených v příslušném RVP.

1.2.1.1. Rámcové vzdělávací programy

Rámcový vzdělávací program pro gymnaziální vzdělávání (RVP G), který je určen pro čtyřletá gymnázia a vyšší stupeň víceletých gymnázií, byl schválen v roce 2007 Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy. /57/

Obecná část RVP G vymezuje pojetí a cíle vzdělávání a klíčové kompetence – souhrn vědomostí, dovedností, schopností, postojů a hodnot, kterých by měl žák za dobu studia dosáhnout. Vzdělávací obsah, který je tvořen očekávanými výstupy a učivem, potom určují vzdělávací oblasti (v nichž jsou začleněny odpovídající vzdělávací obory) a průřezová témata. Průřezová témata jsou ve vzdělávání novým prvkem a jejich obsah reflektuje aktuální problémy světa. Zdůrazňují především multikulturní, demokratický, globální a proevropský aspekt výchovy a vzdělávání. /10/

V RVP G je učivo závazné a je třeba naplnit všechny jeho body. /71/

1.2.1.2. Školní vzdělávací programy

Od 1. 9. 2007 gymnázia připravovala své školní vzdělávací programy, podle kterých již začala nebo začnou od 1. 9. 2009 vyučovat. ŠVP musí být v souladu s RVP G i v souladu s obecně platnými právními předpisy. Víceletá gymnázia vycházejí při tvorbě ŠVP z požadavků RVP ZV a z požadavků RVP G. /57, 63/

Podle školních vzdělávacích programů se uskutečňuje vzdělávání v konkrétní škole. Jednotlivé školy zpracovávají pro své podmínky, záměry a plány své jedinečné ŠVP, podle kterých se budou řídit. Otevírá se tak prostor pro další rozvoj autonomie škol, pro uplatnění jejich potenciálu, pro větší rozvoj tvůrčích schopností učitelů, pro větší flexibilitu vzdělávacího systému i pro vyšší efektivitu vzdělávání. /63/

1.2.2. Koncepce vzdělávacího oboru Chemie v RVP G a oprávněnost zařazení tématu skleníkové plyny

Vzdělávací obor Chemie, tak jak je zpracován v RVP G, je součástí vzdělávací oblasti *Člověk a příroda*, do které patří i další přírodovědné obory jako je Fyzika, Biologie, Geografie a Geologie. Spojení všech těchto vzdělávacích oborů v rámci jedné vzdělávací oblasti umožňuje žákům lépe nahlédnout do problematiky zákonitostí přírodních procesů, a to zejména v kontextu praktického života. Koncepce vzdělávacího oboru Chemie by měla poskytnout žákovi nejen základní vědomosti a dovednosti, ale také prostor a příležitost pro rozvoj postojů a hodnot (např. kritický přístup ke zprávám v médiích, hodnotový systém ve vztahu k životnímu prostředí apod.). /63, 71/

Problematika skleníkových plynů se svým obsahem řadí mezi téma interdisciplinární, nevychází pouze z učiva vzdělávacího oboru Chemie, ale rovněž i z učiva Biologie a v případě metody CCS (kapitola 2.2.) i z Fyziky a Geologie. Toto téma, jež nepochybně náleží do vzdělávací oblasti *Člověk a příroda*, je taktéž vhodným adeptem pro zařazení do jednoho z průřezových témat. Protože v sobě zahrnuje zejména aktuální otázky ekologické, ale i politické a ekonomické, je možné jej kromě *Enviromentální výchovy* zařadit i do výuky témat *Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech* a *Osobnostní a sociální výchova*. V souvislosti s tímto tématem nelze opomenout značný vliv médií na širší veřejnost, a proto připadá v úvahu i jeho zařazení do *Mediální výchovy*.

1.3. Analýza zpracování tématu skleníkové plyny ve vybraných českých i zahraničních učebnicích chemie určených pro ZŠ i SŠ

2.3.1. Vlastní analýza učebnic a dalších studijních materiálů

Pro provedení své analýzy jsem zvolila tyto české učebnice, pracovní listy, přehledové materiály a vybrané zahraniční publikace:

Seznam analyzovaných učebnic chemie a pracovních listů pro ZŠ a nižší ročníky VG:

1. Chemie I pro 8. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií: Karger, Pečová, Peč /30/
2. Chemie II pro 9. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií: Karger, Pečová, Peč /31/
3. Chemie krok za krokem: Bílek, Richtera /20/
4. Chemie na každém kroku: Bílek, Richtera /21/
5. Chemie se nebojíme 2: Los, Hejsková, Klečková /38/
6. Chemie 8: učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia: Škoda, Doulík /43/
7. Chemie 9: učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia: Škoda, Doulík /44/
8. Chemie pro 8. ročník základní školy: Čtrnáctová, Zemánek, Svobodová, Dušek
9. Chemie pro 9. ročník základní školy: Novotný, Sejbal, Čtrnáctová //
10. Kamarádka chemie aneb chemie pro každý den: Los, Klečková /36/
11. Nebojte se chemie 1: Los, Hejsková, Klečková /37/
12. Základy chemie 1: Beneš, Pumpr, Banýr /15/
13. Základy chemie 2: Beneš, Pumpr, Banýr /16/
14. Základy praktické chemie I pro 8. ročník základní školy: Beneš, Pumpr, Banýr /17/
15. Základy praktické chemie II pro 9. ročník základní školy: Beneš, Pumpr, Banýr /18/

Pracovní listy

16. Chemie 8: pracovní sešit pro základní školy a víceletá gymnasia: Škoda, Doulík //
17. Chemie 9: pracovní sešit pro základní školy a víceletá gymnasia: Škoda, Doulík //
18. Chemie I: pracovní sešit: Pečová, Karger, Peč
19. Chemie II: pracovní sešit: Pečová, Karger, Peč
20. Chemie pro 8. ročník základní školy Pracovní sešit – Čtrnáctová, Zemánek, Svobodová, Dušek
21. Chemie pro 9. ročník základní školy Pracovní sešit: Novotný, Sejbal, Čtrnáctová //
22. Základy praktické chemie 1 – pracovní sešit pro 8. ročník ZŠ: Beneš, Pumpr, Banýr //
23. Základy praktické chemie 2 – pracovní sešit pro 8. ročník ZŠ: Beneš, Pumpr, Banýr //

Seznam analyzovaných středoškolských učebnic chemie, pracovních listů a přehledových materiálů:

1. Chemie pro čtyřletá gymnázia 1: Mareček, Honza /39/

2. Chemie pro čtyřletá gymnázia 2: Mareček, Honza /40/
3. Chemie pro čtyřletá gymnázia 3: Mareček, Honza /41/
4. Chemie I v kostce pro střední školy: Kotlík, Růžičková /32/
5. Chemie II v kostce pro střední školy: Kotlík, Růžičková /33/
6. Chemie (obecná a anorganická) I pro gymnasia: Flemr, Dušek
7. Chemie (organická a biochemie) II pro gymnázia: Kolář, Kodíček, Pospíšil
8. Biochemie pro studenty středních škol a všechny, které láká tajemství živé přírody: Vodrážka /50/
9. Chemie pro střední školy: Banýr, Beneš a kol. /13/
10. Chemie pro střední školy 1a: Eisner a kol. //
11. Chemie pro střední školy 1b: Eisner a kol. /27/
12. Chemie pro střední školy 2a: Amman a kol. /12/
13. Chemie pro střední školy 2b: Amman a kol. //

Přehledové materiály:

14. Přehled středoškolské chemie: Vacík a kol. /48/
15. Odmaturuj z chemie: Benešová, Satrapová /19/

Seznam analyzovaných zahraničních publikací:

Chemia dla klasy I gimnazjum – Jan Rajmund Paško //
 Chemia Podrecznik dla gimnazjum – Earl, Wilford //
 Elemente der Zukunft: Chemie 1 – B. Lutz, W. Pavenzinger //
 Elemente der Zukunft: Chemie 2 – P. Pfeifer, R. Reichelt //
 Chemistry in Context: Applying Chemistry to Society: American Chemical Society //
 Chemistry and our world: Ch. G. Gebelein //

1.3.1.1. Hodnotící kritérium

Ačkoliv se toto téma stává bezesporu u nás i ve světě čím dál více aktuálnější, můžeme jej stále považovat za nové. Téměř většina českých učebnic byla vydána ještě před zmedializováním tohoto tématu, z čehož plyne) a proto je (v nich) /nalézt v nich zmínku/ (je celkem logické) zmínka o této problematice ojedinělou záležitostí. /a s tím souvisí skutečnost, že se tímto tématem (prakticky) vůbec nezabývají/ S tím souvisí i nedostatek výukových materiálů.

V kapitole x.x. jsem podrobně popsala metodu (česky, celými slovy, pak CCS). (téma skleníkové plyny se řadí mezi interdisciplinární, a proto je možné kapitolu x.x.x. zařadit (odkazuje na geologii) do výuky geologie, kapitola x.x.x. se týká chemie.

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1. Základní pojmy vztahující se k tématu

2.1.1. Globální oteplování /1/

Problém zvětšování intenzity skleníkového efektu v ovzduší a jím způsobené globální oteplování Země se stává stále aktuálnější, neboť se častěji a s větší intenzitou projevují jeho důsledky.

Předpovídaná rychlost změny obnášející dva a půl stupně během století je pravděpodobně větší než rychlost, s jakou se celková průměrná teplota měnila kdykoli během posledních deseti tisíc let. A protože mezi nejméně chladnější částí doby ledové a teplým obdobím mezi ledovými dobami existuje rozdíl v globální průměrné teplotě pouze kolem pěti nebo šesti stupňů, můžeme očekávat, že několik stupňů v celkovém průměru může znamenat velkou změnu podnebí.

Pokud nedojde velmi rychle k zásadním změnám a globální oteplování bude pokračovat, budeme muset čelit důsledkům, které si zatím jen stěží umíme představit.

O skutečnosti globálního oteplování a o změně klimatu v závislosti na lidských aktivitách jsou odborníci přesvědčeni.

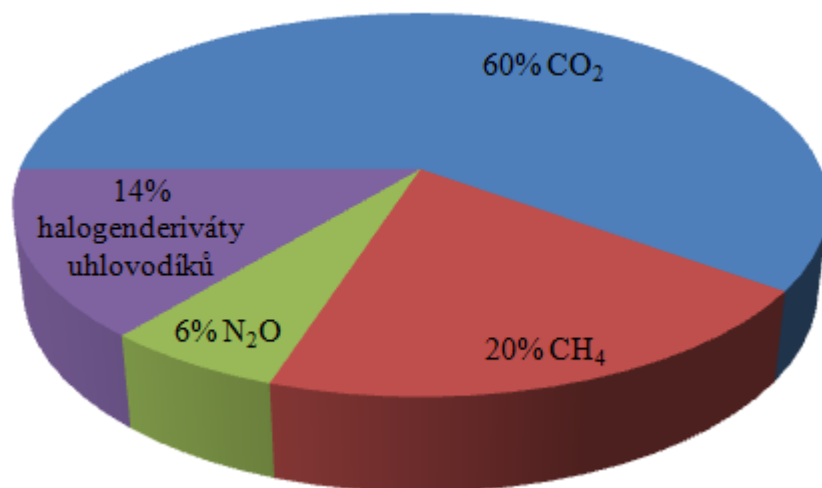
2.1.2. Skleníkový efekt

Pojem skleníkový efekt se používá v běžné řeči k označení dvou rozdílných věcí: přírodního skleníkového efektu, což je skleníkový efekt vyskytující se přirozeně na Zemi, bez jehož působení by průměrná teplota na zemském povrchu klesla na $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, a přídavného (antropogenního) skleníkového efektu, jehož původ tkví v lidské činnosti a který pravděpodobně způsobuje globální oteplování. Míra významu druhého jevu je předmětem sporů. Současné vědecké poznatky dokazují, že lidská činnost (produkce skleníkových plynů) klimatický systém Země ovlivňuje. Základní princip tohoto jevu spočívá v tom, že skleníkové plyny k zemskému povrchu propouští sluneční záření, zatímco tepelné záření Země dokáží absorbovat a zpětně vyzářit, díky čemuž jsou ohřívány spodní vrstva atmosféry a zemský povrch. /7/

2.1.3. Skleníkové plyny

Skleníkové plyny zahrnují ty sloučeniny, které se vyskytují v atmosféře Země a vyznačují se silnou absorpcí dlouhovlnného infračerveného záření. Je to zejména vodní pára, oxid uhličitý (CO_2), methan (CH_4), oxid dusný (N_2O) a další oxidy dusíku, ozon (O_3) a plyny CFC neboli freony. Protože každý ze skleníkových plynů má jinou schopnost klima ovlivňovat, pro každý skleníkový plyn existuje tzv. potenciál globálního ohřevu a pro možnosti srovnání se obsah skleníkových plynů uvádí v hodnotě CO_2 ekvivalentní (CO_2_{ekv}).

