



# EURÓPSKA SIEŤ PRE OXID UHLIČITÝ

Prispievame k bezpečným, zaisteným, trvale udržateľným a klimaticky pozitívnym dodávkam energie pre Európu

## GEOLOGICKÉ RIEŠENIE KLIMATICKÝCH ZMIEN

**Ropa, plyn a uhlie sú ťažené v podzemí, (uhlie v niektorých prípadoch aj na povrchu) za účelom získania zdroja energie, ktorá je životne dôležitá pre náročné potreby rozvinutej spoločnosti. Energiu získavame spaľovaním týchto fosílnych palív, pričom sa ako vedľajší produkt vytvára oxid uhličitý, ktorého zvýšená koncentrácia v ovzduší negatívne pôsobí na globálnu klímu – spôsobuje tzv. skleníkový efekt. Tento plyn je možné zachytávať a vrátiť ho tam, kde boli fosílna palivá nájdené – do zemskej kôry a skladovať ho v určených priestoroch. Týmto spôsobom dôjde k významnému zníženiu emisií skleníkových plynov, ktorých je oxid uhličitý hlavným zástupcom, čo pomôže ku zmierneniu negatívnych dôsledkov klimatických zmien. Uvedený postup možno označiť za kľúčový prvok pri prechode k trvalo udržateľným dodávkam energie.**

### Prečo zachytávať a ukladať oxid uhličitý - CO<sub>2</sub>?

Dôkazy o vplyve ľudskej činnosti na globálnu klímu sú z roka na rok presvedčivejšie. Rozhodujúcu úlohu tu zohrávajú celosvetové emisie oxidu uhličitého v atmosfére, ktoré pochádzajú zo stále rastúceho využívania fosílnych palív. Väčšina vedeckých kapacít sa zhoduje v tom, že celosvetové emisie CO<sub>2</sub> musia byť znížené o viac ako 50 % aby sa koncentrácia tohto plynu stabilizovala a tým došlo k zmierneniu nežiaducich zmien globálnej klímy. Prvým krokom bolo prijatie Kjótskeho protokolu v roku 1997, na ktorého základe by mali byť v roku 2012 celkové emisie skleníkových plynov zredukované pod úroveň roku 1990. Toto žiadané zníženie môže byť dosiahnuté pomocou troch druhov opatrení :

1. zlepšením energetickej účinnosti a redukcii dopytu po energii
2. využívaním obnoviteľných zdrojov energií (veterná, slnečná, prílivová, geotermálna, biomasa...)
3. zachytávaním a skladovaním oxidu uhličitého, ktorý je v súčasnosti vypúšťaný do ovzdušia

Postupne sa stáva stále viac zrejým faktor, že kombinovaný efekt zlepšenia energetickej účinnosti a využitia obnoviteľných zdrojov energie (body 1. a 2.) nemôže byť dostatočným vstupom pre požadované zníženie emisií. Z toho je zjavné, že je nevyhnutné využiť tretí faktor (bod 3.) , aby sme dosiahli želaného účinku – zníženia koncentrácie CO<sub>2</sub> v ovzduší. Zachytávanie a uskladňovanie oxidu uhličitého (CCS – carbon dioxide capture and storage) pod zemským povrchom nie je žiadnou novinkou, pretože v mnohých krajinách sú zistené ložiská „prírodného“ CO<sub>2</sub> , ktoré v geologických formáciách zotrúvajú milióny rokov (na Slovensku taktiež). Civilizácia je ale takmer vazalsky závislá na fosílnych palivách

a zmeny v našom energetickom systéme sa nedajú urobiť cez noc – tento prechod si vyžiada roky práce. CCS aktivity podpora postupný prechod od našich súčasných dodávok energie, založených na fosílnych palivách ku diverzifikácii systému, ktorý zabezpečí minimalizáciu negatívnych dopadov na globálne klimatické zmeny. Naše súčasné zásobovanie energiou zostane v tomto prechodnom období väčšinou nezmenené, bude však potrebné vybudovať nové zariadenia a infraštruktúru – napr. elektrárne a veľké priemyselné zariadenia (železiarne, cementárne..) budú vybavené jednotkami pre zachytávanie CO<sub>2</sub> a produktovodami, ktoré tento plyn dopraví k podzemným úložiskám.

