



# EVROPSKÁ SÍŤ PRO OXID UHLIČITÝ

Přispíváme k bezpečným, zajištěným, udržitelným a klimaticky pozitivním dodávkám energie pro Evropu

## GEOLOGICKÉ ŘEŠENÍ ZMĚNY KLIMATU

**Ropa, plyn a uhlí jsou těženy z podzemí, aby nám poskytly energii. Spalováním těchto fosilních paliv se energie uvolňuje a jako nechtěný produkt se vytváří oxid uhličitý, který ovlivňuje globální klima. Vzniklý oxid uhličitý je možné zachytávat, ukládat ho do zemské kůry a držet jej tam. Tím dojde k významnému snížení emisí skleníkových plynů, což pomůže při zmírňování dopadů změny klimatu. Tento postup lze označit za klíčový prvek při přechodu k udržitelným dodávkám energie.**

### Proč zachytávat a ukládat CO<sub>2</sub>?

Důkazy o vlivu lidské činnosti na globální klima jsou stále přesvědčivější. Klíčovou roli zde hrají celosvětové emise oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>) v atmosféře, které pocházejí ze stále rostoucího využívání fosilních paliv. Většina vědců souhlasí s tím, že celosvětové emise CO<sub>2</sub> musí být sníženy o více než 50 %, aby se koncentrace CO<sub>2</sub> stabilizovala a tím došlo ke zmírnění změny klimatu. Prvním krokem bylo přijetí Kjótského protokolu v roce 1997, na jehož základě mají být v roce 2012 celkové emise skleníkových plynů zredukovány pod úroveň roku 1990. Toto požadované snížení může být dosaženo pomocí tří druhů opatření:

- zlepšení energetické účinnosti a redukce poptávky po energii,
- využívání obnovitelných zdrojů energie (jako je vítr nebo sluneční energie),
- zachytávání a ukládání CO<sub>2</sub>, který je dnes vypouštěn do ovzduší.

Postupně se stává stále více zřejmým fakt, že kombinovaný efekt zlepšení energetické účinnosti a využití obnovitelných zdrojů energie nemůže sám o sobě zajistit požadované snížení emisí. Aby bylo možno omezit globální změnu klimatu, bude tedy pravděpodobně třeba využít i třetího z uvedených opatření, zachytávání a ukládání CO<sub>2</sub> (CCS). Ukládání CO<sub>2</sub> zpět pod zemský povrch není ničím novým. V mnoha zemích existují přirozená úložiště CO<sub>2</sub> v geologických

formacích už po miliony let. Svět je závislý na fosilních palivech a změny v našem energetickém systému nemohou být provedeny přes noc; vyžádá si to léta. CCS podpoří postupný přechod od našich současných dodávek energie, založených na fosilních palivech, k diverzifikovanému systému, který bude minimalizovat vliv na globální klima. Naše současné zásobování energií zůstane v tomto přechodném období většinou nezměněno, bude však třeba vybudovat nová zařízení a infrastrukturu: např. elektrárny a velká průmyslová zařízení budou vybaveny jednotkami pro zachytávání CO<sub>2</sub> a produktovody k úložištím.