Problém je v tom, že člověk v atmosféře množsví skleníkových plynů a zvláště *slavy!* CO_2 zřetelně zvýšil. Po několik století se vrací do atmosféry organický uhlík (právě ve formě CO_2), shromažďovaný pod zemí ve formě fosilních paliv stovky milionů let. CO_2 se na současném dodatečném množství plynů zachycujících teplo podílí 60% (viz obr. 1) a předpokládá se, že v budoucnu bude jeho podíl ještě vyšší. /1, 5, 6, 7/



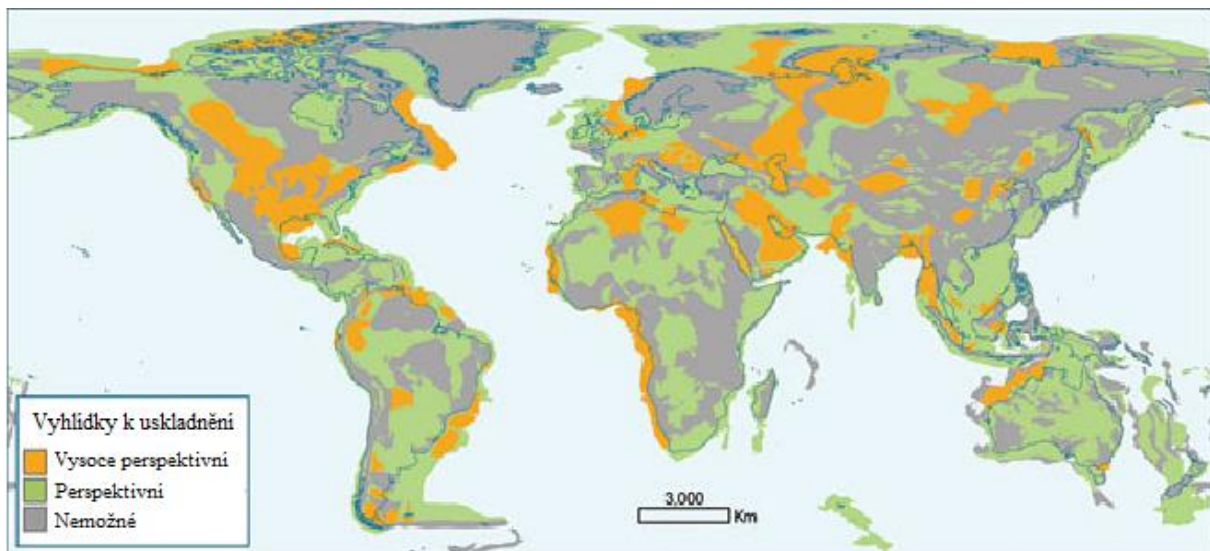
Obr. 1. Relativní vliv člověkem produkováných skleníkových plynů na změnu teploty. Zdroj: IPCC, 2001a, tabulka 6.1.

2.2. Metoda CCS – zachycení, doprava a dlouhodobé uložení CO₂

Fosilní paliva zůstanou základním zdrojem produkce energie přinejmenším do poloviny 21. století. Očekává se tedy i nadále zvyšující se koncentrace **slovy** CO₂ v atmosféře, pokud nedojde ke stabilizaci nebo i redukcí množství emisí tohoto skleníkového plynu do ovzduší. Řešením, jak využít tato paliva, aby dále nepředstavovala hrozbu pro klima, by mohla být nová technologie CCS¹, což představuje zachycení **slovy** CO₂, jeho dopravu k místu uložení a jeho dlouhodobé uskladnění, dokud se pro něj nenajde vhodné využití. /9, 12, 16/

Nepohyblivá zařízení, jako jsou elektrárny a cementárny spalující fosilní paliva, jsou vhodnými adepty pro využití této metody. Díky ní je možné zachytit významný podíl produkovaného **slovy** CO₂, aniž by plyn někdy vstoupil do atmosféry. Odhaduje se, že do roku 2050 se množství zachyceného CO₂ může pohybovat v rozmezí 21 – 45% z celkového množství antropogenních emisí CO₂. /6, 8, 12/

Celosvětová kapacita k uskladnění tohoto plynu je velká, podle Mezivládního panelu ke klimatické změně (IPCC²) se pohybuje v rozmezí od 2 do 10 bilionů tun CO₂. U.S. Department of Energy's Energy Information Administration zveřejnil množství emisí v roce 2004, které činily 27 miliard tun. To znamená, že i kdyby byly veškeré antropogenní emise izolovány, stále by existovalo dost místa pro jejich ukládání po více než 100 let. /5/



Obr. 2. Mapa zobrazující potenciální možná místa k uložení CO₂ po celém světě. Zdroj: Szanford University; http://news.stanford.edu/news/2007/june_13/carbon-061307.html/

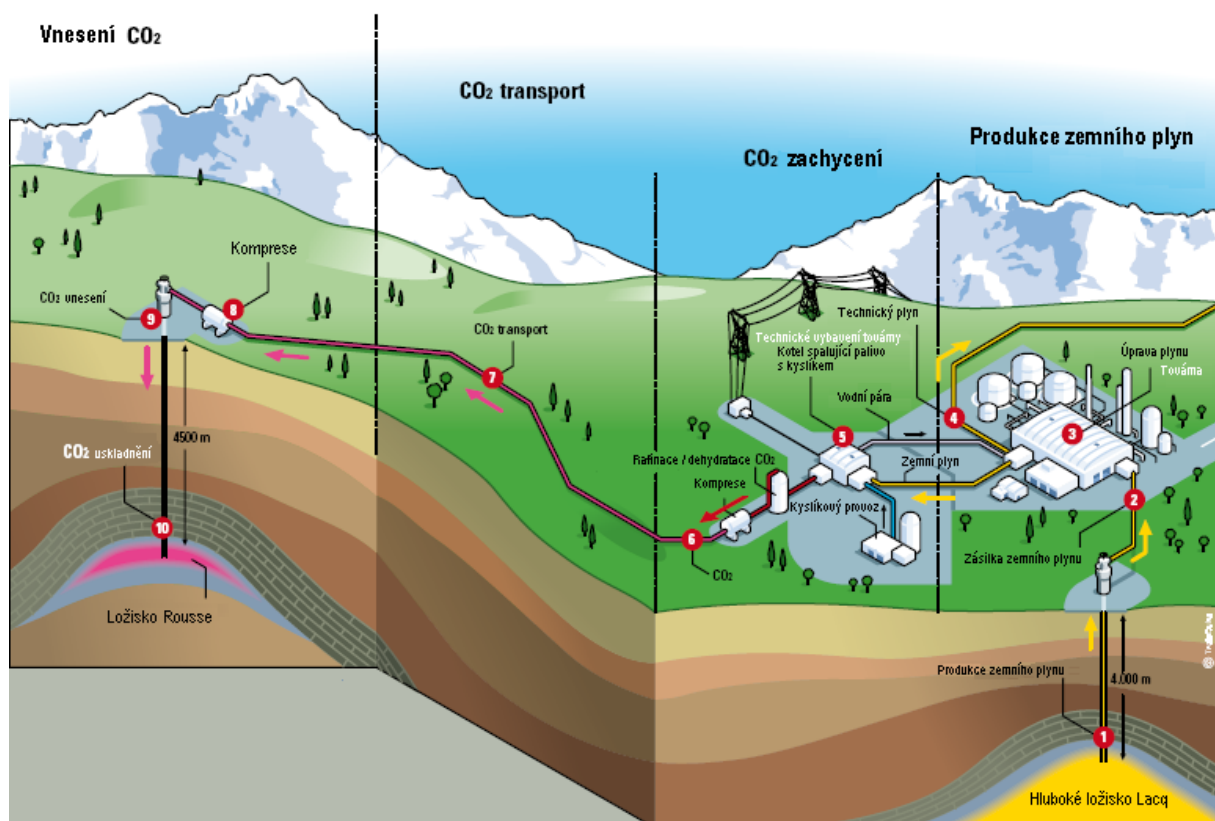
¹ CCS = Carbon Dioxide Capture and Geological Storage

² IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change

2.2.1. Pilotní projekt ve francouzském Lacq

V listopadu 2008 zahájila společnost Air Liquide ve spolupráci s Total Group v lokalitě Lacq v jihozápadní Francii projekt na ukládání CO₂ do geologických vrstev, z nichž byl vytěžen zemní plyn. Během dvou let by mělo být uloženo do podzemí 150 000 t CO₂. Na obr. 3 je graficky znázorněné schéma metody CCS právě v lokalitě Lacq. Pro lepší představu bude v následujícím odstavci ve stručnosti popsán základní princip metody CCS (vztažen právě k obr.3.), přičemž rozsáhleji bude o metodě CCS pojednáno v dalším textu.

