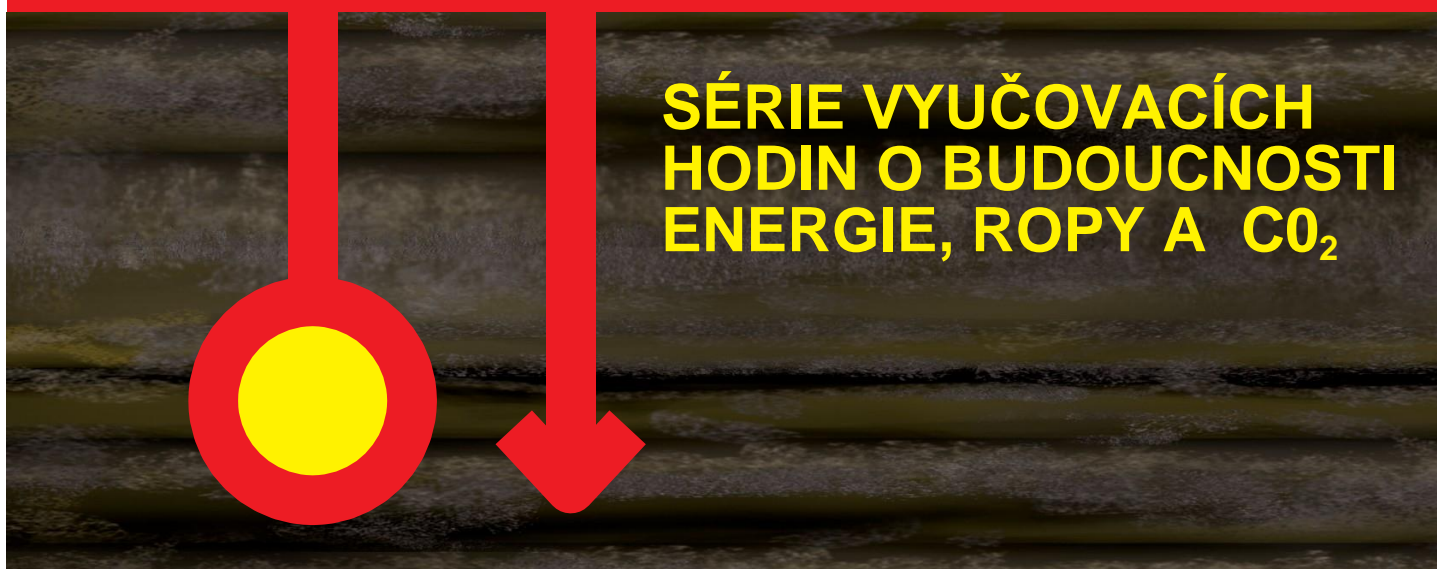




**IT'S ALL  
ABOUT  
ENERGY!**

**SÉRIE VYUČOVACÍCH  
HODIN O BUDOUCNOSTI  
ENERGIE, ROPY A CO<sub>2</sub>**





IT'S ALL  
ABOUT  
ENERGY!

O B S A H

	STRANA
<b>Část 1. BUDOUCNOST ENERGIE</b>	
1.1 Energie je všechno, z energie všechno pochází – úvod	3
1.2 Scénář č. 1: Každý sám za sebe	7
1.3 Scénář č. 2: Společně jsme silnější	9
<b>Část 2. HLEDÁNÍ A TĚŽBA ROPY</b>	
2.1 Odkud ropa pochází?	13
2.2 Jak ropu hledáme?	15
2.3 Jak ropu dobýváme ze země?	17
2.4 Budoucnost ropy	21
<b>Část 3. ŘEŠENÍ PROBLEMATIKY CO2</b>	
3.1 Technologie a čtyři základní otázky	23
3.2 Jímání	25
3.3 Fázový stav	27
3.4 Skladování a bezpečnost	29
3.5 Bezpečnost a společnost	31
3.6 Čísla a předpovědi	33

## TIRÁŽ

Tento výukový materiál vytvořili tři účastníci holandského programu *Eerst de Klas* (Nejdřív výuka): Matthijs van Vulpen, Cazimir ten Brink a Simon Verwer ([www.eerstdeklas.nl](http://www.eerstdeklas.nl)).

*Eerst de Klas* (Nejdřív výuka) je iniciativa školských úřadů, obchodního společenství a vlády. Tento program nabízí talentovaným akademikům příležitost zahájit vlastní pedagogickou kariéru ve škole, kde probíhá další vzdělávání. Pracují zde čtyři dny v týdnu, na univerzitě získají aprobaci pro první stupeň a jeden den v týdnu se účastní tzv. leadership programu, pořádaného obchodním společenstvím. V rámci tohoto programu zadala firma Shell účastníkům úkol, který spočíval ve vypracování tohoto výukového materiálu..

Výukový materiál, který máte před sebou, je výsledkem debat s mnoha odborníky z firmy Shell. Právě tyto diskuse se staly stavebními kameny pro tvorbu tohoto materiálu. Rádi bychom zde poděkovali všem, kdo se na tvorbě podíleli, zejména členům programového výboru Shell, k nimž náleží André van Aperen, Theo Eyckenschild, Ewald Breunese a Virgil Sewbarath Misser.

**REDAKCE, DESIGN A NÁVRH** DE FABRIEK *Communicatie Creatie Coaching*, Amsterdam

**ILUSTRACE, INFOGRAFIKA** MokerOntwerp, Amsterdam

**FOTOGRAFIE** Hollandse Hoogte, Shell, Nuon a další zdroje

**REPRODUKCE** Shell Service Point

© 2012 Shell International B.V.



Ve spolupráci s:



Dokument *Všechno stojí na energii*, obsah [Shell International B.V.](http://www.shell.com) ([www.shell.com](http://www.shell.com)), grafický design a ilustrace na obálce [De Fabriek CCC](http://www.defabriek.nl) ([www.defabriek.nl](http://www.defabriek.nl)) a ilustrace a infografika [Moker Ontwerp](http://www.mokerontwerp.nl) ([www.mokerontwerp.nl](http://www.mokerontwerp.nl)) jsou chráněny autorskou licenci [Creative Commons Uved'te autora-Nekomerční použití-Zachovejte licenci 3.0 Unported](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.nl) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.nl>).



PŘEKLAD:



Máte-li zájem o další informace nebo další exempláře této práce, zašlete nám svůj požadavek e-mailem na adresu: [communicatie@shell.com](mailto:communicatie@shell.com)

Práci prezentovanou v tomto dokumentu podporuje Rámcový program pro výzkum a technologický rozvoj (FP7) Evropské unie – projekt ECB: Evropský koordinační výbor pro matematiku, přírodní vědy a techniku (grantová smlouva č. 266622). *agreement N° 266622* Za obsah tohoto dokumentu nese výhradní odpovědnost konsorcium členů, přičemž obsah nevyjadřuje názory Evropské unie a Evropská unie neodpovídá ani neručí za jakékoli užití informací zde obsažených.



## Energie je všechno, z energie všechno pochází – úvod

O energii zpravidla není třeba nijak dlouze přemýšlet. Je tu pořád, a to doslova všude – a je bezpečná a spolehlivá. Energie je pro nás stejně přirozená jako zapnutí mobilního telefonu či otočení kohoutkem.

Fakt, že většina lidí v Evropě může energii získat tak snadno a přirozeně, je vlastně dosti výjimečný. A samozřejmě bychom na to měli být hrdí.

Den co den využíváte řadu různých forem energie. Začíná to hned ráno, kdy se pomocí vlastní energie probudíte ke snídani. Během dne však potřebujete i spoustu dalších energetických zdrojů. V době před průmyslovou revolucí představovalo pro lidi hlavní zdroj energie dřevo a rašelina, jež se užívaly k vaření a topení.

Ke svícení se používal zejména petrolej. Od té doby jsme začali získávat energii zejména ze zemního plynu, uhlí a ropy, které jsou rovněž známé jako fosilní paliva. Zemní plyn, uhlí a ropa jsou základními zdroji energie, jež člověku umožňují dělat to, co si přeje: energii využíváte, když si v zimním večeru dopravíte příjemnou horkou sprchu, když jedete autem navštívit prarodiče a berete si z chladničky plechovku lahodně studené coca-coly.

Problém je, že tyto zdroje fosilního paliva nejsou nevyčerpatelné – palivo dochází! A to by mohlo z dlouhodobého hlediska závažně ovlivnit váš životní styl.



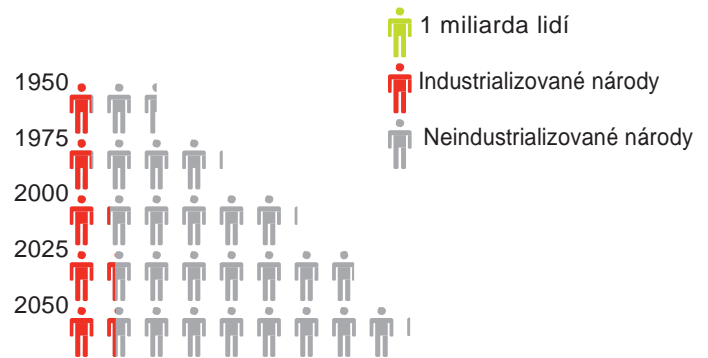
V souvislosti s energií budeme řešit několik základních úkolů. Z tohoto hlediska budou hrát zásadní roli následující tři významné vývojové trendy:

- 1) Poptávka po energii se během příštích 50 let přinejmenším zdvojnásobí.
- 2) Snadno dostupná ropa bude stále vzácnější.
- 3) Významně vzrostou emise skleníkových plynů.

## Co přesně z těchto tří poznatků vyplývá?

Počet obyvatel Asie, Afriky a Latinské Ameriky rychle roste. Lidé v těchto oblastech navíc chtějí žít na stejné úrovni jako my. Kombinace nárůstu populace se zvyšující se prosperitou znamená, že v blízké budoucnosti dramaticky stoupne poptávka po energii. Aby tedy bylo možné tuto poptávku uspokojit, energie bude zapotřebí daleko více. Jedním z nejdůležitějších zdrojů energie je ropa. Z této přírodní látky je vyrobena řada produktů, které používáme. A zatímco poptávka je stále vyšší, začíná být stále obtížnější získávat ropu v dostatečném množství. Snadno dostupné zdroje se postupně vyčerpávají. Ze třetího z výše uvedených poznatků pak vyplývá, že důsledkem zvýšené spotřeby energie budou vyšší emise CO<sub>2</sub>. Vyšší koncentrace CO<sub>2</sub> dále povede ke globálnímu oteplování, jež bude mít patrně za následek klimatické změny a přírodní katastrofy.

### Celosvětová populace

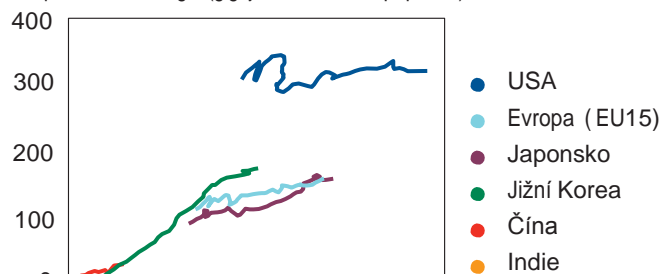


*Nárůst světové populace do roku 2050*

(Zdroj: Energetické scénáře Shell. On-line k dispozici na [www.shell.com/scenarios](http://www.shell.com/scenarios).)

### Šplh po energetickém žebříčku

Nezpracovaná energie (gigajoule na hlavu v populaci)



Hrubý domácí produkt na hlavu v populaci (v tisících dolarů ročně)

Data za léta 1970-2005

## Hledání odpovědí

Stojíme na prahu velkých změn. Při těchto vyučovacích hodinách se podíváme, co bychom s těmito třemi vývojovými trendy mohli udělat. Zkusíme zjistit, co přesně z nich vyplývá a jak by se na ně dalo reagovat. U každé z těchto tří skutečností si položíme základní otázku, která tvoří společnou osu všech kapitol.

- 1) Jak můžeme zajistit, aby měl každý k dispozici dostatek energie?
- 2) Co můžeme udělat pro to, abychom účinněji získávali více ropy?
- 3) Jak můžeme omezit emise CO<sub>2</sub>?

Nejspíš jste se dovítčili, že tyto otázky jsou důležité. Není jisté, zda v budoucnosti budeme mít tak snadný přístup k dostatečnému množství energie. Víme však, že fosilní paliva nám docházejí. A tomu lze předejít.

Názory na to, jak toho nejlépe docílit, se do značné míry různí. Vlády, společnosti zabývající se těžbou ropy a zemního plynu i ekologické organizace neustále debatují o tom, jak společně nalézt nejlepší způsob, díky němuž by zajistily, aby i za 50 let mělo lidstvo dostatečný přístup k energii. Ale co je to nejlepší? Tím se zabývá kapitola první (1.1 až 1.3).

V současné době pochází 80 procent naší energie z fosilních paliv. Ačkoliv získáváme stále více energie z alternativních energetických zdrojů, nejvýznamnějšími surovinami pro získávání energie patrně zůstanou i v 21. století ropa a zemní plyn.

Těžba z vrtů v ropných polích (obtěžně přístupný zdroj) je fascinující technologie, která dnes prochází intenzivnějším vývojem než kdy dřív. Tím se zabývá kapitola dvě (2.1 až 2.4). Vědci zjistili, že CO<sub>2</sub> je jednou z příčin globálního oteplování, protože přispívá ke vzniku skleníkového efektu. Globální oteplování může vyvolávat přírodní katastrofy, jako jsou tropické bouře, znečištění oceánů a tání ledové pokrývky na pólech. Máme-li tomuto jevu čelit, uvažujeme o skladování CO<sub>2</sub> pod zemí. Tím se zabývá kapitola tři (3.1 až 3.6).

## Vpřed!

Příběh o potížích s energiemi je velice zvláštní a složitý a snad ve vás vzbuzuje dojem, že vy jakožto jednotlivci nic nezmůžete. Některým lidem tento úkol připadá tak nezměrný, že ještě dřív, než se vůbec pustí do boje, hodí pomyslný ručník do ringu. Takhle se však samozřejmě žádný problém nikdy nevyřeší. Každý, a to včetně vás, může tyto změny ovlivnit a na vyřešení problémů s energiemi se podílet.

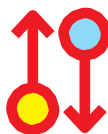
Jsme přece koneckonců jedinci, kteří společně dokážou velké věci. Pokud všechno řádně promyslíte a vyjdete z nových technologií a tvrdé práce, vy sami můžete leccos změnit.

*Tak tedy vpřed!*



## ÚKOLY

1. Jak byste mohli vy sami užívat energii úsporněji? Uveďte tři příklady.
2. Poptávka po energii, do dávk a emise oxidu uhličitého, to jsou tři pojmy, které se objevují v úvodu k tomuto pojednání. Jaký je mezi nimi vztah?
3. Vymyslete katastrofický a ideální scénář pro vývoj situace ohledně energie v budoucnu.
4. Ohledně energetických úspor lze uvažovat i o jistých drastických opatřeních. Některá z nich mohou vyvolat námitky etické povahy. Např.: 'Na celém světě je nutné omezit porodnost'. Uveďte dva argumenty pro a proti.
5. Představte si, že energie není vůbec nedostatek. Jak by svět vypadal?





## Budoucnost energie

V následujících dvou kapitolách této práce se podrobněji zaměříme na budoucnost energie.

Budoucnost samozřejmě nikdo předpovídat neumí – nikdo vám nedokáže při pohledu do křišťálové koule povědět, jaký přesně bude svět ode dneška za padesát let.

Budeme uvažovat o dvou možných budoucích scénářích. První nastiňuje potenciální důsledky současného vývoje. Ale než půjdeme dál, rádi bychom vás představili dvěma ženám.

### TANJA: Ideální odpověď neexistuje!

Je důležité si uvědomit, že co se týče otázky energií, žádná odpověď není sama o sobě dokonalá. Jak už kdysi podotkl slavný holandský fotbalista Johan Crujff, každá výhoda jde ruku v ruce s nějakou nevýhodou. Kdybyste třeba věnovali veškeré síly větrné energii, vbrzku bude mít každý na zahradě větrný mlýn. A navíc (zatím) neexistuje technologie, která by byla pouze 'dobrá'. Jaderná energie kupříkladu generuje větší množství energie a méně znečišťuje ovzduší než uhelná elektrárna, ale zároveň vytváří radioaktivní jaderný odpad.

### TINA: Nemáme na vybranou!

Je snad fakt, že neexistují dokonalé odpovědi, důvodem, abychom celý problém ignorovali? Koneckonců, nemáme na vybranou. Máme jenom jednu Zemi a s ní si musíme vystačit. Je vysoce nepravděpodobné, že bychom se všichni mohli přestěhovat na dosud neobjevenou planetu. Takže tuto otázku musíme trochu uvážit.

Uvědomíte si, že výše popsané scénáře se do jisté míry musejí stát skutečností. Důsledek toho je, že se vlády usilovně snaží uzavřít dohody o emisích CO<sub>2</sub>. Otázka zní: Jak nejlépe k takovým dohodám dospět? A toto je téma dvou scénářů.

V každém scénáři jsou důležité čtyři faktory, tj. poptávka po energii, dodávka, technologie a životní prostředí.

- n **Poptávka po energii** je celková potřeba energie všech obyvatel Země.
- n **Dodávka** je dostupné zajištění energie (nafta, plyn, sluneční a větrná energie a j.).
- n **Technologií** se rozumí znalosti a nástroje potřebné např. k vývoji zařízení a strojů, k jejich provozu a opravám.
- n **Životní prostředí** je pojem, jímž označujeme místo, kde žijeme, a jeho okolí.

TANJA

TINA





## Scénář č. 1: Každý sám za sebe

První scénář je pesimistický. Ukazuje, jak mohou vypadat následky za dalších padesát let. Vychází z předpokladu, že se země budou zaobírat především tím, aby zajistily dodávku energie samy pro sebe.

V tomto scénáři se budou země – rozumějte vlády a významné organizace – řídit zejména podle toho, aby dodávky energie dostačovaly. Jejich hlavním cílem bude zajistit dostatek energie pro vlastní zemi. To je samozřejmě logické. Proč by se například holandská vláda měla zajímat o to, jak si shánějí energii Němci a Belgičané? Copak se o tohle nepostará jejich vlastní vláda?

### Závislost

Významným pojmem v problematice energií je závislost. Tento pojem znamená, že na energetickém trhu závisí všichni na všech. Na světě je celá řada oblastí (včetně Ameriky a západní Evropy), kde se spotřebuje víc energie, než kolik je

k dispozici na území vymezeném státními hranicemi. Tyto země musejí energii importovat, a jsou tudíž závislé na zemích, které jí mají nadbytek, jako je Rusko a Saúdská Arábie. Ty jsou však zase pro změnu závislé na exportu, který významně přispívá k jejich zisku. Bez poptávky po energii by nevydělávaly peníze. Když si to tedy shrneme: na energetickém trhu závisí všichni na všech.

Ve scénáři “Každý sám za sebe” země nemyslí na budoucnost, protože daný problém ještě není naléhavý. Je to stejný pocit, jako bychom se měli učit na zkoušku, kterou děláme až za čtyři týdny, zatímco zítra nás čekají dvě písemky. Jistě chápete, že takový názor na budoucnost bývá celkem běžný.

Ale na druhou stranu zas tak běžný není. Protože Holanďané, Němci a Belgičané (a

všechny ostatní země světa) vlastně rybaří natomtéž “jezeře energie”. A tohle jezero začíná vysychat. Rychleji, než by se nám líbilo. Důvodem je rostoucí počet rybářů, kteří se sem stahují od svých břehů a třímají stále delší pruty. Ačkoliv se všichni zajímají o to, jak si zajistit dodávku energie, zdroje jsou stále omezenější. Následky jsou pro každého z nás nedozírné: příliš velká poptávka po jakémkoli produktu vede k jeho nedostatku.



## KLIMA

V tomto scénáři se lidé méně zajímají o klima. Mít benzin, abyste mohli jezdit autem, je podstatně důležitější než starost, zda se Země během příštího století třeba trochu neohřeje – tou dobou už nejspíš nebudete naživu. Každý navíc chce za energii platit co nejméně. V tomto scénáři budoucího vývoje se tudíž jeví slušná pravděpodobnost, že se země zaměří primárně na uhlí: toho je stále dostatek a není drahé. Uhlí však náleží k těm energetickým zdrojům, které znečišťují životní prostředí nejvíce.