### Co je zachytávání a ukládání CO<sub>2</sub> (CCS)?

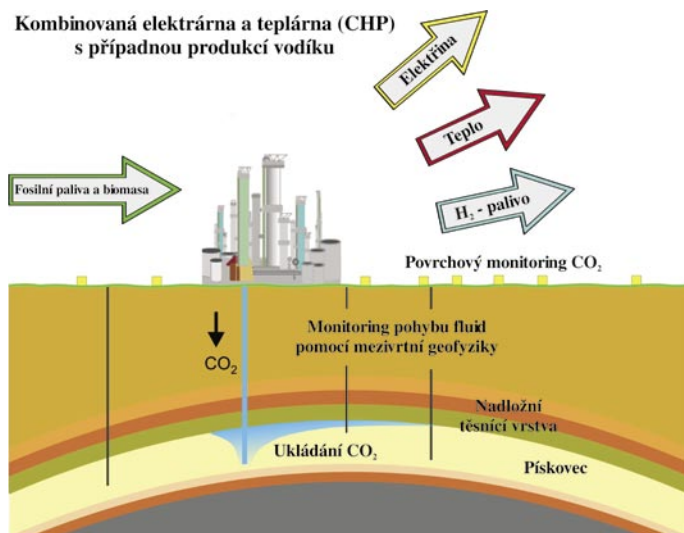
Všechna fosilní paliva obsahují uhlík. Při jejich spalování tento uhlík reaguje s atmosférickým kyslíkem a vytváří se CO<sub>2</sub>. Odstraněním uhlíku před procesem spalování nebo po něm se zamezí úniku emisí CO<sub>2</sub> do atmosféry. Výsledkem je dodávka plynného CO<sub>2</sub>, který pak může být dopraven do vhodného podzemního úložiště. Takovým úložištěm může být „prázdné“ (vytěžené) ložisko ropy nebo zemního plynu, uhelné souvrství nebo akvifer (zvodnělé souvrství).



Zařízení na zachytávání CO<sub>2</sub> (publikováno s laskavým svolením ABB Lummus Crest)

## Jak a kde můžeme zachytávat CO<sub>2</sub>?

Přibližně 60 % emisí CO<sub>2</sub>, které lidstvo produkuje, pochází z velkých stacionárních zdrojů, jako jsou elektrárny, rafinerie, zařízení na zpracování plynu a průmyslové závody. U většiny těchto procesů obsahují vypouštěné kouřové plyny rozptýlený CO<sub>2</sub> (v množství 5 až 15 %). Jednou možností je separovat CO<sub>2</sub> od ostatních plynů ve zplodinách, přičemž vznikne proud plynu s obsahem více než 90 % CO<sub>2</sub>. Druhou možností je odstranit uhlík před spalováním, jako v případě, kdy se ze zemního plynu (CH<sub>4</sub>) vyrábí vodík a CO<sub>2</sub>. Zachytávání CO<sub>2</sub> je technologie dobře známá z různých odvětví průmyslu, kde se již CO<sub>2</sub> od jiných plynů separuje. Výsledný CO<sub>2</sub> je zde v současnosti buď odvětráván, nebo dodatečně čištěn pro výrobu čistého CO<sub>2</sub> k využití na některých vedlejších trzích, např. v potravinářství. Přestože některé vhodné technologie již existují, zachytávání CO<sub>2</sub> zatím nebylo optimalizováno pro použití ve velkém měřítku, např. pro elektrárny. V mnoha zemích v současnosti probíhá rozsáhlý výzkum, který se zabývá novými, slibnými koncepcemi a zlepšováním stávajících technologií s cílem snížit náklady a množství energie spotřebované při zachytávání CO<sub>2</sub>. Zároveň se plánují testy v elektrárnách, aby se tyto novější technologie ověřily v průmyslovém měřítku.



Koncept kombinované elektrárny a teplárny (CHP) produkující elektřinu, teplo a vodík, přičemž CO<sub>2</sub> je zachytáván a ukládán pod zemský povrch (publikováno s laskavým svolením CO<sub>2</sub>SINK, GFZ, Potsdam, 2004)

## Kde ho uložíme?

Po svém zachycení může být CO<sub>2</sub> buď uložen, nebo znovu využit (např. jako surovina pro výrobu nealkoholických nápojů nebo ve sklenících na podporu růstu rostlin). Protože trh pro znovuvyužití CO<sub>2</sub> je v současnosti omezený, většinu zachyceného CO<sub>2</sub> bude nutno uložit. CO<sub>2</sub> může být uložen do geologických formací (zejména vytěžených ložisek ropy a zemního plynu, hlubokých slaných akviferů a netěžitelných uhelných slojí). CO<sub>2</sub> může být rovněž fixován ve formě minerálů. Geologické struktury nabízejí obrovské kapacity pro ukládání (viz tabulka uvedená níže). I přes

velký rozptyl hodnot úložných kapacit lze konstatovat, že celková kapacita je dost velká na to, aby bylo možno ukládat celosvětové emise CO<sub>2</sub> produkované lidskou činností po dobu desítek a možná i stovek let.

