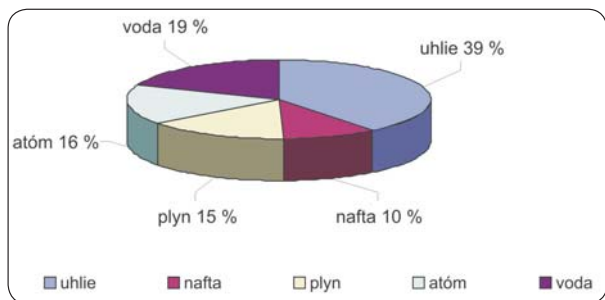


Zmeny klímy a úloha geológie pri ich riešení

V súčasnosti je v prevažnej väčšine prípadov a oficiálnych stanovisk, premietnutých aj do politických či legislatívnych rozhodnutí akceptovaný záver, že klimatická zmena (globálne otepľovanie) je spojená so zvyšujúcou sa koncentráciou skleníkových plynov v atmosfére. Oxid uhličitý, ako najdôležitejší zo skleníkových plynov, ktorému sa pripisuje najpodstatnejší príspevok v procese globálneho otepľovania, sa dostáva do atmosféry hlavne cez spaľovanie fosilných palív (uhlie, zemný plyn, nafta). Ak si položíme jednoduchú otázku, či môže byť súčasná civilizácia na poli znižovania neželateľne vysokých koncentrácií tohto plynu v atmosfére úspešná, postupne zisťujeme, že problém je veľmi zložitý, pretože sa dotýka samotnej existencie populácie, ak by mali byť zabezpečené hlavne jej požiadavky týkajúce sa spotreby energie, ako jedného z najdôležitejších motorov ďalšieho rozvoja.

UN – FCCC (UN Convention on Climate Change – OSN dohoda o klimatickej zmene) ultimatívne žiada stabilizáciu skleníkových plynov na úrovni, ktorá by zabránila nebezpečnému ovplyvneniu klimatického systému. Správa IPCC (Medzinárodný panel pre klimatickú zmenu) naznačuje, že pravdepodobnosť významných nielen environmentálnych, ale aj sociálnych škôd bude veľmi vysoká, ak sa nepodarí udržať koncentráciu CO_2 na úrovni 550 ppm. Pre tento účel bude potrebné postupne redukovať emisie CO_2 v atmosfére. V EÚ je predstava, že do roku 2020 by to malo byť o 20 %, a do roku 2050 až o 50 – 60 %. To je teda žiadaný smer, ku ktorého dosiahnutiu by malo smerovať naše snaženie. Ak si však rozanalyzujeme rôzne scenáre týkajúce sa výroby elektrickej energie vo svete, po ich syntéze dochádzame k jednotnému záveru, že uhlie bude ešte najbližších 30 rokov hlavným zdrojom energie. Energia získavaná z tepelných elektrární má v spektre energetických zdrojov rozhodujúci podiel, teda vplyv spaľovania fosilných palív je jasne dominujúci, z čoho jednoznačne vyplýva, že príspevok emisií CO_2 bude pretrvávajúť (obr. 1).

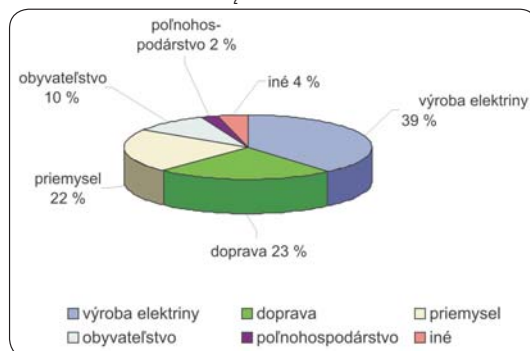
Obr. 1 Zdroje pre výrobu elektrickej energie vo svete



K tomu je potrebné pripočítať zvyšujúci sa podiel obyvateľstva, zvyšujúce sa energetické nároky, vyplývajúce zo súčasného spôsobu života a hlavne „hlad“ po energiách v expandujúcich ekonomikách Číny (najväčší svetový producent CO_2 – 6,2 GT v roku 2007) a Indie, kde je táto potreba saturovaná takmer výlučne výstavbou uhoľných tepelných elektrární. V „zálohe“ sú krajiny Afriky, kde je spotreba energie na obyvateľa zatiaľ najnižšia vo svete. Len pre ilustráciu uvádzame, že energetická spotreba priemerného Američana je 10-krát vyššia ako priemerného Číňana a 25-krát vyššia ako priemerného obyvateľa Indie. Ak by všetci v dnešnom svete bez rozdielu používali energiu na úrovni dnešného Američana, dopyt po energiách by bol viac ako päťnásobok v súčasnosti vyrábanej úrovni. Okrem energie-

tického sektora sú hlavnými prispievateľmi znečisťovania oceliárstvo, rafinérie, cementársky priemysel a doprava. Celkový obraz produkcie emisií CO_2 dokumentuje obr. 2.