Alternativním energetickým zdrojem v tomto scénáři je energie jaderná, ale stavba jaderné elektrárny je sama o sobě nákladná, časově náročná a složitá záležitost. Kromě toho nelze zapomenat, že pokud se jaderný odpad neukládá podle všech pravidel, škodí zdraví a prostředí.

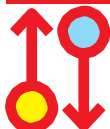


*Tepelná (spalovací) elektrárna u přístavu v Rotterdamu.*



*Pohled na jadernou elektrárnu Doel v Belgii*

## ÚKOLY



1. Scénář 'Každý sám za sebe' se zaměřuje na zájmy každé jednotlivé země. Uved'te dva argumenty protento scénář a proti němu.
2. 'Klima' je nejasný pojem. Co podle vás znamená? A co je přesně podstatou problému s klimatem?
3. Níže jsou tři pojmy ze scénáře 'Každý sám za sebe'. Vysvětlíte, jak podle vás do sebe zapadají: ekonomický růst, nedostatek, klimatické problémy.
4. Sepište asi desetiřádkovou řeč, kterou byste jako politikové přednesli mladým lidem, abyste je informovali o otázce energií. Než řeč napíšete, zvažujte o tom, co podle vás obnáší dobrý projev. Najděte si třeba na YouTube projevy známých politiků či bavičů. Co dělají dobře? Snažte se tyto prvky zpracovat do své vlastní řeči. Bylo by dobré, kdyby se několik projevů předneslo ve třídě.

Celkově vzato, ve scénáři 'Každý sám za sebe' se problémů nezbavíme, protože nebude dost energie pro všechny. Než by lidé napřeli síly na společné řešení problémů a hleděli na ně ze širší perspektivy, každý si bude hrát na vlastním písečku, dokud nakonec nebude na dohled samotné dno.





## Scénář č. 2: Společně jsme silnější

Výchozí bod tohoto scénáře se výrazně liší od premisy ze scénáře 'Každý sám za sebe', o němž jste se dočetli v minulé kapitole. V tomto nástinu budoucnosti se vědomí o potížích s energií stává klíčem ke spolupráci mezi zeměmi. Jinými slovy: země si uvědomují, že nakonec jsme všichni na jedné lodi. Toto vědomí je z hlediska budoucnosti úkolem pro každého z nás, protože vytváří názor, že každý občan má sice svá práva, ale navíc má v souvislosti s energiemi i svoje povinnosti. Podstatou je otevřená společnost, kde občané a organizace zasílají vládě nápady a jsou podporováni, aby vyjadřovali nové nápady, týkající se lepšího využití alternativních energetických zdrojů.

### Spolupráce

Zde je klíčem k úspěchu spolupráce. Občané si stále jasněji začínají uvědomovat skutečnost, že jsou občany světa. Přemýšlejí, jak žít v udržitelnějších podmínkách, vyměňují si vědomosti a nápady a uzavírají mezinárodně provázané úmluvy

o energetických rezervách a emisích CO<sub>2</sub>. Ale nezastaví se ani technický rozvoj a nám se daří využívat zásoby ropy a plynu stále lépe a účinněji. Taková spolupráce se rodí z nutnosti, poněvadž země pochopily, že si nemohou hrát jen na vlastním písečku.

Spolupráce není nic snadného, což v určité chvíli zjistíte i vy sami. Nicméně v rámci tohoto scénáře budeme muset spolupracovat intenzivněji a na daleko širší bázi než dosud. A to nepůjde v žádném případě nijak hladce. Příkladem nebudou muset jít pouze vlády, ale zejména různé organizace. Idea, z níž vychází tento scénář, zní, že si každý uvědomuje úkol týkající se energií a přispívá k jeho řešení.

Jednou z ukázek současného řešení, jež do tohoto scénáře zapadá, je fakt, že se do ovzduší vypouští méně CO<sub>2</sub>, protože se všechny země dohodly, kolik smí každá z nich vyprodukovat. Jádrem této

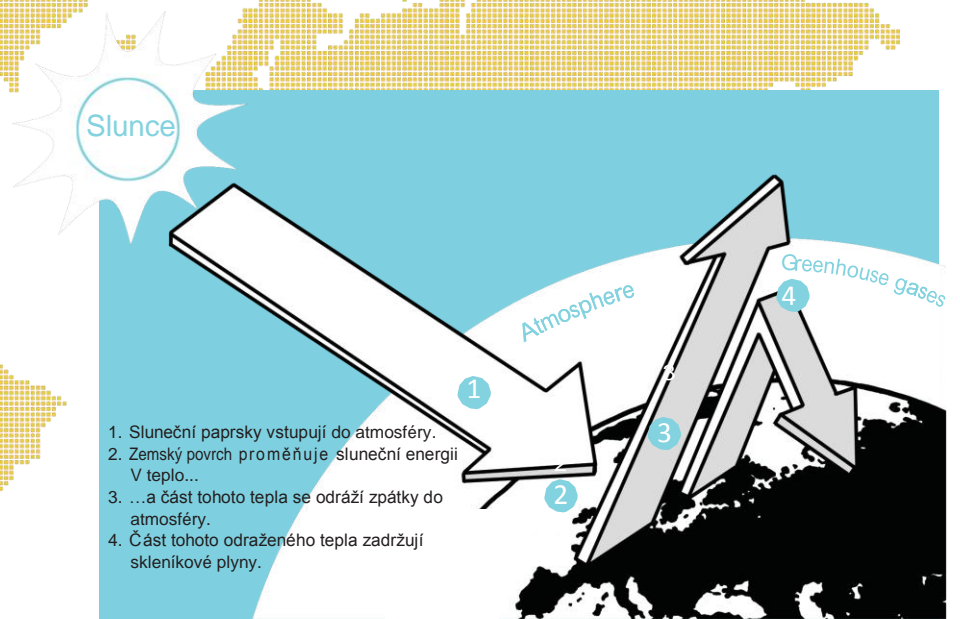
dohody je skutečnost, že emise CO<sub>2</sub> stojí peníze, zatímco jímání CO<sub>2</sub> peníze přináší. Tímto způsobem mohou vlády podněcovat rozvoj nových technologií a inovací v oblasti snižování CO<sub>2</sub>.

### Obchod s CO<sub>2</sub>



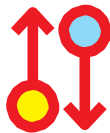
Co je CO<sub>2</sub>

Zkuste si představit, že Zemi obklopuje pokrývka, která ji chrání proti ochlazení tak, že zadržuje sluneční teplo. Tato pokrývka (vrstva vzduchu obsahující molekuly CO<sub>2</sub>) sílíla postupem doby stále víc a víc. Avšak v posledních letech začala být skutečně velmi silná a tepla nyní zadržuje až moc: tomuto jevu říkáme skleníkový efekt. Vědci, vlády, společenské organizace a zainteresovaní občané se obávají, že tento skleníkový efekt povede ke strašlivým přírodním katastrofám. Tento příběh je však ještě poněkud složitější, protože vliv na klima mají kromě CO<sub>2</sub> i jiné faktory.

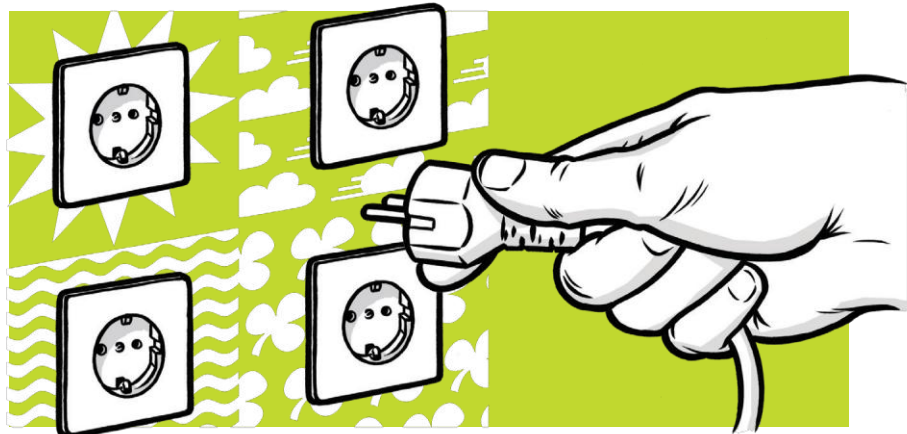


## ÚKOLY

**Příznivější pro všechny a všechno** Ve scénáři 'Společně jsme silnější' hrají stejně jako ve scénáři 'Každý sám za sebe' významnou úlohu velké země jako Indie a Čína. Vůdčí osobnosti vlád si uvědomují, že teď nastává čas nastartovat alternativní energetické zdroje a začít důvěřovat průkopnickým technologiím souvisejících s větrnou a solární energií. Velké země s hojnými zásobami fosilních paliv, jako je Rusko a Saúdská Arábie, odprodávají těchto paliv velké množství, což jim vynáší spoustu peněz. Tyto peníze pak investují do rozvoje nových technologií. To je příznivé pro země, které energii dovážejí, protože takto mají přístup k hojnému zdroji energie za rozumnou cenu. Podle scénáře 'Společně jsme silnější' se země soustředí na to, aby byly v harmonii s naší planetou a připravovaly půdu pro budoucí růst. Každý vyvíjí úsilí, aby co nejvíce předjimal budoucí změny.



- 1) Scénář 'Společně jsme silnější' je založen na 'uvědomění' či 'vědomí'. Co je tím myšleno? V odpovědi použijte pojmy 'vědomí', spolupráce a udržitelnost. Co si o tom myslíte? Vysvětlete.
- 2) Představte si, že by se někdo zeptal: "A co má tohle všechno se mnou společného?" Dokázali byste při vysvětlování, proč je opravdu důležité přemýšlet o energetických problémech, použít scénář 'Společně jsme silnější'?
- 3) V textu stojí, že spolupráce není nic snadného. Máte s tím nějakou zkušenost? Co může být občas na spolupráci náročné? Jaké máte nápady ohledně účinnosti spolupráce?



- 4) Alternativní energie bude mít stále větší význam. Můžete kromě větrné a sluneční energie uvést ještě jiné formy alternativní energie? Co přesně o nich víte?



## ZÁSoby ROPY DOCHÁZejÍ, ALE JAK RYCHLE?

Ohledně toho, kdy nám dojde ropa, existuje řada předpovědí. Na počátku 70. let minulého století předpověděl Římský klub, skupina světových myslitelů, která řeší mezinárodní problémy, že se zásoby ropy vyčerpají do roku 2000. Jasně se ukázalo, že toto tvrzení není pravdivé. Je proto důležité pochopit, že žádný se ze scénářů ještě nemusí uskutečnit. Přesto se zdá, že díky technickému pokroku se v odhadech, kolik ropy nám ještě zbývá, stále zlepšuje. To znamená, že jsme schopni sestavovat lepší scénáře než dřív. Stojí tedy zato, abychom se snažili přemýšlet o budoucnosti společně. Koneckonců, těžko na cvičišti, lehkou na bojišti!

## DOMÁCÍ ÚKOL



Na internetu si prostudujte teorie o vyčerpání ropných zásob. Ke klíčovým slovům, která patrně použijete, by měl patřit 'ropný zlom' a 'energetické nebezpečí.' Na pěti řádcích popište podstatu těchto teorií a komentujte je pomocí argumentů.

## Odlišný názor: Greenpeace

I když podle TANJI neexistují dokonalé odpovědi, jedna idea je rozhodně lepší než ostatní. Vlády, obchodní a ekologické organizace o ní dovoce debatují. Ale co je lepší? A kdo nakonec rozhodne? Dva scénáře v této práci vycházejí z myšlenek, jež rozpracovala energetická společnost Shell. Ale myšlenky odvíjející se tímto směrem

rozvíjí také Greenpeace, dobře známá ekologická organizace. Asi si však umíte představit, že velká firma považuje za důležitější trochu jiné věci než ekologická organizace.

## DOMÁCÍ ÚKOL



Stáhněte si energetické scénáře Greenpeace ([www.energyblueprint.info](http://www.energyblueprint.info) – k dispozici jsou i jako aplikace pro iPhone app) a porovnejte je se scénáři firmy Shell. Čeho si všimáte? V čem jsou si podobné a v čem se naopak liší? Který scénář považujete za lepší a proč?



## Velká diskuse o energetickém scénáři

Otázka energií je téma, které zajímá každého a v politických kruzích je velice horké. Některé zúčastněné strany se o tuto problematiku zajímají, ale i když někdy mají podobný cíl, občas jsou jejich cíle odlišné. Nejdůležitějšími z těchto stran jsou vlády, energetické společnosti, ekologické organizace a občané.

Cílem diskuse ve třídě je zapříst veřejnou debatu o energiích se řadou návrhů. Učitel vám přesně vysvětlí, jak diskuse funguje. K přípravě tezí dostanete dost času.

## TEZE

- n Za udržitelnou energii budou ochotni platit pouze jednotlivci.
- n Lidstvo nakonec spasí technika.
- n Dostatečné zásoby fosilních paliv se najdou vždycky.
- n Za padesát let budeme používat výhradně obnovitelné zdroje.
- n Příčinou klimatických změn je člověk.
- n Dostatečnou odpověď na klimatické problémy je šetření.

Můžete si pochopitelně vymyslet vlastní teze.

Požádejte učitele o pomoc při uspořádání debaty ve třídě.

Další informace o energetických scénářích naleznete zde:

[www.yourdiscovery.com/nl/energy/](http://www.yourdiscovery.com/nl/energy/)  
[www.energyexplorers.nl](http://www.energyexplorers.nl)  
[www.energygalaxy.com](http://www.energygalaxy.com)

Frank Niele, *Energy: the Engine of Evolution*, Elsevier Science, 2005.



POZNÁMKY

A world map rendered in a golden-yellow dot-matrix style, showing the continents of North America, South America, Europe, Africa, Asia, and Australia. Below the map is a large area of horizontal blue lines for writing notes.



## Odkud ropa pochází?

Z rostoucí poptávky po energii také vyplývá nárůst poptávky po fosilních palivech. K fosilním palivům patří ropa, zemní plyn a uhlí. Přístup k těmto palivům začne být zároveň stále obtížnější. Shrnutí, podtrženo: vyšší poptávka a menší dodávka. Co se s tím dá dělat?

Abychom mohli tuto otázku zodpovědět, nejdřív se musíme podívat, odkud ropa pochází a jak to, že se vyskytuje v půdě. Potom budeme objevovat, jak se z půdy dobývá, což není tak snadné, jak byste si mysleli. Nakonec se podíváme na to, jakou má těžba ropy budoucnost. Tam, kde se níže zmiňujeme o ropě, v mnoha případech to zároveň znamená i 'zemní plyn.' Tato dvě fosilní paliva jsou geologicky a chemicky příbuzná. Výhodou zemního plynu je, že se z něj uvolňuje méně CO<sub>2</sub> a přitom poskytuje stejné množství energie jako ropa. A v posledních letech ho bylo po celém světě objeveno hodně. Zemní plyn tudíž bude ještě dlouho významným zdrojem energie – možná déle než ropa.

*I tady v Ománu kdysi bývalo moře!*

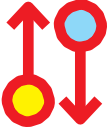
Na místech, kde se dnes nachází ropa, musela být před stamiliony let moře či bažiny. Mluvíme o dobách před dinosaury. Toto období je známo jako karbon. Když organismy, které tehdy žily v moři, jako např. plankton, zemřely, spočinuly na mořském dně. Postupem času se z organického materiálu vytvořila zemská vrstva. Na tuto vrstvu složenou z organického materiálu se postupně ukládaly vrstvy další, jež obsahovaly vápník a sůl z odpařujících se moří či písek a jíly, které přinášely řeky. Na některých místech se díky tomu vytvořila zemská vrstva tak silná, že už skrze ni namohla pronikat vlhkost a světlo. Tato nepropustná zemská vrstva čili stratium má zásadní význam, co se týče hledání a dobývání ropy: ropu lze najít pouze pod takzvanou horninovou čepicí.

V důsledku hmotnosti těchto nových vrstev byly organické zbytky stlačeny k sobě a vystaveny vysokému tlaku a teplotám. Vrstvy se také neustále pohybují, takže organické zbytky se někdy zcela posunou. Nyní již chápete, proč se naleziště ropy někdy vyskytují pod pouštěmi.





## ÚKOL Č. 1



Teplota v pohyblivých zemských vrstvách může být někdy velmi vysoká. Dokážete vymyslet důvod, proč se teplota v těchto zemských vrstvách takto zvyšuje?

Chemický proces probíhá za těchto podmínek: vysoký tlak, vysoká teplota a dlouhý časový úsek.

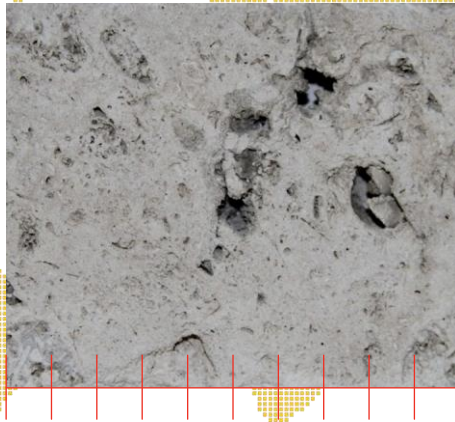
Během tohoto procesu se organické zbytky přeměňují v uhlovodíky, tj. látky složené z atomů uhlíku a vodíku. Kdybyste provedli chemický rozbor ropy, zjistili byste, že se skládá z uhlíko-vodíkových řetězců mnoha druhů.

Ropa se tedy nenachází v mořích ani podzemních jeskyních. Ve skutečnosti se vyskytuje ve spoustě drobných otvorů (pórů) ve horninách, jež tvoří součást zemských vrstev. V těchto pórech nacházíme zemní plyn, vodu či ropu. Každá hornina má pórů určité množství a je do určité míry porézní.

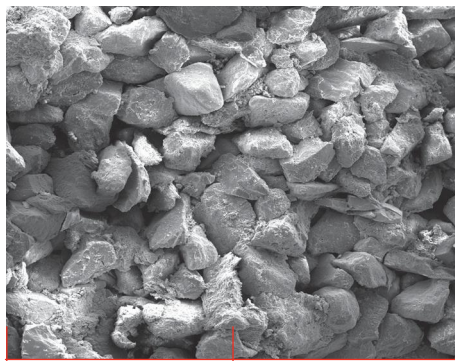
Je-li hornina hodně porézní, ještě to neznamená, že skrze ni může protékat voda a ropa – hornina může mít mnoho pórů, které nejsou vzájemně propojeny.

Fakt, zda může horninou protékat např. voda či ropa, závisí na propustnosti. Pokud je hornina hodně propustná, může jí voda, ropa či zemní plyn protékat snadno.

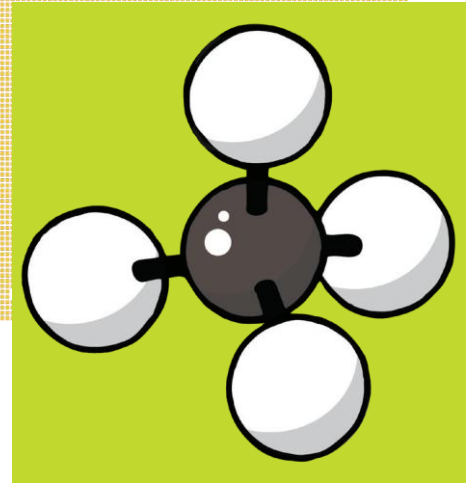
V souvislosti s tím, zda může horninou snadno protékat kapalina, jsou kromě propustnosti horniny důležité také vlastnosti dané kapaliny. Zkuste se napít medu brčkem – nepůjde to tak lehce, jako byste pili colu, protože med je mnohem 'sirupovitější' než cola. Míra 'sirupovitosti' kapaliny je známa jako viskozita. Voda má např. daleko nižší viskozitu než ropa. To znamená, že voda bude propustnou horninou protékat snáze než ropa.



Póry ve vápenci jsou viditelné pouhým okem. Úlomek vápence na obrázku je 10 centimetrů široký. V těchto pórech se může usazovat ropa.



Póry v pískovci jsou o hodně sevřenější – tento mikroskopický snímek má skutečnou velikost jen 2 mm! Ropa se může usazovat i v pískovci.