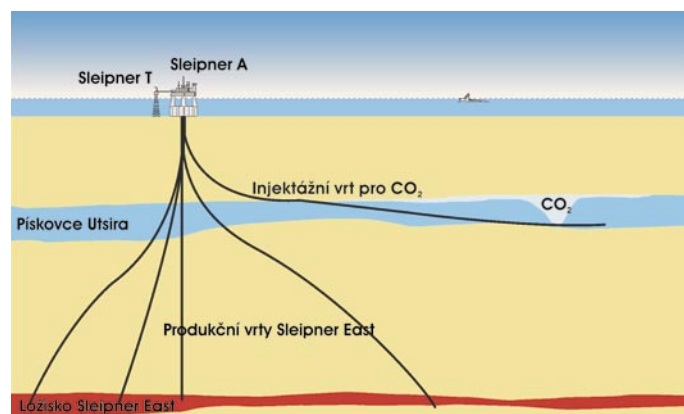
## Celosvětové kapacity pro jednotlivé možnosti potenciálního uložení CO<sub>2</sub> (Gt = miliarda tun)

Druh struktury	Úložná kapacita v Gt CO <sub>2</sub>
Hluboké slané akvifery (zvodnělá souvrství)	400–10 000
Vytěžená ložiska ropy a plynu	930
Uhelné sloje	30
Celosvětové emise CO <sub>2</sub>	25 Gt CO <sub>2</sub> ročně

Zdroj: IEA-GHG, 2004

**Ložiska ropy a plynu**, která jsou obecně dobře prozkoumána, jsou považována za bezpečná úložiště CO<sub>2</sub>, protože tyto struktury zadržovaly po milióny let ropu, zemní plyn a často i CO<sub>2</sub>. Zatláčování CO<sub>2</sub> do některých z těchto ložisek navíc umožní vytěžení další ropy nebo zemního plynu, které ještě v ložisku zůstávají. Zisky z této dodatečné produkce mohou být použity na úhradu nákladů na uložení CO<sub>2</sub>. Tento proces, nazývaný druhotné metody intenzifikace těžby ropy (EOR), je s využitím CO<sub>2</sub> provozován již několik let v USA, nikoli za účelem uložení CO<sub>2</sub>, ale kvůli zvýšení produkce ropy. V Kanadě se už řadu let využívá zatláčování tzv. kyselých plynů (odpadní produkt při čištění zemního plynu, obsahující zejména CO<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>S) do ropných a plynových struktur a hlubokých slaných akviferů.

**Hluboké slané akvifery** jsou geologické formace, zejména pískovcové, obsahující slanou vodu. Tyto struktury nabízejí obrovský úložný potenciál: vyskytují se ve většině zemí, často v blízkosti průmyslových zdrojů CO<sub>2</sub>, jsou obvykle velmi rozsáhlé a mají tedy značně velkou úložnou kapacitu. Zatláčování CO<sub>2</sub> do těchto formací je podobné jako jeho zatláčování do ložisek ropy a plynu. Norský projekt Sleipner, první komerční projekt ukládání CO<sub>2</sub> na světě, kde je ročně do akviferu pod Severním mořem uložen cca 1 milion tun CO<sub>2</sub>, je důkazem toho, že CO<sub>2</sub> může být efektivně ukládán ve velkých množstvích.



