

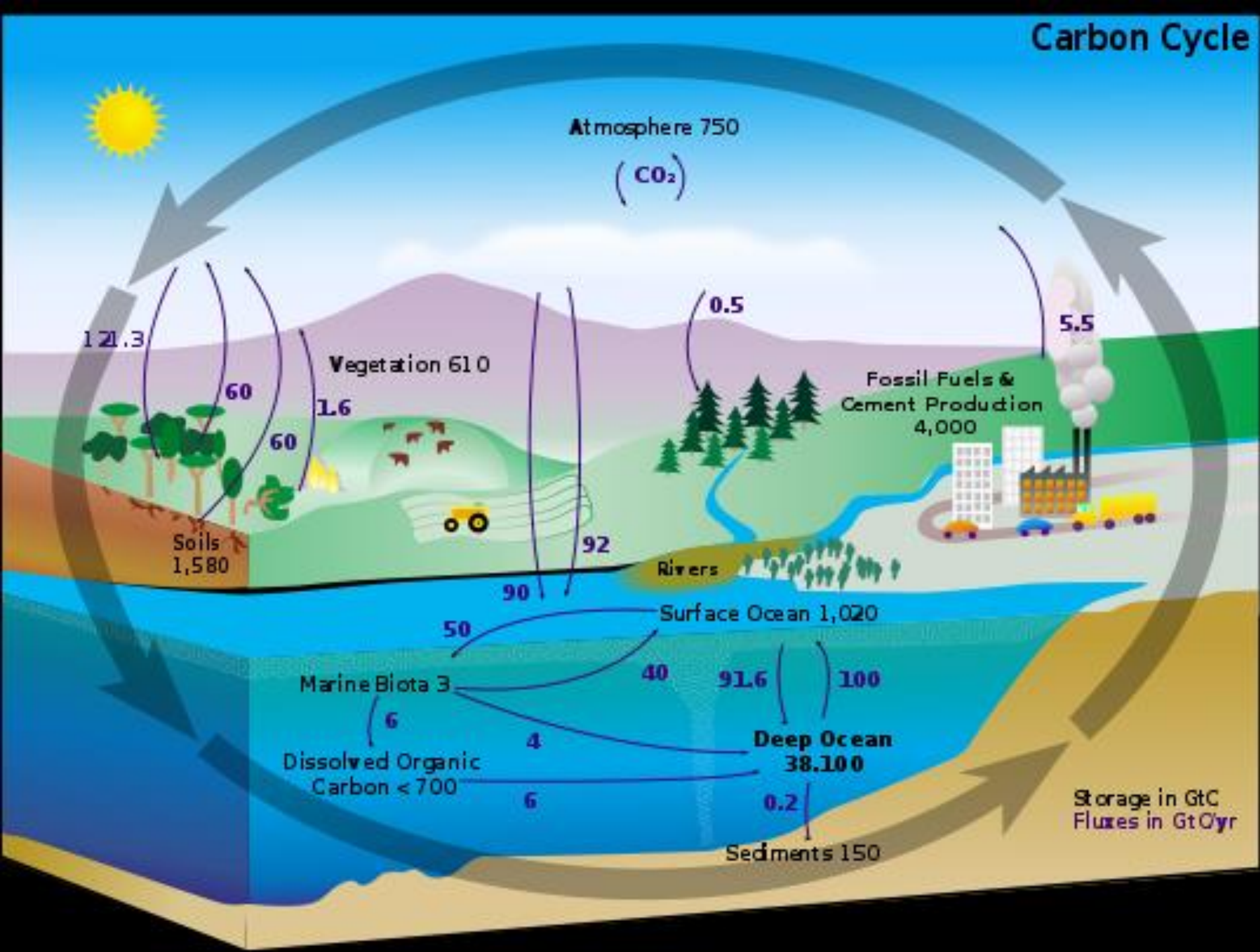
Metode zbrinjavanja CO₂

Karažija Tomislav, Ante Jukić

Sadržaj:

- Prirodni ciklus CO₂
- CCS proces
- Ponovna uporaba CO₂
- Primjeri CCS projekata
- Ekonomski pokazatelji

Carbon Cycle



CO₂: Izdvajanje i skladištenje

(CCS: Carbon capture and storage)