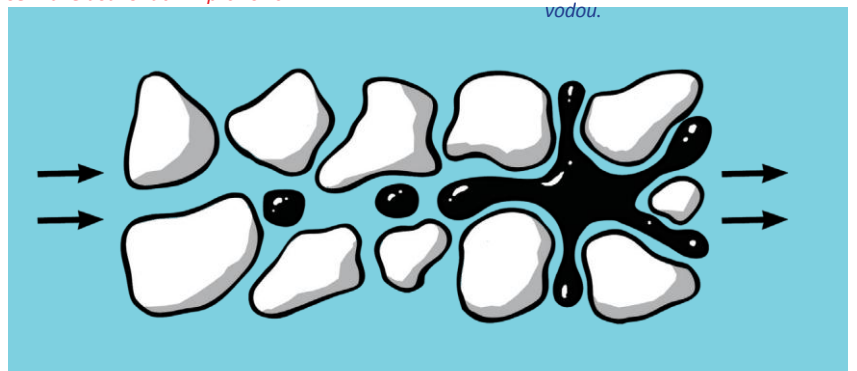
Model uhlovodíku metanů. Černý atom uprostřed je atom uhlíku, který obklopují čtyři atomy vodíku.

## ÚKOL Č. 2



Opravte níže uvedené věty – vyškrtněte nesprávnou odpověď:

- Hornina s mnoha póry, které nejsou vzájemně propojené, je/není propustná.
- Má-li ropa vyšší/nížší viskozitu než voda, ropa bude propustnou horninou protékat obtížněji než voda.
- Pokud propustná zemská vrstva obsahuje ropu i vodu, ropa se postupně shromáždí nad/pod vodou.



■ Voda ■ Ropa ● Skála

Příčný řez skálou, která je natolik propustná, aby jí mohla protékat ropa.



## Jak ropu hledáme?

Jak jsme viděli v kapitole 2.1, ropa může protékat póry v horninách. A jak už víte, ropa odpuzuje vodu, což znamená, že když se ropa dostane do kontaktu s podzemní vodou, vyplave na povrch. Když by ropa nezadržovala horninová čepice, prosákla by na povrch země, kde by se odpařila. Pokud ji horninová čepice zadržuje, ropa se může hromadit pod zemí. Hornina nacházející se pod *horninovou čepicí* je tedy plná ropy - říká se jí ropný rezervoár. Když geologové pátrají po ropě,

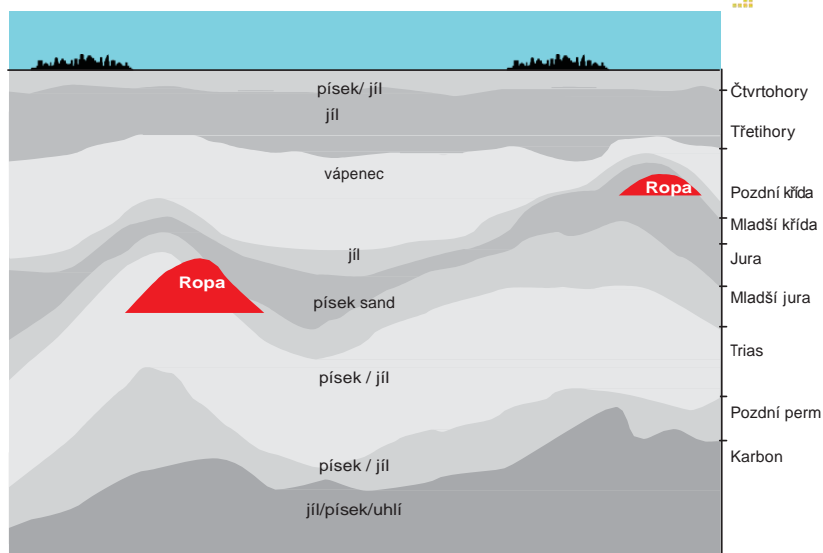
nejdřív ze všeho hledají *horninovou čepici*. Ropa se hledá prostřednictvím seismického výzkumu. Jeho součástí je užívání akustického zdroje (zpravidla nákladního vozu s vibrační deskou), který vysílá vlny pod zem. Podstatou této metody je fakt, že zvukové vlny se v různých zemských vrstvách šíří různou rychlostí. Když zvuková vlna narazí na jinou vrstvu, změní se rychlost přenosu a vlna se odrazí. Odražené

zvukové vlny na povrchu země přijímají soustava geofonů, tj. určitý druh mikrofonů – jakýsi záznamník zvuku. Data změřená geofony se pak zpracovávají prostřednictvím velice výkonných počítačů. To lidem umožňuje zmapovat zemský povrch. Dnes lze odrazet zvukové vlny trojrozměrně, takže se pak geologové mohou dívat přímo skrze zemské vrstvy. Tímto způsobem hledají *horninovou čepici*, tj. místo, kde lze s největší pravděpodobností najít ropu či zemní plyn.

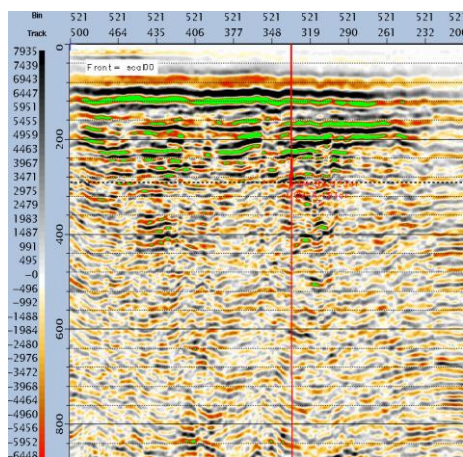
### ÚKOL Č. 1



Na obrázku zachycujícím průřez částí zemské kůry vidíte, že zemské vrstvy jsou tvořeny různými materiály. Uhlí se nachází jen v nejspodnější vrstvě. Proč se uhlí nevyskytuje ve svrchních vrstvách?

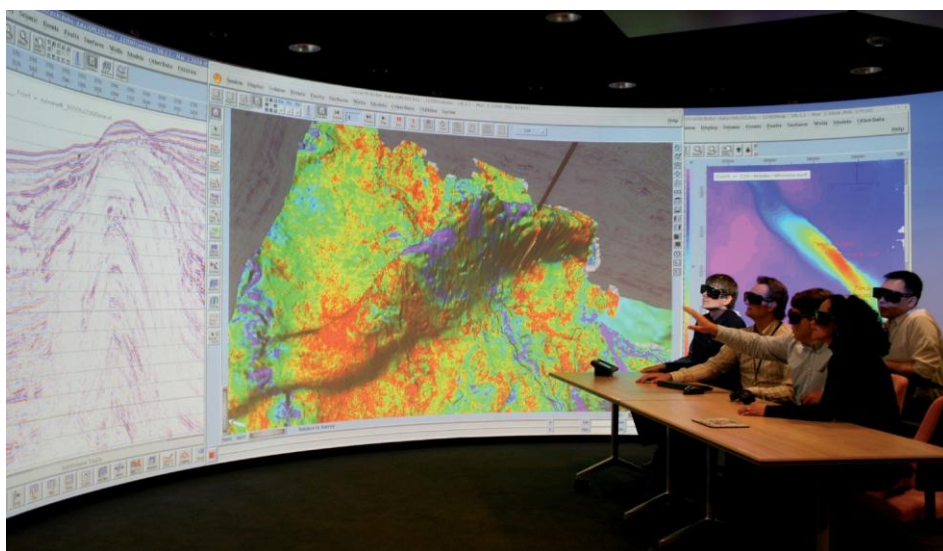


Zde vidíte průřez částí zemské kůry. Protože ropa vznikla před miliony let, leží několik kilometrů pod zemským povrchem. Ropa se nachází pouze pod vrstvou horniny, která ji utěšňuje (pod *horninovou čepicí*).



Složení zemského povrchu se mapuje pomocí seismického výzkumu. Zde vidíte data o zemské vrstvě z hloubky jednoho kilometru. To je ale pořádná dávka nahodilých informací!

Data ze seismických výzkumů se dnes našťastí dají zobrazovat trojrozměrně ve virtuálně reálných místnostech. Geologové se takto mohou dívat skrze zemské vrstvy.



POZNÁMKY



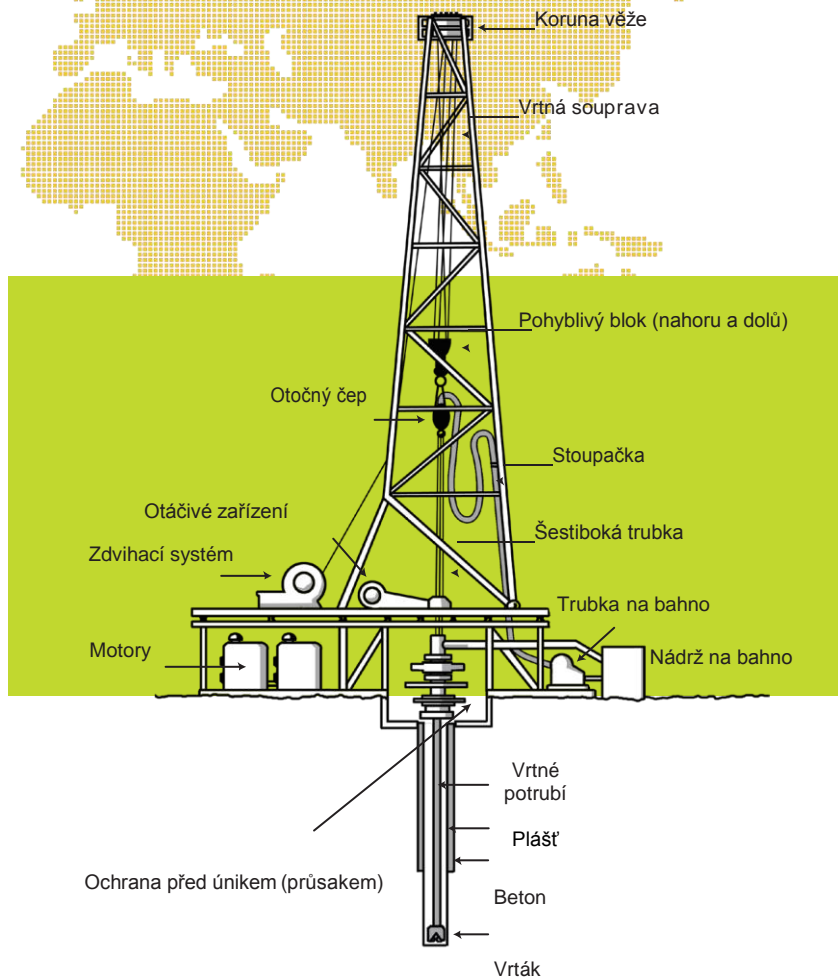
A world map rendered in a dotted, pixelated style, showing the continents of North America, South America, Europe, Africa, Asia, and Australia. The map is overlaid with a series of horizontal blue lines, providing a space for taking notes. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page.



## Jak ropu dobýváme ze země?

Když geologové odhalí přítomnost ropy, může se začít s těžbou. Na různé zemské vrstvy se používají různé vrtáky; na tvrdou horninu, jako je žula, potřebujete úplně jiný vrták než na pískovec. Vrtáky užívané na zdolání žulové vrstvy často obsahují diamanty, takže jeden může stát až 100 000 euro! Vrtáky na písek takhle tvrdé být nemusí; často tedy bývají vyrobeny z oceli či wolframu a jeden stojí 1 000 až 24 000 euro. Vrtáky jsou poháněny vrtnými trubkami, jež jsou plně otočné. Ale i samotný vrták může být poháněn zvláštním motorem, který je umístěn těsně nad ním. V takovém případě už se spolu s vrtákem neotáčí vrtná trubka.

Vrtné potrubí tvoří jednotlivé trubky, které do sebe zapadají. Během vrtání pracuje celé potrubí nad zemí. To znamená, že pokud se musí vyměnit vrták, trubky se musejí při vyzvedávání vrtného potrubí jedna po druhé rozmontovat. Když se vrtné zařízení dostane do určité hloubky, do vrtu se nasune další trubka (plášť). Ta zajistí, aby se vrt nezbortil. Jakmile se plášť dostane na místo a ukotví se betonem, vrtání pokračuje – nyní se používá vrták o menším průměru. Tento postup se opakuje, dokud není dosaženo správné hloubky. Většina vrtů je hluboká 1 000 až 4 000 metrů. Plášť měří nahoře 50-70 cm a dole 15-20 cm, takže vzhledem k hloubce není vrt příliš široký: je to, jako by se člověk pokoušel sundat ze stropu minci jediným vláskem!



*Vrtná souprava - její nejdůležitější součásti*

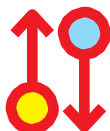


*Wolframový vrták*



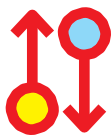
*PolyCrystalline Diamond Compact, vrták s diamanty (černé kroužky)*

### ÚKOL Č. 1



Vytvoření jednoho vrtu stojí průměrně 20 milionů euro. Dnes bývá úspěšná jedna ze čtyř vrtných operací. Stojí-li barel ropy (= 159 litrů) 60 euro, spočítejte, kolik barelů by se muselo prodat, aby se uhradily náklady na těžbu. .

## ÚKOL Č. 2

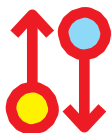


*Promyslete důvod, proč je plášť ve spodní části vrtu užší než nahoře. Nápověda: trubka o malém průměru dokáže odolat daleko větší síle než trubka o velkém průměru!*

Nákres ukazuje, že pláště se také betonují. Cílem je ukotvit pláště tak, aby se nemohly hýbat. Betonem se uzavírají i zemské vrstvy. Nižší vám vysvětlíme, jak takové betonování funguje a jak nakonec může ropa vytrysknout ze země vrtem na povrch.

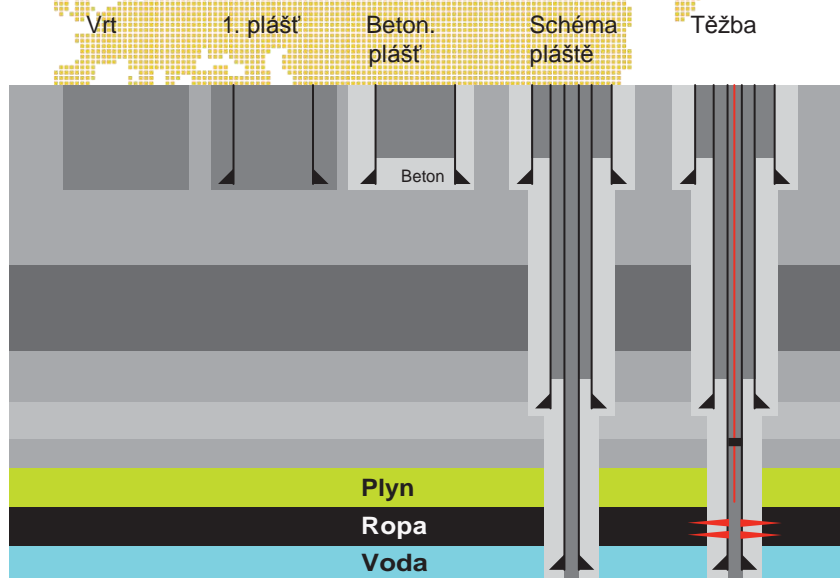
V rámci vrtacích operací je nutno dopravit na povrch také uvolněnou odvrtnou horninu. Za tímto účelem bylo vyvinuto velmi chytré řešení: při vrtání se do vrtu pumpuje kapalina. Tato vrtací kapalina je známa jako bahno. Bahno trvale ochlazuje vrtáky a zároveň vynáší na povrch kousky odvrtné horniny. Lépe lze tento postup pochopit ze schématu.

## ÚKOL Č. 3

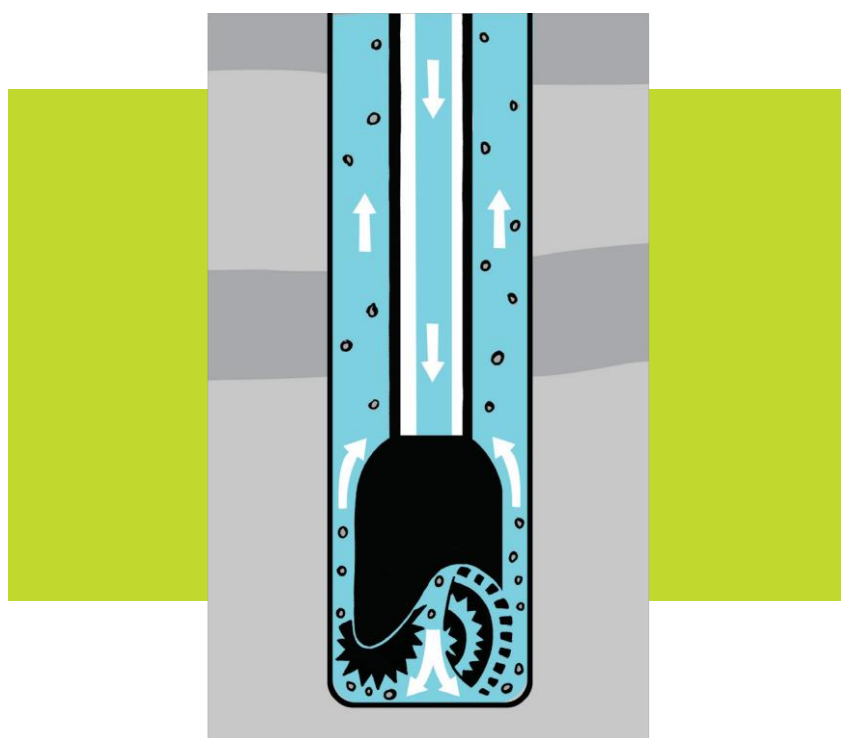


*Vrt, vrtná trubka, vrták, plášť, bahno, seismický výzkum... aby se z toho člověk zbláznil! Vybavujete si, co vlastně všechny tyto pojmy znamenají? Popořadě si je запиšte a svými slovy charakterizujte, jaký mají význam.*

## Konstrukce ropného a plynového vrtu

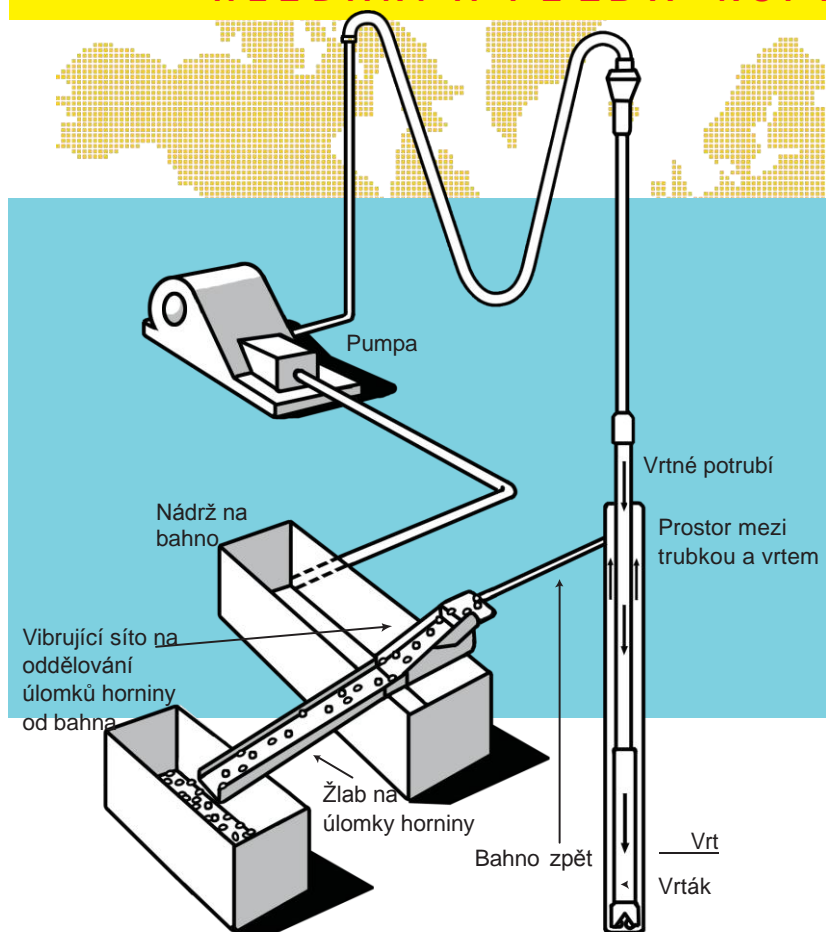


*Aby se zabránilo zhroucení vrtu, zavádějí se do něj kovové trubky (pláště), které se ukotvují betonem. Pověšimněte si, že pláště jsou nahoře širší.*



*Odvrtané úlomky horniny jsou spolu s bahnem vynášeny na povrch.*





Všechny odvrátané úlomky horniny, které se dostanou na povrch, přirozeně poskytují spoustu informací o zemských vrstvách. Zjistí-li se, že úlomky horniny obsahují ropu, mohlo by to znamenat, že se našla ropa! Homina se ručně zkoumá v nádrži vedle vibrujícího žlabu.