### Čo to je zachytávanie a uskladňovanie CO<sub>2</sub> (CCS)?

Uhlík je súčasťou všetkých fosílnych palív. Pri ich spaľovaní reaguje s atmosférickým kyslíkom, vytvárajúc karbón dioxid CO<sub>2</sub> , ktorý je hlavnou zložkou skleníkových plynov, spôsobujúcich otepľovanie globálnej klímy. Odstránením uhlíka pred procesom spaľovania, alebo po ňom, sa zamedzí úniku emisií CO<sub>2</sub> do atmosféry. Takto získaný, „separovaný“ oxid uhličitý je dopravovaný do podzemného úložiska. Takýmto vhodným úložiskom (priestorom) , môže byť „prázdne“ vyťažené ložisko ropy, zemného plynu, uhoľné súvrstvie, alebo zvodnené súvrstvie – akvifer.

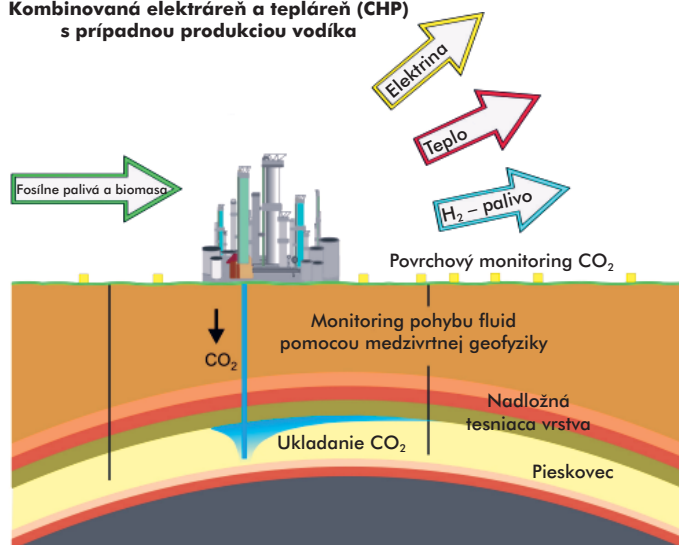


Zariadenie na zachytávanie CO<sub>2</sub> (publikované s láskavým povolením ABB Lumnus Crest)

## Ako a kde možno zachytávať CO<sub>2</sub>?

Približne 60% emisií oxidu uhlíka ktoré súčasná civilizácia produkuje, pochádza z veľkých stacionárnych zdrojov, akými sú tepelné elektrárne, rafinérie, zariadenia na spracovanie a prepravu plynu, železiarne, cementárne a p. U väčšiny uvedených zariadení je v spalinách rozptýlený CO<sub>2</sub> v množstve 5 = 15%. Jednou z možností je separovať tento plyn od ostatných plynov v splodinách (t.zn. po spaľovaní), pričom vzniká prúd plynu s obsahom CO<sub>2</sub> viac ako 90%. Druhou možnosťou je odstrániť uhlík pred spaľovaním, ako napr. v prípade, keď sa zo zemného plynu (CH<sub>4</sub>) vyrába vodík a CO<sub>2</sub>. Zachytávanie karbón dioxidu je technológia známa z rôznych odvetví priemyslu, kde sa už v súčasnosti tento plyn od ostatných separuje. Výsledný CO<sub>2</sub> je potom odvetrávaný, alebo dodatočne čistený pre výrobu čistého CO<sub>2</sub>, ktorý je v ďalšom vyžívaný ako na vedľajších trhoch, napr. v potravinárstve. Napriek tomu, že niektoré vhodné technológie už existujú, zachytávanie tohto plynu zatiaľ nebolo optimalizované pre využitie vo väčších mierkach (väčších prevádzkach), napr. v elektrárňach. V mnohých krajinách prebieha v súčasnosti rozsiahly výskum, ktorý sa zaoberá novými, sľubnými koncepciami a zlepšovaním existujúcich technológií, ktoré majú za cieľ znížiť náklady a množstvá energie spotrebované pri zachytávaní karbón dioxidu. Súčasne sa vo veľkokapacitných elektrárňach plánujú testy, ktoré by tieto novšie technológie overili v priemyselnom meradle.