Projekt Sleipner – 1 milion tun CO<sub>2</sub> je každoročně ukládán do akviferu pod Severním mořem (publikováno s laskavým svolením firmy Statoil)

**Hlubinné uhelné sloje** někdy nemohou být těženy, protože jsou příliš tenké nebo příliš hluboko uložené. Obvykle také obsahují určité množství plynného metanu. Při zatlačování CO<sub>2</sub> do uhelných slojí se ukázalo, že CO<sub>2</sub> se „přilepí“ k uhlí lépe než metan, což způsobí uvolnění metanu. To znamená, že se uhelná sloj stane zdrojem zemního plynu, který může být prodán, a z výtěžku lze pak uhradit náklady na uložení CO<sub>2</sub>. Uhlenné sloje zadržovaly metan po miliony let, takže je dosti pravděpodobné, že budou obdobně vázat CO<sub>2</sub> alespoň po tisíce let. Tato technologie ukládání je testována v projektu EU RECOPOL v Polsku, který zahrnuje i terénní experiment.

### Jaké jsou náklady na zachytávání, transport a ukládání CO<sub>2</sub>?

Při zachytávání CO<sub>2</sub> v elektrárnách se spotřebuje dodatečná energie, takže se zvýší cena elektřiny. Tento nárůst závisí na typu elektrárny (uhelná, plynová) a na ceně paliva. Různé studie, mj. studie zpracovaná v rámci výzkumného programu Mezinárodní energetické agentury Greenhouse Gas, ukázaly, že zachytávání CO<sub>2</sub> zvýší náklady na výrobu elektřiny o 1,3–3,0 eurocentů na kWh. Jiným způsobem vyjádření těchto vícenákladů je jejich vyčíslení ve formě ušetřených emisí CO<sub>2</sub>. Náklady na zachytávání dnes činí 25–60 eur na tunu zachyceného CO<sub>2</sub>. Očekává se, že probíhající výzkum tyto náklady sníží na polovinu.

**Náklady na transport** jsou relativně nevelké: doprava 1 tuny zachyceného CO<sub>2</sub> na vzdálenost 100 km produktovodem bude stát 1 až 4 eura.

**Náklady na ukládání** do značné míry závisí na typu struktury, do níž je CO<sub>2</sub> zatlačován. U akviferů a vytěžených ložisek ropy a plynu náklady kolísají mezi 10 až 20 eury na tunu CO<sub>2</sub>. Pokud je při zatlačování získávána dodatečná ropa nebo plyn, náklady mohou klesnout i pod 0 euro na tunu CO<sub>2</sub>. Jinými slovy: výnosy kompenzují náklady a činí tuto alternativu ziskovou.

### Jaká jsou rizika zachytávání a ukládání CO<sub>2</sub>?

Stejně jako u všech technologií jsou i se zachytáváním a ukládáním CO<sub>2</sub> spojena určitá rizika. Otázka, kterou bychom si měli položit, je: (a) zda jsou rizika spojená se zachytáváním a ukládáním CO<sub>2</sub> akceptovatelná a (b) zda jsou tato rizika srovnatelná s riziky, s nimiž se setkáváme u alternativních metod snižování emisí CO<sub>2</sub>. Hlavní rizika jsou spojena s dopravou a ukládáním CO<sub>2</sub>. Jakékoli úložiště musí být zvoleno daleko od rizikových zemětřesných oblastí, aby bylo zajištěno, že horniny jsou stabilní.

V USA existuje rozsáhlá infrastruktura produktovodů pro CO<sub>2</sub> (3100 km). Záznam nehod na těchto produktovodech udává 10 případů za období 1990–2001, a to bez jakýchkoli zranění či ztrát na životech. Přestože se nehoda při přepravě CO<sub>2</sub> ve velkém rozsahu obecně může přihodit, její následky mohou být minimalizovány pomocí řídicích a bezpečnostních



*Pokládání podmořského produktovodu pro dopravu CO<sub>2</sub> mezi pobřežním terminálem v severním Norsku a plynovým ložiskem Snohvit v Barentsově moři (publikováno s laskavým svolením firmy Statoil)*

opatření, přičemž je nepravděpodobné, že by riziko bylo větší, než je riziko nehody u obvyklých plynovodů, jak je známe z mnoha evropských zemí. Navíc je CO<sub>2</sub> na rozdíl od zemního plynu nehořlavý, dá se proto očekávat, že následky v případě jakéhokoli úniku budou menší než u zemního plynu.