Zemní plyn se vytěží z ložiska ležícího v hloubce 4 000 m po povrchem a spálí se pomocí kyslíku. CO₂ se následně do ložiska Rouse transportuje již existujícím plynovodem. 4 500 m hluboké ložisko Rouse má vhodné vlastnosti pro uložení CO₂, jednak díky 2000 m silné vrstvě nepropustného nadloží a jednak díky tlaku, který klesá z počátečních 485 bar³ na pouhých 30 bar. Okolní skály tvoří tlakovou bariéru a brání CO₂ v úniku. Výjimkou je vstupní šachta, která je vždy potenciálním únikovým bodem. /4/



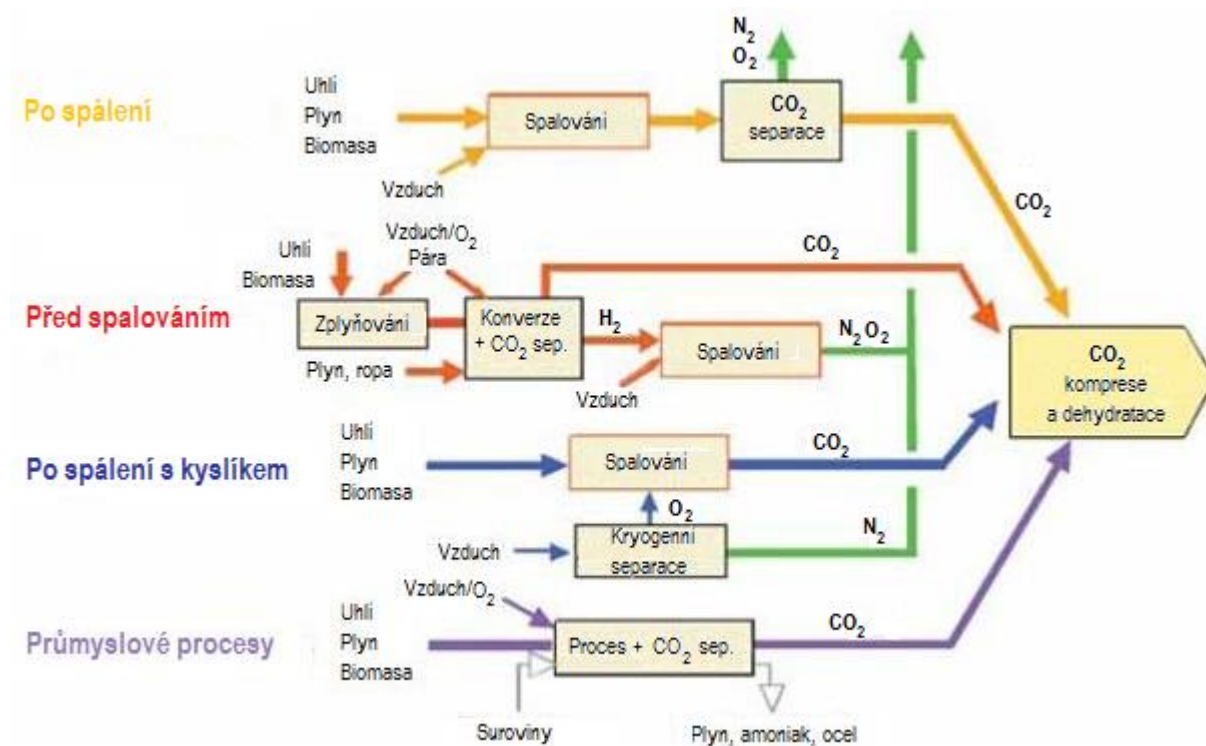
Obr. 3. Pilotní projekt v Lacq. Zdroj: /13/

Pozn.: Animace obrázku k dispozici na http://www.total.com/dossier_environnement/captage_gb/media/captage700x500VA.html

³ 1 bar = 100 000 Pa

2.2.2. Technologie zachycující emise CO₂ z kouřových plynů

Spaliny z uhelných elektráren obsahují 10 – 12 obj. % CO₂, z elektráren na zemní plyn asi 3 obj. % CO₂. Objem kouřových plynů je ohromný, ale koncentrace CO₂ v nich je nízká. Aby byl transport a následné uložení CO₂ efektivní, je nutné získat tento plyn v relativně čisté formě. Musí být proto oddělen ze směsi odpadních plynů. Separáčnı metody vhodné pro elektrárny lze rozdělit na 3 skupiny: 1. separace CO₂ z kouřových plynů po spálení paliva se vzduchem, 2. separace CO₂ před spálením paliva, 3. separace CO₂ po spálení paliva s kyslíkem. Výsledkem je vysoká koncentrace CO₂ ve spalinách, což zlepšuje efektivnost jímání. Mimoto je možno separovat CO₂ i z procesnıch plynů z výroby cementu a vápna a z výpalu keramiky, případně jiných průmyslových a chemických výrob, v nichž jsou uvolňovány významné objemy CO₂. /5, 6, 10, 12, 19/



Obr. 4. Schéma separáčnıch metod. Zdroj: podle /12/

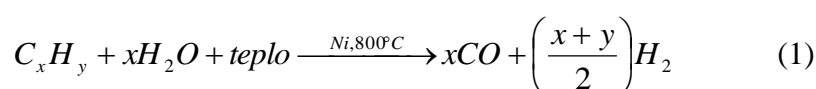
2.2.2.1. Separace CO₂ z kouřových plynů po spálení paliva se vzduchem /6/

Separáčnı technologie je napojena na výstupnı kouřové plyny. Pro oddělení CO₂ ze spalin se u menších zařizenı přednostně používá absorpce do aminů. Před absorpcı jsou spaliny ochlazeny a jsou z nich odstraněny nečistoty (saze, polétavý popılek, NO_x, SO₂).

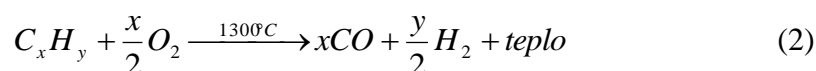
Napojení této technologie na stávající uhelnou elektrárnu, jejíž energetická účinnost je kolem 30%, znamená další snížení účinnosti spotřebou části vyrobené energie na zachycení CO₂. Proto se využití této technologie ve starých elektrárnách stává příliš drahé.

2.2.2.2. Separace CO₂ před spálením paliva

Pro tuto technologii se vžil označení IGCC (integrated gasification combined cycle), což představuje komplexní kombinovaný cyklus zplyňování. Podstatou postupu je transformace původního paliva na ušlechtlejší se zvýšeným podílem vodíku a uhlíku. V prvním kroku se získá plynná směs oxidu uhelnatého s vodíkem (syntézní plyn), a to buď reakcí paliva s vodní parou (parní reforming):



nebo částečnou oxidací paliva kyslíkem:



Teplo, potřebné pro reakci (1), lze dodat reakcí (2), proto se někdy tyto reakce provádí v jednom reaktoru.

Ve druhém kroku je syntézní plyn obohacen vodíkem reakcí CO s vodní parou (konverze – shift reakce):



K oddělení CO₂ ze směsi plynů se dá použít např. absorpce do Selexolu, což je komerční fyzikální absorpční proces odstraňování CO₂ pomocí dimetylerů glykolu. Vodík se pak může spálit ve vhodné turbíně nebo by mohl být v budoucnosti veden do palivového článku. Dnešní turbíny snesou plyn, který obsahuje maximálně 45% vodíku. Proto se vývoj zaměřuje na nové turbíny pro spalování čistého vodíku. Z investičního hlediska je tato varianta vhodná pro nové zdroje, implementace do stávajících technologií je problematická. /6, 18, 19/

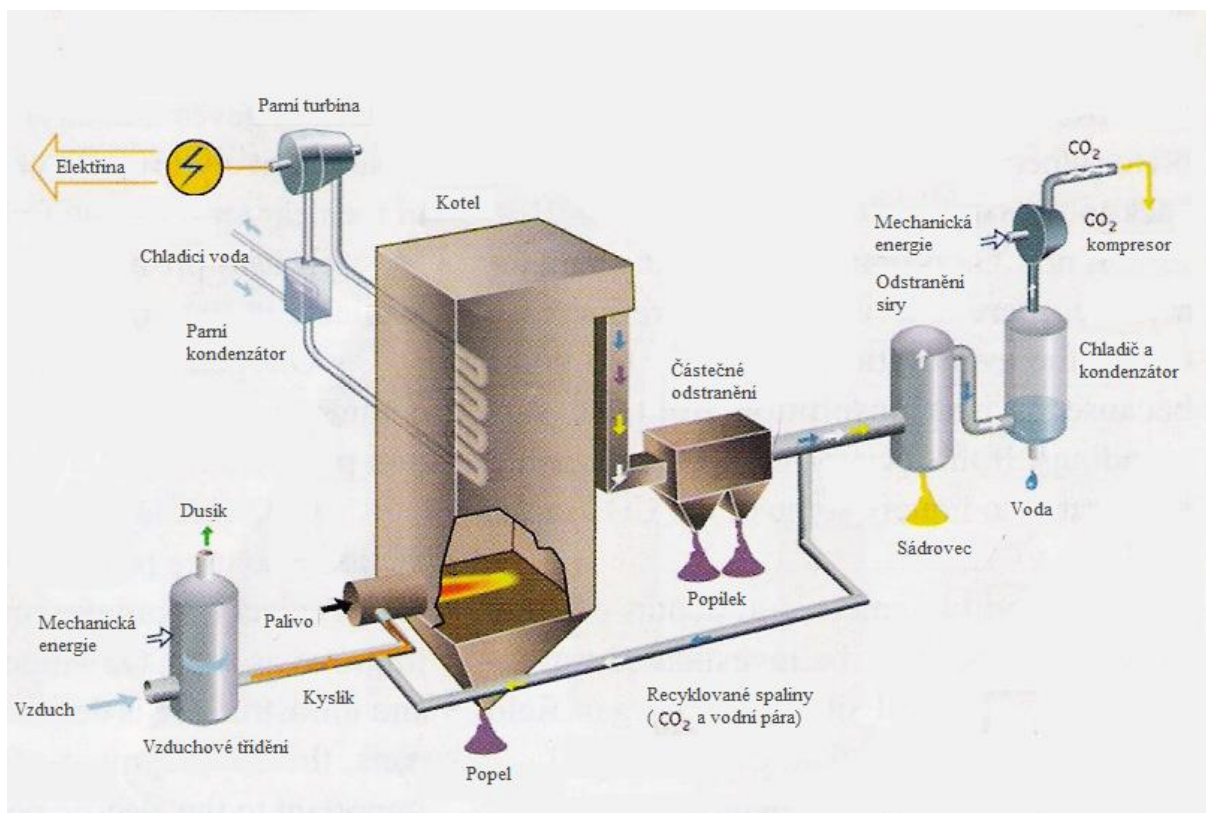
Tato technologie je použita v elektrárně Vřesová, zejména z důvodu eliminace emisí oxidů síry. /19/

2.2.2.3. Separace CO₂ po spálení paliva s kyslíkem

Technologie pracuje na principu nahrazení vzduchu (obsahuje přibližně 78% dusíku a 21% kyslíku) při spalování kyslíkem. Cílem je vyloučit z procesu dusík, který ředí spalné plyny, zvětšuje jejich objem a ztěžuje separaci CO₂. Použití kyslíku vede k vysokým koncentracím CO₂ (téměř 100%) ve spalinách, což ekonomicky zvýhodňuje projekt

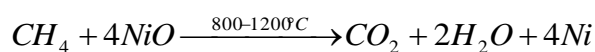
zachytávání, transportu a hlubinného skladování CO₂. Produktem spalování je hlavně CO₂ a H₂O, které se od sebe snadno oddělují. Tyto metody se dají rozdělit na dvě skupiny.

U metod první skupiny se do topeniště vhání místo vzduchu kyslík. Při spalování paliva v kyslíku se dosahuje teplot nad 2 000 °C, což je příliš vysoká teplota pro typické materiály v elektrárnách (v běžné plynové turbíně je maximální dovolená teplota 1 400 °C). Proto je dnes teplota spalování regulována recyklem spalín, příp. vodní párou, do spalovacího prostoru. Po ochlazení a kondenzaci vodní páry spaliny obsahují 80 až 98% CO₂. Ke spalování je ovšem zapotřebí velké množství kyslíku. 500 MW uhelná elektrárna typu IGCC⁹ potřebuje 4 000 t O₂/den. Kyslík se získává ze vzduchu. Pro dělení plynů se při menších spotřebách kyslíku (do 200 t O₂/den) používá adsorpce, při větších spotřebách se používá destilace vzduchu za kryogenních teplot. /6/

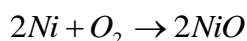


Obr. 5. Schéma Oxyfuel combustion capture⁷. Zdroj: Carbon Capture Journal, issue 8

Ve druhé skupině metod, při tzv. spalování v chemické smyčce, kyslík palivu dodávají oxidy kovů. Využívá se vratné reakce mezi vhodným kovem a oxidem kovu. V palivovém reaktoru oxid kovu oxiduje palivo a redukuje se na kov, např.



ve vzduchovém reaktoru se oxid kovu regeneruje kyslíkem ze vzduchu, např.