Důležité je, aby bahno mělo správnou hustotu. Látka s vyšší hustotou má při stejném objemu větší hmotnost než látka s hustotou nižší. Správná hustota bahna je tedy důležitá proto, aby se zabránilo tomu, že by se při navrtání ropného rezervoáru ropa dostávala na povrch nekontrolovaným způsobem. Sloupec bahna ve vrtu musí být natolik těžký, aby překonal tlak ropy pod sebou.

Hustota bahna se dá upravovat z vrtné plošiny. Jestliže se tlak v ropném rezervoáru nečekaně zvýší tak, že sloupec bahna nedokáže zabránit vzlínání ropy, do procesu vstupuje ochrana před únikem. Ta je nainstalována nad vrtem, a pokud začne hrozit nebezpečí, že by ropa mohla vytrysknout, ochrana ihned uzavře vrtné potrubí. Tlak v ropném rezervoáru může dosáhnout až 350 barů či více: to je hodnota 350x vyšší než tlak venkovního vzduchu.

### ÚKOL Č. 4



Hustota látky udává její hmotnost (např. kolik kilogramů váží  $1m^3$  dané látky). Jednotkou hustoty je tedy  $kg/m^3$ . To znamená, že hmotnost  $1m^3$  vody je asi 1 000 kg, a hustota vody je tudíž  $1000 kg/m^3$ . Aby se dal tlak (ropy) udržovat na hodnotě 350 barů, je zapotřebí protitlaku ze sloupce kapaliny (o hustotě  $1000 kg/m^3$ ), který měří skoro 3 500 metrů. Spočítejte, kolik  $m^3$  vody by bylo potřeba vzhledem k tomu, že průměrná plocha průřezu vrtu činí  $0.10m^2$ . (V tomto teoretickém případě by vrtnou kapalinu tvořila pouze voda.)  
Nápověda: obsah vrtu se rovná ploše průřezu krát hloubka vrtu!

### ÚKOL Č. 5



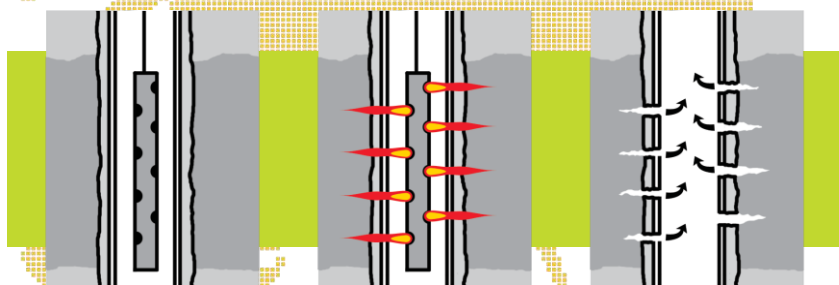
- Jaké by mělo být složení bahna, pokud je hustota vody příliš nízká? Nápověda: jaký je běžný význam slovo bahno?
- Představte si, že jste zjistili, že hustota bahna, které používáte, že pořád příliš nízká. Jak byste ji mohli rychle změnit, abyste náště udrželi pod kontrolou tlak v ropném rezervoáru?



*Než začaly existovat ochrany před únikem...*

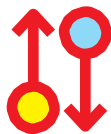
Aby se daly pláště ukotvit, na dno vrtu se pumpuje speciální betonová kaše. Beton používaný k ukotvení pláště je podstatně řidší než beton při stavbě domu. Cílem je, aby tato směs přesně vyplnila prostor mezi vrtným vřetenem (zemskou vrstvou) a pláštěm. Aby se toho dalo dosáhnout, provádějí se přesné výpočty, kolik betonové kaše se do prostoru mezi pláštěm a vrtným vřetenem. Každý plášť je nutno upevnit betonem zvlášť. Tento proces se u každé ropné studny opakuje několikrát, a to řádově v intervalech dnů, ba i týdnů.

Ale když beton ztvrdne, jak tedy ropu dostaneme z horniny do vrtu? Odpověď je snazší, než byste čekali: do pláště se prostě prostřelí díra! Náboj vyrazí díru do pláště a pak proletí betonem přímo do horniny. V zemské vrstvě obsahující ropu se tedy vytvoří malá chodbička. Do této chodbičky z okolní horniny vytéká ropa, která se dostane až do vrtu. Ropa si nyní konečně může najít cestu až na povrch země.



Proražení pláště ve chvíli, kdy je vrt připraven. Ropa konečně putuje na povrch.

### ÚKOL Č. 6



Přestavte si, že pracujete jako inženýr na vrtné plošině v Severním moři. Objevili jste vydatný ropný rezervoár a dosáhli jste potřebné hloubky. Nyní je na vás, abyste ukotvili vrt. Spočítali jste, jaké množství betonu je k tomu zapotřebí. Pak zjistíte, že betonu je příliš málo, ale mezitím už se začal pumpovat do vrtu. Jak zabráníte tomu, aby vrt nepřišel nazmar?

### ÚKOL Č. 7



Na internetu prozkoumejte různé způsoby těžby ropy. JEDEN z nich si vyberte (např. těžbu pomocí plošiny jack-up, poloponorné plošiny, těžbu na hlubokém moři atd.) a zjistěte, zda umíte odpovědět na následující otázky:

- n Jak byste se na tuto plošinu dostali (jakým způsobem vaše plošina pracuje)?
- n Z jaké hloubky může vaše plošina těžit?
- n Kde je vaše plošina právě umístěna?
- n Jak vaše plošina drží na místě?

Odpovědi vypracujte jasně a stručně a se závěry seznamte třídu. Pokuste se přesvědčit spolužáky, že váš způsob těžby ropy je nejlepší ze všech!

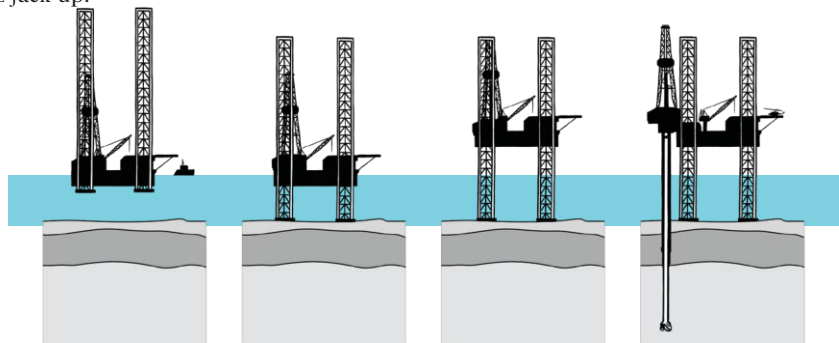
## INFO NAVÍC: Těžba v moři

Při těžbě v moři se používají *plošiny jack-up*, *poloponorné plošiny* nebo *vrtné lodě*.

Jack-up je plovoucí plošina, kterou dopraví na správné místo vlečná loď. Pak se do mořského dna spustí ocelové pilře, jež se používají k ukotvení plošiny.

Pak se s plošinou vyjede nahoru. Jack-up se dá použít ve vodách o max. hloubce 120 metrů. Plovoucí vrtné plošiny jsou známy jako poloponorné. Ty mohou těžit ropu v hlubších vodách než jack-up.

Dnes existují poloponorné plošiny, které mohou vrtat až do hloubky 10 km z vody hluboké 3,5 km. Tyto poloponorné plošiny jsou upoutány lany k těžkým kotvám, zaraženým do mořského dna. Aby tyto vrtné lodě pracující v takových hloubkách setrvaly na místě, používají se nastavitelné šrouby, které loď automaticky udržují ve stálé poloze. Tomuto mechanismu se říká *dynamické polohování*.



Instalace plošiny jack-up.



Dnes může poloponorná plošina vypadat jako loď. Vrtné lodě však nejsou na rozdíl od poloponorných plošin zakotveny.



## Budoucnost ropy

### Těžba 'za rohem'

Dnes je možné těžit ropu 'stranou'. Díky této technologii lze nyní ropné rezervuáry otevřít i na místech dříve nepříístupných či takových, kde by náklady na výrobu překročily výtěžek.

Pěknou praktickou ukázkou takovéto těžby stranou jsou vrty, jimž se říká *hadovitě*: vrtáky se plazí jako hadi z jediné vrtné plošiny od jednoho ropného rezervuáru ke druhému. Dokonce lze vrtat směrem nahoru! To znamená, že z jednoho vrtu máme přístup k většímu množství (malých) ropných rezervuárů. Výsledkem je přístup k ropným rezervuárům, jež byly příliš malé (a tudíž příliš nákladné), než aby se z nich těžilo jednotlivě.

Těžbu konkrétním směrem lze použít i jiným užitečným způsobem, což například znamená, že je možné dostat se z dálky k ropě nacházející se pod městskou zástavbou.

Vrták lze ohnout v úhlu pět až deset stupňů na každých sto metrů. Snad vám to nepřipadá tolik, jenže to značí, že například u Scheveningenu se dá dostat od Rijswijk, což je zhruba osm kilometrů! A nezapomínejte, že současně se musí ohýbat i vrtné potrubí – a to je z oceli.

### Chytrá pole

Další technická vymoženost související s těžbou a výrobou ropy je známá pod názvem *chytrá pole*. Tento pojem vznikl v těžbařské společnosti Shell. *Chytrá pole* jsou založena na zásadě 'Změřit znamená znát': pokud víte, co se děje, máte lepší výchozí pozici, z níž můžete rozhodovat, jak daný ropný rezervuár nejlépe využít. Ve vrtu typu *chytré pole* je kabel z optických vláken a série senzorů, které v reálném čase měří mj. teplotu, tlak a složení ropy v rezervuáru.

Všechna tato data (několik terabytů denně) zpracovávají počítače, takže lze ve vrtu ihned provádět užitečné úpravy. To kupříkladu znamená, že se do vrtu vstříkne páru, aby se zmenšila viskozita ropy, takže ropa poteče lépe. Ve výsledku může tato technologie zvýšit zisky z ropného pole až o deset procent! Parní injektáž se obvykle neprovádí u čerpacích vrtů – v takovém případě je zapotřebí vrt jiného druhu.



Princip hadovitého vrtu



Pokud začnete laboratoři firmy Shell v Rijswijk, vrták dosáhne k pobřeží u Scheveningenu, tedy zhruba o osm kilometrů dál.

**VĚDĚLI JSTE, ŽE PRŮMĚRNĚ ŠEDESÁT PROCENT ROPY ZŮSTÁVÁ V ZEMI?**

Celkově lze říci, že technický pokrok nám zajišťuje, že v budoucnu budeme schopni těžit i z ropných polí, která se v minulosti nedala najít ani využít. Ropy však nemáme k dispozici neomezené množství. Dále je pravda, že když ropa hoří, uvolňuje se  $\text{CO}_2$ . A my přece chceme, aby se množství  $\text{CO}_2$  v atmosféře snížilo. Je proto důležité důkladně přemýšlet o dalších zdrojích energie. Zaznamenali jsme rovněž vývoj, co se týče uchovávání  $\text{CO}_2$  v zemi – tam, kde býval zemní plyn. Tato technologie je známa jako CCS: Carbon Capture and Storage (Jímání a uchovávání uhlíku).



## ÚKOL Č. 1



*Objem vyrobené ropy se často vyjadřuje v barelech. Cena ropy se rovněž počítá za barel. Jeden barel se rovná asi 159 litrům. V roce 2008 se každý den vyrobilo přibližně 85 milionů barelů ropy.*

*Těžko si představit, kolik to přesně je, těch 85 milionů barelů. Abychom si tyto velké objemy alespoň trochu přiblížili, srovnáme si je s olympijskými plaveckými bazény. Takový bazén měří 50m krát 25m krát 2m. Spočítejte, kolik olympijských bazénů ropy se vyrobilo v roce 2008! Představte si, že díky chytré produkci by se jí dalo vytěžit o 5 procent víc: kolik olympijských bazénů navíc by to denně bylo?*

## ÚKOL Č. 2



*Jak jste se dozvěděli, zásoby ropy nejsou nekonečné. Poslední dobou se ropa náchází stále častěji na neočekávaných místech, jako jsou např. ropná písečná pole v Kanadě. Tyto vrstvy písku prosáklé ropou se nácházejí kousek pod zemským povrchem a lze je vykopat. Zdá se, že tato alternativní pole obsahují stejně množství ropy jako ta běžná, které leží hluboko v zemi. Věříte, že těžba ropy z těchto ložisek je příznákem pozitivního vývoje? Svou odpověď vysvětlete.*

*Pak ji srovnajte s odpověďmi svých spolužáků: co si myslí oni? Debatujte o svých názorech a nezapomeňte na TINU ("Nemáme na vybranou") a TANJU ("Ideální odpověď neexistuje").*



## POZNÁMKY

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



## Technologie a čtyři základní otázky

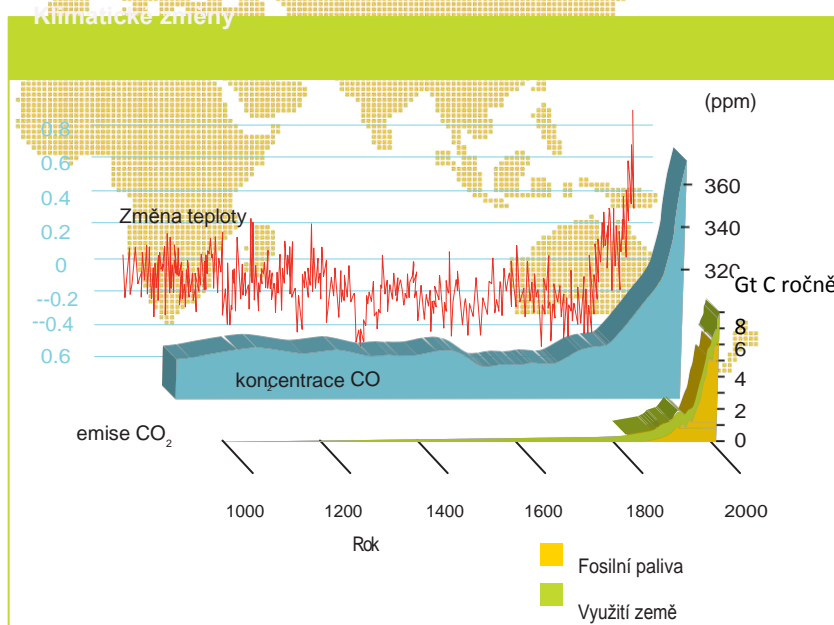
### Jak zakopat horu CO<sub>2</sub>

S růstem populace a zvyšující se poptávkou po energii porostou i emise škodlivých skleníkových plynů.

Toto číslo ukazuje, jak za posledních tisíc let pokročila koncentrace CO<sub>2</sub> v ovzduší. Koncentrace CO<sub>2</sub> se v výrazně zvýšila zejména poslední dobou (mezi léty 1900 a 2000).

V roce 2006 byla koncentrace CO<sub>2</sub> 382 ppm (*parts per million*, tj. částic na jeden milion). Jednotka ppm udává míru koncentrace plynových částic ve vzduchu. V případě CO<sub>2</sub> představují 382 z každého

milionu plynových částic molekuly CO<sub>2</sub>. V rámci boje s účinky skleníkových plynů se zástupci vlád dohodli, že se v ovzduší nesmí nacházet víc než 450 ppm CO<sub>2</sub>. V kapitole týkající se energetických scénářů jste se dočetli o tom, jaké případné následky může mít klimatický problém. Znepokojovat se vyhlídkami na takové významné změny je skutečně na místě. Někdy to dokonce vyvolává i obavy z budoucnosti. Koneckonců, pokud se Země otepluje, začnou tát i ledové vrstvy na obou pólech, což by mohlo vyústit v různé katastrofy. Na druhou stranu je pravděpodobné, že vývoj nových technologií pomůže omezit emise škodlivého skleníkového plynu CO<sub>2</sub>. Během posledních dvaceti let například vědci dospěli k několika významným technickým objevům: užití inovativní technologie znamená, že emise škodlivých skleníkových plynů nenarůstají. Jedním z těchto inovativních technických objevů je jímání a uskladnění CO<sub>2</sub> (CCS).



*Tato čísla ukazují vztah mezi koncentrací CO<sub>2</sub> a klimatickými změnami.*



*Fotografie ekoparku Waalwijk, někdejšího skladiště. Park propojuje tři technologie, které pomáhají zpomalovat nárůst CO<sub>2</sub>: sluneční energii, větrnou energii a energii ze zavázkového plynu (bioplyn). Dalšími příklady inovativních technologií, které rovněž pomáhají, jsou lepší výměníky tepla a uchovávání tepla/chladu.*

## Inovativní technologie: použití průkopnických nápadů či metod.



## Jímání, doprava a uskladnění CO<sub>2</sub>

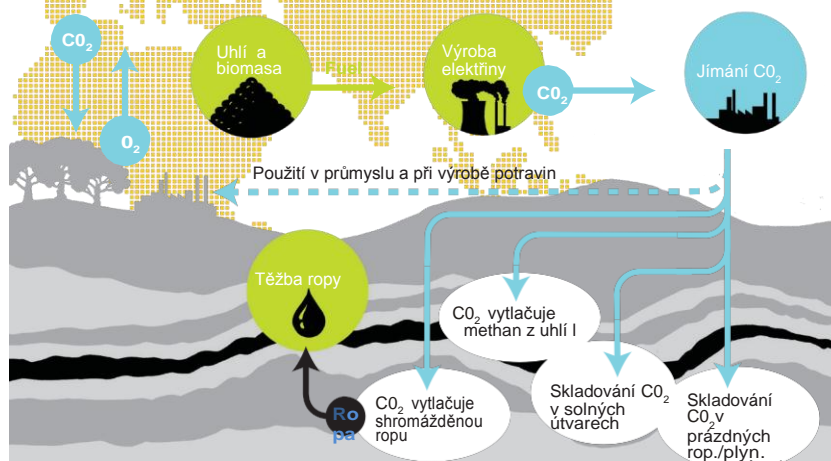
Carbon Capture and Storage (CCS) je obecný název, jímž se označuje proces jímání a uskladnění CO<sub>2</sub>.

Tento nápad se zrodil proto, že se vyčerpává stále více nalezišť zemního plynu.

Na těchto plynových polích se provádí těžba, dokud nejsou prázdná, což inspirovalo myšlenku naplnit je CO<sub>2</sub>. Cílem je řešení klimatických problémů.

### Jak uskladnění CO<sub>2</sub> funguje?

Tento nápad je relativně jednoduchý: CO<sub>2</sub> se jímá v továrně či v elektrárně, které při spalování uhlí či zemního plynu produkují CO<sub>2</sub>. CO<sub>2</sub> se pak dopravuje potrubím na místa, kde se dá skladovat v podzemí v pórech horniny.



Schematické znázornění jímání CO<sub>2</sub>



Elektrárna Vattenfall-NUON v Buggenumu u města Roermond v Nizozemsku má začít používat technologii CCS. Instalace systému CCS bude provedena na místě označeném červeným kroužkem.

## ČTYŘI ZÁSADNÍ OTÁZKY TECHNIKŮ A VĚDCŮ OHLEDNĚ CCS

### 1. Jímání CO<sub>2</sub>

Oddělit plyný CO<sub>2</sub> od ostatních plynů v elektrárně je složité. Pomocí jaké technologie toho dosáhneme nejlépe?

### 2. Fáze (skupenství) CO<sub>2</sub>

V plyné fázi CO<sub>2</sub> zaujímá značný prostor (nízká hustota). CO<sub>2</sub> se tudíž převádí do takzvané superkritické fáze, aby se ho dalo uskladnit více. Co je superkritická fáze a proč je při uskladnění CO<sub>2</sub> užitečná?