### Kombinovaná elektráreň a tepláreň (CHP) s prípadnou produkciou vodíka



Koncept kombinovanej elektrárne teplárne (CHP) produkujúcej elektrinu, teplo a vodík, pričom CO<sub>2</sub> je zachytávaný a ukladaný pod zemský povrch (publikované s láskavým povolením CO<sub>2</sub>SINK GFZ, Potsdam, 2004)

## Kde uložíme CO<sub>2</sub>?

Po svojom záchyťe môže byť CO<sub>2</sub> buď uskladnený, alebo opätovne využitý – ako napr. surovina pri výrobe nealkoholických nápojov, alebo v skleníkoch na podporu rastu rastlín. Tento trh pre opätovné využitie je však niekoľkonásobne menší, (rádovo) ako súčasná produkcia a preto je potrebné drvivú väčšinu zachyteného CO<sub>2</sub> uložiť do geologických formácií (hlavne do vyťažených ropných a plynových ložísk, hlbokých slaných akviferov, a nešťastných uhoľných slojov).

Geologické štruktúry ponúkajú obrovské kapacity pre skladovanie (pozri nižšie uvedená tabuľka). Aj napriek značnému rozptylu hodnôt možno konštatovať, že celková

skladovacia kapacita je dosť veľká na to, aby bolo možné skladovať celosvetové emisie karbón dioxidu produkovaného ľudskou činnosťou v časovom horizonte desiatok, možno aj stoviek rokov.

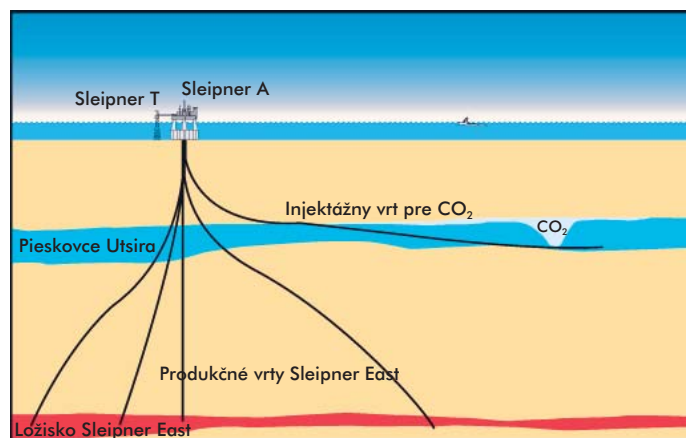
## Celosvetové kapacity pre jednotlivé možnosti potenciálneho uloženia CO<sub>2</sub> (Gt = miliarda ton)

| Druh štruktúry                            | Úložná kapacita v Gt CO <sub>2</sub> |
|---|--------------------------------------|
| Hlboké slané akvifery (zvodené horizonty) | 400 – 10 000                         |
| Vyťažené ložiská ropy a plynu             | 930                                  |
| Uhoľné sloje                              | 30                                   |
| Celosvetové ročné emisie CO <sub>2</sub>  | <b>25 Gt CO<sub>2</sub> ročne</b>    |