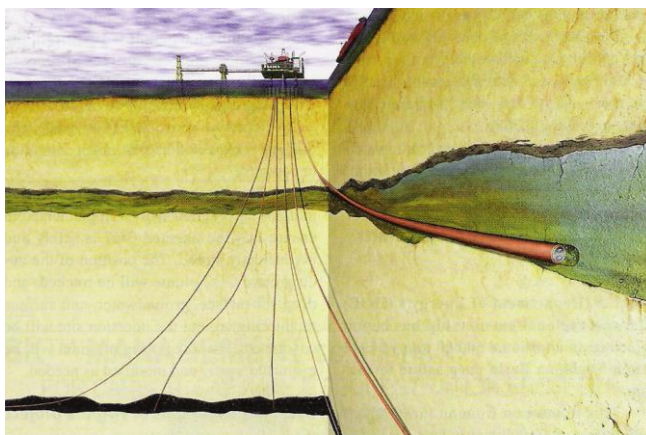


Kov nebo oxid kovu cirkuluje ve fluidním stavu mezi oběma reaktory. Nosičem kyslíku je tedy oxid kovu a proto není třeba zařízení pro dělení vzduchu. Vhodnými oxidy kovů jsou např. NiO, CuO, Fe₂O₃, Mn₃O₄. Tato technologie je ve stádiu vývoje a v provádění prvních poloprovozních experimentů. /6/

2.2.3. Transport zachyceného CO₂

Úložiště plynu se obvykle nachází dosti daleko od samotného zdroje plynu, čímž narůstají náklady na transportování plynu a to převážně v kapalném stavu. Toto platí výrazně pro natlakování ropných vrtů. /16/

Stlačený CO₂ může být vnesen do porézní horniny pod zemským povrchem použitím mnoha metod užívanými



Obr. 6. Transport CO₂ existujícími ropovody. Zdroj: /3/

v ropném průmyslu a v plynárenství. CO₂ může být transportováno v ropovodech. Dále může být dopravováno v tekuté formě na lodích podobné té, která převáží LPG – zkapalněný plyn pro pohon automobilů. Cena závisí na vzdálenosti a množství transportovaného CO₂. Co se týká ropovodů, cena stoupá, když potrubí křižují vodní útvary, oblasti se silnou dopravní hustotou nebo pohoří. /12/

2.2.4. Geologické uskladnění CO₂

Ukládání zachyceného CO₂ je možné ve vhodných geologických formacích pod zemským povrchem nebo ve velkých hloubkách v oceánu. Pro geologické ukládání CO₂ jsou potenciálně vhodná hlubinná jezera sladké nebo slané vody (aquifery), vytěžená ložiska ropy a zemního plynu, produkční ložiska ropy a zemního plynu a netěžitelné uhelné sloje. Uskladnění do geologických útvarů je nejlevnější a nejvíce šetrné k životnímu prostředí. Jako problém se však může jevit to, že uložení CO₂ znemožní budoucí jiné využití těchto formací. V budoucnu může být z nějakého jiného důvodu výhodné využití jak v současnosti netěžitelných uhelných slojí, tak hlubinných jezer, i kdyby neměly být v přítomnosti využity. /12, 19/

2.2.4.1. Plynová a ropná ložiska

Zejména o tuto možnost, ukládání ve vytěžených a produkčních ložiscích ropy a zemního plynu, je v současnosti největší komerční zájem. Ropné a plynářské těžební společnosti hledají budoucí uplatnění jak pro technologie vrtání, kterými disponují, tak pro vytěžená ložiska surovin. Dalším potenciálním přínosem při případném budoucím ukládání CO₂ by byla možnost zvýšit výtěžnost ložisek. Tato alternativa je v některých případech využívána již dnes, jedná se o technologie zvyšující obnovu ropných a plyných přírodních zdrojů označovaných jako EOR¹¹ a EGR¹². To je pravděpodobně hlavní důvod, proč má CCS (viz kapitola 2.2.) širokou podporu ropných společností: náklady na zvyšování těžby při ukládání emisí CO₂ do produkčních ložisek by nesl zcela nebo alespoň částečně subjekt produkující emise CO₂.

Nicméně zvýšení těžby ropy a zemního plynu vede ve svém důsledku k dalšímu růstu emisí CO₂, který nelze efektivně eliminovat technologií CCS. Celkové environmentální dopady využití EOR a EGR mohou být tedy vyšší než zisky. /19/

2.2.4.2. Hluboké podmořské vrty, hlubinná jezera sladké nebo slané vody (aquifery)

Hlubinná jezera mají největší potenciál z hlediska objemu, který by bylo možno k ukládání CO₂ využít. Další možností je uložení CO₂ do podmořských vrtů tak, aby se nedostal jak do vody, tak do atmosféry. Jedná se tedy o injektáž komprimovaného nebo i kapalného oxidu uhličitého do mořského dna, do hloubky asi 2 000 – 3 000 m, kde je již dostatečný tlak k udržení kapalného plynu u dna a kde by také zůstal uložen až do svého dalšího možného využití. Pokud by však došlo k jeho úniku, následky by byly katastrofální. Plyn by mohl zahubit podmořský život.

První průmyslové úložiště oxidu uhličitého vybudovala norská ropná firma Statoil v Severním moři. Oxid uhličitý separovaný z vytěženého zemního plynu se potom vrací do vyčerpaných vrstev plynového pole Sleipner (lokalita Severního moře) asi tisíc metrů pod hladinou moře. Celý projekt téměř za 80 milionů USD (asi 2 mld. Kč) byl zaplacen už za 18 měsíců. /6, 19/

2.2.4.3. Uhelné sloje

Při ukládání CO₂ v uhelných slojích lze jako vedlejší produkt získat methan – zemní plyn. Tento plyn je adsorbovaný na povrchu uhlí. V ložisku se sníží tlak a obvykle se odčerpá voda z rezervoáru. /14, 19/

¹¹ EOR = enhanced oil recovery – zvýšení obnovy ropných přírodních zdrojů

¹² EGR = enhanced gas recovery – zvýšení obnovy plyných přírodních zdrojů

2.2.5. Rizika související s ukládáním

Ukládání CO₂ do podzemních rezervoárů přináší i některé problémy. Především zvyšuje náklady na výrobu elektřiny. Očekává se, že se cena elektřiny zvýší o 20 – 50%. Proces musí být natolik bezpečný, aby v časovém horizontu mnoha tisíc let plyn z podzemí neunikal. Nelze také vyloučit, že by tento proces mohl ohrozit spodní vody, proti čemuž se hlavně staví hnutí Greenpeace.

Taktéž se nabízí možnost ukládat CO₂ do oceánů. Oceány by mohly uložit CO₂ protože CO₂ je rozpustný ve vodě. Když stoupne koncentrace CO₂ v atmosféře, oceány nasají více CO₂. Zachycený CO₂ by mohl být potenciálně vpraven přímo hluboko do oceánu. Jeho značná část by tam mohla zůstat po staletí. Nicméně je velká pravděpodobnost, že tento druh ukládání bude škodit mořským organismům žijícím v okolí úložiště, tzv. boodu vstříknutí. Mohlo by vést k růstu pH mořské vody s následným rozpouštěním vápenatých skořápek mořských živočichů. Dále je možné očekávat, že vnesení většího množství může postupně působit na celý oceán. Proto byla tato možnost ukládání zamítnuta. /12, 19/

Konkrétní případ negativního účinku ukládání se již projevil v USA. 50 km od města Houston bylo napumpováno 1 600 t CO₂ do vytěženého ropného ložiska hlubokého přes 1 500 m. Podle dosažených výsledků zůstal plyn sice na svém místě, ale jeho vliv na okolí byl značný. Plyn snížil pH slané vody (ze 6,5 na 3,0), čímž zvýšil její kyselost a začalo rozpouštění některých okolních hornin hlavně uhličitánů, které slouží jako „zátky“ v horninách. Vzniklý agresivní roztok by mohl znehodnotit výše položené vrstvy podzemních vod. Při vrtech v jiných půdách ale k žádnému velkému úniku plynu nedošlo. /12,16, 17/

I nadále se však bude studovat prostor uvnitř geologické formace, do kterého se CO₂ vnáší. Budou se zkoumat fyzické i chemické změny, které mohou nastat. Tyto informace jsou klíčem k ujištění, že uložení nepoškodí geologickou integritu v podzemním útvaru a že uložené CO₂ bude bezpečné a environmentálně přijatelné. /14/

2.3. Přeměna odpadního CO₂ na cyklické uhličitany

Mezi další možnosti, jak odstranit CO₂, je převedení odpadního CO₂ do chemických sloučenin známých jako cyklické uhličitany. Tým vědců z Newcastle University odhaduje, že tato technologie má potenciál spotřebovat 48 milionů tun odpadního CO₂ ročně (což dělá 4% emisí ročně ve Velké Británii).

Cyklické uhličitany se značně používají ve výrobě produktů, které zahrnují rozpouštědla, odlakovače, biologicky odbouratelné obaly. Dále mají využití v chemickém průmyslu. Mohou být využity ve výrobě nových účinných antidetonátorů v benzínu. Antidetonátory spalují benzín lépe, zvyšují palivovou účinnost a redukují CO₂ emise. /8/

2.4. Přeměna CO₂ na křídou a písek

Pennsylvania State University vyvinula novou metodu pomocí níž je možné úsporně uložit velké množství CO₂. Mimoto se vyprodukuje navíc velké množství užitečných materiálů.

V maloplošném reaktoru se rozemele směs vody, kyseliny a serpentinu, hadce (druh metamorfovaných hornin). Kombinace mletí a chemické reakce rozdrtí horniny na hořčík a oxid křemičitý (křemen), který je podstatou písku. Následně se přidá amoniak a napumpuje se CO₂. Amoniak zneutralizuje kyselinu a tím dovolí slovem , aby se rozpustil a reagoval s hořčíkem za tvorby uhličitane hořečnatého. Uhličitane hořečnatý je podobný křídě a má několik využití. Například může být použit namísto vápence k výrobě cementu. /11/

Elektrárna zachycující emise CO₂ pro uložení do serpentinu by utrpěla ztrátu pouhých 10% energie. Pokud by se tato technika mohla aplikovat ve velkém měřítku, uložení CO₂ do minerálů by mohlo začít konkurovat dalším návrhům pro úschovu CO₂, jako například pumpování CO₂ hluboko do země (CCS – viz kapitola 2.2.).

Mixováním CO₂ s hadcem tedy může být produkován písek a další minerál podobný křídě. /11/

3. PRAKTICKÁ ČÁST

3.1. Návrhy pracovních listů pro základní a gymnaziální vzdělávání

V kapitole 2.2. jsem podrobněji popsala novou metodu CCS - , jež má pomoci stabilizovat, či dokonce redukovat množství skleníkového plynu CO₂. Metodu CCS lze obsahově zařadit jako interdisciplinární téma, a proto je také možné vřadit podkapitulu 2.2.2. nejenom do učiva vzdělávacího oboru Chemie, ale i Fyziky a podkapitulu 2.2.4. do Geologie.

Proto jsem na podporu této tematiky navrhla pracovní listy pro žáky ZŠ a nižších ročníků gymnázií i obtížnější variantu prac. listů pro žáky vyšších ročníků gymnázií.