- CCS procesom pokušava se smanjiti doprinos izgaranja fosilnih goriva globalom zagrijavanju, kroz kemijske, fizikalne i biološke procese
- Cilj: dugoročno skladištenje CO₂ izvan atmosfere
- Izazov: proces zahtijeva mnogo energije
- Osnovna primjena: na velikim izvorima CO₂

Faze CCS

1. Izdvajanje

- postrojenja za proizvodnju električne energije, vodika
- postrojenja za obradu prirodnog plina
- cementare

2. Transport

- cjevovodi
- brodovi

3. Skladištenje

- geološka skladišta
- ocean (vode)
- mineralna skladišta

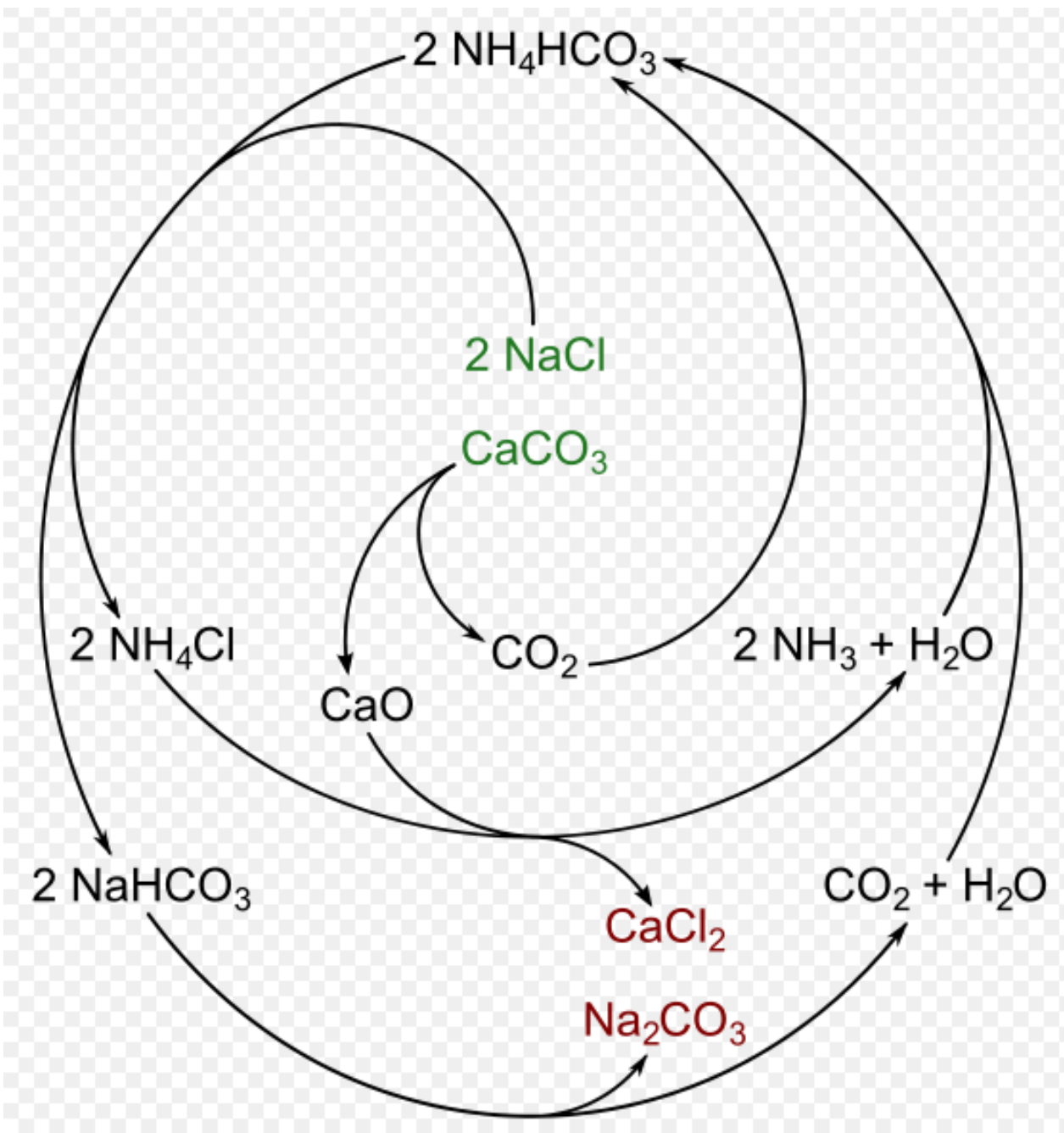
1. Izdvajanje

Tehnologije:

1. Poslije izgaranja (post combustion):
izdvajanje CO_2 iz dimnih plinova; konvencionalna postrojenja za proizvodnju električne energije
2. Prije izgaranja (pre-combustion):
djelomična oksidacija fosilnog goriva (do CO i H_2),
 CO se konvertira u dodatni H_2 i CO_2 koji se izdvaja.
 H_2 se upotrebljava kao gorivo.
3. Izgaranje s kisikom:
umjesto zraka, za izgaranje se koristi O_2 ;
ispušni plinovi su uglavnom CO_2 i H_2O (g) - hlađenjem,
voda kondenzira, preostaje gotovo čisti CO_2

2. Transport

- Transport cjevovodima:
 - najjeftiniji i najrašireniji način
 - 2008. g. u SAD-u 5800 km CO₂ cjevovoda:
CO₂ se injektira pod visokim tlakom u naftna polja →
istiskuje se nafta;
"Enhanced Oil Recovery" (EOR)
- Transport brodovima:
 - manje količine, za potrebe kemijske industrije
(npr. Solvayev postupak)



3. Skladištenje

3.1. Geološka skladišta

CO₂ se pod superkritičnim uvjetima injektira u podzemne formacije - stijene koje u svojim pukotinama mogu zadržati fluide:

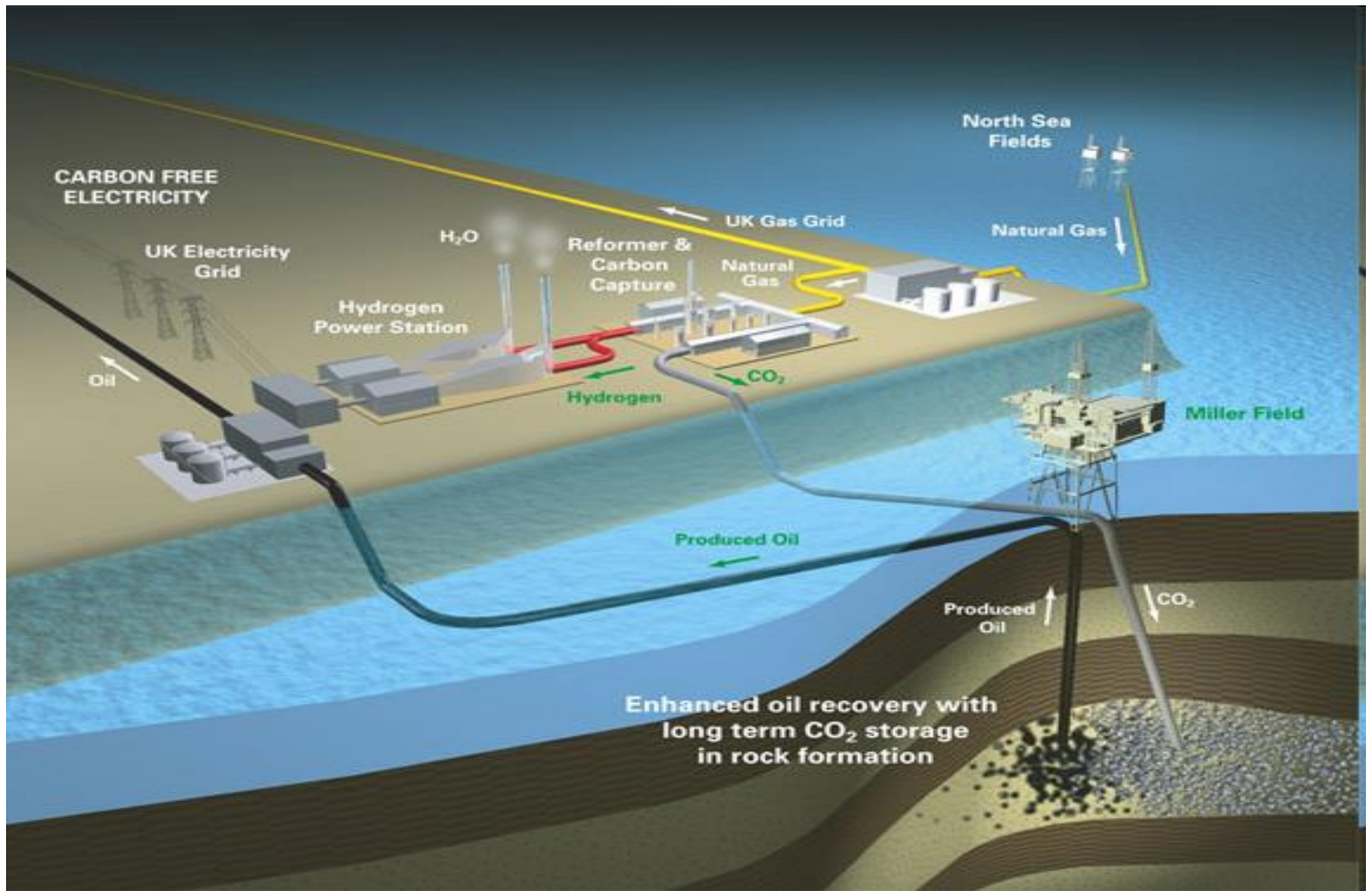
- naftna i plinska polja (EOR)
- rudnici ugljena koje nije moguće koristiti (CO₂ se adsorbira na ugljen)