Zdroj IAEA-GHG, 2004

**Ložiská ropy a plynu**, ktoré sú obecné dobre preskúmané, sú považované za bezpečné úložiská, pretože tieto štruktúry zadržovali po milióny rokov ropu, zemný plyn a často aj CO<sub>2</sub>. Zatláčanie CO<sub>2</sub> do takýchto ložísk umožní navyše vyťaženie ďalšieho množstva ropy, alebo zemného plynu, ktoré ešte napriek ťažbe v ložisku zostali. Zisky z takejto dodatočnej produkcie môžu byť použité na úhradu nákladov pre uloženie CO<sub>2</sub>. Tento proces nazývaný druhotnou metódou intenzifikácie ťažby ropy (EOR – Enhanced Oil Recovery) je s využitím CO<sub>2</sub> realizovaný už niekoľko desaťročí v USA, hoci pôvodný účel nie je skladovanie tohto plynu, ale intenzifikácia produkcie ťažby. Podobne v Kanade sa už niekoľko rokov využíva zatláčanie tzv. kyslých plynov (odpadový produkt vznikajúci pri čistení zemného plynu, obsahujúci hlavne CO<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>S) do ropných a plynových štruktúr, a hlbokých slaných akviferov.

**Hlboké slané akvifery** sú geologické formácie, prevažne pieskovcové, obsahujúce slanú vodu. Tieto štruktúry ponúkajú obrovský úložný potenciál, vyskytujúci sa vo väčšine krajín sveta, vďaka svojej rozlohe sú situované aj v blízkosti zdrojov emisií CO<sub>2</sub> a majú veľkú úložnú kapacitu. Zatláčanie karbón dioxidu do týchto štruktúr je podobné ako v nižšie uvedených ropo a plyno nosných štruktúrach. Prvým komerčným projektom tohto typu na svete je nórsky Sleipner, kde je ročne do akviferu pod Severným morom ročne ukladané približne 1 mil. t. CO<sub>2</sub>. Toto je dôkazom, že tento plyn môže byť efektívne ukladaný aj vo veľkých množstvách.



Projekt Sleipner – 1 milión ton CO<sub>2</sub> ročne je ukladané do akviferu pod Severným morom (publikované s láskavým povolením firmy Statoil)

**Hlbinné uhoľné sloje** niekedy nemôžu byť ťažené, pretože sú príliš tenké, alebo príliš hlboko uložené, čo ich ekonomický význam znižuje. Obvykle tiež ale obsahujú určité množstvo metánu. Pri zatlačaní CO<sub>2</sub> do uhoľného sloja sa zistilo, že tento sa „prilepí“ k uhlíu lepšie než metán, pri súčasnom vytlačení metánu. To znamená, že uhoľný sloj sa vďaka uloženiu karbón dioxidu stáva producentom metánu, ktorý môže byť ekonomicky využiteľný. Uhoľné sloje zadržovali metán po desiatky miliónov rokov a je veľmi pravdepodobné, že budú podobne viazať CO<sub>2</sub> minimálne desiatky tisíc rokov. Takáto technológia skladovania je testovaná v projekte EU - RECOPOL v Poľsku, ktorý zahŕňa aj terénny experiment.

## Aké sú náklady na zachytávanie, transport a ukladanie CO<sub>2</sub>

**Pri zachytávaní karbón dioxidu v elektrárňach** (sequestrácia) sa spotrebuje dodatočná energia, čo zvyšuje dodatočne cenu elektriny. Tento nárast závisá na type elektrárne (uholná, plynová) a na type paliva. Rôzne štúdie, napr. štúdia Medzinárodnej energetickej agentúry Greenhouse Gas ukázali, že zachytávanie CO<sub>2</sub> zvýši náklady na výrobu elektriny o 1,3 – 3,0 eurocentov na 1 kWh. Iný spôsob vyjadrenia týchto zvýšených nákladov je ich vyčíslenie vo forme ušetrovaných emisií CO<sub>2</sub>. Náklady sú v súčasnosti vyčíslené na 25 – 60 EUR na tonu zachyteného plynu. Je reálny predpoklad, že prebiehajúci výskum tieto náklady zníži na polovicu.