Obr. 2 Podiel na celkových emisiách CO_2 v celosvetovom meradle podľa sektorov Zdroj: EIA



Týmto krátkym úvodom sme chceli upozorniť na šírku a hĺbku diskutovaného problému, ktorý ďaleko presahuje environmentálnu oblasť a predstavuje, s výnimkou globálnych vojnových konfliktov, najväčší problém, stojaci pred súčasnou civilizáciou. Je samozrejmé, že na každú diery sa nájde záplata, a preto aj tento problém má vytýčené cesty, ktorými by sa malo jeho riešenie uberať. Tieto sú nasledujúce: (1) zvýšenie účinnosti tepelných elektrární so zariadením na zachytávanie CO_2 ; (2) intenzívnejšie využívanie obnoviteľných, resp. iných zdrojov energie; (3) uskladnenie vzniknutého CO_2 v podzemných priestoroch.

V prvom prípade budeme musieť počítať s tým, že splnenie takejto predstavy bude vyžadovať pomerne veľký balík prídavných investícií pre výrobcov energie, čo sa nevyhnutne premietne do jej ceny. Predbežné odhady naznačujú, že vybavenie elektrárne zachytávacím zariadením pre CO_2 zvýši cenu energie o 40 – 70 %. Tento postulát tiež naznačuje, že v oblasti samotnej spotreby by sme sa mali správať viac ekonomicky, čo v tomto prípade možno skutočne nahradiť často používaným klišé – ekologicky. Uvážlivé mienanie energie je hlavnou témou dňa, a to či už vo výrobné sfére alebo v domácnostiach.

Zdroj: WNA

Obnoviteľné zdroje energií sú v súčasnosti veľmi populárne a propagované, ich podiel však nie je zatiaľ významný (vodná, snežná, veterná). Veľmi propagovaná produkcia

biomasy pre výrobu energie sa tak trochu vymyka z rúk, pretože ako ukázali praktické skúsenosti, jej forsírovanie spôsobuje negatívne ovplyvnenie produkcie potravín, čo je citelné hlavne v rozvojových krajinách, ale už badateľné aj v našich podmienkach. Rozhodujúcu úlohu v tomto smere bude zohrávať produkcia atómových elektrární, napriek značnému odporu v množstve krajín. Pochopiteľne, úroveň ich bezpečnosti musí byť čo najvyššia. Práve atómová energia je kapacitne schopná vykryť medzeru, ktorá sa môže vytvárať v dôsledku stretu záujmov medzi požiadavkami na energiu a požiadavkami na znižovanie emisií CO_2 . Takže nakoniec nám ostáva uskladniť CO_2 do vhodných podzemných priestorov, teda tam, kde podstatná časť emisií vo forme uhlíka vznikla, čo predstavuje akýsi uzatvorený kruh.

Problematika uskladňovania CO_2 bola už v zárodku odvodená z fažby uhľovodíkov (nafty a zemného plynu), pretože ide vlastne v pôvodnom zámere o vyplnenie vyťaže-

ných priestorov predmetným plynom. Na podobnom princípe fungujú už dlhší čas strategické zásobníky plynu aj na našom území vo Viedenskej panve (Záhorskej nížine). V európskych rozmeroch výskum na tomto poli trvá už viac ako 15 rokov. V súčasnosti možno uskladňovanie oxidu uhličitého rozdeliť do týchto kategórií (obr. 3):

1. Uskladňovanie do rozsiahlych (regionálnych) zvodnených vrstiev (akvíferov), ktoré obsahujú slanú vodu, nevhodnú pre pitné účely. Tieto objekty z hľadiska praktického využitia poskytujú najrozsiahlejšiu kapacitu, pre uskladnenie, ale relevantné vedomosti

o ich geometrických parametroch, fyzikálnych a chemických vlastnostiach, potrebných pre uskladnenie CO_2 sú vo väčšine prípadov nedostatočné.