### 3. Uskladnění CO<sub>2</sub> a bezpečnost

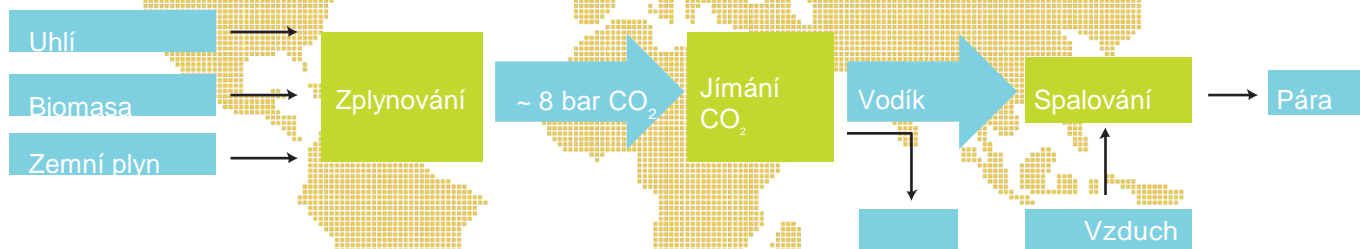
Uskladnění CO<sub>2</sub> musí probíhat za kontrolovaných podmínek a žádný CO<sub>2</sub> nesmí unikát. Jak lze CO<sub>2</sub> skladovat co nejbezpečněji?

### 4. CO<sub>2</sub> a čísla

Jak může uskladnění CO<sub>2</sub> pomoci zmenšit klimatický problém?



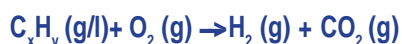
## První zásadní otázka: Jímání



Předtím, než se CO<sub>2</sub> uskladní pod zemí, musí se oddělit od ostatních plynů, protože znečištěný CO<sub>2</sub> může při dopravě a uskladnění způsobovat různé potíže. Oddělování plynů je velmi složité, neboť jsou velmi těkavé a rychle se mísí s dalšími plyny. Aby se dal pod zemí skladovat čistý CO<sub>2</sub>, je nutno navrhnout technologii, pomocí níž se bude CO<sub>2</sub> jímát.

*Tento diagram ukazuje, jak lze paliva neúplně spalovat a oddělit CO<sub>2</sub> od vodíku. Vodík se dále užívá jako palivo. (Zdroj: ECN, Ruud van den Brink.)*

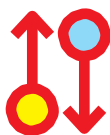
Elektrárna u Roermondu používá technologii jímání před spalováním. Zvláštností této technologie je fakt, že se CO<sub>2</sub> jímá dřív, než proběhne spalování. Vychází se z nápadu, že se fosilní paliva nejdřív nedokonalě spálí, aby vznikl plynný vodík a plynný CO<sub>2</sub>.



CO<sub>2</sub> a H<sub>2</sub> pak procházejí roztokem aminů (organické molekuly), s nímž CO<sub>2</sub> vytváří vazby. Plynný vodík s aminy vazby nevytváří a ze směsi se odčerpává potrubím. Plynný vodík se pak spaluje, čímž vzniká elektrická energie. Když se zvýší teplota, CO<sub>2</sub> aminy uvolní. Výsledkem je čistý plynný CO<sub>2</sub>.



## ÚKOLY



1. Domníváte se, že lze odstranit CO<sub>2</sub> z atmosféry? Mělo by to nějaký smysl?  
Nápověda: zvažujte například, kolik CO<sub>2</sub> připadá na jednu objemovou jednotku.
2. CO<sub>2</sub> se jímá pod vysokým tlakem a za vysokých teplot. Myslíte si, že se tím jímání CO<sub>2</sub> prodražuje? Jak byste mohli proces jímání CO<sub>2</sub> zlevnit?
3. Při procesu jímání CO<sub>2</sub> se používají aminy. Ty fungují jako katalyzátor. Co je to katalyzátor? Vyhledejte si tento pojem na internetu. Proč je důležité, aby směs plynů procházela přes tyto katalyzátory po částečném spálení v co nejčistším stavu?

**IT'S ALL ABOUT ENERGY!**

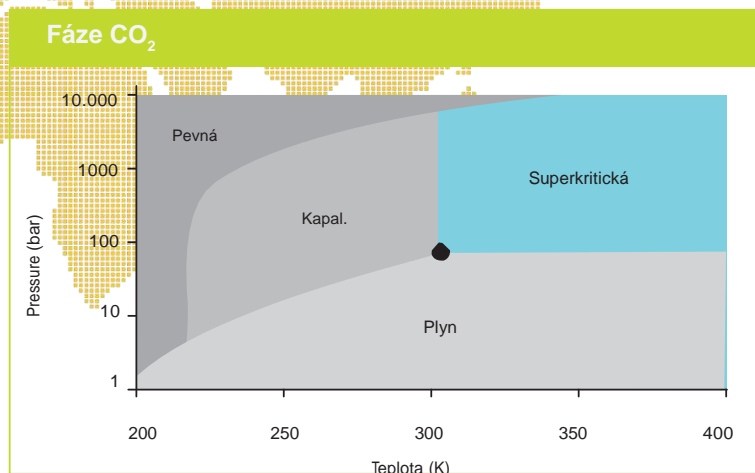
POZNÁMKY





## Druhá zásadní otázka: Fázový stav

Když se zrodil nápad skladovat CO<sub>2</sub>, techničtí odborníci měli před sebou další úkol: jak vtěsnat co nejvíc CO<sub>2</sub> do co nejmenšího prostoru? Následující úvaha tento problém ilustruje: představte si, že chcete doslova namačkat rukou vzduch do kusu sádrové desky. Samozřejmě to nejde. Anebo snad ano? Potíže, s nimiž se techničtí odborníci museli vypořádat, souvisely s hustotou materiálu. Hustota látky je její hmotnost dělená objemem. Vezměte v úvahu, že kilogram vody zaujímá daleko větší objem (prostor) než kilogram olova!







Graf ukazuje, za jakého tlaku a při jaké teplotě se plynný CO<sub>2</sub> dostane do superkritické fáze.

CO<sub>2</sub> se neskládá v plynné fázi. Důvod je nasnadě: molekuly v plynné fázi zabírají strašně moc místa. Nyní si zkuste představit ohňostroj. Zábavné rakety se v plynné fázi uchovávají v malých nádobkách; když je zapálíte, vznikne veliký šedivý oblak plynu. Vědci se proto nepovažují plynnou fázi za vhodnou a pokračují ve zkoumání, jaká fáze bude pro skladování CO<sub>2</sub> pod zemí nejlépe. Patrně to bude fáze, která je směsí mezi plynným a kapalným skupenstvím – fáze superkritická.

Co je superkritická fáze?

Superkritická fáze ve skutečnosti není nic jiného než plyn pod vysokým tlakem a za vysoké teploty. A přece se tato fáze vyznačuje zvláštními vlastnostmi: superkritická fáze má daleko vyšší hustotu než fáze plynná a podstatně menší viskozitu než fáze kapalná. Viskozita – či míra ‘sirupovitosti’ látky –, o níž jste se dozvěděli v kapitole věnované ropě, je odpor, která vykazuje kapalina, když teče.

Když si to shrneme: superkritická fáze je užitečná při skladování CO<sub>2</sub> díky vysoké hustotě (tj. mnoho molekul v malém objemu) a díky tomu, že látka v tomto stavu je schopna snáze protékat zemskými vrstvami.

Prostor, který zaujímá CO <sub>2</sub>	
Fáze	Hustota (prostor, který CO <sub>2</sub> zaujímá v každé fázi)
Pevná	0.64 litru 
Kapalná	1.30 litru 
Plynná	500 litrů 
Superkritická	1.18 litru 

Tabulka nahoře ukazuje, jaký prostor zaujímá 1 kilogram CO<sub>2</sub> v každé jednotlivé fázi.





## Skladování a bezpečnost

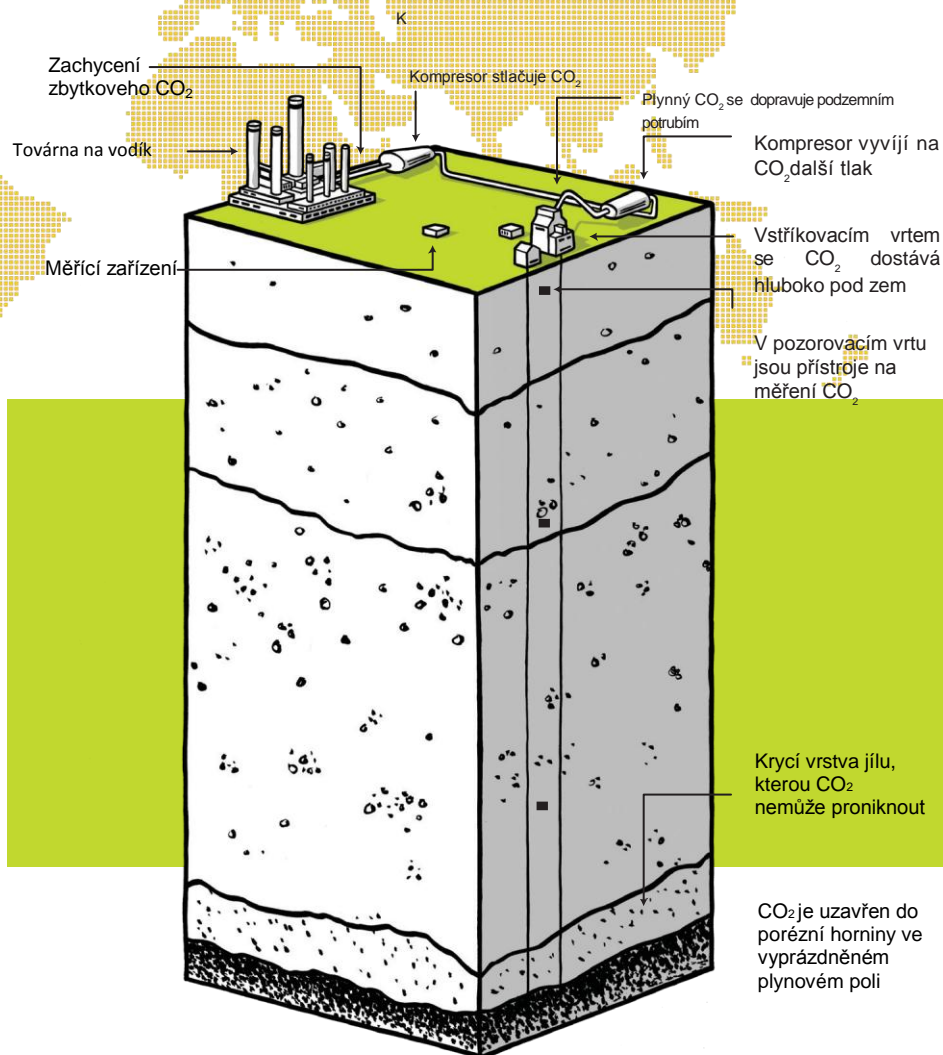
Třetím úkolem, před nímž stanuli techničtí odborníci, bylo skladování CO<sub>2</sub> pod zemí.

Skladování probíhá v hlubokých zemských vrstvách, chráněných neproniknutelnou vrstvou zvanou horninová čepice. Jak jste se dozvěděli v kapitole o výrobě ropy, toto jsou místa, kde se předtím nacházel zemní plyn a ropa. Když se z těchto vrstev vypumpuje všechn plyn a ropa, pole bude vhodné pro skladování CO<sub>2</sub>.

Schéma vpravo ukazuje, jak se CO<sub>2</sub> pumpuje pod zem. Obecně řečeno, zemské vrstvy, kde ho lze skladovat se nacházejí v hloubce zhruba dvou kilometrů.

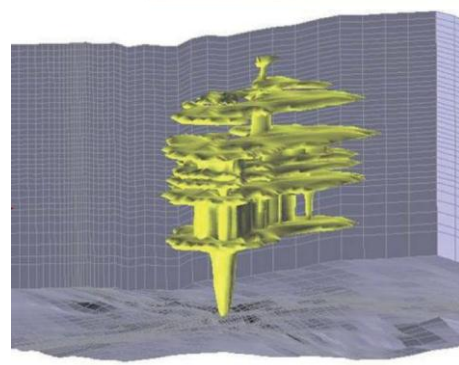
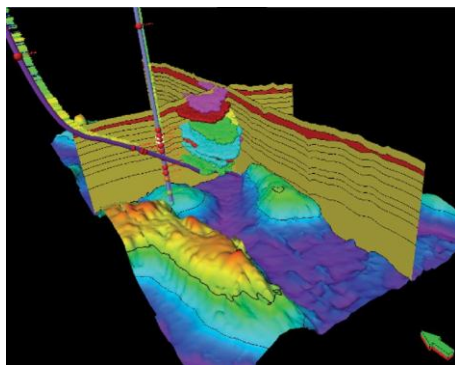
Techničtí odborníci měli za úkol uskladnit CO<sub>2</sub> co nejbezpečněji, takže bylo nutno udělat celou řadu opatření. Jak vypadá vrstva obsahující plynové pole? Kolik CO<sub>2</sub> se do ní vejde? Plynová pole vždycky leží pod neprostupnou vrstvou. V rámci opatření musíme rovněž zajistit, že v horninové čepici nebudou žádné vlasové trhliny, jinak by existovala možnost, že CO<sub>2</sub> bude unikat.

Jakmile je CO<sub>2</sub> napumpovaný pod zemí, podstupem let se zvolna rozpustí do podzemních vod, které nejsou nijak propojeny s podzemními vodami uloženými mělce pod povrchem. V některých vrstvách bude CO<sub>2</sub> patrně velmi pomalu reagovat s částí horniny. Pak bude CO<sub>2</sub> mineralizovat, tj. vytvoří s dalšími molekulami sloučeniny, a promění se v pevnou látku.



Tento obrázek ukazuje, hloubku a různé kroky, které jsou zapotřebí k dopravě CO<sub>2</sub> pod zem.

Tyto obrázky ukazují, jak se zpracovávají seismická data, díky nimž vznikne počítačový model plynového pole. Schéma napravo ukazuje, že se plynové pole může jevit jako velice nepravidelné. Právě do takového nepravidelného pole se pumpuje CO<sub>2</sub> v superkritické fázi, který zvolna zaplňuje celé pole, až nakonec nezůstane vůbec žádný prostor. Techničtí odborníci dokážou pomocí takových grafů vypočítat, kolik CO<sub>2</sub> lze do plynového pole napumpovat.







## Třetí zásadní otázka: Bezpečnost a společnost

Už jste se dozvěděli, že ropná a plynová pole po celém světě obsahují důležitou věc: horninovou čepici. Během let se budou i na některých takových místech budovat města. Tato města tedy budou stát na *horninové čepici*. Taková místa se nalézají i v Nizozemsku, například v Barendrechtu u Rotterdamu. Existoval plán začlenit projekt skladování CO<sub>2</sub> do 'prázdného' plynového pole pod Barendrechtem.

Obyvatelé žijící nad plynovým polem se o tento projekt živě zajímali. Na jednu stranu se obávali toho, že by skladování CO<sub>2</sub> pod jejich domovy snížilo hodnotu jejich majetku. A kromě toho měli starost, že kdyby došlo v plynovém poli došlo k úniku, CO<sub>2</sub> by je mohl udusit.

Při rozhodování o projektu sehrál protest obyvatel význačnou roli. Tyto otázky se řešily i v Dolní sněmovně holandského parlamentu. Od projektu se nakonec upustilo a začaly se zkoumat jiné lokality.

Když se společnosti předkládá nová technologie, jako je CCS, mohou nastat poměrně prudké reakce. Lidé se často bojí toho, co neznají. Jejich strach je z větší části založen na *možnosti selhání* techniky. Tím myslíme, že by se mohlo leccos pokazit. Abychom pochopili, jak dalece může selhat CCS, nejdřív musíme přesně poznat, co by se mohlo pokazit.

### CO<sub>2</sub> A BEZPEČNOST

V souvislosti s jímáním a skladováním CO<sub>2</sub> existuje řada bezpečnostních opatření, která je třeba udělat, např. při dopravě CO<sub>2</sub>. Ve Spojených arabských emirátech měli v plánu položit potrubí pro plyný CO<sub>2</sub> vedle silnice. Nicméně inženýři, kteří měli na starost bezpečnost, řekli, že tento plán není dobrý. Kdyby se naplnil nejhorší možný scénář, tj. kdyby potrubí prasklo, plyný CO<sub>2</sub> by mohl uniknout a zastavit motory aut. Výsledkem by byly vážné dopravní nehody. Od plánu položit potrubí vedle silnice se postupně upustilo.

#### K největším rizikům skladování CO<sub>2</sub> patří:

- n Skladování CO<sub>2</sub> by mohlo oslabit strukturu půdy, a zvýšit tak nebezpečí seismické aktivity (zemětřesení).
- n Průsak z injikovaného vrtu.
- n Únik z horninové čepice, v důsledku něhož by CO<sub>2</sub> mohl proudit vzhůru a postupně proniknout povrchem země ven.

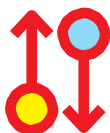
Je nutno brát v úvahu i faktory, které sniží nebezpečí na minimum:

#### Faktory ve prospěch skladování CO<sub>2</sub>

- n Pečlivé zmapování plynových a ropných polí i horninové čepice.
- n CCS do určité míry obnovuje rovnováhu tlaku (návrat do stavu před vytěžením plynu), což zamezuje půdní erozi.
- n Omezuje se vzdálenost, na kterou se CO<sub>2</sub> přepravuje z elektrárny na plynové pole.

Rozhodnutí, zda CO<sub>2</sub> skladovat pod obydlenými oblastmi, je velice obtížné. V podstatě vnucujete obyvatelům něco, z čeho nebudou mít přímý prospěch. Anebo ano? Vždyť nakonec musí snížení emisí CO<sub>2</sub> pomoci snížit celosvětový skleníkový efekt – a to přece přinese užitek nám všem!

### ÚKOLY



1. Proč by se podle vás motory aut zastavily ve chvíli, kdy by přišly do kontaktu s oxidem uhličitým? Jakou látku auto potřebuje, aby mohlo fungovat?
2. Jmenujte dvě místa, kam by nebylo vhodné umístit potrubí pro transport CO<sub>2</sub>. Také vymyslete dvě místa, kudy by se naopak dalo takové potrubí s výhodou vést.
3. Tuto otázku vypracujte ve dvojicích. Pojměte ji jako rolovou hru. Jedna osoba je technický odborník na projekt CCS a druhá je oponent. Na konci diskuse запиšte, k jakému závěru jste dospěli. Pokuste se vzájemně přesvědčit pádnými argumenty. Při přípravě na tuto rolovou hru si na internetu prohlédněte mapu 'problematiky jímání a skladování CO<sub>2</sub>'.
4. Chtěli byste vy osobně bydlet někde, kde probíhá CCS? Několika větami svou odpověď zdůvodněte.
5. Úkol k vypracování na internetu: vyhledejte rizika ohledně skladování CO<sub>2</sub> vyjmenovaná výše v tabulce. U každého rizika přesně zjistěte, zda hrozí, že by se mohlo proměnit v realitu.



**IT'S ALL  
ABOUT  
ENERGY!**

3.5

ŘEŠENÍ PROBLEMATIKY CO<sub>2</sub>

POZNÁMKY

A world map rendered in a dotted, pixelated style, showing the continents of North America, South America, Europe, Africa, Asia, and Australia. The map is positioned in the upper half of the page. Below the map, the page is filled with a series of horizontal blue lines, providing a space for notes. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page.



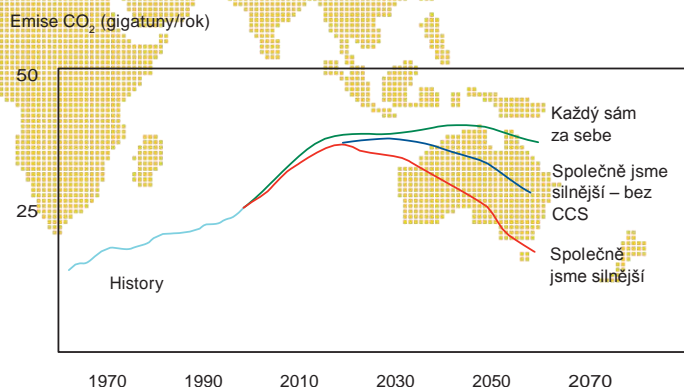
## Čtvrtá zásadní otázka: Čísla a předpovědi

Když teď znáte všechna rizika a komplikace spojené s procesem CCS, asi si kladete následující otázku: proč ve větším měřítku nepřecházíme na udržitelnou energii, ze které nevzniká žádný CO<sub>2</sub>, takže bychom CCS nemuseli používat? Odpověď je velice složitá a zčásti už padla v kapitole o energetických scénářích. Pokud chceme beže zbytku přejít k obnovitelným energetickým zdrojům, budeme muset podniknout několik významných kroků – kroků, které by pro nás mohly být příliš velké. V takovém případě se budou muset změnit lidé, vlády a organizace. Nejdůležitější je, abychom vzali na vědomí, že klimatický problém je celosvětová záležitost a že každý chápe, že tak či onak se na něm podílí. Navíc je podstatné, abyste si uvědomili, že i vy sami s tím můžete něco udělat: vy sami se můžete stát onou změnou!