Uvjeti za skladišta:

- ne smiju biti propusna za CO₂,
- geološki stabilna, dubina > 800 m

Predviđanja:

u dobro odabranim i upravljanim skladištima CO₂ može biti uskladišten i milijunima godina, odnosno, skladišta mogu zadržati i do 99 % injektiranog CO₂ u prvih 1000 godina.

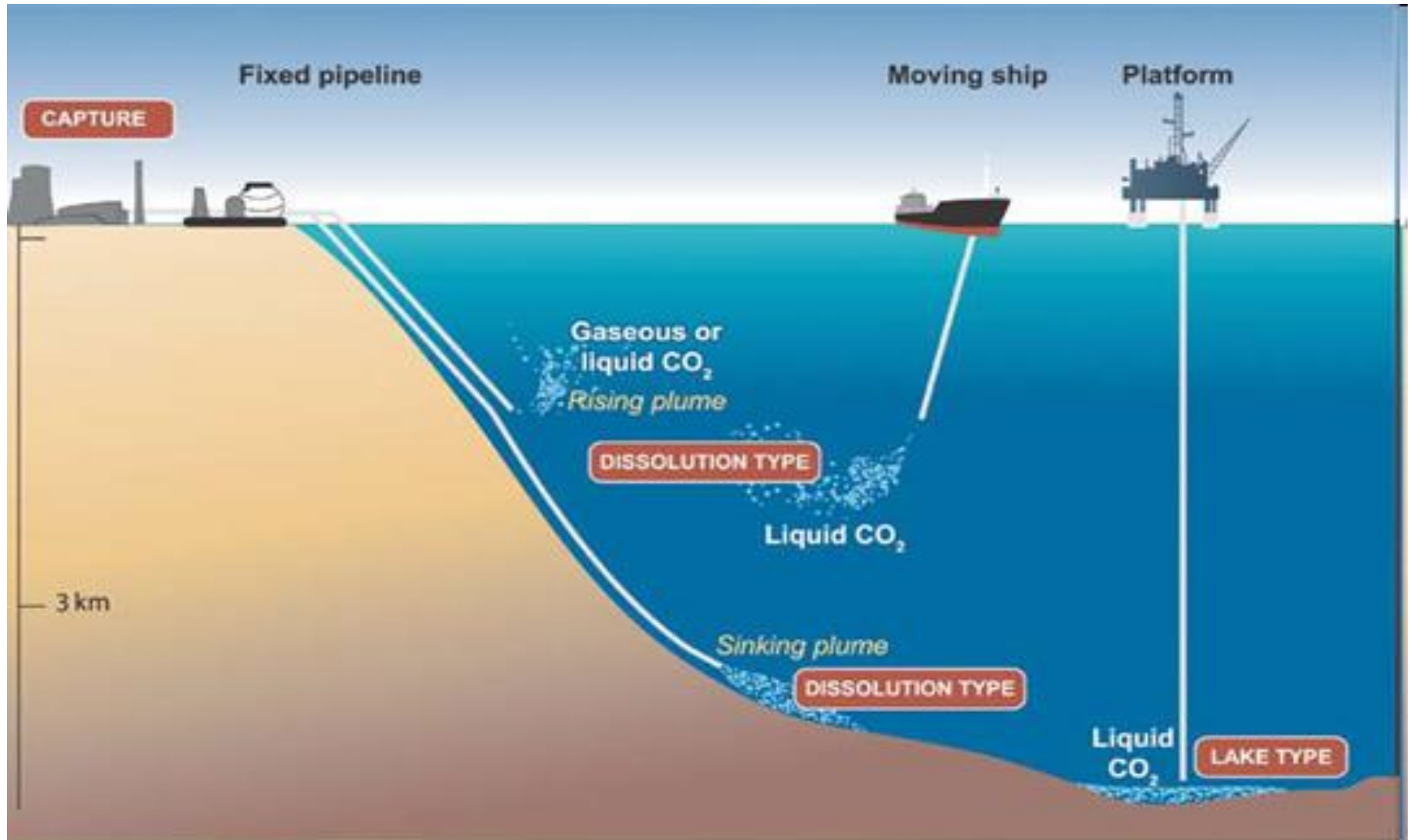


Koncept za CCS u sprezi sa EOR, *Miller project, UK, North sea*

3.2. Skladištenje u oceanu