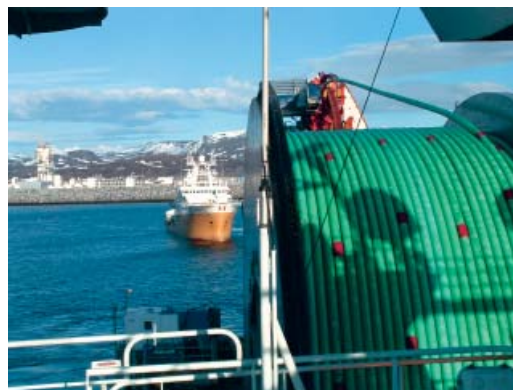
**Náklady na transport** sú relatívne malé, doprava 1 tony zachyteného plynu na vzdialenosť 100 km produktovodom bude stáť 1 – 4 EUR.

**Náklady na skladovanie** závisia do značnej miery na tom, do akej typologickej štruktúry sa rozhodne CO<sub>2</sub> uloží. Pri akviferoch a vyťažených ložiskách ropy a plynu kolíšu náklady medzi 10 – 20 EUR na tonu uloženého plynu. Ak však je pri ukladaní získavaná ropa, alebo plyn, náklady môžu paradoxne klesnúť aj pod nulovú hodnotu, čo znamená, že výnosy z dodatočnej ťažby kompenzujú náklady, čím činia túto alternatívu ziskovou.

## Aké sú riziká pri skladovaní CO<sub>2</sub>?

Tak ako to býva u všetkých technológií, aj so zachytávaním a ukladaním karbón dioxidu sú spojené určité riziká. Základná otázka, na ktorú by sme mali odpovedať je: Sú tieto riziká spojené s diskutovanou činnosťou akceptovateľné? Sú tieto riziká porovnateľné s rizikami, s akými sa stretávame u alternatívnych metód znižovania emisií CO<sub>2</sub>? Hlavná miera rizika je spojená s dopravou a ukladaním. Akékoľvek úložisko musí byť dostatočne ďaleko od rizikových, seizmicky aktívnych oblastí, aby bola zabezpečená ich potenciálna stabilita.

Napr. V USA existuje rozsiahla infraštruktúra produktovodov pre tento plyn (3 100 km). Záznam nehodovosti na plynovodoch udáva 10 prípadov za obdobie 1990 – 2001, bez akýchkoľvek zranení, či strát na ľudských životoch. Napriek tomu nie je vylúčené, že pri preprave CO<sub>2</sub> vo veľkom rozsahu môže dôjsť, jej následky však môžu byť minimalizované pomocou riadiacich a bezpečnostných opatrení, pričom je nepravdepodobné, žeby toto riziko bolo vyššie, ako je riziko nehody u bežných plynovodov, tak ako



Ukladanie CO<sub>2</sub> injekčného potrubia na morské dno medzi plyným terminálom v severnom Nórsku a plynovým ložiskom Snorhit v Barentsovom mori (publikované s láskavým povolením fy. Statoil).

to poznáme z mnohých európskych krajín. Navyše, tento plyn je na rozdiel od zemného plynu nehorľavý, takže následky potenciálnych havárií budú určite menšie, ako je tomu u zemného plynu.

Hlavným rizikom. Spojeným so skladovaním, je havária vrtu pri zatlačaní CO<sub>2</sub>, v dôsledku čoho môže dôjsť k jeho migrácii smerom dohora. Pravdepodobnosť náhleho úniku CO<sub>2</sub> uloženého v podzemnom úložisku je veľmi malá a úplne porovnateľná s únikmi zemného plynu z plynových zásobníkov, ktoré sú veľmi zriedkavo pozorované.