Hlavním rizikem spojeným s ukládáním je havárie vrtu při zatlačování CO<sub>2</sub>, v jejímž důsledku může dojít k úniku CO<sub>2</sub> a jeho migraci směrem vzhůru. Pravděpodobnost náhlého úniku CO<sub>2</sub> uloženého v podzemním úložišti je extrémně malá a srovnatelná s úniky zemního plynu z plynového zásobníku, jež jsou velmi vzácné.

V mnoha institucích po celém světě probíhá výzkum zaměřený na rizikové otázky:

- studie detailních fyzikálních a chemických procesů v ložiscích,
- procedury výběru vhodných lokalit včetně analýzy seismického rizika (zemětřesení),
- nástroje pro předpověď dlouhodobého chování CO<sub>2</sub>,
- monitorovací a verifikační technologie,
- metody hodnocení rizik a procesy řízení rizika,
- správné pracovní postupy a normy,
- integrita vrtů.

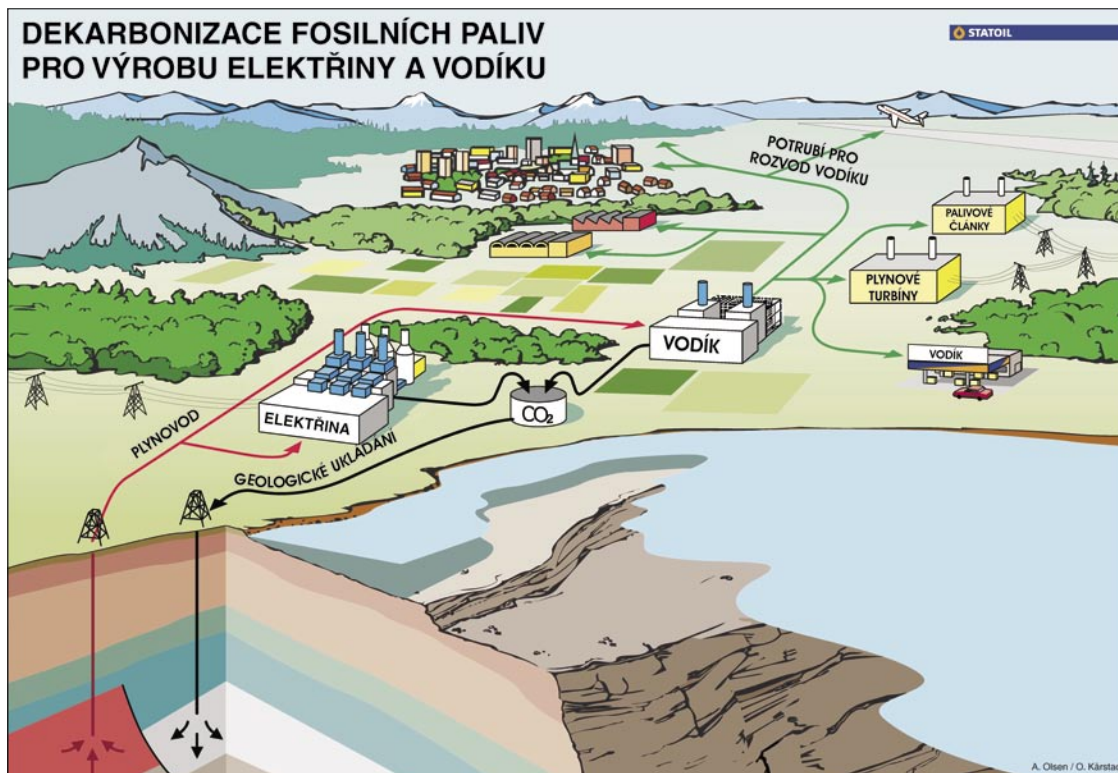
### Stimuly a podněty

Aby technologie zachytávání a ukládání CO<sub>2</sub> mohla významně proniknout na trh, je třeba podnětů, které by stimulovaly energetické společnosti a průmysl k potřebným rozsáhlým investicím do těchto doplňkových technologií. Proto musí být stanoveny ceny za emise, které mohou mít buď podobu „uhlíkové“ daně, nebo podobu systému obchodování.