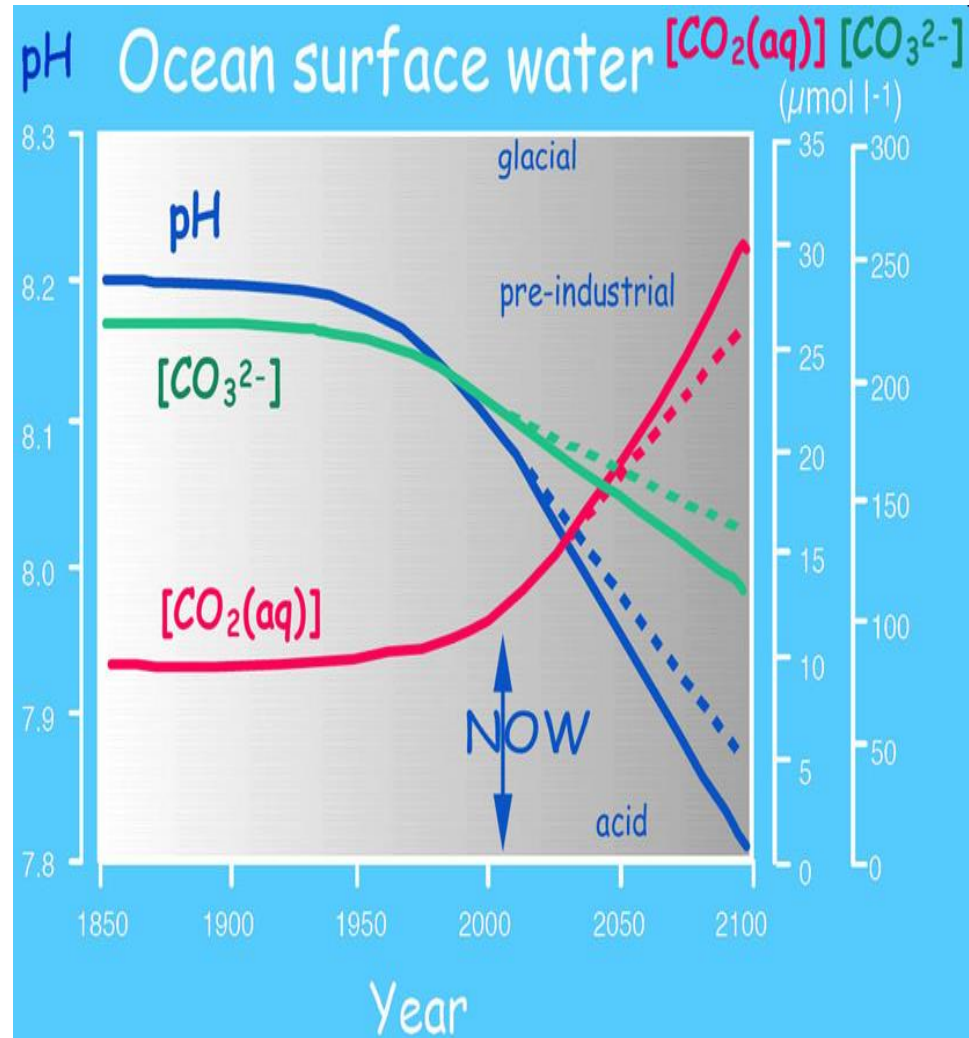
- metode:
 - injektiranje CO₂ u vodu na dubini >1000 m;
CO₂ se postupno otapa
 - depozicija CO₂ na morsko dno na dubini > 3000 m;
pod tim uvjetima CO₂ je gušći od vode i formira
"jezero" te se time odgađa otapanje
 - konverzija u bikarbonate:
$$\text{CO}_2 + \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$$
 - skladištenje u čvrstim klatrat-hidratima koji postoje na
morskom dnu (CO₂ zarobljen u rešetci)