Žáci by po vypracování těchto úloh měli být schopni.... měli by mít širší povědomí o hlavních skleníkových plynech a lidských aktivitách, které je způsobují

Cílem pracovních listů je žáky upozornit (nasměrovat) že mohou i svým malým dílem přispět ke zlepšení úrovně životního prostředí. Aby žáci měli ponětí

Žákům by s řešením některých úloh měly pomoci i důvěryhodné internetové zdroje, které by jim měl pedagog doporučit. Navrhuji k vyhledávání informací použít tyto zdroje: /IPCC, 20, 21, statistická ročenka/

Součástí pracovních listů jsou jejich autorská řešení, ve kterých jsou správné odpovědi označeny červeným písmem. Dále jsou u každé úlohy tučným a červeným písmem zvýrazněny metodické poznámky a doporučená bodová ohodnocení. Na konci autorských řešení jsou mnou navržené známkové stupnice podle celkového počtu dosažených bodů.

Pracovní listy jsem vytvořila pomocí těchto zdrojů: /xxx/. Obrázek v úvodu pracovního listu I pro žáky ZŠ a nižších ročníků VG je dostupný z: http://images.search.yahoo.com/search/images;_ylt=A9G_bHPsXvNJRigBg.yJzbfF?p=global+warming&fr=yfp-t-501&ei=utf-8&x=wrt&y=Search, obrázek v úloze č. ...

3.1.1. Zadání pracovních listů

Téma: Skleníkové plyny, globální oteplování

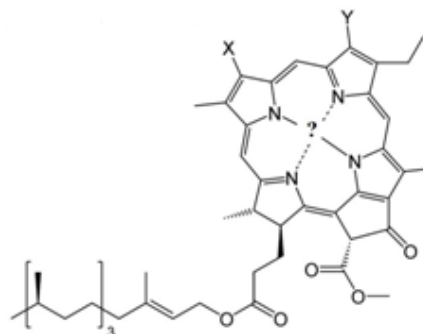
Jméno a příjmení:



Pracovní list I

(pro žáky ZŠ a nižších ročníků gymnázií)

1. Chlorofyl je zelený pigment obsažený v zelených rostlinách, sinicích a některých řasách. Tato organická molekula přeměňuje prostřednictvím fotosyntézy sluneční energii na energii chemické vazby sacharidů vytvářených z oxidu uhličitého a vody.



Označte prvek, který se vyskytuje v molekule chlorofylu na místě otazníku:

- a) Fe^{2+} b) Zn^{2+} c) Mg^{2+} d) Mn^{2+}

2. Největší znečišťovatelé ovzduší jsou:



- 1) hnědouhelné elektrárny (CO_2 , oxidy dusíku)
- 2) automobilová doprava (CO_2 , oxidy dusíku)
- 3) hnědouhelné elektrárny (CO_2 , oxidy síry)
- 4) automobilová doprava (CO_2 , oxidy síry)
- 5) hnědouhelné elektrárny (CO_2 , methan)
- 6) automobilová doprava (methan)
- 7) krávy a jiný dobytek (oxidy síry)
- 8) krávy a jiný dobytek (methan)

Platí:

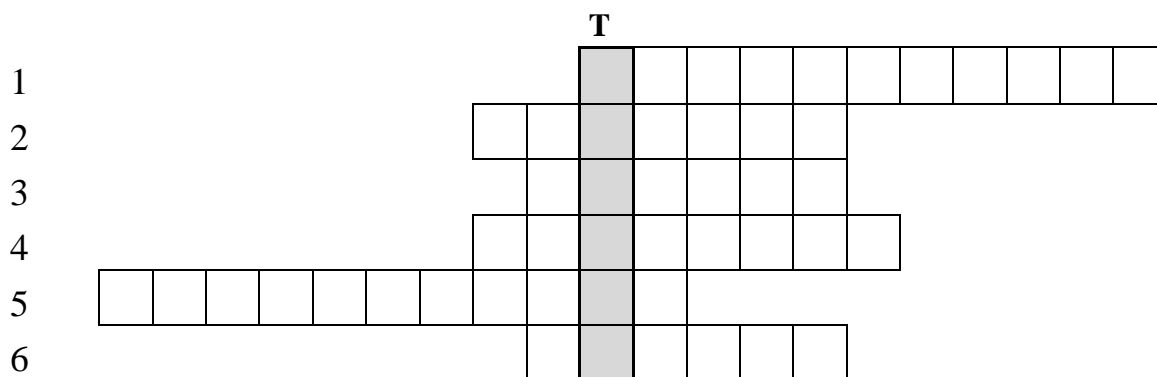
- a) 1 a 2
- b) 1 a 4
- c) 2, 5, 7
- d) 3, 5, 8
- e) 2 a 6
- f) 5 a 6

3. Označte nesprávné/á tvrzení:

- a) skleníkový efekt se projevuje od samotného vzniku Země
- b) eutrofizace (proces obohacování vod o živiny) není ovlivněna lidskou činností, např. hnojením
- c) mezi tzv. obnovitelné zdroje patří ropa, uhlí a zemní plyn
- d) poslední doba ledová skončila před 12 000 lety, nyní se nacházíme v tzv. interglaciálním (meziledovém) období
- e) ozon ve stratosféře pohlcuje ultrafialové záření, a tím chrání živé organismy před poškozením; naproti tomu ozon v přízemní vrstvě troposféry je škodlivý pro všechny živé organismy

f) fotosyntéza je v přírodě ojedinělý proces, který dokáže zachytit oxid uhličitý a tak snižovat jeho koncentraci v atmosféře

4. A) Vyřešením doplňovačky získáte tajenku, kterou je název pro skupinu halogenderivátů uhlovodíků (někdy také označované jako totální chlorfluorderiváty uhlovodíků), které obsahují alespoň 2 vázané halogeny, z nichž jeden musí být fluor. Tyto látky se běžně používají do zařízení v průmyslu i domácnostech.



1. biochemický proces při kterém se využívá světelného, např. slunečního, záření a tepla k tvorbě energeticky bohatých organických sloučenin z jednoduchých anorganických látek
2. heterogenní směs malých pevných nebo kapalných částic v plynu
3. nejjednodušší alkan, triviální název je bahenní plyn
4. fotosyntetické barvivo
5. systematické kácení lesních porostů lidmi za účelem poskytnutí místa pro zemědělství nebo výstavbu; velmi často je tak činěno pálením velké plochy lesů či deštných pralesů (zejména v Jižní Americe), následkem je uvolňování oxidu uhličitého a aerosolů do ovzduší, kteří přispívají ke zvyšování skleníkového efektu
6. nejběžnější prvek v zemské kůře, je schopný tvořit ozon - sloučeninu skládající se ze 3 atomů tohoto prvku

Tajenka:

B) Uveď alespoň jednoho zástupce, napiš jeho sumární (molekulový) vzorec a nakresli jeho strukturní elektronový vzorec:

Název	Sumární vzorec	Strukturní elektronový vzorec

C) Uveďte alespoň 3 příklady předmětů běžně užívaných v domácnostech, jejichž nedílnou součástí jsou tyto látky:

1.

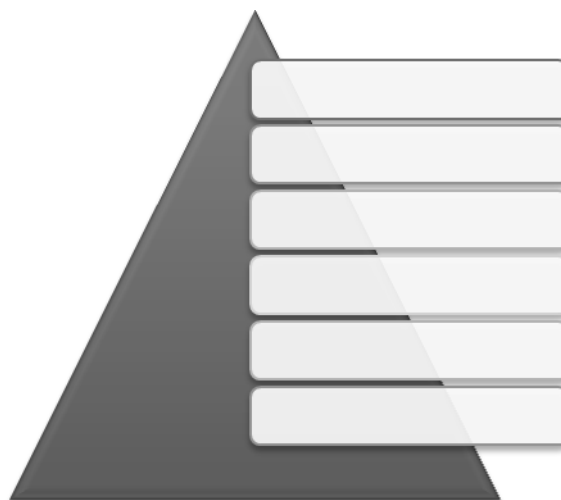
2.
 3.

A) Tyto látky se vyznačují slabým narkotickým účinkem, označují se jako ekotoxické pro svůj negativní vliv na ozonovou vrstvu zemské atmosféry. Uvolňují v ozonové vrstvě chlor, který zamezuje vzniku ozonu. Důsledkem je úbytek ozonové vrstvy a zvýšené pronikání UV záření na povrch Země, díky čemuž vznikají nemoci, jako je třeba zánět spojivek, rakovina kůže nebo poškození očí. Který z výstražných symbolů nebezpečnosti symbolizuje toxickou látku:

a) T  b) N  c) F  d) C 

5. Jako skleníkové plyny se označují ty plyny, které se vyskytují v atmosféře Země a vyznačují se silnou absorpcí dlouhovlnného infračerveného záření. Seřadte 6 skleníkových plynů z levého sloupečku sestupně tak, aby se na vrcholu pyramidy nacházel ten plyn, jehož podíl na skleníkovém efektu je největší:

- methan
- oxid dusný
- oxid uhličitý
- ozon
- vodní pára
- látky syntetizované člověkem
(nejběžnější freony)



6. Které z lidských činností přispívají ke zvyšování koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší:

.....



Pracovní list II

(pro žáky vyšších ročníků gymnázia)

1. Posuďte pravdivost následujících tvrzení o chlorofylu:

- 1) chemicky se řadí mezi porfyriny – organické, cyklické sloučeniny, tvořené spojením čtyř pyrrolových kruhů pomocí methylenových můstků
- 2) uplatňuje se v sekundární (temnostní) fázi fotosyntézy
- 3) je znám *chlorofyl a, b, c, d* a *bakteriochlorofyl a, b*
- 4) jeho molekula obsahuje mangan v oxid. stupni II
- 5) jeví se jako zelený a udává tak základní barvu všem fotosyntetizujícím organismům, protože absorbuje modrou a červenou část viditelného světelného spectra a ostatní odráží

Platí:

- a) 1 a 2
- b) 1, 3, 5
- c) pouze 1
- d) 1 a 4

2. Jedním z největších nebezpečí pro lesní ekosystémy jsou tzv. kyselé deště. Kyselý déšť je způsoben oxidy síry a oxidy dusíku. Jakmile se rozptýlí do atmosféry, začnou reagovat s vodou za tvorby sирných a dusíkatých kyselin, které padají na zem ve formě deště. Zvýšená kyselost v půdě a ve vodních tocích se nepříznivě projevuje na rybách, rostlinstvu a na kořenech stromů. Nízkým pH dochází ke ztrátám důležitých živin, které jsou z půdy vymývány a na jejich místo se uvolňují toxické ionty. Ty představují velké nebezpečí pro lidské zdraví, např. dodávky vody zamořené hliníkem způsobují Alzheimerovu nemoc.

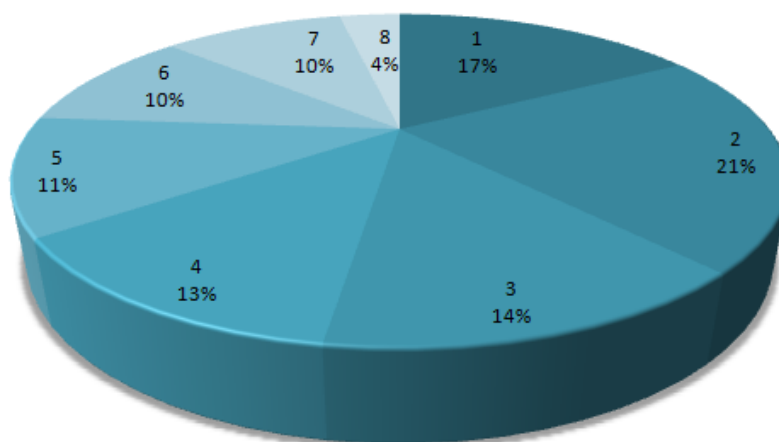
A) Které z lidských činností způsobují vypouštění síry do ovzduší?