Než se tato změna uskuteční, CCS je krok správným směrem. Lze ho využít jakožto krátkodobé řešení situace týkající se snižování emisí CO<sub>2</sub>.

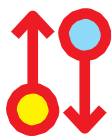
Graf napravo ukazuje scénáře, o nichž jste se dozvěděli v kapitole o energetických scénářích. Zelená čára představuje scénář 'Každý sám za sebe', červená scénář 'Společně jsme silnější' a modrá čára pak scénář 'Společně jsme silnější – bez technologie CCS'. Zjistíte, že ve všech scénářích je vyznačena předpověď ohledně emisí CO<sub>2</sub> pro příští léta. Emise CO<sub>2</sub> se zvyšují rychleji ve scénáři 'Každý sám za sebe'. Vidíte také, jaký význam bude mít CCS při snižování emisí CO<sub>2</sub>; ve scénáři 'Společně jsme silnější' bude CO<sub>2</sub> vypuštěno podstatně víc. Podle předpovědi vypustí Evropská unie do roku 2030 4,2 gigatuny CO<sub>2</sub> ročně (gigatuna = 1 000 000 000 000 kg). To je nepředstavitelné množství! Kdyby se v EU běžně používala technologie CCS, daly by se zachytit každý rok 0,4 gigatuny CO<sub>2</sub>. To znamená skoro deset procent! Tato technologie tedy přináší velkou naději, protože by mohla výrazně přispět ke snížení emisí CO<sub>2</sub>.

### Účinnost CCS



Jedna z nevýhod CCS spočívá v tom, že k uskladnění CO<sub>2</sub> je potřeba o 20-30 procent víc energie z elektráren. Ale v současné době se pilně pracuje na vylepšování technologie potřebné k jímání CO<sub>2</sub>. Zároveň víme, že stavba elektráren bude stále dražší, jelikož instalace CCS jsou velice nákladné. Takže aby mohla technologie CCS odstartovat, vlády a obchodní společnosti budou muset investovat spoustu peněz. Bude také nutné vymyslet různá technická řešení, aby CCS bylo účinnější. Je potřeba udělat všechny kroky, které povedou k trvale udržitelnější budoucnosti. Pokud jde o klimatický problém a tři vývojové trendy, neexistuje jediná jasná odpověď.

### ÚKOLY



1. *Domníváte se, že CCS přispěje k udržitelné budoucnosti? Uveďte dva důvody pro a dva proti.*
2. *Považujete za podstatnou námitku fakt, že je při uskladnění CO<sub>2</sub> potřeba daleko víc energie? Svou odpověď zdůvodněte.*
3. *V roce 2009 se v Nizozemsku spotřebovalo 3 262 PJ (petajoule) energie. V odborných publikacích zjistíte, co je petajoule. Představte si, jak 1 200 PJ energie vytvořené pro uskutečnění CCS navyšuje spotřebu energie (před CCS) o dalších 25 procent. Jaká by byla celková spotřeba energie?*
4. *Řada odpůrců chápe CCS jako potlačování příznaků. Příkladem potlačování příznaků jsou prášky proti bolesti: vezmete si prášek, protože vás například bolí hlava. Prášek potlačí bolest, ale neodstraní její příčinu. Dvěma větami vysvětlíte, proč odpůrci CCS chápou tuto technologii jako potlačování příznaků.*



**IT'S ALL  
ABOUT  
ENERGY!**

POZNÁMKY

A world map rendered in a dotted, golden-brown style, centered on the page. A thick yellow horizontal bar is positioned above the map, partially overlapping the text 'IT'S ALL ABOUT ENERGY!'. Below the map, the page is filled with horizontal blue lines for writing notes.

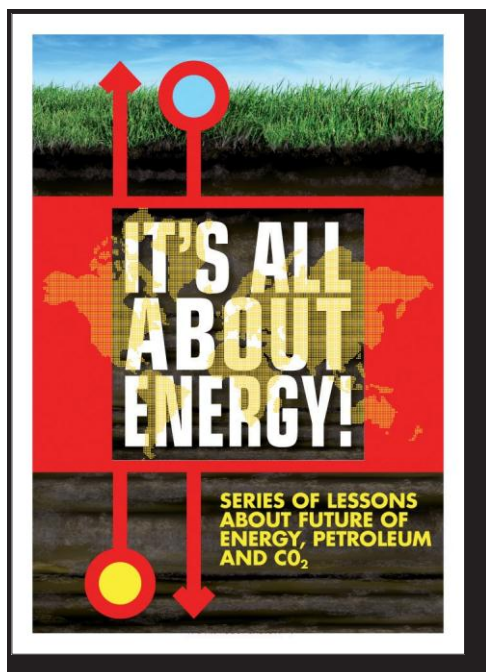






**IT'S ALL  
ABOUT  
ENERGY!**





Vážení učitelé,

máte před sebou náročnou sérii hodin, které se zabývají významným tématem 21. století: problematikou energie. V důsledku explozivního nárůstu populace a zvyšování úrovně prosperity v zemích, jako je Indie, Čína a Brazílie, roste rychlým tempem poptávka po energii. Zároveň začínají být stále vzácnější fosilní paliva jako ropa a zemní plyn a je nutné snížit emise CO<sub>2</sub>. A právě tyto tři vývojové trendy – vyšší poptávka, snížená dodávka a omezování emisí CO<sub>2</sub> – tvoří společnou osu této série hodin.

V kurzu *Všechno stojí na energii!* se studenti poučí o společenském vývoji, který tvoří základ problematiky energií, a o fascinujících technologiích, jež se k vyřešení této otázky používají.

Tento manuál obsahuje:

- 1) popis výukového materiálu;
- 2) shrnutí;
- 3) vzorová řešení úkolů z každé kapitoly;
- 4) vzorové odpovědi na test.

### *Popis výukového materiálu*

Tento výukový materiál vytvořili tři účastníci holandského programu *Eerst de Klas* (Nejdřív výuka): Matthijs van Vulpen, Cazimir ten Brink a Simon Verwer ([www.eerstdeklas.nl](http://www.eerstdeklas.nl)).

*Eerst de Klas* (Nejdřív výuka) je stipendium, v rámci něhož mají mladí talentovaní akademici příležitost obeznámit se se světem vzdělání a s obchodním společenstvím, včetně firmy Shell. Firma Shell zadala účastníkům programu úkol vypracovat výukový materiál týkající se základní činnosti této firmy. Autoři tohoto výukového materiálu pak měli příležitost setkat se s odborníky z firmy Shell, kteří pracují ve sféře energií. Tyto diskuse pak výukový materiál přímo ovlivnily.

Hlavním cílem tohoto výukového materiálu je vzbudit ve studentech zájem o přírodovědné předměty. Cílovou skupinu tvoří studenti třetího a čtvrtého ročníku střední školy/ studenti před nástupem na vysokou školu. Materiál je upraven tak, aby jim umožnil udělat si obrázek o problematice energií a vzít ji na vědomí.

Podle Jeroena van der Veer, bývalého výkonného ředitele firmy Shell a nyní předsedy holandské 'Platform Bèta Techniek', lze říci, že má-li Nizozemsko zůstat coby znalostní ekonomika i nadále konkurenceschopným, musí se pro studium přírodních věd rozhodnout více mladých lidí a v blízké budoucnosti bude vyhrazena zvláštní role zaměstnancům s technickým vzděláním.

Tři vývojové trendy v problematice energií, jež jsme přijali jako společnou osu této série hodin, lze shrnout dvěma slovy: znepokojivé a náročné. Tyto hodiny mají řešit druhý ze zmíněných aspektů. Pojmy, které jsou pro náš přístup klíčové: inspirativní, náročný, osobní a zevrubný.

Věříme, že vás i vaše studenty bude práce s tímto materiálem bavit!

Utrecht, březen 2012

*Cazimir ten Brink,  
Matthijs van Vulpen,  
Simon Verwer*

# 2

## IT'S ALL ABOUT ENERGY!

### S H R N U T Í

Energii bereme v západním světě jako samozřejmost. Jenže ona to žádá samozřejmost není a v 21. století nastane v tomto ohledu ještě větší tlak. Příčinou jsou výše nastíněné tři hlavní vývojové trendy.

Tyto tři skutečnosti nám snad připadají skličující, ale současné nás vybízejí, abychom přemýšleli o tom, co se dá dělat:

1. Jak můžeme zajistit, aby měl každý k dispozici dostatek energie?
2. Co můžeme udělat pro to, abychom účinněji získávali více ropy?
3. Jak můžeme omezit emise  $\text{CO}_2$ ?

První kapitola se zabývá otázkou, co by mohly vlády, společnosti zabývající se těžbou ropy a zemního plynu i ekologické organizace udělat, aby napomohly spravedlivému rozdělování energií. Pesimistickou a optimistickou budoucnost shrnují dva potenciální scénáře. V těchto souvislostech jsou zde zmíněny i úmluvy týkající se vyčerpání fosilních paliv a také kritický hlas hnutí Greenpeace, takže tyto dva scénáře, vycházející z hlediska společnosti Shell, lze vzájemně porovnat.

Ve druhé kapitole se řeší skutečnost, že se vyčerpávají snadno dostupné zdroje ropy. Abychom mohli zjistit, co se s tím dá dělat, nejdříve přesně zjistíme, co ropa je a jak je možné, že začíná docházet. Potom se podíváme na to, jak se dnes ropa těží. Až budeme vyzbrojeni těmito znalostmi, můžeme uvažovat o tom, jakým způsobem lze z ropného pole získat maximum a jak se dá vytěžit ropa i z polí, které jsou obtížně dostupné.

Kapitola třetí se zabývá otázkou klimatu v souvislosti s emisemi  $\text{CO}_2$ . V této kapitole nastiňujeme řešení v podobě inovativní technologie: jímání a skladování  $\text{CO}_2$ . Tuto technologii nejprve vysvětlujeme v obecné rovině a pak se podrobně věnujeme procesu jímání  $\text{CO}_2$ , chemickým postupům, z nichž technologie vychází, otázkám skladování  $\text{CO}_2$  a bezpečnosti a konečně uvádíme i několik číselných údajů, které se vztahují k jímání a skladování  $\text{CO}_2$ .

#### Test

Modul s názvem *Všechno stojí na energii!* uzavírá test a vzorové odpovědi. Test má po dokončení všech tří kapitol celý modul shrnout. Uvedené otázky je také možno použít při jednotlivých testech na konci každé kapitoly (pokud učitel upřednostňuje tuto možnost).

#### Obsah

### Část 1. BUDOUCNOST ENERGIE

- 1.1 Energie je všechno, z energie všechno pochází – úvod
- 1.2 Scénář č. 1: Každý sám za sebe
- 1.3 Scénář č.2: Společně jsme silnější

### Část 2. HLEDÁNÍ A TĚŽBA ROPY

- 2.1 Odkud ropa pochází?
- 2.2 Jak ropu hledáme?
- 2.3 Jak ropu dobýváme ze země?
- 2.4 Budoucnost ropy

### Část 3. ŘEŠENÍ PROBLEMATIKY $\text{CO}_2$

- 3.1 Technologie a čtyři základní otázky
- 3.2 Jímání
- 3.3 Fázový stav
- 3.4 Skladování a bezpečnost
- 3.5 Bezpečnost a společnost
- 3.6 Čísla a předpovědi



## 1.1 Energie je všechno, z energie všechno pochází – úvod

1) *Jak byste mohli vy sami užívat energii úsporněji? Uveďte tři příklady.*

Za správnou odpověď lze považovat příklady toho, jak vy sami jakožto spotřebitelé upravíte své chování. Příklad správné odpovědi:

mohl bych používat energie hospodárněji – budu vypínat počítač, když nejsem v místnosti; místo abych přitápěl, obléknu si svetr; nebudu se sprchovat tak dlouho.

2) *Poptávka po energii, dodávka a emise oxidu uhličitého, to jsou tři pojmy, které se v úvodu k tomuto pojednání objevují. Jaký je mezi nimi vztah?*

Za správnou odpověď lze považovat:

- Zdůvodnění, jak jsou tyto tři pojmy vzájemně provázané.
- Odpověď, z níž vyplývá, že student chápe kauzální vztah mezi těmito třemi vývojovými trendy.
- Odpověď, z níž vyplývá, že student chápe, že tyto tři vývojové trendy jsou vzájemně v rozporu.

Příklad správné odpovědi:

Vztah mezi těmito třemi pojmy je vztahem příčiny a následku. Používání energie, a tudíž i poptávka po ní se zvyšuje, zatímco dodávka začne být stále omezenější. To má dopad na ceny energie – ceny porostou. Dále je důležité omezovat emise oxidu uhličitého, aby se zabránilo příliš velkému zvyšování teploty.

3) *Vymyslete katastrofický a ideální scénář pro vývoj situace ohledně energie v budoucnu.*

Za správnou odpověď lze považovat:

- Katastrofický scénář: studentův vlastní tvůrčí obraz Země, která v důsledku vyčerpání fosilních paliv podlehne zkáze.

- Ideální scénář: studentův vlastní tvůrčí obraz rozvoje nových technologií, zaměřených jak na fosilní paliva, tak na alternativní energetické zdroje, a to díky spolupráci mezi vládami, firmami a ekologickými organizacemi.

4) *Ohledně energetických úspor lze uvažovat i o jistých drastických opatřeních. Některá z nich mohou vyvolat námítky etické povahy. Např.: 'Na celém světě je nutné omezit porodnost'. Uveďte dva argumenty pro a proti.*

Za správnou odpověď lze považovat:

Pro:

- 1) Snížení počtu lidí by patrně znamenalo nižší poptávku po energii.
- 2) Snížení počtu lidí by by zajistilo, že emise oxidu uhličitého budou menší.

Proti:

- 1) Lidé by měli mít možnost svobodně se rozhodnout, kolik dětí chtějí.
- 2) Jakékoli opatření tohoto druhu je nežádoucí, protože lidé se budou snažit pravidla obcházet, a to případně s dramatickými následky, jak to vidíme v Číně.
- 3) Představte si, že energie vůbec není nedostatek. Jak by pak svět asi vypadal?

Za správnou odpověď lze považovat:

- Studentův vlastní tvůrčí obraz světa plného hojnosti a snad i úpadku.
- Student si uvědomuje, že nadbytek energie by mohl mít katastrofické následky pro emise CO<sub>2</sub>.

NEBO

- Studentův vlastní tvůrčí obraz světa, kde je přemíra CO<sub>2</sub> a neutrální forma energie jako např. solární. To by usnadnilo nekonečnou recyklaci odpadních látek.

Příklad správné odpovědi:

Kdyby nedostatek energie vůbec neexistoval, lidé by s energií vůbec nebyli spokojeni. A kdyby byl energie nadbytek, její cena by byla nízká a lidé by např. nikdy nevypínali elektrospotřebiče. I nadbytek energie by měl tudíž katastrofické následky pro klima, protože by vznikalo příliš mnoho CO<sub>2</sub>, takže jedním z důsledků by bylo záplavy.

## 1.2 Scénář č. 1: Každý sám za sebe

1) *Scénář 'Každý sám za sebe' se zaměřuje na zájmy každé jednotlivé země. Uveďte dva argumenty pro tento scénář a proti němu.*

Za správnou odpověď lze považovat:

Pro:

- 1) Země, tj. vlády, se chtějí starat primárně o vlastní občany.
- 2) Vlády se nechovají jinak než lidé, takže stejně jako lidé i vlády sledují především své vlastní zájmy.

Proti:

- 1) Země, tj. vlády, by si měly uvědomit, že tyto problémy jsou příliš naléhavé, než aby lidé mohli hájit pouze své vlastní zájmy.
- 2) Spolupráce je rovněž formou zájmu o naše vlastní záležitosti, protože jejím celkovým cílem je, aby se zlepšila situace každého z nás.

2) *Klima' je nejasný pojem. Co podle vás znamená? A co je přesně podstatou problému s klimatem?*

Za správnou odpověď lze považovat:

- Odezvu, z níž vyplývá, že klima je průměrný stav atmosféry v dané oblasti. Za tuto oblast lze samozřejmě považovat i Zemi jakožto celek.
- Vysvětlení, které ukazuje, že klimatický problém je obecný pojem zahrnující všechny možné problémy s extrémními podmínkami souvisejícími s počasím, jako je např. zvyšování hladin moří a častější výskyt hurikánů.

Příklad správné odpovědi:

Myslím, že pojem 'klima' znamená obecné podmínky související s počasím z dlouhodobého hlediska. Ke klimatickým problémům patří častější výskyt záplav, hurikánů a tsunamí.

# 4

## IT'S ALL ABOUT ENERGY!

### VZOROVÁ ŘEŠENÍ ÚKOLŮ

- 3) *Níže jsou tři pojmy ze scénáře 'Každý sám za sebe'. Vysvětlíte, jak podle vás do sebe zapadají: ekonomický růst, nedostatek, klimatické problémy.*

Za správnou odpověď lze považovat:

- Zdůvodnění, v němž jsou tyto tři pojmy uvedeny v příčinné souvislosti.
- Odpověď, jež ukazuje, že student chápe příčinnou souvislost mezi těmito třemi skutečnostmi.
- Odpověď, jež ukazuje, že student chápe, že se tyto tři skutečnosti o sebe navzájem opírají.

Příklad správné odpovědi:

Tyto tři pojmy spolu souvisejí, protože vzájemně platí, že jeden je logickým důsledkem druhého. Větší ekonomický růst ústí ve vyšší poptávku po energii, což vede k nedostatku, po němž následují ještě větší klimatické problémy.

- 4) *Sepište asi desetiřádkovou řeč, kterou byste jako politikové přednesli mladým lidem, abyste je informovali o otázce energií. Než řeč napíšete, zauvažujte o tom, co podle vás obnáší dobrý projev. Najděte si třeba na YouTube projevy známých politiků či bavičů. Co dělají dobře? Snažte se tyto prvky zapracovat do své vlastní řeči. Bylo by dobré, kdyby se několik projevů předneslo ve třídě.*

Podle vlastního učitelova hodnocení.

### 1.3 Scénář č. 2: Společně jsme silnější

- 1) *Scénář 'Společně jsme silnější' je založen na 'uvědomění' či 'vědomí'. Co je tím myšleno? V odpovědi použijte pojmy vědomí, spolupráce a udržitelnost. Co si o tom myslíte? Vysvětlíte.*

Za správnou odpověď lze považovat:

- Reakci týkající se významu pojmů uvědomění a vědomí.
- Reakci, kde se pojmy vědomí, spolupráce a udržitelnost dají do vzájemné souvislosti.
- Reakci týkající se toho, co si student myslí o významu pojmu vědomí.

Příklad správné odpovědi:

Myslím, že vědomí znamená, že si uvědomujeme, že lepší životní prostředí začíná u každého z nás. Abych vyřešili problémy s energií, každý si musí uvědomit, jak důležitý je pro nás a pro budoucí generace trvale udržitelný svět. Navíc všichni máme stejný problém, takže je lepší spolupracovat. Klíčem k udržitelnějšímu světu je spojení vědomí a spolupráce.

- 2) *Představte si, že by se někdo zeptal: "A co má tohle všechno se mnou společného?" Dokázali byste při vysvětlování, proč je opravdu důležité přemýšlet o energetických problémech, použít scénář 'Společně jsme silnější'?*

Za správnou odpověď lze považovat vysvětlení, jež dokládá, že potíže s energiemi mají vliv na nás všechny. Příklad správné odpovědi:

Takovým lidem bych vysvětlil, že potíže s energií jsou velmi naléhavé a týkají se nás všech. Rostoucí poptávka po energii a snižování dodávek znamená, že v budoucnu nabudou energetické problémy na rozměrech. Prvním krokem k nastolení světa, kde se energie rozdělují spravedlivě, je propojení znalostí s vědomím.

- 3) *V textu stojí, že spolupráce není nic snadného. Máte s tím nějakou zkušenost? Co může být občas na spolupráci náročné? Jaké máte nápady ohledně účinnosti spolupráce?*

Podle vlastního učitelova hodnocení.

- 4) *Stále důležitější začnou být alternativní energie. Můžete kromě větrné a solární energie vyjmenovat ještě další formy alternativní energie? Co přesně o nich víte?*

Podle vlastního učitelova hodnocení.