Skladištenje u oceanu



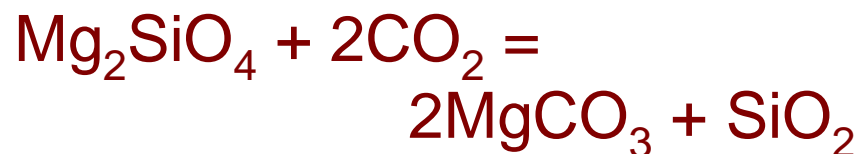
Utjecaj na okoliš

- negativan:
 - smanjenje pH (za 0,4 do 1 jedinice u 500 g.)
 - zbog neistraženosti moguće su velike štetne posljedice za živi svijet
 - s vremenom će otopljeni CO_2 doći do površinske vode i uspostaviti ravnotežu sa atmosferom

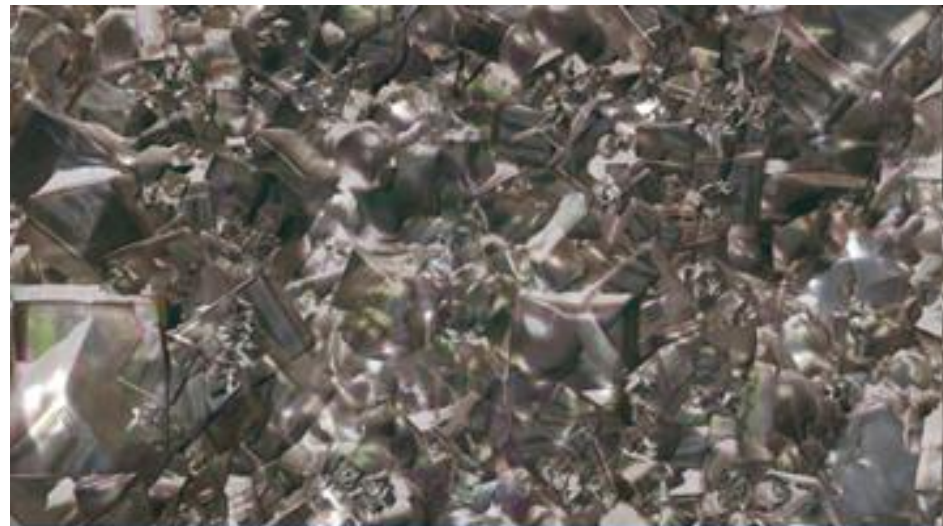


3.3. Mineralno skladištenje

Zbrinjavanje CO₂ reakcijom s mineralima koji sadrže Mg i Ca i formiranjem karbonata MgCO₃ i CaCO₃



Termodinamički povoljan proces, spontan, ali dugotrajan (tako su nastali površinski slojevi vapnenca).