2. Uskladňovanie do vyťažených naftových a plynových ložísk predstavuje objekty, o ktorých máme najviac potrebných vedomostí, vďaka ťažobnej činnosti v minulosti. Jedným z obmedzení je tu ich objem a celková početnosť výskytu na území toho-ktorého štátu. Do tejto kategórie možno zaradiť metodu EOR (EGR) Enhanced Oil (Gas) Recovery, ktorá predstavuje zatlačenie CO_2 do vyťažených štruktúr za účelom zvýšenia výťažnosti ložiska (vytláčenie zvyšnej ropy, alebo plynu pomocou CO_2), pretože značná časť uhľovodíkov ostáva v ložiskách aj po ich vyťažení. Takto sa vlastne sledujú dva ciele – uskladnenie CO_2 a zvýšenie efektívnosti ťažby, čo posúva túto metodu aj do priaznivých ekonomických relácií.

V obidvoch uvedených prípadoch musíme zdôrazniť, že musia byť splnené tieto základné podmienky:

- Minimálna hĺbka uloženia musí byť cca 800 m pod povrchom, kedy je CO_2 v tzv. superkritickom stave, reprezentujúci tlak 7,4 barov a teplotu nad 31,1 °C. V takomto stave vykazuje vlastnosti tak kvapaliny, ako aj plynu.
- Nadložie skladovacieho priestoru musí byť nepriepustné a neporušené (tektonickými procesmi, staršími vrstvi).
- Tesniaci efekt zo strán rezervoára je žiadaný (táto podmienka nebuva často splnená pri regionálnych akvíferoch).

3. Uskladnenie vo vyťažených alebo nevyťažených uhoľných slojoch. Uhlie dokáže veľmi dobre absorbovať oxid uhličitý a navyše pri injekcii vytláča uhlí prítomný metán. V porovnaní s predošlými spôsobmi problém spočíva v tom, že predmetné objekty neposkytujú významnú kapacitu.

V prípadoch uvedených v bodoch 1 – 3 vzniká potreba monitorovania a to počas naplňovania úložiska a aj dlhý čas po jeho uzatvorení (minimálne niekoľko 100 rokov!), pretože takýto objekt reprezentuje v podstate ložisko nebezpečného odpadu. Z tohto postulátu vychádza postoj verejnosti, ktorý, ako to ukazuje každodenná prax, je v takýchto prípadoch vždy zamietavý. To už je úloha pre príslušné exekutívne orgány, resp. možnosť pre tretí sektor rozvinúť širokú edukačnú kampaň v prospech takejto metódy.

4. Minerálna sekvestrácia je v porovnaní s predošlými spôsobmi zatiaľ na „nižšom stupni rozvoja“, jednako však ponúka veľmi priaznivé možnosti pre uskladnenie. Základný princíp spočíva v tom, že sa využívajú ultramafické



a mafické (ultrabázické a bazické) horniny ako skladovacie médium (serpentinity, dunity, bazalty, ale je možné využiť aj napr. elektrárenské popoly). „Karbonátické“ komponenty (prvky, ktoré bývajú súčasťou karbonátov, ako napríklad Mg, Ca, Mn) obsiahnuté v mineráloch vytvárajúcich takéto horniny, sú vhodným prostredím pre uskladnenie, pretože reagujú s oxidom uhličitým, čím vznikne druhotná surovina, napríklad magnezit, a produktom rozkladu – reakcie môže byť tiež čistý kremeň a železo.

Výsledkom reakcie je prakticky inertný materiál, ktorý nie je potrebné monitorovať ako skvapalnený oxid uhličitý v uhľovodíkových ložiskách a aquiferoch. Odporcovia tohto spôsobu dôvodia energetickou náročnosťou a negatívnym vplyvom na krajinné prostredie (lomy), toto však môže byť sanované novovzniknutým materiálom.

výstroja injektážnych a monitorovacích vrtov, sledovanie postupnosti naplňovania rezervoáru (4 D seizmika, gravimetria), ako aj sledovanie možných únikov pozdĺž zlomov, vrátane prirodzenej a indukovanej seizmicity. Aj keď na jednej strane je situácia od úložiska ku úložisku rôzna v závislosti na variabilite geologických podmienok, práve vyššie uvedené pilotné projekty budú vytvárať a dopĺňať základnú vedomostnú bázu o správaní sa CO_2 v podmienkach uskladnenia.