**Instrukce pro učitele k velké diskusi o energetickém scénáři:**

Diskuse může mít řadu podob. Četné ukázky diskusí najdete na internet. Pro informaci o pořádání debaty ve třídě můžete nahlédnout na následující webové stránky: [http://archive.planet-science.com/sciteach/debating/pdfs/DS\\_TeacherGuide.pdf](http://archive.planet-science.com/sciteach/debating/pdfs/DS_TeacherGuide.pdf)  
[http://www.youtube.com/watch?v=NOAuO\\_XKGfE](http://www.youtube.com/watch?v=NOAuO_XKGfE)  
<http://www.debateable.org/>

Otázka energií je týká několika stran, jež mají zájmy někdy shodné, jindy odlišné. Čtyřmi nejvýznamnějšími zainteresovanými stranami jsou vlády, energetické společnosti, ekologické organizace a občané. Aby mohla diskuse probíhat na vyšší úrovni, bylo by dobré, aby se na ni studenti připravili předem, a to ohledně formy i obsahu.

Co se týče obsahu, studenti mohou hledat na internetu, aby mohli při debatě lépe prezentovat svůj názor. Pokud jde o formu, můžete se třídou věnovat nějaký čas úvaze o různých diskusních technikách. Diskusi by měl řídit vedoucí (pokud možno student) a příspěvky by měla hodnotit porota (skupina studentů). Vy jakožto učitel byste měli během debaty stát v pozadí. Teoreticky by studenti měli být schopni řídit diskusi sami. Pokud však z určitých důvodů debata neprobíhá dobře, např. proto, že studenti nečekají, až na ně dojde řada, měli byste je rychle a účinně navést správným směrem.

*Doporučujeme, aby úkoly ze 2. kapitoly studenti řešili ve dvojicích.*

### 2.1 Odkud ropa pochází?

**Úkol č.1**

*Teplota v pohyblivých zemských vrstvách může být někdy velmi vysoká. Dokázete vymyslet důvod, proč se teplota v těchto zemských vrstvách takto zvyšuje?*

Za správnou odpověď lze považovat:

- Zemské vrstvy se mohou pohybovat i směrem dolů, blíž zemskému jádru.
- Teplota blíž zemskému jádru je vyšší.

**Úkol č.2**

- *Hornina s mnoha póry, které nejsou vzájemně propojené, je /není propustná.*
- *Má-li ropa vyšší/nížší viskozitu než voda, ropa bude propustnou horninou protékat obtížněji než voda.*
- *Pokud propustná zemská vrstva obsahuje ropu i vodu, ropa se postupně shromáždí nad /pod vodou.*



Odpověď's:

- Není
- Vyšší
- Pod

## 2.2 Jak ropu hledáme?

### Úkol č.1

*Na obrázku zachycujícím průřez částí zemské kůry vidíte, že zemské vrstvy jsou tvořeny různými materiály. Uhlí se nachází jen v nejspodnější vrstvě. Proč se uhlí nevyskytuje ve svrchních vrstvách?*

Za správnou odpověď lze považovat sdělení:

- Uhlí patří stejně jako ropa k fosilním palivům a skládá se z uhlovodíků. Uhlovodíky v obou případech vznikly ze zbytků organických látek. Tyto organické materiály pocházejí z období karbonu.
- Organické materiály se ve fosilní paliva proměňují pod vysokým tlakem, za vysoké teploty a během dlouhého časového období. Vysoký tlak a vysoká teplota jsou zčásti příčinou, proč se nad nimi nachází silná zemská vrstva.
- Nejsvrchnější zemská vrstva je dosud příliš mladá. Organické materiály ještě neměly dost času, aby se přeměnily v uhlí.

## 2.3 Jak ropu dobýváme ze země?

### Úkol č.1

*Vytvoření jednoho vrtu stojí průměrně 20 milionů euro. Dnes bývá úspěšná jedna ze čtyř vrtných operací. Stojí-li barel ropy (= 159 litrů) 60 euro, spočítejte, kolik barelů by se muselo prodat, aby se uhradily náklady na těžbu.*

Odpověď:

- Úspěšný vrt stojí průměrně 4 x (20 x 106) = 80 x 106 eur.
- Aby se uhradily náklady na těžbu, musí se prodat průměrně 80 x 106 / 60 = 1,33 x 106 barelů.

### Úkol č.2

*Promyslete důvod, proč je plášť ve spodní části vrtu užší než nahoře. Nápodvěda: trubka o malém průměru dokáže odolat daleko větší síle než trubka o velkém průměru!*

Za správnou odpověď lze považovat:

- Plášť je v podstatě trubka. Plášť o menším průměru je tedy schopen odolávat větší síle (a tudíž většímu tlaku) než plášť o průměru větším.
- Pod zemí je vyšší tlak než na povrchu. Pláště musejí být umístěny hluboko do země, a musejí proto vydržet vyšší tlak.

### Úkol č.3

*Vrt, vrtné potrubí, vrták, plášť, bahno, seismický výzkum... aby se z toho člověk zbláznil! Vybavujte si, co vlastně všechny tyto pojmy znamenají? Popořadě si je запиšte a svými slovy charakterizujte, jaký mají význam.*

Za správnou odpověď lze považovat:

- Vrt: díra v zemi, která byla vyvrtána proto, aby se na povrch dostala ropa či zemní plyn. Znáám těž jako studna.
- Vrtané potrubí: skládá se z jednotlivých trubek, sešroubovaných k sobě. Trubky měří průměrně deset metrů na délku. Na konec vrtného potrubí je připevněn vrták.
- Vrták: provrtává se skrz horninu. Svým způsobem ho lze srovnat s vrtákem na obyčejné elektrické vrtačce. Pro různé druhy horniny se používají různé druhy vrtáků.
- Plášť: kovová trubka, jež zajišťuje, aby se vrt nezhroutil. Ropa nakonec proudí na povrch pláštěm. Plášť drží na místě díky betonu.
- Bahno: vrtná kapalina, která se během operací pumpuje dolů. Bahno ochlazuje vrták a vyrovnává stoupající tlak ropy.
- Seismický výzkum: díky seismickému výzkumu je možné mapovat zemský povrch. Za tím účelem se vysílají do země zvukové vlny – obecně se používají vibrační desky na nákladních vozech. Lze použít i trhavinu. V moři vytvářejí zvukovou vlnu silné vzdušné proudy. Odražené zvukové vlny se nahrávají pomocí geofonů a zpracovávají na výkonných počítačích.

### Úkol č.4

*Hustota látky udává její hmotnost (např. kolik kilogramů váží 1m<sup>3</sup> dané látky). Jednotkou hustoty je tedy kg/m<sup>3</sup>. To znamená, že hmotnost 1m<sup>3</sup> vody je asi 1 000 kg, a hustota vody je tudíž 1000 kg/m<sup>3</sup>.*

*Aby se dal tlak (ropy) udržovat na hodnotě 350 barů, je zapotřebí protitlaku ze sloupce kapaliny (o hustotě 1 000 kg/m<sup>3</sup>), který měří skoro 3 500 metrů. Spočítejte, kolik m<sup>3</sup> vody by bylo potřeba vzhledem k tomu, že průměrná plocha průřezu vrtem činí 0.10m<sup>2</sup>. (V tomto teoretickém případě by vrtnou kapalinu tvořila pouze voda.)*

*Nápodvěda: obsah vrtu se rovná ploše průřezu krát hloubka vrtu!*

Odpověď:

Požadované množství vody: 3 500 m x 0.1 m<sup>2</sup> = 350 m<sup>3</sup>

\* Poznámka: 3 500 m se blíží hloubce průměrného vrtu.

### Úkol č.5

- Jaké by mělo být složení bahna, pokud je hustota vody příliš nízká? Nápodvěda: jaký je běžný význam slovo bahno?*
- Představte si, že jste zjistili, že hustota bahna, které používáte, že pořad příliš nízká. Jak byste ji mohli rychle změnit, abyste nadále udrželi pod kontrolou tlak v ropném rezervoáru?*

Součástí správné odpovědi jsou tato tvrzení:

- Nejlacinější možností by mohl být nějaký druh bahna: Nebo: voda s obsahem dobře rozpustné látky, která zvyšuje její hustotu.
- Hustota se sníží, když se do bahna napumpuje víc vody.
- Když se do bahna na pumpuje víc pevné látky, jeho hustota se dá zvýšit.

**Úkol č.6**

*Přestavte si, že pracujete jako inženýr na vrtné plošině v Severním moři. Objevili jste vydatný ropný rezervuár a dosáhli jste potřebné hloubky. Nyní je na vás, abyste ukotvili vrt. Spočítali jste, jaké množství betonu je k tomu zapotřebí. Pak zjistíte, že betonu je příliš málo, ale mezi tím už se začal pumpovat do vrtu. Jak zabráníte tomu, aby vrt nepřišel nazmar?*

Za správnou odpověď lze považovat:

- Pokud se do vrtu napumpuje příliš málo betonu, nepůjde část ropné studny ukotvit.
- Není-li část ropné studny dobře ukotvena, může se vrt zhroutit.
- Pokud je ve vrtu nedostatečné množství betonu, musí se beton, který už je uvnitř, opět vypumpovat. Beton se nedá přidávat později, protože jakmile ztverdne, už ho nelze vrtem volně přemísťovat.

**Úkol č.7**

*Na internetu prozkoumejte různé způsoby těžby ropy. JEDEN z nich si vyberte (např. těžbu pomocí plošiny jack-up, poloponorné plošiny, těžbu na hlubokém moři atd.) a zjistíte, zda umíte odpovědět na následující otázky:*

- \* *Jak byste se na tuto plošinu dostali (jakým způsobem vaše plošina pracuje)?*
- \* *Z jaké hloubky může vaše plošina těžit?*
- \* *Kde je vaše plošina právě umístěna?*
- \* *Jak vaše plošina drží na místě?*

*Odpovědi vypracujte jasně a stručně a se závěry seznáme třídu. Pokuste se přesvědčit spolužáky, že váš způsob těžby ropy je nejlepší ze všech!*

Podle vlastního učitelova hodnocení.

**2.4. Budoucnost ropy****Úkol č.1**

*Objem vyrobené ropy se často vyjadřuje v barelech. Cena ropy se rovněž počítá za barel. Jeden barel se rovná asi 159 litrům. V roce 2008 se každý den vyrobilo přibližně 85 milionů barelů ropy.*

*Těžko si představit, kolik to přesně je, těch 85 milionů barelů. Abychom si tyto velké objemy alespoň trochu přiblížili, srovnajme si je s olympijskými plaveckými bazény. Takový bazén měří 50m krát 25m krát 2m.*

- a. *Spočítejte, kolik olympijských bazénů ropy se vyrobilo v roce 2008.*
- b. *Představte si, že díky chytré produkci by se jí dalo vytěžit o 5 procent víc: kolik olympijských bazénů navíc by to denně bylo?*

Za správnou odpověď lze považovat:

- a.
  - Olympijský plavecký bazén má rozměry 50m x 25m x 2m = 2 500m<sup>3</sup>.
  - 2 500m<sup>3</sup> = 2,5 milionu litrů.
  - 85 milionu barelů = 85 x 159 x 10<sup>6</sup> / 2,5 x 10<sup>6</sup>, tj. asi 5 400 olympijských plaveckých bazénů.
- b.
  - Chytrá produkce přidá k těmto 54 000 olympijským bazénům denně 5% , což činí 270 dalších olympijských bazénů.

**Úkol č.2**

*Jak jste se dozvěděli, zásoby ropy nejsou nekonečné. Poslední dobou se ropa nachází stále častěji na neočekávaných místech, jako jsou např. ropná písečná pole v Kanadě. Tyto vrstvy písku prosáklé ropou se nacházejí kousek pod zemským povrchem a lze je vykopat. Zdá se, že tato alternativní pole obsahují stejné množství ropy jako ta běžná, které leží hluboko v zemi. Věříte, že těžba ropy z těchto ložisek je příznakem pozitivního vývoje? Svou odpověď vysvětlete.*

*Pak ji srovnajte s odpověďmi svých spolužáků: co si myslí oni? Debatujte o svých názorech a nezapomeňte na TINU (Nemáme na vybranou) and TANJU (Ideální odpověď neexistuje).*

Za správnou odpověď lze považovat:

- Několik argumentů proti využívání ropných písečných polí v Kanadě: mělo by značný vliv na krajinu; peníze se dají využít lépe – k investicím do udržitelné energie; spotřeba většího množství ropy zvýší emise CO<sub>2</sub>.
- Několik argumentů ve prospěch využívání ropných písečných polí v Kanadě: jsme schopni uspokojit poptávku po energii; díky těmto operacím možná klesne cena ropy; v budoucnu se objeví technologie, jež nám umožní některé procesy provést účinněji (např. jímání CO<sub>2</sub>).
- Další informace najdete zde: [www.capp.ca](http://www.capp.ca)

**3.2 Jímání**

- 1) *Domníváte se, že lze odstranit CO<sub>2</sub> z atmosféry? Mělo by to nějaký smysl? Nápoděva: zauvažujte například, kolik CO<sub>2</sub> připadá v atmosféře na jednu objemovou jednotku.*

Za správnou odpověď lze považovat:

- Jímat obyčejný vzduch nemá smysl.
- Obyčejný vzduch obsahuje 0,03% CO<sub>2</sub>.
- Jímat velké objemy vzduchu je nákladné.

Příklad správné odpovědi:

Jímání vzduchu v elektrárně při ventilaci CO<sub>2</sub> je velmi nákladné. Koncentrace CO<sub>2</sub> ve vzduchu je tak nízká, že se ho dá z velkého objemu vzduchu oddělit jen malé procento. Odstraňovat CO<sub>2</sub> z atmosféry tudíž nedává vůbec smysl.

- 2) *CO<sub>2</sub> se jímá pod vysokým tlakem a za vysokých teplot. Myslíte si, že se tím jímání CO<sub>2</sub> prodražuje? Jak byste mohli proces jímání CO<sub>2</sub> zlevnit?*

Za správnou odpověď lze považovat:

- Jímání CO<sub>2</sub> je velmi nákladné.
- Dostávat látky do stavu vysokého tlaku vyžaduje hodně energie. Energie stojí peníze
- Existuje prostor k vylepšování účinnosti roztoku aminů. Kdyby tento proces fungoval za méně extrémních podmínek (vysoký tlak a teplota), mohl by být účinnější.



Příklad správné odpovědi:

Jímání CO<sub>2</sub> je velmi nákladné, protože aby se látky dostaly za vysokých teplot do stavu vysokého tlaku, musí se vyrobit hodně energie. Kdyby už nebylo nutné ohřívat systém na tak vysokou teplotu a vyvíjet tak vysoký tlak, dosáhlo by se potřebných úspor.

3) *Při procesu jímání CO<sub>2</sub> se používají aminy. Ty fungují jako katalyzátor. Co je katalyzátor? Vyhledejte si tento pojem na internetu. Proč je důležité, aby směs plynů procházela přes tyto katalyzátory po částečném spálení v co nejčistším stavu?*

Za správnou odpověď lze považovat:

- Katalyzátor je látka, která se při chemické reakci nespotřebává jakožto její součást, ale jen ji urychluje (snižuje množství energie potřebné k průběhu reakce).
- Kdyby např. přes tyto katalyzátory procházely další látky (NO<sub>x</sub>), mohly by katalyzátor poškodit nebo s ním reagovat.
- Je důležité, aby v proudu CO<sub>2</sub> už nebyly přítomny další látky, aby se katalyzátor nepoškodil a výsledný proud zůstal konzistentní.

### 3.3 Fázový stav

*1) Proč není dobrý nápad pumpovat CO<sub>2</sub> do země v plynné fázi? Proč je špatný nápad tlačit CO<sub>2</sub> do půdy ve fázi pevné? CO<sub>2</sub> má přece v této fázi největší hustotu.*

Za správnou odpověď lze považovat:

- Pumpovat CO<sub>2</sub> do země v plynné fázi není dobrý nápad, protože v tomto stavu má nízkou hustotu. Plyn potřebuje hodně prostoru. A to je problém, pokud je prostor pod zemí omezen.
- Pevná látka neteče, takže ji pod zem vůbec nelze dostat. Je sice pravda, že látka ve stálém stavu má vysokou hustotu, ale není možné ji dopravit pod zem.

Příklad správné odpovědi:

CO<sub>2</sub> v pevné fázi lze přirovnat k ledu. Led se obtížně transportuje, zeminou neprotéká a sám se rozprostírá v malých dutinách v zemi. Plyn má velice nízkou hustotu. V této fázi se dá uskladnit pod zemí jen relativně malé množství plynu, což nedává smysl, když je prostor omezen.

2) *Zauvažujte o vlastnostech plynu, kapaliny a kapaliny v superkritické fázi. Vyplňte níže uvedenou tabulku. U viskozity přemýšlejte o tom, co jste se naučili v kapitole o ropě – viskozita je míra 'sirupovitosti' látky.*

Vlastnosti	Plyn	Kapalina	Superkrit. stav
Viskozita (vysoká/nízká)	nízká	vysoká	nízká
Kolik prostoru zaujímá (hodně/málo)	hodně	málo	málo
Bod varu nebo teplota (vysoký/nízký)	nízký	vysoký	vysoký

3) *Superkritický CO<sub>2</sub> lze použít jako rozpouštědlo. Zkuste vymyslet několik příkladů užitečného uplatnění CO<sub>2</sub> coby rozpouštědla. Pamatujte, že když něco rozpustíte v superkritickém CO<sub>2</sub> a pak to vypustíte do vzduchu, CO<sub>2</sub> se vypaří a stane se z něj obyčejný plyn.*

Za správnou odpověď lze považovat:

- V CO<sub>2</sub> by šel snadno rozpouštět barevný sprej na vlasy. Když se barva aplikuje na vlasy, k obarvení už není zapotřebí vody.
- Kdyby se v CO<sub>2</sub> rozpustil lak na nehty, šel by také nanášet ve formě spreje.

### 3.5 Bezpečnost a společnost

- 1) *Proč by se podle vás motory aut zastavily ve chvíli, kdy by přišly do kontaktu s oxidem uhličitým? Jakou látku auto potřebuje, aby mohlo fungovat?*

Za správnou odpověď lze považovat:

- Auto má spalovací motor.
- Aby mohl spalovací motor pracovat, potřebuje kyslík.
- CO<sub>2</sub> je těžký plyn, který na zemi dál 'teče'.
- CO<sub>2</sub> vytlačí z motoru auta kyslík, takže se motor zastaví.

Příklad správné odpovědi:

Auto má spalovací motor. Ke spalování potřebujete alespoň kyslík. Oxid uhličitý se ke spalování použít nedá, a proto způsobí, že se spalovací reakce zastaví.

- 2) *Jmenujte dvě místa, kam by nebylo vhodné umístit potrubí pro transport CO<sub>2</sub>. Také vymyslete dvě místa, kudy by se naopak dalo takové potrubí s výhodou vést.*

Za správnou odpověď lze považovat:

- Nevhodná místa: městské oblasti, silnice, letiště, podzemní dráha.
- Vhodná místa: zalesněné oblasti, venkovské oblasti, podzemí, místa pod vodou.

- 3) *Tuto otázku vypracujte ve dvojicích. Pojměte ji jako rolovou hru. Jedna osoba je technický odborník na projekt CCS a druhá je oponent. Na konci diskuse запиšte, k jakému závěru jste dospěli. Pokuste se vzájemně přesvědčit pádnými argumenty. Při přípravě na tuto rolovou hru si na internetu prohlédněte mapu 'problematiky jímání a skladování CO<sub>2</sub>'.*

Pro učitele:

Nechte studenty pracovat s grafem. Závěr musí vyjadřovat argumenty, které se v grafu objevují. Studenti musejí sepsat závěry, jako by se jich tento projekt osobně týkal. Je důležité, aby uvedli praktické příklady.

Příklad správné odpovědi:

Žádný CO<sub>2</sub> nechci: skladování pod našim domem se mi nelíbí, protože se nechci ocitnout uprostřed zemětřesení a nestojím o to, aby nám spadl dům. Skladování CO<sub>2</sub> může vyvolat snížení tlaku, způsobené odčerpáním plynu, a narušit tak stabilitu půdy.

- 4) *Chtěli byste vy osobně bydlet někde, kde probíhá CCS? Několika větami svou odpověď zdůvodněte.*

Nechte studenty pracovat s grafem. Závěr musí vyjadřovat znalosti, které studenti během práce s tímto modulem získali, a tudíž vypovídat i o tom, jaký vliv mají popisované skutečnosti na jejich osobní život.