Napriek tomu v mnohých vedeckých inštitúciách na svete prebieha výskum, zameraný na rizikové faktory:

- Detailné štúdie fyzikálnych a chemických procesov v úložiskách
- Procedúry výberu vhodných lokalít, vrátane analýzy seizmického rizika (zemetrasenie)
- Nástroje pre predpovedanie dlhodobého chovania CO<sub>2</sub>
- Monitorovacie a verifikačné technológie
- Metódy hodnotenia rizík a procesy riadenia rizika
- Správne pracovné postupy a normy
- Integrita vrtov

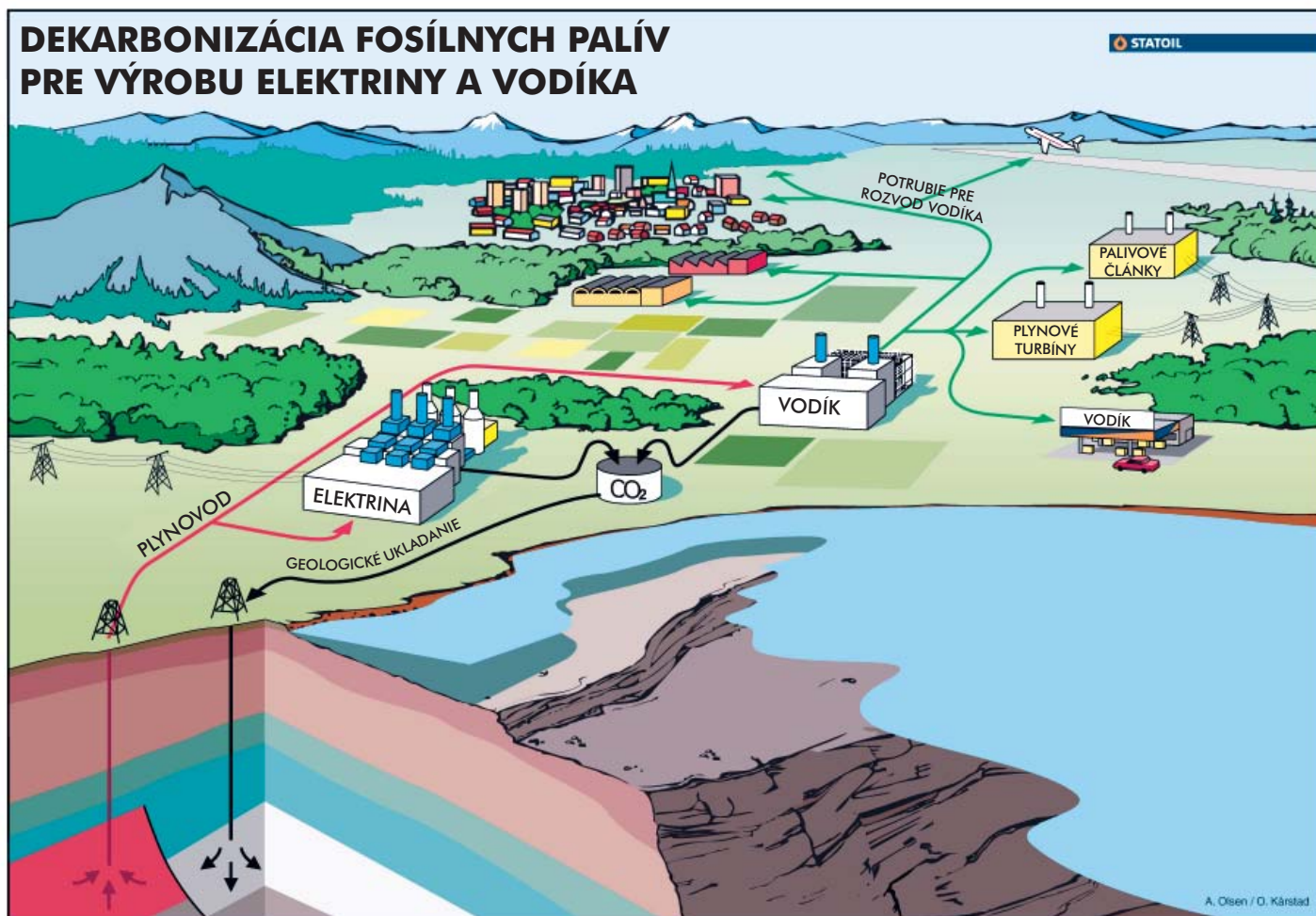
## Stimuly

Pre preniknutie technológie zachytávania a skladovania CO<sub>2</sub> do praxe je potrebné stimulovať a požadovať značné investície do tohto takpovediac „prídavného procesu“ od energetických spoločností a príslušných priemyselných odvetví (hutníctvo, výroba cementu...) Preto musia byť stanovené ceny za emisie, ktoré môžu mať podobu „uhlíkovej dane“ alebo podobu systému obchodovania.