V EÚ už od roku 1996 bolo otvorených niekoľko projektov, zaoberajúcich sa základnými atribútmi zachytávania a skladovania CO_2 . V súčasnosti prebieha vedeckovýskumný projekt GEOCAPACITY, ktorého hlavnou úlohou je zistiť potenciál spoločenstva pre uloženie CO_2 v podzemných priestoroch. Výpočty sú, samozrejme, približné, pretože do

objem z hľadiska celoslovenskej ročnej produkcie.

Uhoľné sloje sú v slovenských podmienkach na ukládanie CO_2 nevhodné, keďže sú veľmi plytko uložené. Okrem toho sú tektonicky veľmi intenzívne prepracované, čo zvyšuje riziko možných únikov. V tomto štádiu sa s nimi ako vhodným médium pre uskladnenie nepočíta. Ultrabázické horniny, aj keď nie sú početne zastúpené na našom území, sú predmetom nášho intenzívneho skúmania, ako potenciálne skladovacie médium. Na konkrétne výsledky si budeme musieť ešte počkať.

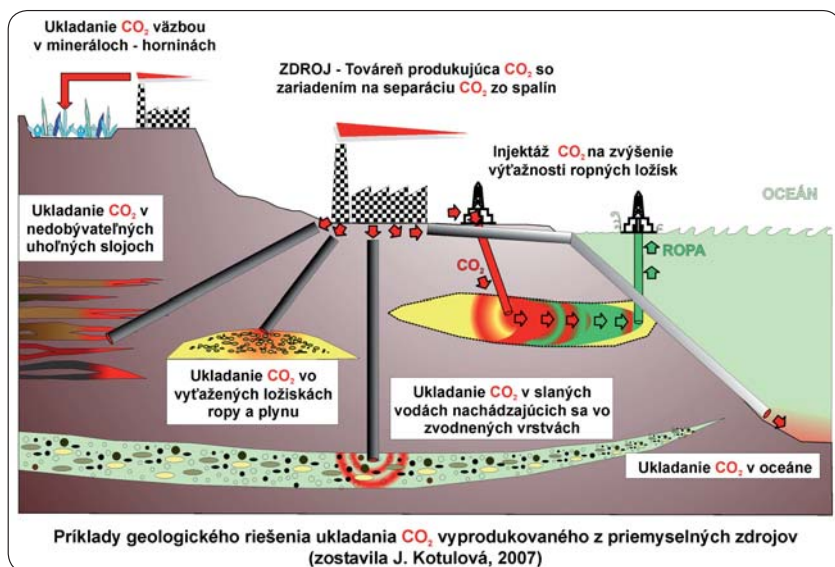
Ako je vidieť z predloženého náčrtu, svet sa seriózne zaoberá o daný globálny problém. Je ale potrebné upozorniť na záver správy IPCC (2007), že fyzikálne účinky globálneho otepľovania sú oveľa rýchlejšie, než sa očakávalo.

Podľa záverov štúdia sira Nicolasa Sterna (2008) vynaložené prostriedky vo výške 1 % of GDP (Gross Domestic Product – hrubý domáci produkt) z každej krajiny, predstavujúce sumu 350 – 480 miliárd dolárov ročne by boli dostatočné na zvrátenie tohto nepriaznivého stavu. Otázka znie, či je možné vyzbierať každoročne takúto sumu, vzhľadom na súčasnú globálnu finančnú krízu. Pretože ako upozorňuje vyššie uvedený autor, takéto výdavky sú síce enormné, ale zvládnuteľné. Každé oneskorenie v tomto snažení zvyšuje nebezpečenstvo negatívnych účinkov klimatickej zmeny a aj vyššie uvedené výdavky samotné.

RNDr. Ľudovít Kucharič

Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava

Obr. 3 Schéma skladovacích možností oxidu uhličitého



Príklady geologického riešenia ukladania CO_2 vyprodukovaného z priemyselných zdrojov (zostavila J. Kotulová, 2007)

V súčasnosti je pred dokončením európsky legislatívny nástroj – Návrh smernice Európskeho parlamentu a Rady o geologickom ukladaní oxidu uhličitého, ktorou sa menia a dopĺňajú smernice Rady 85/337/EHS a 96/61/ES, smernice 2000/60/ES, 2001/80/ES, 2004/35/ES, 2006/12/ES a nariadenie (ES) č. 1013/2006. Po schválení smernice bude celý proces uskladňovania tohto plynu riadený v zmysle tohto predpisu.