.....
.....

B) Které z lidských činností způsobují vypouštění dusíku?

.....
.....

3. Na základě uvedených procentuálních hodnot v kruhovém diagramu, jenž znázorňuje roční emise skleníkových plynů v jednotlivých odvětvích, přiřaďte ke každému písmenu A – H v níže uvedené tabulce správné číslo 1 – 8.

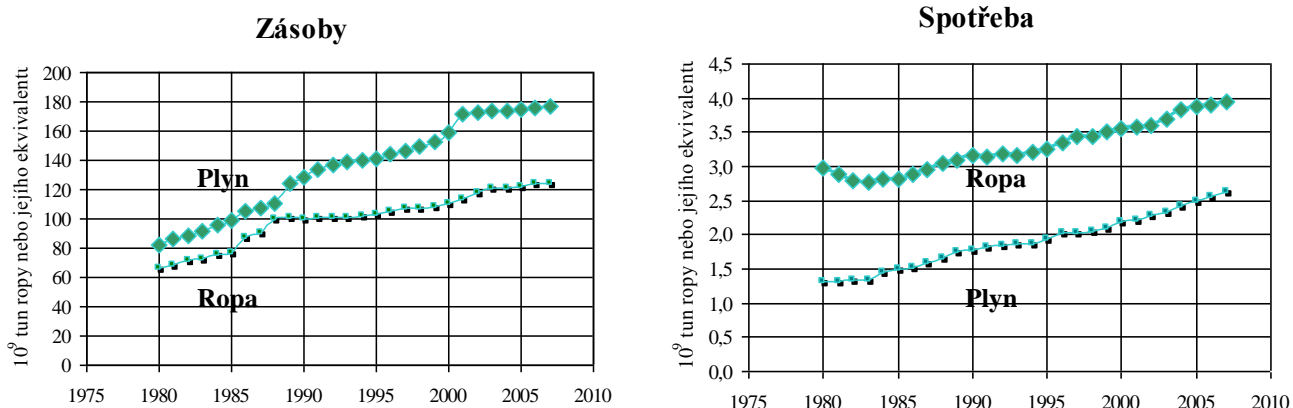


- | | |
|--|--------------------------------------|
| A elektrárny | E zpracování a likvidace odpadu |
| B pohonné hmoty | F vedlejší zemědělské produkty |
| C residential, commercial and other sources | G využívání půdy a spalování biomasy |
| D získávání, zpracování a distribuce fosilních paliv | H výrobní postupy |

A	B	C	D	E	F	G	H

4. Na základě uvedených grafů zobrazujících zásoby ropy a zemního plynu vypočítejte na jak dlouho by při současné spotřebě vydržely zásoby ropy a plynu.

(Zdroj: <http://www.bp.com/energy/index.asp>)



	Množství zásob/ v rocích
Ropa	
Zemní plyn	

5. Doplňte do tabulky s pomocí internetu nebo literatury chybějící údaje. (U každého plynu stačí napsat 2 hlavní zdroje, účinností je myšlena schopnost pohlcovat dlouhovlnné infračervené záření a je vztažena k účinnosti CO₂.)

Plyn		Hlavní zdroje	Přibližná koncentrace	Účinnost
Název	Chemický vzorec			
	CO ₂			1
Methan				
	N ₂ O		0,29 miliontin	
		Fotochemické reakce s polutanty (methan, oxid uhelnatý, oxidu dusíku)		
			0,3 miliardtiny	10 000

Informační zdroj/e:

6. Jaké jsou dopady skleníkového efektu a dalších změn na Zemi, vyvolaných těžbou a spalováním fosilních paliv, na přírodu? Pokuste se napsat co nejvíce příkladů:



.....

.....

.....

.....

3.1.2. Autorská řešení pracovních listů

Téma: Skleníkové plyny, globální oteplování

Jméno a příjmení: *Lucie Kristlová*

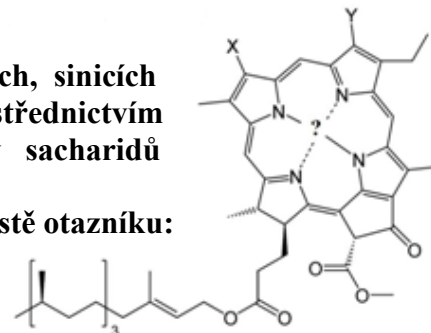
Pracovní list I

(pro žáky ZŠ a nižších ročníků VG)

- 5) Chlorofyl je zelený pigment obsažený v zelených rostlinách, sinicích a některých řasách. Tato organická molekula přeměňuje prostřednictvím fotosyntézy sluneční energii na energii chemické vazby sacharidů vytvářených z oxidu uhličitého a vody.

Označte prvek, který se vyskytuje v molekule chlorofylu na místě otazníku:

- b) Fe^{2+}
- c) Zn^{2+}
- d) Mg^{2+}**
- e) Mn^{2+}



- 6) Jako skleníkové plyny se označují ty plyny, které se vyskytují v atmosféře Země a vyznačují se silnou absorpcí dlouhovlnného infračerveného záření. Seřadte 6 skleníkových plynů v levém sloupečku sestupně tak, aby se na vrcholu pyramidy nacházel ten plyn, jehož podíl na skleníkovém efektu je největší:

- methan
- oxid dusný
- oxid uhličitý
- ozon
- vodní pára
- látky syntetizované člověkem
(nejběžnější freony)



- 7) Jedním z největších nebezpečí pro lesní ekosystémy jsou tzv. kyselé deště. Kyselý déšť vzniká v důsledku emisí neboli vypouštění velkého množství sloučenin síry a dusíku do ovzduší. Tyto sloučeniny v kapičkách srážkové vody tvoří kyseliny, které způsobují snižování pH. Kyselý déšť proniká do půdy, kde negativně působí na mikroorganismy a na kořeny stromů. Nízkým pH dochází také ke ztrátám důležitých živin. Ty jsou z půdy vymývány a na jejich místo se dostávají ionty hliníku, které jsou pro stromy jedovaté.

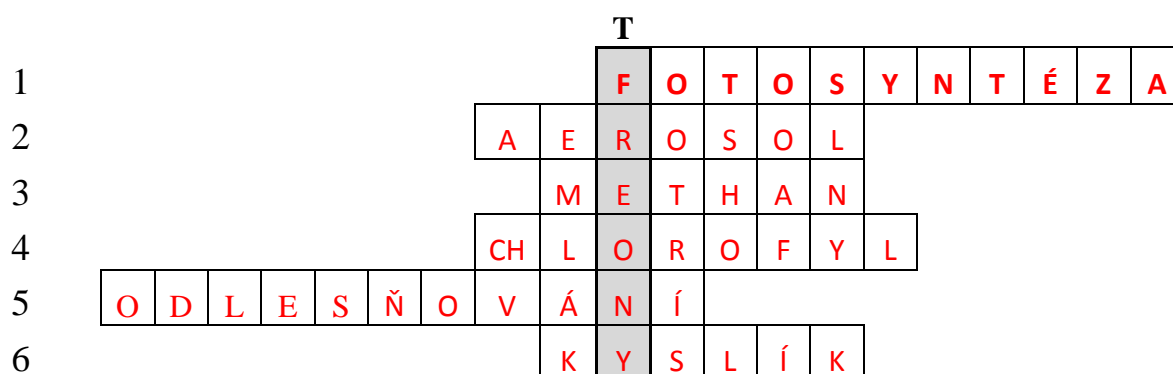
A) Které z lidských činností způsobují vypouštění síry do ovzduší?

Emise sloučenin síry způsobuje spalování fosilních paliv, především nekvalitního hnědého uhlí s vysokým obsahem síry a průmysloví výroba.

B) Které z lidských činností způsobují vypouštění dusíku?

Automobilová doprava

8) A) Vyřešením doplňovačky získáte tajenku, kterou je název pro skupinu halogenderivátů uhlovodíků, které obsahují alespoň 2 vázané halogeny, z nichž jeden musí být fluor. látka, jsou schopny rozkládat ozon



7. biochemický proces při kterém se využívá světelného, např. slunečního, záření a tepla k tvorbě energeticky bohatých organických sloučenin z jednoduchých anorganických látek
8. Ozónová
9. Skleníkový
10. fotosyntetické barvivo
11. Plyny
12. nejběžnější prvek v zemské kůře, je schopný tvořit sloučeninu skládající se ze 3 atomů, jejíž jméno je ozón (str. 13, je možné, že bych tam dala i relativní molekulovou hmotnost.

Tajenka: FREONY

Tyto látky se běžně používají do zařízení v průmyslu i domácnosti

Uveď alespoň jednoho zástupce, napiš jeho sumární (molekulový) vzorec a nakresli jeho strukturní elektronový vzorec:

A)

Např. dichlordifluormethan

CCl_2F_2

B) Uveďte alespoň 3 příklady předmětů, jejichž nedílnou součástí jsou tyto látky:

1. chladič zařízení
2. hasicí prostředek
3. hnací medium ve sprejích (např. kosmetické)

Téma: Globální oteplování

Jméno a příjmení: Lucie Kristlová

Pracovní list II

(pro žáky vyšších ročníků G)

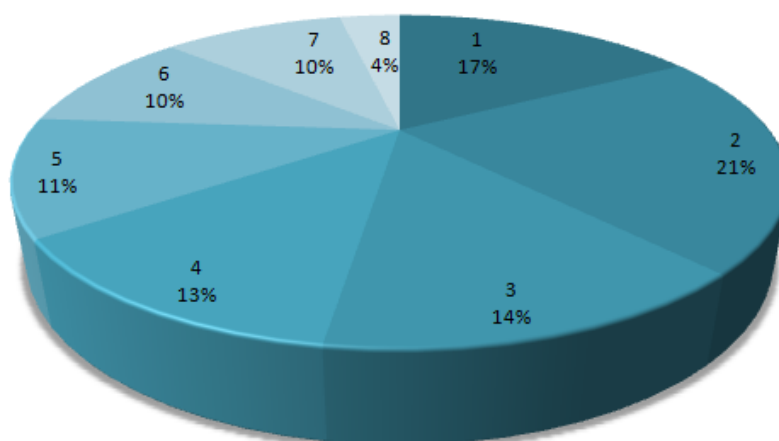
9) Posud'te pravdivost následujících tvrzení o chlorofylu:

- 6) chemicky se řadí mezi porfyriny – organické, cyklické sloučeniny, tvořené spojením čtyř pyrrolových kruhů pomocí methylenových můstků
- 7) uplatňuje se v sekundární (temnostní) fázi fotosyntézy
- 8) je znám *chlorofyl a, b, c, d* a *bakteriochlorofyl a, b*
- 9) jeho molekula obsahuje dvojmocný mangan
- 10) jeví se jako zelený a udává tak základní barvu všem fotosyntetizujícím organismům, protože absorbuje modrou a červenou část viditelného světelného spectra a ostatní odráží

Platí:

- a) 1 a 2
- b) 1, 3, 5
- c) pouze 1
- d) 1 a 4

7. Na základě uvedených procentuálních hodnot v kruhovém diagramu, jenž znázorňuje roční emise skleníkových plynů v jednotlivých odvětvích, přiřaďte ke každému písmenu A – H v níže uvedené tabulce správné číslo 1 – 8.