### 3.6 Čísla a předpovědi

- 1) *Domníváte se, že CCS přispěje k udržitelné budoucnosti? Uveďte dva důvody pro a dva proti.*

Za správnou odpověď lze považovat:

- CCS přispěje k udržitelné budoucnosti: čistým ziskem bude méně CO<sub>2</sub> ve vzduchu. CCS je jedním z kroků potřebných k řešení problémů s klimatem. Ve výsledku může technologie CSS oživit trh s emisemi CO<sub>2</sub>.
- K udržitelné budoucnosti CCS nijak nepřispěje: CCS nepodnírá rychlé nasměrování k udržitelné energii. Na samotnou technologii CCS se spotřebuje hodně energie a více fosilních paliv.

- 2) *Považujete za podstatnou námitku fakt, že je při uskladnění CO<sub>2</sub> potřeba daleko víc energie? Svou odpověď zdůvodněte.*

Za správnou odpověď lze považovat:

- Námitka je podstatná: protože k tomu, aby se CO<sub>2</sub> dostal pod zem, se užívají fosilní paliva, takže se vyčerpávají rychleji.
- Námitka není podstatná: je důležité podniknout kroky při řešení klimatických problémů, takže CO<sub>2</sub> se musí uložit pod zem co nejrychleji. Výhody převažují nad nevýhodami!
- Neutrální názor: kombinace výše uvedených odpovědí.

- 3) *V roce 2009 se v Nizozemsku spotřebovalo 3 262 PJ (petajoulů) energie. V odborných publikacích zjistěte, co je petajoule. Představte si, jak 1200 PJ energie vytvořené pro uskutečnění CCS navyšuje spotřebu energie (před CCS) o dalších 25 procent. Jaká by byla celková spotřeba energie?*

Za správnou odpověď lze považovat:

- Petajoule: 1.0 x 10<sup>15</sup> J
- Při CCS se spotřebuje o 25% víc energie. 25% ze 1 200 x 1.0 x 10<sup>15</sup> = J
- Celková spotřeba: 3,262 x 10<sup>15</sup> + 300 x 10<sup>15</sup> = 3,562 x 10<sup>15</sup> J

- 4) *Řada odpůrců chápe CCS jako potlačování příznaků. Příkladem potlačování příznaků jsou prášky proti bolesti: vezmete si prášek, protože vás například bolí hlava. Prášek potlačí bolest, ale neodstraní její příčinu. Dvěma větami vysvětlíte, proč odpůrci CCS chápou tuto technologii jako potlačování příznaků.*

Za správnou odpověď lze považovat: Pokud se přeorientujeme na udržitelnou energii, už nebude zapotřebí energie z fosilních paliv, a tudíž se nebude uvolňovat žádný CO<sub>2</sub>.

Technologie CSS tedy potlačuje příznaky vyplývající ze spalování fosilních paliv.

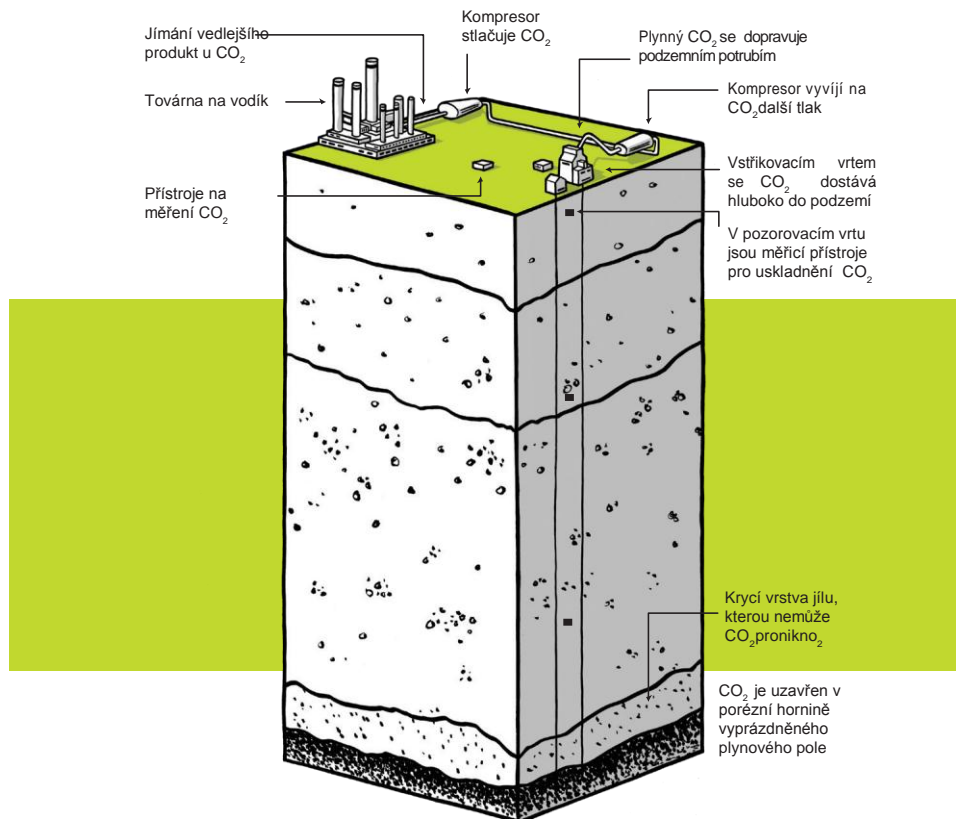


## Vzorové odpovědi na test: "Všechno stojí na energii", Část 1. (51 bodů, 20 otázek)

<p><b>5 bodů</b> <span style="float: right;"><b>1</b></span></p> <p><i>Co se týče budoucnosti energie, máme před sebou tři významné problémy. Uveďte tyto tři vývojové trendy a vysvětlete, jak spolu vzájemně souvisejí.</i></p>	<p>Správné odpovědi budou obsahovat:</p> <p>A) Odpověď uvádějící tři následující faktory:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Během následujících padesáti let vzroste poptávka po energii minimálně dvojnásobně.</li> <li>2) Snadno dostupná ropa bude stále vzácnější.</li> <li>3) Výrazně vzrostou emise skleníkových plynů.</li> </ol> <p>B) J a s n é vysvětlení, že tyto tři faktory jsou do jisté míry ve vzájemném rozporu.</p>
<p><b>3 body</b> <span style="float: right;"><b>2</b></span></p> <p><i>Tento modul vám představil teze označené jmény TANJA a TINA. Svými slovy vysvětlete, co znamenají a jaký mají význam pro diskusi o energiích.</i></p>	<p>Správné odpovědi budou obsahovat:</p> <p>A) O dpověď vysvětlující teze TANJA a TINA.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) TANIA znamená: Ideální odpověď neexistuje.</li> <li>2) TINA znamená: Nemáme na vybranou.</li> </ol> <p>B) J a s n é vysvětlení, že spotřeba energie je fakt, pro který neexistuje alternativa, a že každé řešení má svoje nevýhody.</p>
<p><b>3 body</b> <span style="float: right;"><b>3</b></span></p> <p><i>V kap. 1. modulu "Všechno stojí na energii" vám představujeme dvě hlediska, z nichž lze posuzovat budoucnost energií: scénář 'Každý sám za sebe' a 'Společně jsme silnější'. Který z těchto scénářů se pravděpodobně uskuteční? Vysvětlete svou odpověď naněvyš pěti větami. Svůj názor podpořte argumenty. Použijte pojem 'udržitelost' a vysvětlete ho.</i></p>	<p>Správné odpovědi budou obsahovat:</p> <p>A) Určení, z jaké pozice student vychází, a to na základě alespoň jednoho argumentu minimálně s jedním příkladem. Ukázka správné odpovědi:</p> <p>Myslím, že scénář 'Každý sám za sebe' je pravděpodobnější, protože lidé jsou sobci. Vláda, obchod a průmysl se primárně soustředují na vlastní zájmy. Hádám, že tohle se v dohledné době nezmění. Udržitelnost znamená, že s prostředím, kde žijeme, zacházíme opatrně, ale právě tohle se v současné době neděje.</p>
<p><b>2 body</b> <span style="float: right;"><b>4</b></span></p> <p><i>Z jakých dvou prvků vznikla fosilní paliva?</i></p>	<p>Fosilní paliva vznikla z atomů uhlíku a vodíku; kyslík není sám o sobě nezbytný (např. zemní plyn).</p>
<p><b>2 body</b> <span style="float: right;"><b>5</b></span></p> <p><i>Uveďte dva důvody, proč se v některých částech Země ropa nenachází.</i></p>	<p>Nebyl zde prehistorický oceán; není zde horninová čepice.</p>
<p><b>2 body</b> <span style="float: right;"><b>6</b></span></p> <p><i>Existuje souvislost mezi stupněm porézności určitého druhu horniny a její propustností?</i></p>	<p>Ano, jsou-li póry vzájemně propojeny, platí, že čím vyšší je porézność horniny, tím větší je její propustnost. Ne, počet pórů propustnost určitého druhu horniny neovlivňuje – póry mohou být buď příliš malé, nebo nejsou vzájemně propojeny.</p>
<p><b>3 body</b> <span style="float: right;"><b>7</b></span></p> <p><i>Ve třech krocích popište, jak se hledá ropa.</i></p>	<p>Krok č. 1: zjistit, zda byla daná oblast v prehistorických dobách zaplavena;</p> <p>Krok č. 2: přenášet do země vibrace, shromáždit jejich odrazy a lokalizovat horninovou čepici (nebo najít horninovou čepici prostřednictvím seismického výzkumu);</p> <p>Krok č. 3: vyvrtat pokusný vrt.</p>
<p><b>4 body</b> <span style="float: right;"><b>8</b></span></p> <p><i>Nakreslete průřez ropným vrtem s několika pláští ve fázi po zabetonování.</i></p>	<p>Kombinace nákrešů na 2. straně kapitoly 2.3.</p>

- 3 body** **9**  
 Dejme tomu, že bahno má hustotu  $1,234 \text{ kg/m}^3$ . Jste v ropném poli, kde je v hloubce  $2,7 \text{ km}$  tlak  $400 \text{ barů}$  ( $4\,000\,000 \text{ kg/m}^2$ ). Je bahno dost husté, aby zabránilo úniku ropy? Řekněme, že průměrný průřez vrtu je  $0,10 \text{ m}^2$ .  
 Objem je  $0,1 \times 2700 = 270 \text{ m}^3$ . Ve vrtu je bahno o hmotnosti  $270 \times 1,234 = 333,18 \text{ kg}$ . To znamená, že protitlak je nedostatečný! Dojde tedy k úniku.
- 2 body** **10**  
 Hloubka, odkud se z mořského dna těží ropa, dnes dosahuje rekordních  $3051 \text{ metrů}$ . Vysvětlete, jaké zařízení se používá k těžbě. Uveďte dva důvody.  
 Poloponorná/vrtná loď: na mořském dně drží na místě díky kotvám / dynamickému polohování. Sama se dokáže přizpůsobit mořským proudům.
- 2 body** **11**  
 V městských oblastech lze ropu těžit prostřednictvím tzv. hadovitých vrtů. Uveďte dvě další situace, kdy by se hadovité vrty daly použít.  
 Uvolnění vrtné soupravy, která hoří; těžba z několika sousedních malých ropných polí.
- 2 body** **12**  
 Uveďte definici superkritické fáze.  
 Superkritická fáze je skupenství, v němž má látka vlastnosti plynu a kapaliny zároveň. Látka není příliš viskózní, a přece má vysokou hustotu.
- 2 body** **13**  
 Uveďte dvě výhody užití superkritické fáze při skladování  $\text{CO}_2$  pod zemí.  
 Výhodou superkritické fáze je, že se v tomto stavu dá v podzemí uskladnit více  $\text{CO}_2$ , než kdyby byl v plynném skupenství, a protože má  $\text{CO}_2$  takto menší viskozitu než ve fázi kapalné, snáze se dopravuje do podzemí.

- 5 bodů** **14**  
 Nakreslete schéma, jak se  $\text{CO}_2$  skladuje v podzemí. K označení a popisu různých prvků použijte šipky.  
 Každý správný prvek =  $1/2$  bodu.

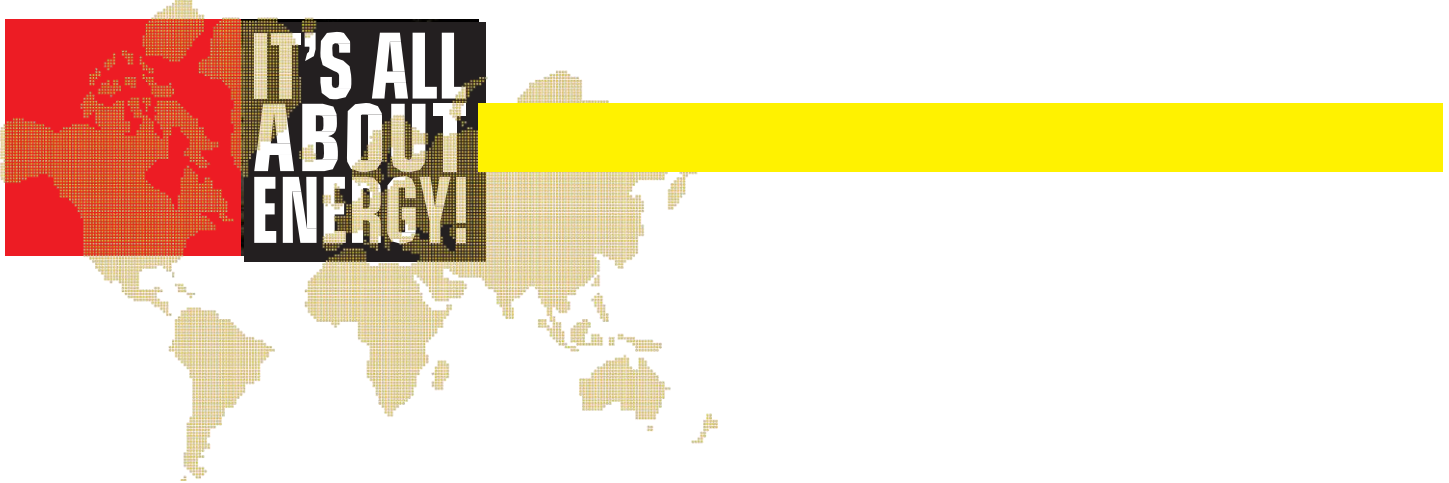




---

<b>3 body</b>	<b>15</b>	
<i>Jaké tři kroky tvoří fázi předspalování? Vysvětlete použité pojmy.</i>		1. zplynování; 2. shromáždění CO <sub>2</sub> ; 3. spalování. 1. Paliva se pod vlivem kyslíku rozštěpí na plynný vodík a oxid uhličitý. 2. Oxid uhličitý se shromažďuje a zvláštním potrubím se vede do systému CCS. 3. Plynný vodík se spaluje, zatímco se vytváří elektřina.
<b>2 body</b>	<b>16</b>	
<i>Co znamená pojem viskozita? Uveďte příklad, co přesně viskozita je nebo co způsobuje.</i>		Viskozita je míra 'sirupovitosti' dané látky. Dobrým příkladem je porovnání melasy a vody. Když sklenici s vodou obrátíme dnem vzhůru, voda hned vyteče. Obrátíme-li dnem vzhůru sklenici s melasou, trvá dost dlouho, než melasa vyteče.
<b>1 bod</b>	<b>17</b>	
<i>Jakou nejdůležitější podmínku musí z hlediska bezpečnosti splňovat plynové pole, než ho lze využít ke skladování CO<sub>2</sub>?</i>		V horninové čepici nesmějí být žádné spáry, jinak by CO <sub>2</sub> mohl unikat na povrch.
<b>3 body</b>	<b>18</b>	
<i>Uveďte tři faktory bezpečného skladování CO<sub>2</sub>.</i>		1. Pečlivé zmapování plynového pole a horninové čepice. 2. Oxid uhličitý obnovuje rovnováhu tlaku, což znamená, že se půda bude méně sesedat. 3. Zmenšit vzdálenost mezi továrnou a instalovaným systémem CCS.
<b>1 bod</b>	<b>19</b>	
<i>Proč plán skladovat CO<sub>2</sub> v Barendrechtu skončil neúspěchem?</i>		Místní obyvatelé neměli dostatek informací. Příliš pochybovali o tom, zda je navrhovaná technologie spolehlivá.
<b>1 bod</b>	<b>20</b>	
<i>Proč je při pohledu ze širší perspektivy skladování CO<sub>2</sub> pod zemí důležité?</i>		CCS představuje v souvislosti se emisemi CO <sub>2</sub> značné výhody, protože nám umožňuje snáze dosáhnout cílů v oblasti klimatu.

---

A world map is shown in a light tan color. A red rectangular area covers the North American continent, and a yellow rectangular area covers the European continent. The text 'IT'S ALL ABOUT ENERGY!' is overlaid on the map.

**IT'S ALL  
ABOUT  
ENERGY!**



Při práci s modulem “Všechno stojí na energii” jste se poučili o energetických scénářích, o těžbě ropy a souvislostech mezi klimatem a CO<sub>2</sub>. Tento test obsahuje 20 otázek za celkem 51 bodů. U každé otázky je uveden počet bodů, které můžete získat.

## Hodně štěstí!

- 5 bodů **1** Co se týče budoucnosti energie, máme před sebou tři významné problémy. Uveďte tyto tři. vývojové trendy a vysvětlete, jak spolu vzájemně souvisejí.
- 3 body **2** Tento modul vám představil teze označené. jmény TANJA a TINA. Svými slovy vysvětlete, co znamenají a jaký mají význam pro diskusi o energiích.
- 3 body **3** V kap. 1. modulu “Všechno stojí na energii” vám představujeme dvě hlediska, z nichž lze posuzovat energií: scénář ‘Každý sám za sebe’ a ‘Společně jsme silnější’. Který z těchto scénářů se pravděpodobně Vysvětlete svou ‘odpověď’ nanejvýš pěti větami. Svůj názor podpořte argumenty. Použijte pojem a vysvětlete ho.
- 2 body **4** Z jakých dvou prvků vznikla fosilní paliva?
- 2 body **5** Uveďte dva důvody, proč se v některých částech Země ropa nenachází.
- 2 body **6** Existuje souvislost mezi stupněm poréznosti určitého druhu horniny a její propustností?
- 3 body **7** Ve třech krocích popište, jak se hledá ropa.
- 4 body **8** Nakreslete průřez ropným vrtem s několika plášti ve fázi po zabetonování.
- 3 body **9** Dejme tomu, že bahno má hustotu 1,234 kg/ m<sup>3</sup>. Jste v ropném poli, kde je v hloubce 2,7 km tlak 400 barů (4 000 000 kg/m<sup>2</sup>). Je bahno dost husté, aby zabránilo úniku ropy? Řekněte, že průměrný průřez vrtu je 0,10 m<sup>2</sup>.
- 2 body **10** Hloubka, odkud se z mořského dna těží ropa, dnes dosahuje rekordních 3051 metrů. Vysvětlete, jaké zařízení se používá k těžbě. Uveďte dva důvody.
- 2 body **11** V městských oblastech lze ropu těžit prostřednictvím tzv. hadovitých vrtů. Uveďte dvě další situace, kdy by se hadovité vrty daly použít.
- 2 body **12** Uveďte definici superkritické fáze.
- 2 body **13** Uveďte dvě výhody užití superkritické fáze při skladování CO<sub>2</sub> pod zemí.
- 5 bodů **14** Nakreslete schéma, jak se CO<sub>2</sub> skladuje- v podzemí. K označení a popisu různých prvků použijte šipky.
- 3 body **15** Jaké tři kroky tvoří fázi před spalováním? Vysvětlete použité pojmy.
- 2 body **16** Co znamená pojem viskozita? Uveďte příklad, co přesně viskozita je nebo co způsobuje.
- 1 bod **17** Jakou nejdůležitější podmínku musí z hlediska bezpečnosti splňovat plynové, pole, než ho lze využít ke skladování CO<sub>2</sub>?
- 3 body **18** Uveďte tři faktory bezpečného skladování CO<sub>2</sub>.
- 1 bod **19** Proč plán skladovat CO<sub>2</sub> v Barendrechtu skončil neúspěchem?
- 1 bod **20** Proč je při pohledu ze širší perspektivy skladování CO<sub>2</sub> pod zemí důležité?