Hoci v súčasnosti reálna situácia s priemyselným uskladňovaním vo svete nie je tak „bohatá“ – ukladá sa v Nórsku na dvoch úložiskách (Sleipner, Snøhvit), v Kanade (Weyburn) a Alžírsku (In Salah), započal sa, resp. sa plánuje v najbližšej budúcnosti proces budovania pilotných projektov pre úložiská, (Nemecko – Ketzin, Schwarze Pumpe, Dánsko – Kalundborg, Veľká Británia – Walleys, Španielsko – Casablanca, Austrália – Gorgon, Japonsko – Nagaoka...), z čoho vidieť, že svet sa týmto problémom vážne zaoberá.

Je nesporným faktom, že v procese podzemného uskladňovania oxidu uhličitého rozhodujúcu úlohu zohráva geológia so svojimi vedomosťami, a to v celom širokom spektre jej disciplín. Od bazénových štúdií, cez určenie základných črt geologickej a tektonickej stavby zistených tak z mapovania, vrtov, ako aj z interpretácie geofyzikálnych metód účelovo cielených na charakterizáciu rezervoárových a tesniacich parametrov úložiskových objektov, (napr. pórovitosť, priepustnosť, teplota, tlaky, mineralizácia a geochemické zloženie vody, kolektorských horizontov...). V štádiu monitoringu je pozornosť venovaná celistvosti

nich vstupuje množstvo interpretovaných, resp. odhadnutých parametrov, skúsenosti však poukazujú na fakt, že v ďalšom postupe výskumu pri spresňovaní požadovaných dát na základe cieľového výskumu sa pôvodné vypočítané objemy zvyčajne zmenšujú.

V podmienkach Slovenskej republiky sú podľa doterajších výskumov zistené aquifery v Podunajskej a Východoslovenskej panve a to vo vhodných hĺbkach od jedného až takmer po 3 km. Tieto slané zvodené vrstvy, v zmysle prvotného ocenenia, vzhľadom k ich objemovým parametrom, poukazujú na ich vhodnosť pre daný účel. Ich odhadnutá kapacita ďaleko prevyšuje ročnú produkciu emisií Slovenska, ale poznatková základňa o potrebných vstupných parametroch nie je dostačujúca. Podľa predbežných, veľmi hrubých odhadov, by sa v nich mohlo uskladniť okolo 13,841 gigaton CO_2 , čo by pri súčasnej ročnej slovenskej produkcii (okolo 35 megaton) znamenalo skladovací priestor pre niekoľko desaťročí. V Podunajskej panve tu prístupuje navyše vážny stret záujmov – problém mohutného rezervoáru podzemných pitných vôd, (najväčšieho v strednej Európe) nachádzajúceho sa v nadloží predmetných horizontov.

Z hľadiska využitia vyťažených uhľovodíkových ložísk, ako vhodné oblasti prichádzajú do úvahy, samozrejme, tie, kde boli tieto ložiská ťažené. Sú to viedenská, podunajská a východoslovenská treťohorná panva. Podľa iniciálnych kalkulácií by sa do vyťažených priestorov mohlo injektovať okolo 133 miliónov ton CO_2 , čo nepredstavuje významný

Skleníkové plyny v Európe 2008

Správa Skleníkové plyny v Európe 2008 – trendy a ďalší vývoj sa zaoberá zhnotením tvorby skleníkových plynov v rokoch 1990 až 2006 a ďalším predpokladaným vývojom v rokoch 2008 až 2012, t. j. v období platnosti Kjótskeho protokolu. Podľa správy Európskej environmentálnej agentúry (EEA) možno predpokladať, že v období 2008 až 2012 sa krajinám EÚ-15 môže podariť spoločne znížiť emisie skleníkových plynov o viac ako 11 % v porovnaní s rokom 1990, a tým splniť záväzky vyplývajúce z Kjótskeho protokolu – dosiahnuť plánovanú redukciu skleníkových plynov o 8 %. Štáty EÚ-12 (t. j. krajiny, ktoré vstúpili do EÚ v rokoch 2004 až 2007, teda aj Slovenská republika) by nemali mať problém splniť svoje individuálne kjótske záväzky. (Pokračovanie v prílohe na s. 4 – 6)