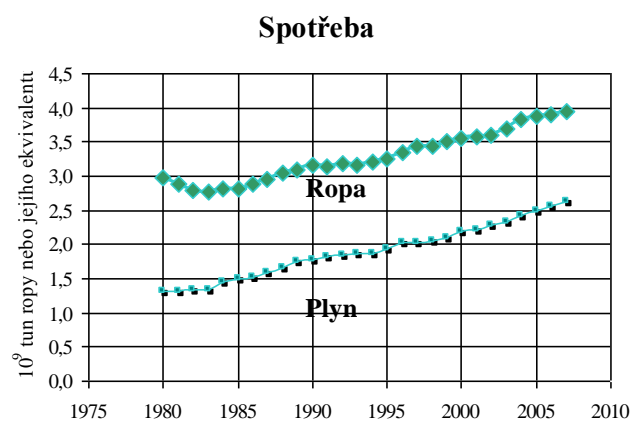
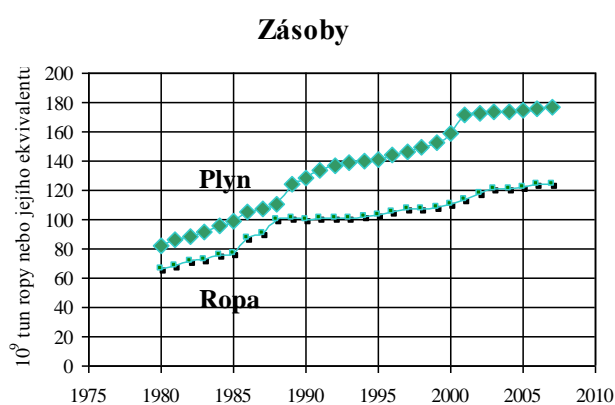
A	B	C	D	E	F	G	H
---	---	---	---	---	---	---	---

2	3	7	5	8	4	6	1
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

- | | |
|---|---|
| A elektrárny | E zpracování a likvidace odpadu |
| B pohonné hmoty | F vedlejší zemědělské produkty |
| C residential, commercial and other sources | G využívání půdy a spalování biomasy |
| D získávání, zpracování a distribuce fosilních paliv | H výrobní postupy |

8. Na základě uvedených grafů zobrazujících zásoby ropy a zemního plynu vypočítejte na jak dlouho by při současné spotřebě vydržely zásoby ropy a plynu.

(Zdroj: <http://www.bp.com/energy/index.asp>)



	Množství zásob/ v letech
Ropa	30
Zemní plyn	70

3.2. Metodické pokyny pro učitele

Pracovní listy I a II se zabývají problematikou skleníkových plynů a globálního oteplování. Protože se jedná o interdisciplinární téma, je možné ho zahrnout jak do chemie, tak do biologie. Z důvodu zaměření pracovních listů spíše na chemickou podstatu problému globálního oteplování navrhuji zpracovat tyto učební materiály v rámci hodin výuky chemie.

Pracovní list I je určen pro žáky 4. ročníků (kvarty) víceletých gymnázií a 9. tříd ZŠ. K jeho řešení je nutné, aby žáci znali základy jak anorganické, tak organické chemie, a proto by měl být tento pracovní list zadán až po probrání výše uvedených tematických celků (výše uvedeného učiva). Pracovní list II navrhuji zadávat v 7. ročníku (septima) víceletého gymnázia a 3. ročníku čtyřletého gymnázia.

Doporučuji rozdělit toto téma (učivo) do dvou vyučovacích hodin (jednotek). V první hodině by měl pedagog věnovat 25 minut na uvedení žáků do dané problematiky a zadat práci s pracovními listy. V další vyučovací hodině by mělo být vyhrazeno 20 minut na společnou kontrolu pracovního listů a vysvětlení obtížných pojmů a nejasností. Ve zbytku času by měl pedagog nechat prostor vyjádření názorů žáků, k jejich diskuzi .

Pracovní list I navrhuji zadat do skupinky o čtyřech až šesti žácích. Pracovní list II je určen pro samostatnou práci. Úkolem žáků bude do příští vyučovací hodiny vypracovat zadaný pracovní list. Informace, které žákům pomohou s vypracováním správných odpovědí, mohou čerpat z různých zdrojů – s pomocí internetu nebo odborné literatury.

Součástí autorského řešení pracovních listů je i navržené bodové ohodnocení jednotlivých úloh a tomu odpovídající klasifikace. Pedagog může pojmout pracovní listy jako motivační domácí úlohu, vyřešené pracovní listy od žáků vybrat a ohodnotit je patřičnou známku. Pokud takto učiní, měl by pedagog čas, který byl dříve určený pro společnou kontrolu pracovních listů, věnovat úlohám, které dělaly žákům největší problém.

4. ZÁVĚR

5. SHRNU TÍ A SUMMARY

5.1. Shrnutí

Univerzita Karlova v Praze – *Přirodovědecká fakulta*

Katedra učitelství a didaktiky chemie

Albertov 3, 128 40 Praha 2, Česká republika

Skleníkové plyny a jejich vliv na globální oteplování (v obsahu gymnaziálního učiva)

Lucie Kristlová

lucie.kristlova@tiscali.cz

Tato bakalářská práce se zabývá zpracováním tématu skleníkových plynů v učivu gymnaziálního vzdělávání. Teoreticky přibližuje vysvětlení nejnovějších technologií, které mohou zachytit a uskladnit oxid uhličitý a stabilizovat tak jeho koncentraci v atmosféře a mohou tak bojovat proti klimatickým změnám. Jak vyplynulo z analýzy českých učebnic chemie, toto téma bylo dosud ve výuce chemie zcela opomíjeno. Avšak díky novému školnímu vzdělávacímu programu je nyní v kompetencích každé školy zařazení této tematiky do školních osnov. Součástí této práce jsou metodicky zpracované pracovní listy, které byly vytvořeny na podporu výuky tohoto tématu na gymnáziích.

5.2. Summary

Charles University in Prague – *Faculty of Science*

Department of Teaching and Didactics of Chemistry

Albertov 3, 128 40 Praha 2, Czech Republic

Greenhouse gases and their impact on global warming (in chemistry education)

Lucie Kristlová

lucie.kristlova@tiscali.cz

The main theme of this bachelor thesis are greenhouse gases in chemistry education and the newest technologies to capture and store the carbon dioxide produced that could help stabilize its concentration in the atmosphere and fight climate change. From the analysis of Czech chemical schoolbooks came up this theme has been left out. But at this time the enlismment of this subject to curriculums is in competences of every school due to new educational reform. The part of the thesis are methodically processed materials for the support of education.

6. SEZNAM LITERATURY A INTERNETOVÝCH ZDROJŮ

6.1. Seznam použité literatury

Odborná literatura:

1. HOUGHTON J., *Globální oteplování*. (Úvod do studia klimatu a prostředí). Nakladatelství Academia, Praha 1998, ISBN 80-200-0636-2
2. KADRNOŽKA J., *Energie a globální oteplování* (Země v proměnách při opatřování energie). Nakladatelství VUTIUM, Brno 2006, ISBN 80-214-2919-4
3. KLAUS V., *Modrá, nikoliv zelená planeta*. Praha: Dokořán, 2007. ISBN 978-80-7363-152-9.
4. LOMBORG B., *Skeptický ekolog* (Jaký je skutečný stav světa?). Nakladatelství Dokořán (ISBN 80-7363-059-1), Liberální institut (ISBN 80-86389-42-4) Praha 2006
5. MOLDAN B., *ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ globální perspektiva*. Vydavatelství Karolinum, Praha 1995, ISBN 80-7066-938-1
6. MOLDAN B., ZÝKA J., JENÍK J., *Životní prostředí očima přírodovědce* (Ochrana a tvorba životního prostředí). Vydavatelství Pedagogická ústav hlavního města Prahy, Praha 1, Týn 3. Číslo publikace 55315-77
7. NÁTR L., *Země jako skleník Proč se bát CO₂*. Nakladatelství Academia, Praha 2006, ISBN 80-200-1362-8
8. PIVNIČKA K., BRANIŠ M., *Úvod do studia životního prostředí*. Vydavatelství Karolinum, Praha 1995, ISBN 80-7066-945-4
9. STAUD T., REIMER N., *Zachraňme klima* (ještě není pozdě), Nakladatelství Knižní klub, Praha 2008, ISBN 978-80-242-2119-9
10. STRNADOVÁ, H.: *Potrava, přídavné látky a lidské zdraví v učivu chemie*. Bakalářská práce. Praha: UK v Praze. PŘF, 2008

Odborné časopisy:

11. *Carbon Capture Journal*, issue 6, November / December 2008. Karl Jeffery, London 2008, ISSN 1757-1995
12. *Carbon Capture Journal*, issue 7, January / February 2009. Karl Jeffery, London 2009, ISSN 1757-1995
13. *Carbon Capture Journal*, issue 8, March / April 2009. Karl Jeffery, London 2009, ISSN 1757-1995

Učebnice a studijní materiály:

14. AMANN W. A KOL.: *Chemie pro střední školy 2a*. Praha: Scientia, 1998. ISBN 80-7183-078-X
15. AMANN, W. A KOL.: *Chemie pro střední školy 2b*. Praha: Scientia, 2000. ISBN 80-7183-079-8
16. AMERICAN CHEMISTRY SOCIETY: *Chemistry in Context: Applying Chemistry to Society*. McGraw-Hill Science, 1997. ISBN
17. BANÝR, J.; BENEŠ, P. A KOL.: *Chemie pro střední školy*. Praha: SPN, 1995. ISBN 80-85937-11-5.
18. BENEŠ, P.; PUMPR, V.; BANÝR, J: *Základy chemie I*. Praha: Fortuna, 1993. ISBN 80-7168-043-5.
19. BENEŠ, P.; PUMPR, V.; BANÝR, J: *Základy chemie II*. Praha: Fortuna, 1993. ISBN 80-7168-205-5.
20. BENEŠ, P.; PUMPR, V.; BANÝR, J.: *Základy praktické chemie I*. Praha: Fortuna, 2006. ISBN 80-7168-879-7.
21. BENEŠ, P.; PUMPR, V.; BANÝR, J.: *Základy praktické chemie II*. Praha: Fortuna, 2006. ISBN 80-7168-880-0.
22. BENEŠ, P.; PUMPR, V.; BANÝR, J.: *Základy praktické chemie 1- pracovní sešit pro 8. ročník základní školy*. Praha: Fortuna, 1999. ISBN 80-7168-628-X.
23. BENEŠ, P., PUMPR, V., BANÝR, J.: *Základy praktické chemie 2- pracovní sešit pro 9. ročník základní školy*. Praha: Fortuna, 2000. ISBN 80-7168-723-5.
24. BENEŠOVÁ, M.; SATRAPOVÁ, H.: *Odmaturuj z chemie*. Brno: Didaktis, 2002. ISBN 80-86285-56-1.
25. BÍLEK, M.; RYCHTERA, J.: *Chemie krok za krokem*. Praha: MOBY DICK, 1999. ISBN 80-86237-03-6.
26. BÍLEK, M.; RYCHTERA, J.: *Chemie na každém kroku*. Praha: MOBY DICK, 2000. ISBN 80-86237-05-2.
27. ČTRNÁCTOVÁ, H.; ZEMÁNEK, F.; SVOBODOVÁ, M.; DUŠEK, B.: *Chemie pro 8. ročník základní školy*. Praha: SPN, 1998. ISBN 80-7235-268-7