V systému obchodování je vytvořen trh s povolenkami na CO<sub>2</sub>, přičemž je stanoveno maximální množství emisí pro jednotlivé státy a emitentům CO<sub>2</sub> jsou přiděleny povolenky (tzv. kredity CO<sub>2</sub>). Systém emisního

obchodování Evropské unie výslovně zahrnuje i využití zachytávání a ukládání CO<sub>2</sub> (rozhodnutí Evropské komise z 29. ledna 2004), čímž má být umožněno, aby tato technologie byla přiřazena k jiným nízkoemisním způsobům výroby energie, a zajištěno, aby Evropa měla bezpečné a udržitelné dodávky energie v předvídatelné budoucnosti.

Pokud dojde k rozvoji zachytávání a ukládání CO<sub>2</sub> a jeho ceny klesnou na úroveň 20 euro/t zachyceného CO<sub>2</sub> a pokud se geologické ukládání CO<sub>2</sub> osvědčí jako schůdná a bezpečná cesta pro snížení emisí skleníkových plynů, může být tato technologie zavedena průmyslově během jednoho desetiletí, za předpokladu, že spolu s ní vstoupí v platnost i příslušný fiskální a regulační režim.



*Možná situace v budoucnosti: z fosilních paliv se vyrábí elektřina a vodík, zatímco CO<sub>2</sub> je zachytáván a ukládán (publikováno s laskavým svolením firmy Statoil)*

#### Další informace:

— [www.co2net.com](http://www.co2net.com): CO2NET je evropský tematický network (sít) zaměřený na vzdělávání a poskytování informací pro politiky a další zainteresované jednotlivce i instituce.

#### Tyto stránky poskytují detailní informace o technologiích a projektech:

— [www.co2captureandstorage.info](http://www.co2captureandstorage.info).

— [www.ieagreen.org.uk](http://www.ieagreen.org.uk): Program skleníkových plynů Mezinárodní energetické agentury (IEA) je forma mezinárodní spolupráce, jejímž cílem je rozvíjet technologie, šířit výsledky a identifikovat cíle pro výzkum v oblasti CCS.

— [www.co2captureproject.org](http://www.co2captureproject.org): CCP je mezinárodní projekt financovaný osmi společnostmi ze skupiny největších světových energetických firem.

— [www.cslforum.org](http://www.cslforum.org): Carbon Sequestration Leadership Forum je mezinárodní iniciativa proti změně klimatu na vládní úrovni.

— [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch): Mezivládní panel o změně klimatu vydal v r. 2006 zvláštní zprávu o zachytávání a ukládání CO<sub>2</sub>.

— [www.climnet.org/CTAP](http://www.climnet.org/CTAP): CAN, Climate Action Network nevládních organizací se zaměřením na životní prostředí, uspořádal o CCS speciální workshop.

© CO<sub>2</sub>NET 2007

Tento leták je výstupem projektu CO2NET2, podporovaného Evropskou komisí. Byl vytvořen v Utrecht Centre for Energy research, s přispěním mnoha členů CO2NET.

Česká verze letáku je součástí publikačních aktivit projektu CO2NET EAST, koordinační akce spolufinancované Evropskou unií v rámci 6. rámcového programu pro výzkum, technologický vývoj a demonstrační aktivity.

Projekt dále podporují jeho sponzoři – Shell International Renewables, Statoil, Norsk Hydro Produksjon, Schlumberger Carbon Services, ALSTOM Power, Total a Vattenfall.

Český překlad: Vít Hladík, Vladimír Kolejka, Marie Zahradníková.

Odpovědný redaktor: Petr Maděra. Grafická úprava a sazba: Helena Neubertová.

Vydala Česká geologická služba, Klárov 3, Praha 1.