V systéme obchodovania je vytvorený trh s tzv. povolenkami na CO<sub>2</sub> pričom je stanovené maximálne množstvo emisií pre jednotlivé štáty a emitentom tohto plynu sú pridelené povolené množstvá – kredity. Systém emisného obchodovania EÚ výslovne zahŕňa aj využitie zachytávania a ukladaní CO<sub>2</sub> (rozhodnutie Európskej Komisie z 24. januára 2004), čím má byť umožnené, aby táto technológia bola priradená k nízko emisným zdrojom energie a aby bolo zaistené, bezpečné a trvalo udržateľné dodávanie energie do Európy v predvídateľnej budúcnosti.

Ak dôjde ku rozvoju zachytávania a skladovania oxidu uhličika a jeho ceny poklesnú na úroveň 20 EUR/t zachyteného plynu, rovnako, ak sa geologické skladovanie osvedčí ako schodná a bezpečná cesta pre zníženie emisií

skleníkových plynov, môže byť táto technológia zavedená do priemyslového využívania v priebehu jedného desaťročia. Pravda za predpokladu, že spolu s ňou vstúpi do platnosti aj príslušný fiškálny a regulačný režim.



*Možná situácia v budúcnosti: z fosílnych palív sa vyrába elektrina a vodík, zatiaľ čo CO<sub>2</sub> je zachytávané a ukladané (publikované s láskavým povolením firmy Statoil)*

### Ďalšie informácie:

— **[www.co2net.com](http://www.co2net.com):** CO<sub>2</sub>NET je európska tématická sieť, zameraná na vzdelávanie a poskytovanie informácií pre politikov a ďalších zainteresovaných jednotlivcov a inštitúcie.

### Tieto stránky poskytujú detailné informácie o technológiách a projektoch:

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

— **[www.ieagree.org.uk](http://www.ieagree.org.uk):** Program skleníkových plynov Medzinárodnej energetickej agentúry (IEA) je formou medzinárodnej spolupráce, ktorej cieľom je rozvíjať technológie, šíriť výsledky a identifikovať ciele pre výskum v oblasti CCS.

— **[www.co2captureproject.org](http://www.co2captureproject.org):** CCP je medzinárodný projekt financovaný ôsmimi spoločnosťami zo skupiny najväčších svetových energetických firiem.

— **[www.cslforum.org](http://www.cslforum.org):** Carbon Sequestration Leadership Forum je medzinárodná iniciatíva pre klimatické zmeny na vládnej úrovni.

— **[www.ipss.ch](http://www.ipss.ch):** Medzinárodný panel o zmene klímy. Vydal zvláštnu správu o CCS v r. 2006

— **[www.climnet.org/CTAP](http://www.climnet.org/CTAP):** CAN Sieť mimovládnych organizácií zaoberajúcich sa klimatickými zmenami, usporiadala o CCS špeciálny workshop.

© CO<sub>2</sub>NET 2007

Tento leták je výstupom projektu CO<sub>2</sub>NET2, podporovaného Európskou Komisiou. Zostavený bol v Utrecht Centre for Energy research s príspevom mnohých členov CO<sub>2</sub>NET.

Slovenský preklad: RNDr. Ľudovít Kucharič, CSC.

Zodpovedný redaktor: RNDr. Ladislav Martinský. Grafická úprava a sadzba: Helena Balláková, RNDr. Ladislav Martinský

Vydal: Štátny Geologický Ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava