

Zachytávání a ukládání CO₂ (CCS)

<http://www.geology.cz/ccs>

Vítejte na českém národním informačním portálu pro technologie zachytávání a ukládání CO₂. Zachytávání a ukládání CO₂ (CO₂ capture and storage, někdy také carbon capture and storage / CCS) je jednou z perspektivních možností, jak omezit emise skleníkových plynů do atmosféry a dosáhnout tak zmírnění změny klimatu. Více informací o technologii CCS můžete najít [zde](#).

Cílem tohoto portálu je mj. poskytovat zájemcům aktuální informace z oboru, z domova i ze zahraničí. Tyto informace najdete v sekci [Novinky](#). Informace o připravovaných událostech najdete v sekci [Kalendář](#). Sekce [Odkazy](#) obsahuje obsáhlou databázi internetových adres, kde najdete velké množství dalších informací z oboru. V sekci [Ke stažení](#) je k dispozici řada užitečných dokumentů týkajících se CCS.

Tento portál byl zřízen Českou geologickou službou v roce 2006 v rámci projektu [CO2NET EAST](#) a dále rozvíjen v rámci projektu [CGS Europe](#) (2010-2013). V letech 2015-2016 byl rozvoj portálu součástí projektu [REPP-CO2](#), podpořeného grantem z Norska. V květnu 2016 byl zveřejněn nový web tohoto portálu na současné adrese <http://www.geology.cz/ccs>. V období 2020-2024 je update a rozvoj webu součástí projektu [CO2-SPICER](#), který je podpořen grantem Norska a Technologické agentury České republiky.

Technologie CCS

CCS je zkratkou anglického výrazu Carbon Capture and Storage (případně Carbon Capture and Sequestration), tedy zachytávání a ukládání oxidu uhličitého. Jedná se o ucelený soubor technologií, který může zabránit vypouštění velkých množství oxidu uhličitého (CO₂) do atmosféry.

Jak už název napovídá, prvním krokem celého procesu je zachycení CO₂ před jeho vypuštěním do atmosféry. To probíhá obvykle ve velkých průmyslových závodech, generujících značná množství tohoto plynu. Zachycený oxid uhličitý se poté přepraví na pečlivě zvolené místo umožňující jeho bezpečné uložení. Zde se pomocí speciálních vrtů vtlačí do horninových struktur hluboko pod zemským povrchem, kde zůstane trvale uložen. CCS nabízí možnost výrazného omezení množství CO₂ vypouštěného do atmosféry, a považuje se proto za klíčovou součást celkového mixu opatření nutných pro snížení emisí skleníkových plynů.

Podívejte se na [informativní video](#) ilustrující význam technologie CCS.

Celý technologický proces CCS tvoří tři hlavní fáze:

1. **Zachytávání** – separace CO₂ od jiných plynů produkovaných ve velkých průmyslových provozech, například uhelných a plynových elektrárnách, ocelárnách nebo cementárnách.

2. **Přeprava** – zachycený oxid uhličitý se stlačí a obvykle speciálním potrubím přepraví do lokality vhodné pro jeho hlubinné uložení.
3. **Ukládání** – CO₂ se vtlačí do horninových struktur ležících hluboko pod zemským povrchem, v hloubkách kolem jednoho kilometru a více.

Podívejte se na [informativní video](#) s názornými animacemi ukazujícími, jak funguje zachytávání, doprava a ukládání CO₂.

Vliv CO₂ na změnu klimatu

Výzkumy jednoznačně prokázaly, že množství oxidu uhličitého (CO₂) vypouštěné do atmosféry se ve srovnání s dobou před začátkem průmyslové revoluce mnohonásobně zvýšilo. Pokud se nám nepodaří množství CO₂ v atmosféře snížit, bude svět čelit dopadům změny klimatu. Dlouhodobé sledování potvrzuje, že zvyšující se podíl CO₂ v atmosféře, který je přímým důsledkem lidské činnosti, způsobuje oteplování naší planety a okyselování oceánů. Na to, abychom s tímto nepříznivým trendem něco udělali, nemáme přitom mnoho času. Do boje proti již probíhajícím klimatickým změnám se navíc musí zapojit co největší část populace naší planety. Vědci očekávají, že pokud nezačneme okamžitě jednat, bude se teplota na Zemi stále zvyšovat. To vyvolá změnu klimatu, zvyšování hladiny moří a celou řadu dalších negativních dopadů na pevninu i oceány.

CO₂ je skleníkový plyn

CO₂ je naprosto nezbytný pro život na Zemi. Takzvané skleníkové plyny, mezi něž patří i CO₂, zabraňují úniku určité části tepla vytvořeného slunečními paprsky zpět do vesmíru. Díky tomu je na naší planetě dostatečné teplo, umožňující přežití živých organismů. Mezi běžné skleníkové plyny, které se přirozeně vyskytují v atmosféře a zachycují určitou část slunečního tepla, patří vodní páry, CO₂, metan a oxid dusný.

CO₂ je zároveň klíčovou součástí potravního řetězce většiny živých tvorů. Také se používá jako „bublínky“ v sycených nápojích, pivu a šampaňském.



Faktory ovlivňující množství CO₂ v atmosféře.

Příliš mnoho CO₂

V přírodě funguje přirozený koloběh, při němž se CO₂ dostává do atmosféry a zase z ní mizí. Rostliny CO₂ spotřebovávají k výrobě energie, kterou potřebují k růstu. Zvířata naopak při spalování energie CO₂ vytvářejí a vydechují jej. Vlivem industrializace a procesů vyvolaných průmyslovou revolucí však lidstvo do ovzduší začalo vypouštět velké množství CO₂ „navíc“. To pak vede k rychlému oteplování naší planety.

Při výrobě elektřiny pomocí fosilních paliv vzniká během hoření velké množství CO₂, které se následně dostává do atmosféry. Podobně i při těžbě a následném zpracování zemního plynu se uvolňuje CO₂ a dostává se do atmosféry. Velká množství CO₂ vznikají i při mnoha průmyslových procesech, jako jsou rafinace ropy, výroba železa a oceli, cementu nebo čpavku. K dalším významným zdrojům CO₂ patří emise z osobních i nákladních automobilů, lodí nebo letadel, ale i kotle používané pro vytápění budov.

Dalším faktorem, který nemalou měrou přispívá ke zvyšování množství CO₂ v atmosféře, je kácení lesů. V důsledku úbytku zeleně oslabuje přirozená regulace množství skleníkových plynů, protože menší počet rostlin nedokáže vstřebat nadbytek CO₂.

Více informací o tom, proč dochází ke změnám klimatu a co se s touto situací dá dělat, najdete na adrese CO2degrees.



Skleníkový efekt.

Zachytávání CO₂

Zachytávání oxidu uhličitého (CO₂) je prvním krokem procesu zachytávání a ukládání tohoto skleníkového plynu, který je znám pod zkratkou CCS (Carbon Capture and Storage). Jedná se o soubor technologií s cílem zabránit vypouštění nadměrného množství CO₂ do atmosféry. Oxid uhličitý lze zachytávat u velkých producentů emisí. Mezi ně patří například elektrárny spalující uhlí a zemní plyn, úpravny zemního plynu, ocelárny, cementárny, papírny, celulózky nebo továrny na hnojiva. Využití CCS u těchto procesů může hrát významnou roli při snižování celosvětových emisí skleníkových plynů. V provozech zabývajících se úpravou zemního plynu a výrobou hnojiv se technologie pro separaci/zachytávání oxidu uhličitého používají ve velkém měřítku již několik desítek let a nedávno byla tato technologie poprvé uplatněna i při výrobě elektřiny.

Jak zachytávání CO₂ probíhá?

Energie obsažená ve fosilních palivech, jako je uhlí, ropa nebo zemní plyn, se uvolňuje při procesech spalování a konverze paliv, při nichž jako vedlejší produkt vzniká CO₂. V systémech, kde se uhlí před spalováním drtí na jemný prášek, k nimž patří valná většina

uhelných elektráren v Severní Americe, Evropě i Číně, se CO₂ musí separovat v nízkých koncentracích ze směsi plyných zplodin. V jiných systémech, například těch založených na zplyňování uhlí (kde se uhlí přeměňuje na chemické látky, zemní plyn nebo kapaliny), je separace CO₂ jednodušší.

Zachytávání CO₂ může probíhat třemi různými způsoby: **před spalováním, po spalování a při spalování v kyslíkové atmosféře** se zachycením po spálení.

Zachytávání před spalováním

Při zachytávání před spalováním se palivo nejprve přemění na plynou směs vodíku a CO₂. Vodík se následně oddělí a lze jej spálit, aniž by vznikal další CO₂. Separovaný oxid uhličitý se naopak stlačí do formy vhodné k přepravě a ukládání. Kroky nutné k přípravě (konverzi) paliva jsou v případě zachytávání před spalováním obtížnější nežli u zachytávání po spalování. Proto je použití této technologie u stávajících elektráren složitější. Zachytávání před spalováním se používá v různých průmyslových procesech (například úprava zemního plynu), v energetice pak najde využití u nových projektů, zejména s kombinovaným cyklem.



Zachytávání před spalováním.

Zachytávání po spalování

Při zachytávání po spalování se CO₂ odlučuje z plynů vznikajících jako zplodiny hoření. Lze jej zachytávat pomocí kapalných rozpouštědel nebo jiných metod separace. Při použití absorpčního principu se CO₂ zachycený v rozpouštědle následně zahřátím opět uvolní, čímž vzniká proud vysoce čistého CO₂. Tato technologie se běžně používá pro potřeby potravinářského průmyslu (včetně výroby nápojů).



Zachytávání po spalování.

Spalování v kyslíkové atmosféře

Při spalování v kyslíkové atmosféře palivo nehoří za přítomnosti vzduchu, ale v atmosféře obsahující kyslík a oxid uhličitý. Jako zplodiny hoření tak vznikají převážně vodní pára a CO₂. Ty pak lze od sebe snadno oddělit, čímž vzniká proud vysoce čistého CO₂.



Spalování v kyslíkové atmosféře.

Proč je snižování emisí CO₂ zásadní při výrobě elektřiny?

Elektrárny spalující fosilní paliva produkují větší podíl emisí CO₂ nežli jiná průmyslová odvětví. Nasazení technologie zachytávání a ukládání oxidu uhličitého zde proto ve srovnání s ostatními odvětvími nabízí největší potenciál snížení emisí – a to jak u nových, tak i stávajících elektráren. Technologie pro zachytávání CO₂ lze instalovat u všech nových typů elektráren spalujících uhlí nebo plyn. Technologie CCS však představuje značnou finanční investici. Pro zajištění návratnosti těchto nákladů a dalšího rozvoje CCS je proto nutné vytvořit vhodné právní prostředí, které bude emise oxidu uhličitého do ovzduší pokutovat.

Nejinak je tomu i v případě dovybavování stávajících elektráren technologiemi CCS. Zde je navíc nutná i dostatečná integrace zařízení pro zachytávání CO₂ do stávajícího provozu a existence dodatečného prostoru pro výstavbu nového zařízení.

Proč je důležité snižovat i emise CO₂ produkované průmyslem?

Průmyslové provozy jako cementárny, ocelárny, papírny a celulózky, chemičky a úpravný plynů patří mezi velké zdroje emisí CO₂. Ve srovnání s energetikou společně vyprodukují asi 25 % emisí tohoto skleníkového plynu. Při nasazení technologií CCS v těchto provozech bychom mohli dosáhnout výrazného snížení globálních emisí CO₂. V některých případech nejsou emise CO₂ důsledkem používání fosilních paliv, ale vedlejším produktem technologických procesů probíhajících v těchto zařízeních. U některých procesů (například výroby cementu nebo výroby oceli ve vysokých pecích) je přítom CCS jedinou technologickou možností, jak zajistit výrazné

snížení emisí CO₂.

Fungují už dnes průmyslové provozy, kde se CO₂ zachytává?

Ano. Jednou z prvních oblastí, kde se technologie CCS začala využívat, je úprava **zemního plynu**. Například v rámci norského projektu ukládání oxidu uhličitého Sleipner, který běží už od roku 1996, se každoročně zachytí zhruba milion tun CO₂. Ten se následně vtlačí a trvale ukládá do slaného akviferu ležícího hluboko pod dnem Severního moře.

V Abú Zabí ve Spojených arabských emirátech je aktuálně v běhu první projekt rozsáhlého využití CCS v oboru výroby **železa a oceli**. Mezi další pokročilé projekty využití CCS patří například závod na výrobu **etanolu** v americkém Illinois nebo velké zařízení na **zkapalňování zemního plynu** v Západní Austrálii.

Prvním projektem, který ve velkém využívá technologii CCS při výrobě **elektřiny**, je elektrárna Boundary Dam v kanadském státě Saskatchewan. Do provozu byla uvedena v říjnu 2014. V období 2017-2020 byla v provozu další velká demonstrační elektrárna vybavená CCS - Petra Nova v Texasu. Další projekty jsou v přípravě v USA, Číně a Velké Británii.

Kam se budou technologie zachytávání CO₂ ubírat dál?

Možnosti a funkčnost zachytávání CO₂ byly v uplynulých letech jasně prokázány při úspěšné realizaci pilotních projektů, a v případě průmyslových procesů i na řadě velkých průmyslových instalací. Realitou se stalo i využití této technologie při výrobě elektřiny. Prokázalo se, že technologie funguje; její větší rozšíření v praxi však bude vyžadovat další výzkum zaměřený na snížení nákladů a energetických ztrát. Takovýto pokrok lze u dalších generací technologií pro zachytávání CO₂ oprávněně očekávat.

Celosvětově budou třeba značné finanční investice, které by umožnily v blízké budoucnosti realizovat určitý počet projektů komerčního rozsahu. Toto portfolio nových projektů přinese značné výhody v podobě „učení se přímo praxí“, jež spolu s pokračujícím výzkumem výrazně pomohou snížit náklady na zachytávání CO₂.

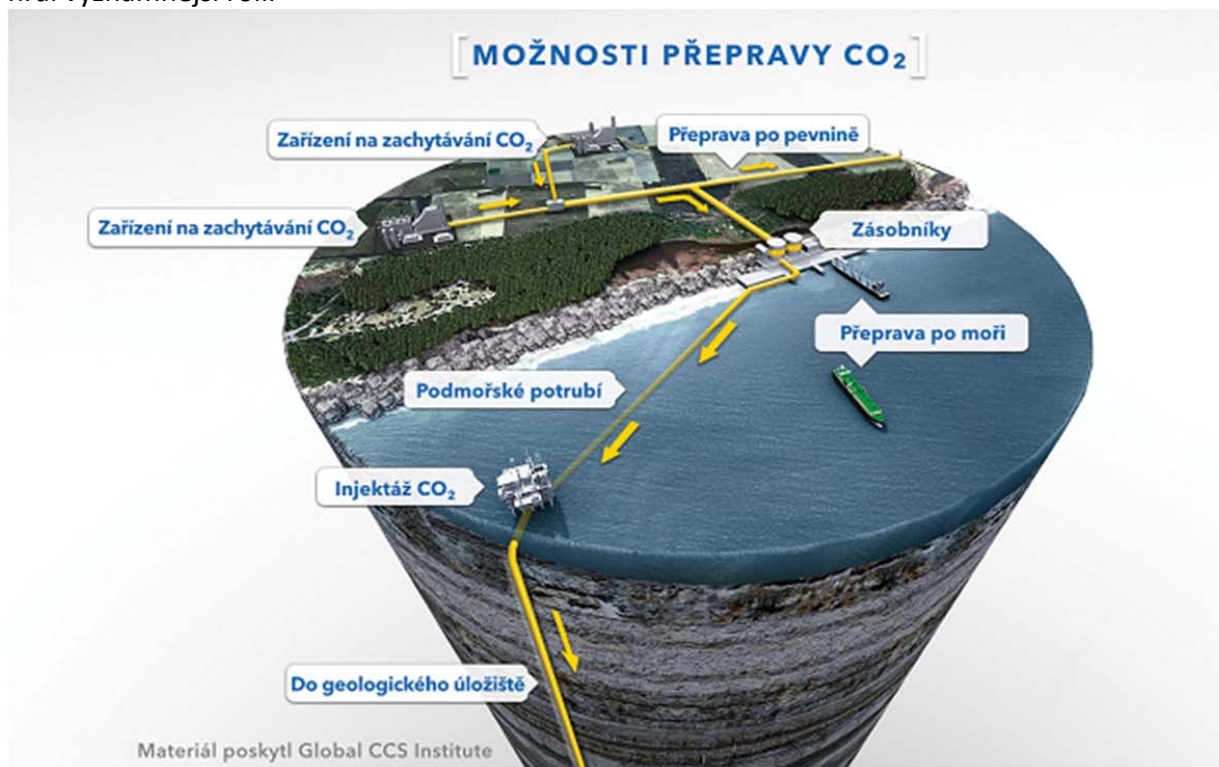
Přeprava CO₂

Bezpečná a spolehlivá přeprava oxidu uhličitého (CO₂) z místa, kde se zachytává, do lokality vhodného úložiště je důležitou složkou procesu CCS. CO₂ se už dnes každý den přepravuje po celém světě; vybudování infrastruktury s dostatečnou kapacitou pro nasazení v potřebném měřítku však bude vyžadovat nemalé investice.

Jak se CO₂ přepravuje?

Nejrozšířenější způsob přepravy velmi velkých objemů CO₂, které jsou při CCS běžné, představují dálková potrubí. Na světě existují již miliony kilometrů potrubí na přepravu různých produktů, mimo jiné i CO₂.

U malých objemů je možná též přeprava po silnici a železnici. Na některých projektových lokalitách se používají nákladní auta s cisternami, která zachycený CO₂ převáží na (obvykle) nedaleké úložiště. Vzhledem k objemům CO₂, které by z dlouhodobého hlediska při využívání CCS bylo třeba zachytávat, je však velmi nepravděpodobné, že by silniční a železniční transport hrál významnější roli.



Možnosti přepravy CO₂.

V mnoha oblastech světa představuje možnou alternativu i lodní přeprava. V omezeném měřítku se již lodní přeprava CO₂ využívá i v Evropě – plavidla převáží vždy asi 1000 tun CO₂ potravinářské kvality od velkých bodových zdrojů do pobřežních distribučních terminálů.



Námořní přeprava a ukládání.

Lodní přeprava CO₂ ve velkém měřítku (s kapacitou v rozmezí 10 000 až 40 000 krychlových metrů) bude mít pravděpodobně mnoho společných prvků s přepravou zkapalněného ropného plynu (LPG). S touto přitom máme již bohaté zkušenosti, neboť toto odvětví se za posledních 70 let rozšířilo po celém světě.

Sběrné uzly, klastry a přepravní sítě pro CO₂

Prvotní poptávka po dodatečné infrastruktuře na přepravu CO₂ bude nejspíše růst jen pozvolna a bude geograficky rozptýlená. Hlavní hnací silou bude průběžné zprovoznění nových zařízení pro zachytávání CO₂, ukládání a využívání i při intenzifikaci těžby ropy (EOR). Rozsáhlé využívání CCS pravděpodobně povede k provázání blízkých zdrojů CO₂ prostřednictvím sběrných uzlů umožňujících jejich napojení na klastry úložných komplexů. Toto propojení bude realizováno buď s využitím lodní dopravy, nebo páteřních sítí dálkového potrubí. Přestože jsou termíny uzel, klastr a páteřní síť do určité míry zaměnitelné, slouží každý trochu jinému účelu.

Jako klastr v souvislosti s CCS označujeme nejčastěji skupinu samostatných zdrojů nebo úložišť CO₂ nacházejících se ve stejné oblasti. Například v Permské pánvi ve Spojených státech se nachází několik klastrů ropných polí, kde se CO₂ přepravovaný sítí dálkových potrubí využívá pro zefektivnění těžby ropy (EOR). Jak název napovídá, sběrné uzly slouží ke shromažďování CO₂ z různých zdrojů a jejich další distribuci do jednoho či více úložišť. Například cílem projektu Jihozápadního sběrného uzlu (South West Hub) v Západní Austrálii je shromažďovat CO₂ z různých zdrojů v průmyslových oblastech Kwinana a Collie pro účely jeho další přepravy a uložení do Lesueurského souvrství v Jižní Perthské pánvi. Jako síť CO₂ označujeme rozšiřitelnou sběrnou a přepravní infrastrukturu zajišťující napojení více zdrojů CO₂.

Mezi výhody budování projektů CCS napojených na uzly, klastry a přepravní sítě patří především úspory vyplývající z velkého rozsahu (nižší jednotkové ceny na vybudování a provoz dálkového potrubí). Celkové ceny na projekt jsou při využití těchto synergií nižší nežli u zcela samostatných projektů, kde každý bodový zdroj musí mít vlastní nezávislou infrastrukturu pro přepravu a ukládání CO₂. Společná a koordinovaně budovaná síť může přinést též výhody v podobě odstranění vstupních překážek pro všechny projekty CCS, které se na ní podílí. Emitenti CO₂ v tomto případě kvůli přepravě a ukládání „svého“ CO₂ nemusí budovat vlastní infrastrukturu.

Je přeprava CO₂ bezpečná?

S budováním i provozem CO₂-produktovodů na pevnině i pod mořskou hladinou máme již dnes bohaté zkušenosti. Jen ve Spojených státech aktuálně funguje na 50 dálkových produktovodů určených pro CO₂, kterými každoročně proteče asi 68 milionů tun tohoto plynu.

Rizika související s potrubní a lodní přepravou CO₂ nejsou o nic vyšší nežli ta, která již dnes bezpečně zvládáme při přepravě uhlovodíků - ropy nebo zemního plynu. Zároveň se však usilovně pracuje na přípravě mezinárodních standardů s cílem dosáhnout ještě větší bezpečnosti a účinnosti celé infrastruktury pro přepravu CO₂.



Přeprava po pevnině.

Na světě již existují rozsáhlé sítě dálkových potrubí, která vedou na souši i pod mořem. Jen ve Spojených státech můžeme najít více než 800 000 km produktovodů na přepravu nebezpečných kapalin a plynů, ale také asi 3,5 milionu kilometrů potrubí na rozvod zemního plynu. Z tohoto celkového množství produktovodů se zhruba 6500 km již dnes využívá k přepravě CO₂.

Zároveň však platí, že infrastrukturní požadavky na dlouhodobé provozování CCS po celém světě jsou velmi vysoké. Podle posledních odhadů (vycházejících z plánu Mezinárodní energetické

agentury na co nejlevnější způsob snížení energetických emisí CO₂ na polovinu do roku 2050) bude během následujících 30 až 40 let potřeba vybudovat infrastrukturu se zhruba stonásobnou kapacitou, nežli máme dnes.

Ukládání CO₂

Ukládání oxidu uhličitého (CO₂) vyprodukovaného lidskou činností pod zemský povrch pomáhá v boji proti změně klimatu tím, že se tento skleníkový plyn nedostane do atmosféry.

Nejedná se přitom o žádnou novinku nebo čistou teorii. Tento princip v praxi funguje mnohem déle, než bychom si mohli myslet – existuje totiž celá řada geologických systémů, v nichž byl CO₂ zcela přirozeně uložen po dlouhá tisíciletí. Stejně tak se CO₂ již desítky let využívá ke zvýšení účinnosti těžby ropy v těžebním průmyslu. Tento postup je znám pod zkratkou EOR – Enhanced Oil Recovery.

Po celém světě najdeme mnoho navzájem podobných geologických útvarů, do nichž bychom mohli uložit množství CO₂ odpovídající průmyslovým emisím tohoto skleníkového plynu za několik stovek let. Přestože geologické ukládání plynů je zcela přirozený proces a v průmyslu se úspěšně využívá již řadu desetiletí, vysvětlit tento proces veřejnosti není vždy zcela jednoduché.

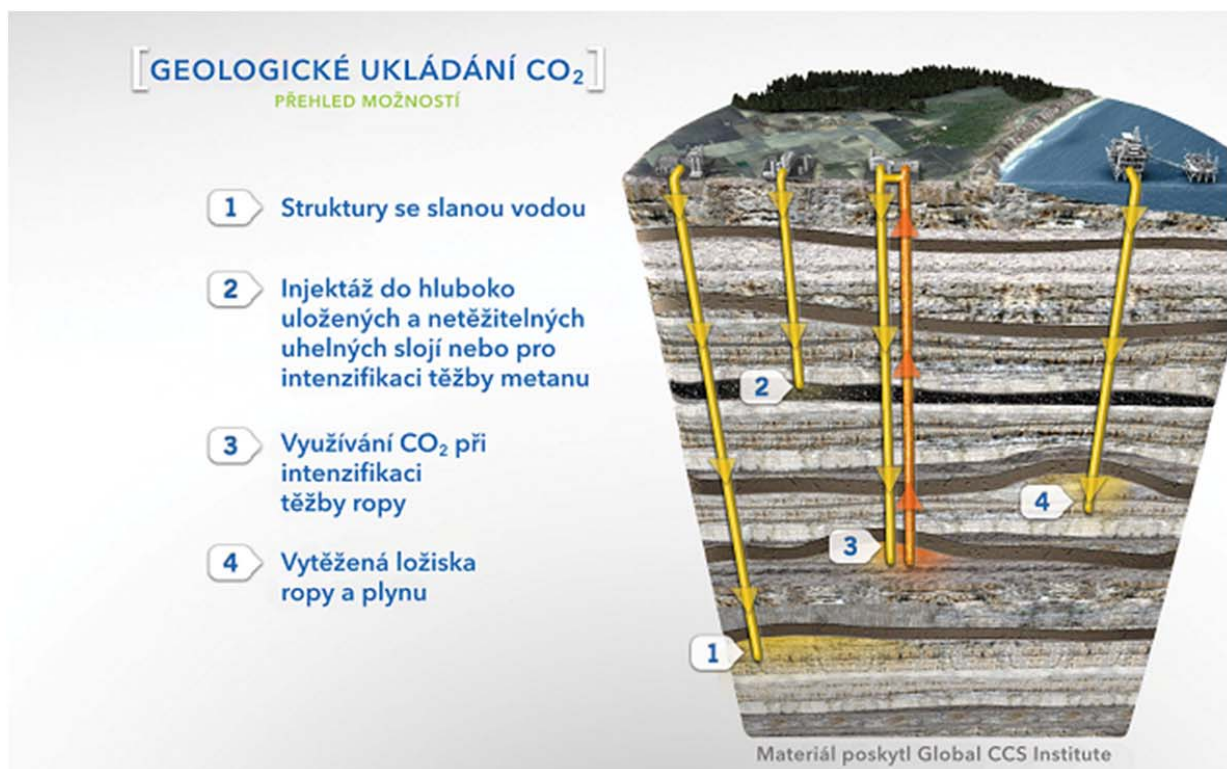
Jak geologické ukládání funguje?

Při geologickém ukládání se CO₂ zachycený během průmyslových výrobních procesů injektuje (vtlačuje) do horninových struktur hluboko pod zemským povrchem. Zde zůstane trvale uložen a nedostane se do atmosféry.

Podívejte se na [informativní video](#) o ukládání CO₂ a jeho bezpečnosti.

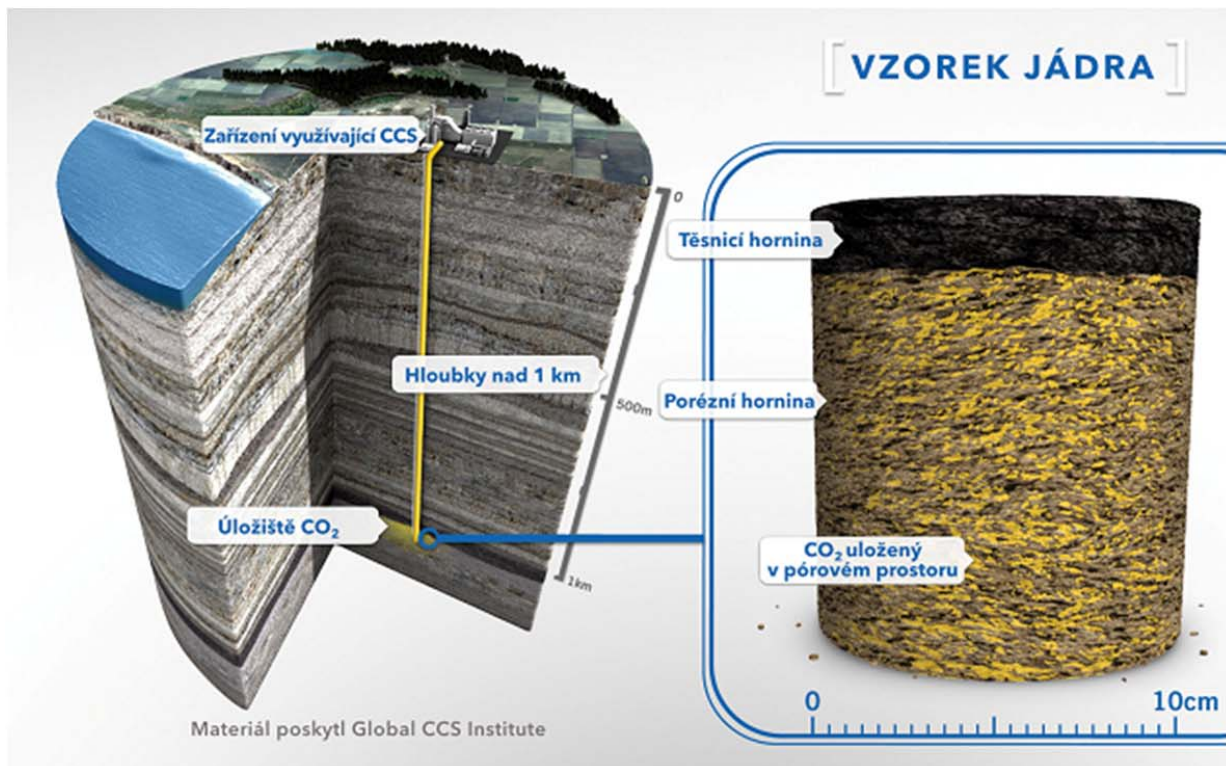
Vhodná úložiště obvykle vyžadují následující geologické parametry:

- Souvrství hornin musí mít dostatek drobných, milimetrových dutin, nazývaných póry, které může CO₂ vyplnit.
- Póry v hornině musí být dostatečně propojené, aby byla zajištěna dostatečná propustnost (permeabilita). Ta je nezbytná k tomu, aby úložiště mohlo absorbovat CO₂ rychlostí, kterou je do podzemí vtlačeno. Při dostatečné propustnosti se plyn může rovnoměrně rozptýlit po celém úložišti.
- Nad úložištěm musí být dostatečně silná vrstva těsnicí horniny, která funguje jako „poklička“ a brání pronikání uloženého CO₂ zpět na zemský povrch.



Geologické ukládání CO₂ - zobrazení různých možností ukládání CO₂:

1. Jako hluboké slané akvifery označujeme hluboko uložené geologické vrstvy obsahující slanou vodu. Ta může být pouze lehce slaná (brakická), ale může také obsahovat mnohonásobně vyšší koncentrace solí nežli voda mořská; v každém případě však nebývá pitná. Vrstva se slanou vodou je shora utěsněna nepropustnou horninou umožňující trvalé uložení CO₂.
2. CO₂ lze vtlačet do netěžitelných, hluboko uložených uhelných slojí, kde vytlačí přítomný metan, naváže se na uhlí a zůstane trvale uložen. Tento typ ukládání se prozatím nachází ve fázi výzkumu a dosud neexistují žádné funkční projekty většího rozsahu.
3. V procesu EOR vtlačení CO₂ zvyšuje výtěžnost ložisek ropy v závěrečné fázi těžby.
4. Vytěžená ložiska ropy a plynu, kde další těžba již není ekonomicky rentabilní, která však nabízejí vhodné prostředí pro trvalé uložení CO₂.



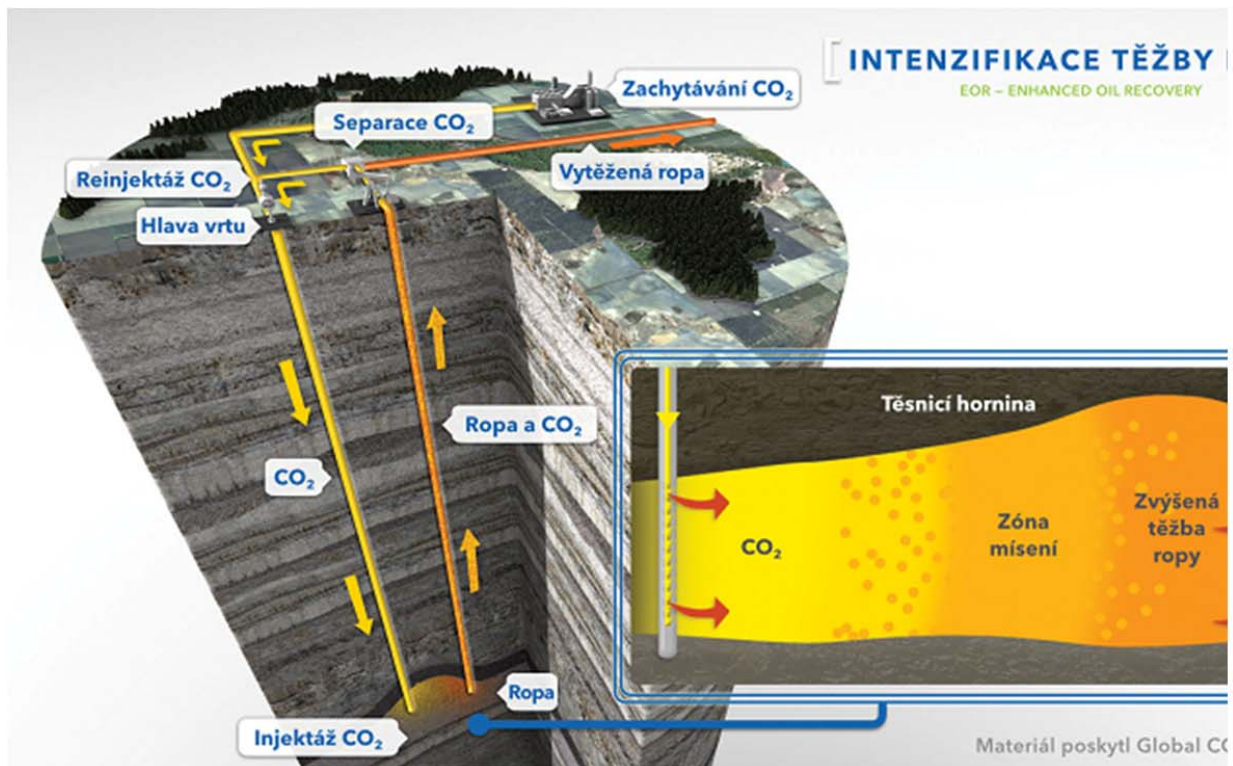
Vzorek jádra.

Na světě naštěstí existuje spousta míst, kde se vyskytují horninové struktury splňující tyto požadavky. Většina z nich se nachází v rozsáhlých geologických útvarech označovaných jako sedimentární pánve. Právě v sedimentárních pánvích se nacházejí téměř všechna naleziště ropy a zemního plynu. Ropa, plyn (a někdy také přírodní CO_2) jsou zde nejčastěji „uvězněny“ v pískovcových, vápencových a dolomitových strukturách podobných těm, které mohou fungovat jako vhodná úložiště CO_2 .

Právě přirozené geologické parametry těchto horninových struktur, které v sobě dokázaly uvěznit ropu a zemní plyn na dlouhé miliony let až do objevení ložiska, jsou důkazem toho, že uložení CO_2 pod zem je reálnou možností snížení množství skleníkových plynů v atmosféře. V sedimentárních pánvích se také vyskytují mnohá ložiska uhlí. Proto se v jejich blízkosti – a tím pádem tedy i v blízkosti potenciálně vhodného úložiště CO_2 – nachází i řada uhelných elektráren, jež patří k největším zdrojům emisí CO_2 . V jiných případech a pro jiné průmyslové podniky však úložiště mohou ležet od potenciálního úložiště značně daleko.

Jak se CO_2 vtlačí (injektuje) pod zem a proč tam zůstává?

Po zachycení se CO_2 obvykle stlačí do tekuté formy, která má téměř stejnou hustotu jako voda. Poté se přepraví do lokality úložiště a pomocí vrtu se vtlačí hluboko pod zem do porézních horninových vrstev. Póry těchto podzemních vrstev jsou zpočátku naplněné jinou tekutinou – ropou, plynem nebo slanou vodou. Zatímco většina současných projektů CCS využívá ukládání ve spojení s EOR, budoucí projekty se budou muset čím dál tím více orientovat na hluboké slané akvifery, které mají na Zemi ve srovnání s nalezišti ropy a plynu mnohem větší rozšíření a nabízí tak větší teoretický úložný potenciál.



Intenzifikace těžby ropy.

Vzhledem k tomu, že vtlačení CO₂ je o něco lehčí než slaná voda, vyskytující se spolu s ním v úložném rezervoáru, má tendenci stoupat vzhůru a jeho část se přesune do horní části úložiště, kde je zadržena pod nepropustnou těsnicí horninou, která funguje podobně jako poklička. Ve většině přírodou vytvořených systémů se mezi rezervoárem a zemským povrchem nachází větší množství takových bariér.

Část uvězněného CO₂ se pomalu začne rozpouštět ve slané vodě a zůstane v ní vázána (tento proces se označuje jako zadržení pomocí rozpouštění). Další část CO₂ může uvíznout ve velmi drobných pórech (jde o takzvané zbytkové, či reziduální zadržení). Posledním typem zadržení jsou reakce rozpuštěného CO₂ s horninami v rezervoáru, při nichž se tvoří nové minerály. Tomuto procesu říkáme mineralizace (či minerální zadržení); ta může být poměrně rychlá, ale i velmi pomalá. Během této reakce se CO₂ mění na pevný nerost a v této podobě zůstane trvale uložen.

Je podzemní ukládání CO₂ bezpečné?

Při pilotních, výzkumných i průmyslových projektech se do hlubokých slaných akviferů každoročně přečerpá několik milionů tun CO₂. Jasně se přitom ukazuje, že tato injektáž je bezpečná a účinná. Již dlouhé desítky let pak geologické ukládání CO₂ zcela bezpečně funguje v ropném průmyslu jako druhotný efekt technologie EOR.

To potvrzují i poznatky získané v rámci aktivit mezivládních a průmyslových partnerských sdružení, výzkumných programů a sítí (networků) zainteresovaných subjektů. U probíhajících projektů CCS nebyly zjištěny žádné zásadnější dopady na bezpečnost, zdraví či životní prostředí a

rovněž i v ropném průmyslu se EOR během čtyř desítek let, kdy se tato metoda využívá, osvědčilo jako velmi bezpečný postup.

Jak můžeme vědět, že to funguje?

Ropný a plynárenský průmysl má s injektáží CO₂ do podzemí více než 40leté zkušenosti. Během této doby byla do geologických rezervoárů kvůli zefektivnění těžby vtlačena téměř miliarda tun CO₂. Tento proces se označuje zkratkou CO₂-EOR. Oxid uhličitý se do ložiska uhlovodíků obvykle vtlačí pod tlakem v kapalném nebo tzv. superkritickém (tekutina s vysokou hustotou i tekutostí) skupenství. Takto se může smísit s ropou, která je pak „tekutější“ (méně viskózní) a její těžba je jednodušší. To v konečném důsledku znamená vyšší efektivitu těžby. Směs CO₂ a ropy se dostává k povrchu, kde se CO₂ od ropy opět oddělí, znovu se zachytí a použije pro opětovnou injektáž. Díky tomuto cyklickému postupu po dotěžení ložiska téměř všechen použitý CO₂ zůstane uložen pod zemí (tento proces se označuje jako druhotné uložení). Pod zemský povrch lze uložit velká množství CO₂ – bezpečně, jistě a na velmi dlouhou dobu.

Jaké množství CO₂ můžeme pod zem uložit?

Podle odhadů mezivládního panelu OSN pro změnu klimatu (IPCC) dosahuje celosvětová kapacita potenciálních úložišť úrovně dvou bilionů tun – s doplněním, že „potenciál může být ještě mnohem vyšší“ (IPCC, 2005, Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage: Summary for Policymakers).

Novější a cílenější studie provedené v Severní Americe, Evropě, Austrálii a jiných částech světa pak ukázaly, že v mnoha oblastech nabízejí hluboké slané akvifery a vytěžená ložiska ropy a plynu potenciál pro geologické uložení objemu CO₂ odpovídajícího několika stovkám let emisí. Vzájemná blízkost zdrojů CO₂ a vhodných geologických úložišť se liší v závislosti na řadě faktorů. Mnoho oblastí a zdrojů disponuje bohatým výběrem možností uložení, jiné naopak budou muset investovat do účinných přepravních systémů. V některých regionech může být potenciál CCS omezen právě nedostatkem vhodných úložišť.

Výběr a popis potenciálních úložišť je jedním z nejnákladnějších kroků rané fáze projektů CCS. Přesto se této etapě nelze vyhnout a měla by proběhnout co nejdříve. Samotné ukládání je pak aspektem, který z celého procesu CCS připoutává největší pozornost veřejnosti.

CCS v praxi

Technologie zachytávání a ukládání oxidu uhličitého (CCS – Carbon Capture and Storage) lze využívat u řady zdrojů emisí v energetice a výrobním průmyslu. V mnoha oblastech možného využití se tyto technologie aktuálně nacházejí ve fázi předkomerčního testování (například u elektráren) nebo pilotních projektů (sem patří mj. železárny, ocelárny a cementárny). V jiných odvětvích, například při úpravě zemního plynu, se CCS využívá již v plném komerčním provozu.

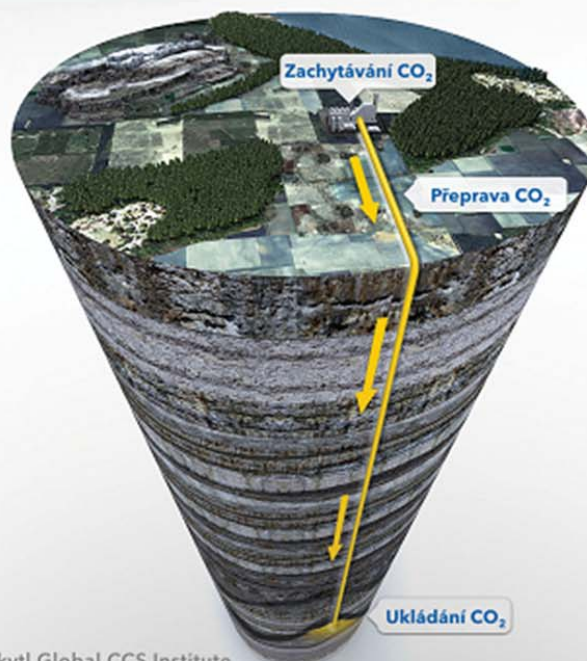
Proč potřebujeme CCS?

Množství CO₂ v atmosféře se neustále zvyšuje a teploty na Zemi rostou. Abychom zabránili nebezpečným změnám klimatu, nesmí průměrná celosvětová teplota ve srovnání s dobou před začátkem průmyslové revoluce stoupnout o více než 2 °C. Toho můžeme dosáhnout jen při výrazném snížení emisí CO₂.

Podle zveřejněných studií (např. IEA, Perspektivy energetických technologií 2015 [Energy Technology Perspectives 2015]) může CCS do roku 2050 v porovnání se situací, kdy nepodnikneme žádné kroky, zajistit až 13 % potřebného snížení energetických emisí oxidu uhličitého. Zhruba 40 % emisí CO₂ pochází z energetického sektoru. Dalších 25 % pak vyprodukuje velké průmyslové provozy jako železárny, ocelárny, cementárny, chemičky a rafinerie. Lze očekávat, že poptávka po fosilních palivech zůstane i nadále vysoká, zejména pak v rozvojových zemích, kde velká část populace dosud nemá přístup k elektřině.

CCS představuje prakticky proveditelnou možnost výrazného snížení emisí CO₂ pocházejících z těchto velkých zdrojů. V mnoha případech se pro dosažení tohoto cíle dokonce nenabízí žádná jiná realistická alternativa. Množství emisí CO₂ produkovaných člověkem je dnes tak obrovské (cca 35,7 miliard tun za rok 2015), že si k jeho omezení nevystačíme s jednou nebo dvěma technologiemi. Bude třeba využít celý komplex dostupných metod a opatření, který zahrne úspory ve spotřebě energie, zvyšování energetické účinnosti, využití obnovitelných zdrojů, jadernou energii, a také technologii CCS. Její nasazení může významně omezit dopady dalšího využívání velkých, snadno dostupných a levných zásob fosilních paliv, která v celosvětovém měřítku budou nesporně hrát významnou roli i v příštích desetiletích.

PROCES ZACHYTÁVÁNÍ A UKLÁDÁNÍ OXIDU UHLIČITÉHO



Proces zachytávání a ukládání CO₂.

Využití v průmyslu

Aplikacemi CCS v průmyslu máme na mysli zachytávání, přepravu (případné využívání) a ukládání oxidu uhličitého (CO₂), který by se jinak vypustil do atmosféry. Do této kategorie spadají všechny průmyslové podniky s výjimkou zástupců energetického průmyslu. Na rozdíl od energetiky, kde emise CO₂ vznikají jednoduše spalováním fosilních paliv, může CO₂ v průmyslových závodech vznikat spalováním, zpracováním paliva před spalováním, během chemických reakcí nutných k výrobě finálního produktu (tzv. procesní emise) nebo spojením několika těchto možností.

Podle studie Perspektivy energetických technologií (Energy Technology Perspectives, 2012) vydané Mezinárodní energetickou agenturou (IEA) má až 45 % (tj. 55 gigatun) z celkového objemu CO₂ zachyceného mezi roky 2015 a 2050 pocházet právě z průmyslových aplikací. Ty budou přitom postupně tvořit čím dál tím větší podíl projektů CCS.

Existují pro to dva hlavní důvody. Prvním je skutečnost, že u mnoha průmyslových procesů je CCS jedinou možností výrazného snížení emisí CO₂. Za druhé pak mají tyto výrobní procesy tu výhodu, že zachytávání CO₂ může být v jejich případě poměrně levné. Tato fáze CCS přitom může u některých aplikací tvořit až 85% celkových nákladů. Nižším nákladům v těchto případech pomáhá:

- vysoká čistota proudu emisí CO₂ v odvětvích, jako je výroba čpavku nebo hnojiv,
- zahrnutí nákladů na zachytávání do procesu přípravy produktu k prodeji. To platí např. v

případě úpravy nebo zkapalňování zemního plynu.

Pro využívání CCS se nabízí řada významných průmyslových odvětví, například:

- **úprava zemního plynu**
Zemní plyn z mnoha zdrojů obsahuje značný podíl CO₂, který se před prodejem plynu musí odstranit.
- **výroba potravin a nápojů**
CO₂ se používá zejména pro sycení nápojů. Například v pivovarnictví ale vznikají značná množství CO₂ při fermentačních procesech během přeměny cukrů na alkohol.
- **výroba papíru a celulózy**
CO₂ vzniká při spalování fosilních paliv nebo biomasy nutném pro chemickou výrobu buničiny za vysokých teplot, mechanickou výrobu dřevoviny, výrobu elektřiny v závodech a sušení.
- **rafinace ropy**
Zahrnuje zpracování ropy na paliva pro dopravu, kdy CO₂ vzniká při výrobě tepla, vodíku a energie.
- **výroba chemikálií**
Týká se mimo jiné výroby čpavku, metanolu a olefinů, při nichž se jako vstupní suroviny využívají fosilní paliva (procesní emise).
- **výroba cementu**
CO₂ vzniká při výpalu vápence (procesní emise), při němž se navíc využívají fosilní paliva.
- **výroba železa a oceli**
CO₂ vzniká kvůli dominantnímu využívání uhlí jako redukčního činidla a paliva, ale též v důsledku nevyhnutelných procesních emisí
- **výroba neželezných kovů**
Zahrnuje výrobu hliníku, při níž převážná část celkově vznikajícího CO₂ pochází z generování elektřiny nutné k průběhu elektrolýzy (emise ze spalování), zbytek jsou pak jako procesní emise při redukci oxidu hlinitého uhlíkem.
- **výroba biopaliv** (viz dále).

Podle odhadů IEA tvoří v současné době emise CO₂ z uvedených odvětví celosvětově asi 22% celkového množství tohoto skleníkového plynu vypouštěného do ovzduší.

Biopaliva

Výroba bioenergie s využitím CCS (BECCS) v sobě spojuje zpracování biomasy (esterifikaci, luhovalení, fermentaci nebo zplyňování) a/nebo její spalování při využití CCS.

Hlavní výhodou řešení využívajících BECCS je to, že často mohou zajistit negativní emise CO₂ – tedy úbytek CO₂ v atmosféře. To je důsledkem procesu dvojité sekvestrace uhlíku: rostliny v sobě při růstu zachycují a ukládají volný CO₂ z ovzduší, při spalování této biomasy pak dochází k sekvestraci geologické – tedy zachycení uvolňovaného CO₂ a jeho trvalému uložení pod zem.

CCS v energetice

CCS je nutným předpokladem opravdu účinné dekarbonizace výroby energie z fosilních paliv, zejména uhlí a plynu. Pouze takto můžeme ve středně- a dlouhodobém horizontu dosáhnout potřebného snížení emisí CO₂.

Podle odhadů IEA bude v letech 2015 až 2050 na energetiku připadat 55% celkového množství CO₂ zachyceného pomocí technologie CCS. Zároveň se IEA zasazuje o to, aby právě energetický sektor začal CCS v následujících třech desítkách let využívat co možná nejrychleji s tím, že do roku 2040 musejí být touto technologií vybaveny téměř všechny elektrárny využívající fosilní paliva.

Společné součásti CCS

Technologie využívané k zachytávání CO₂ z průmyslových aplikací a bioenergetických projektů mají mnoho důležitých styčných bodů s postupy zachytávání před spalováním, po spalování a spalování v kyslíkové atmosféře, využívanými v energetice. Technologie pro následující dva kroky celého procesu – tedy bezpečnou přepravu a trvalé uložení CO₂ – jsou pak u průmyslových, energetických a bioenergetických aplikací zcela totožné.

To skýtá velkou příležitost sdílet poznatky a zkušenosti nashromážděné během demonstračních projektů CCS bez ohledu na konkrétní oblast a rozsah využití, a postupně tak snižovat náklady na realizaci projektů.

Aktuální stav projektů CCS

Na světě je dnes (září 2021) v provozu 27 velkých projektů CCS, 4 jsou ve výstavbě a dalších 102 v různých fázích přípravy. Ze 31 projektů v provozu a ve výstavbě jsou dva z oblasti elektroenergetiky, zbylých 29 pak představují aplikace průmyslové:

- 12 projektů v oblasti úpravy zemního plynu,
- 5 projektů v oblasti výroby hnojiv,
- 3 projekty výroby vodíku,
- 3 projekty výroby etanolu,
- 3 projekty v jiných oblastech chemické výroby,
- 1 projekt výroby cementu,
- 1 projekt v oblasti energetického využití odpadu,
- 1 projekt výroby železa a oceli.