28. ČTRNÁCTOVÁ, H.; ZEMÁNEK, F.; SVOBODOVÁ, M.; DUŠEK, B.: *Chemie pro 8. ročník základní školy Pracovní sešit*. Praha: SPN, 1999. ISBN 80-7235-089-7
29. EARL, B.; WILFORD, L. D. R. *Chemia Podrecznik dla gimnazjum*. Prószyński i S-ka SA, Varšava
30. EISNER, W. A KOL.: *Chemie pro střední školy 1a*. Praha: Scientia, 1996. ISBN 80-7183-043-7
31. EISNER, W. A KOL.: *Chemie pro střední školy 1b*. Praha: Scientia, 1997. ISBN 80-7183-051-8.
32. FLEMR, V.; DUŠEK, B.: *Chemie (obecná a anorganická) I pro gymnázia*. Praha: SPN, 2007. ISBN 80-7235-369-1
33. GEBELEIN, CH. G.: *Chemistry and our world*. WCB - William C Brown Pub, 1996. ISBN 978-0697165749
34. KARGER, I.; PEČOVÁ, D.; PEČ, P.: *Chemie I pro 8. ročník základních škol a nižší ročníky víceletých gymnázií*. Olomouc: Prodos, 2005. ISBN 80-7230-027-X.
35. KARGER, I.; PEČOVÁ, D.; PEČ, P.: *Chemie II pro 9. ročník základních škol a nižší ročníky víceletých gymnázií*. Olomouc: Prodos, 1999. ISBN 80-7230-035-0.
36. KOLÁŘ, K.; KODÍČEK, M.; POSPÍŠIL, J.: *Chemie (organická a biochemie) II pro gymnázia*. Praha: SPN, 1997. ISBN 80-85937-49-2
37. KOTLÍK, B.; RŮŽIČKOVÁ, K.: *Chemie I v kostce pro střední školy*. Havlíčkův Brod: Fragment, 1999. ISBN 80-7200-337-2.
38. KOTLÍK, B.; RŮŽIČKOVÁ, K.: *Chemie II v kostce pro střední školy*. Havlíčkův Brod: Fragment, 1997. ISBN 80-7200-057-8.
39. LOS, P.; KLEČKOVÁ, M.: *Kamarádka chemie aneb chemie pro každý den*. Praha: Scientia, 1999. ISBN 80-7183-103-4.
40. LOS, P.; HEJSKOVÁ, J.; KLEČKOVÁ, M.: *Nebojte se chemie*. Praha: Scientia, 1994. ISBN 80-85827-69-0.

41. LOS, P.; HEJSKOVÁ, J.; KLEČKOVÁ, M.: *Chemie se nebojíme*. Praha: Scientia, 1996. ISBN 80-7183-027-5.
42. LUTZ, B.; PAVENZINGER, W.; *Elemente der Zukunft: Chemie 1*. München: Oldenbourg R. Verlag GmbH, 1997. ISBN 3-486-88560-X
43. MAREČEK, A.; HONZA, J.: *Chemie pro čtyřletá gymnázia 1*. Olomouc: DaTaPrint, 1998. ISBN 80-7182-055-5.
44. MAREČEK, A.; HONZA, J.: *Chemie pro čtyřletá gymnázia 2*. Olomouc: DaTaPrint, 1998. ISBN 80-7182-141-1.
45. MAREČEK, A.; HONZA, J.: *Chemie pro čtyřletá gymnázia 3*. Olomouc: DaTaPrint, 1998. ISBN 80-7182-057-1.
46. NOVOTNÝ, P.; SEJBAL, J.; ČTRNÁCTOVÁ, H. *Chemie pro 9.ročník základní školy*. Praha : SPN-pedagogické nakladatelství, a.s., 1998. ISBN 80-7235-031-5
47. NOVOTNÝ, P.; SEJBAL, J.; ČTRNÁCTOVÁ, H. *Chemie pro 9.ročník základní školy Pracovní sešit*. Praha : SPN-pedagogické nakladatelství, a.s. ISBN 80-7235-094-3
48. PAŠKO J.R., *Chemia dla klasy I gimnazjum*. Nakladatelství Kubajak, Krakov 1999
49. PEČOVÁ, D.; KARGER, I.; PEČ P.: *Chemie I – pracovní sešit*. Olomouc: Prodos, 1999. ISBN 80-7230-028-8
50. PEČOVÁ, D.; KARGER, I.; PEČ P.: *Chemie II – pracovní sešit*. Olomouc: Prodos, 1999. ISBN 80-7230-029-6
51. PFEIFER, P.; REICHEL, R. *Elemente der Zukunft: Chemie 2*. München: Oldenbourg R. Verlag GmbH, 1997. ISBN 3-486-16992-0
52. ŠKODA, I.; DOULÍK, P.: *Chemie 8: učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia*. Plzeň: Fraus, 2006. ISBN 80-7238-442-2.

53. ŠKODA, I.; DOULÍK, P.: *Chemie 8: pracovní sešit pro základní školy a víceletá gymnázia*. Plzeň: Fraus, 2006. ISBN 80-7238-443-0
54. ŠKODA, I., DOULÍK, P.: *Chemie 9: učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia*. Plzeň: Fraus, 2007. ISBN 80-7238-584-3.
55. ŠKODA, I.; DOULÍK, P.: *Chemie 9: pracovní sešit pro základní školy a víceletá gymnázia*. Plzeň: Fraus, 2007. ISBN 978-80-7238-586-7
56. VACÍK, J. A KOL.: *Přehled středoškolské chemie*. Praha: SPN, 1999. ISBN 80-7235-108-7.
57. VODRÁŽKA, Z.: *Biochemie: pro studenty středních škol a všechny, které láká tajemství živé přírody*. Praha: Scientia, 1998. ISBN 80-7183-083-6.

6. 2. Seznam internetových zdrojů

58. Akční plán snižování emisí CO₂ Skupiny ČEZ do roku 2020 [online]. [cit.]. Dostupné z WWW: < <http://www.cez.cz/cs/o-spolecnosti/media/tiskove-zpravy/148.html> >
59. BECHNÍK, B. (2008): Separace CO₂ a jeho ukládání v geologických formacích [online]. Obnovitelná energie a úspory energie – energie.tzb-info.cz [cit.]. Dostupné z WWW: < <http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4986&h=202&pl=49> >
60. Carbon Capture Research [online]. [cit.]. Dostupné z WWW: <<http://www.fossil.energy.gov/programs/sequestration/capture/index.html>>
61. Carbon Sequestration R&D Overview [online]. [cit.]. Dostupné z WWW: <<http://www.fossil.energy.gov/programs/sequestration/overview.html>>
62. CASTELVECCHI, D. (2008): Turning CO₂ into chalk and sand [online]. [cit.]. Dostupné z WWW: <<http://www.sciencenews.org/view/generic/id/35730>>
63. Co pro gymnázia znamená schválení RVP G a RVP GSP? [online]. [cit.]. Dostupné z WWW: <<http://www.rvp.cz/clanek/6/1541>>
64. First Successful Demonstration of Carbon Dioxide air capture Technology Achieved [online]. [cit.]. Dostupné z WWW: <<http://www.physorg.com/news96732819.html> >

65. Geologic Sequestration Research [online]. [cit.]. Dostupné z WWW: <<http://www.fossil.energy.gov/programs/sequestration/geologic/index.html> >
66. Glossary of Terms [online]. Global Climate Change. [cit.]. Dostupné z WWW: <<http://www.exploratorium.edu/climate/glossary/index.html>>
67. HTC Pureenergy CCS 1000™ CO2 Capture System [online]. [cit.]. Dostupné z WWW: <<http://www.htcenergy.com/pureenergyccs.html> >
68. Intergovernmental panel on climate change [online] [cit.]. Dostupné z WWW: <<http://www.ipcc.ch> >
69. JANOUŠKOVÁ, S. (2006): Vzdělávací obor chemie [online]. [cit.]. Dostupné z WWW: <<http://www.rvp.cz/clanek/575>>
70. KIZLINK, J. (2007): Využití a odstranění oxidu uhličitého jako významného odpadu [online]. CHEMagazín [cit.]. Dostupné z WWW: <http://www.chemagazin.cz/Texty/CHXVII_3_cl6.pdf >
71. Metodický portál RVP [online]. [cit. 2.5.2009]. Dostupné z WWW: <<http://www.rvp.cz>>
72. Národní alokační plan České republiky 2008 - 2012 [online]. Národní alokační plán [cit.]. Dostupné z WWW: <<http://www.alokacniplan.cz/nap.html>>
73. Národní program rozvoje vzdělávání v České republice: Bílá kniha. MŠMT [online] [cit.]. Dostupné z WWW: <<http://www.rvp.cz/soubor/00643-bk.pdf> >
74. National Energy Technology Laboratory [online]. [cit.]. Dostupné z WWW: <<http://www.netl.doe.gov> >
75. Odstraňování oxidu uhličitého ze spalin při výrobě elektřiny z uhlí [online]. OKD [cit. 12.4.2009]. Dostupné z WWW: <<http://www.okd.cz/cz/tezime-uhli/budoucnost/odstranovani-oxidu-uhliciteho-ze-spalin-pri-vyrobe-elektriny-z-uhli/?PHPSESSID=0b7d4a45f7a014b5b5f8bfb24f414d7a> >
76. Prospects for CO₂ capture and storage [online]. International Energy Agency [cit.]. Dostupné z WWW: <<http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2004/prospects.pdf> >
77. Rámcový vzdělávací program pro gymnázia [online]. [cit.]. Dostupné z WWW: <http://www.rvp.cz/soubor/RVP_G.pdf>

78. Researchers examine carbon capture and storage to combat global warming [online]. [cit.]. Dostupné z WWW: < <http://news.stanford.edu/news/2007/june13/carbon-061307.html>>
79. Scientific Facts on CO₂ Capture and Storage [online]. GreenFacts – Facts on Health and the Environment [cit.]. Dostupné z WWW: < <http://www.greenfacts.org/en/co2-capture-storage/index.htm>>
80. Sdružení TEREZA [online]. [cit.]. Dostupné z WWW: <<http://www.terezanet.cz>>
81. Statistická ročenka životního prostředí ČR 2008 [online]. Česká informační agentura životního prostředí. [cit. 15.4.2009]. Dostupné z WWW: <[http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFT2346T](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFT2346T)>
82. Slovník [online]. CO₂ net east [cit.]. Dostupné z WWW: <<http://www.geology.cz/co2net-east/slovník>>
83. Technological Breakthrough In Fight To Cut Greenhouse gases [online]. [cit. 12.4.2009]. Dostupné z WWW: <<http://www.sciencedaily.com/releases/2008/04/080424103217.htm>>
84. The Carbon Capture & Storage Association [online]. [cit.]. Dostupné z WWW: <<http://www.ccsassociation.org.uk>>
85. WICHTERLOVÁ, J.; ROUBÍČEK, V.; PÁNEK, P. (2008): Zachycování emisí CO₂ z průmyslových zdrojů [online] Chemické listy. [cit.]. Dostupné z WWW: <http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2008_07_500-505.pdf>
86. Zákon č. 561/2004 Sb. o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání [online]. [cit.]. Dostupné z WWW: <<http://www.msmt.cz/dokumenty/uplne-zneni-zakona-c-561-2004-sb>>

Použité počítačové programy

Program ACD/ChemSketch