Ponovna uporaba CO₂

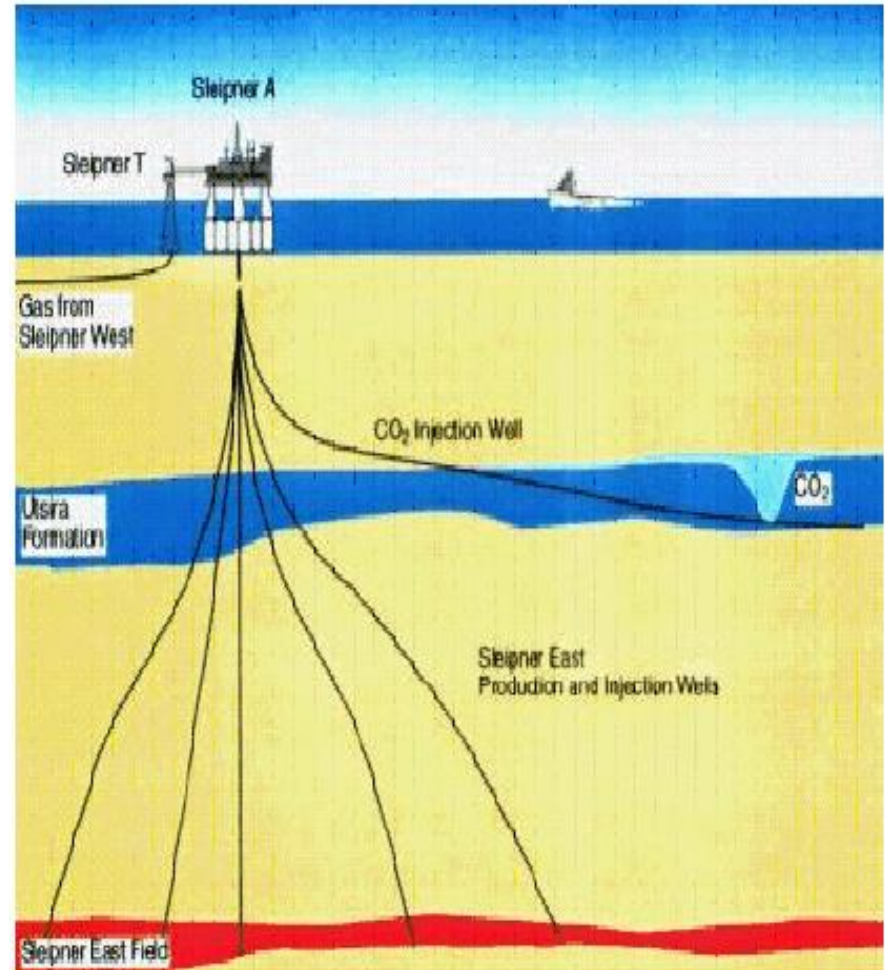
- Konverzija u ugljikovodike:
 - U 1. koraku: CO₂ + H₂ → metanol
CO₂ → ugljikovodici
 - u 2. koraku: CO₂ → CO → ugljikovodici
(Fischer – Tropsch)

1) CO₂ se pri 2400 °C raspada na CO i O₂

2) (2n+1) H₂ + n CO → C_nH_(2n+2) + n H₂O

Primjeri CCS projekata

- Sleipner projekt (1996.):
 - Sjeverno more, Norveška tvrtka *StatoilHydro* (proizvodnja prirodnog plina i nafte)
 - CO₂ (nusprodukt) → uklanja se stripiranjem aminskim otapalima i odlaže u duboke slane vodonosnike (aquifers)
 - 1 milijun tona CO₂ godišnje



Primjeri CCS projekata

- Weyburn-Midale projekt (2000, Kanada)
 - Weyburn – naftno polje
 - CO₂ se sakuplja u postrojenju za proizvodnju metana u gradu Beulah, Sj. Dakota
 - CO₂ se koristi za EOR
 - najveći CCS projekt na svijetu: 1,5 mil. t CO₂ godišnje

Ostali projekti:

In Salah (Alžir), Snøhvit (Barentsovo more),
Schwarze Pumpe (Njemačka)

Biološki procesi uklanjanja CO₂

- Šume
 - apsorpcija velikih količina CO₂ (tropske šume uklanjaju oko 18 % CO₂ koji nastaje izgaranjem fosilnih goriva)
 - pretvaranje CO₂ u biomasu, a pirolizom biomase dobiva se drveni ugljen
 - gospodarenje (održivi razvoj): pošumljavanje, kontrola iskorištavanja...



Biološki procesi uklanjanja CO₂

- Ocean

Obogaćivanje površinskog sloja oceana željezom (iron fertilization), ureom ili fosfatima:

- stimulacija rasta planktona (uklanja CO₂)
- potreban oprez zbog narušavanja prirodne ravnoteže u vodenom ekosustavu
- slika: cvjetanje fitoplanktona (južni Atlantik)



Ekonomski pokazatelji

Trenutno stanje:

- tvornice (izvori CO₂) plaćaju sakupljanje i transport do mjesta odlaganja
- zatim naftne tvrtke plaćaju skladištenje, EOR
- UK: prosječna cijena sakupljanja, ukapljivanja i skladištenja CO₂ u Sjevernom moru iznosi 20 funti po toni
- nedovoljno definirane kvote emisije CO₂

Budućnost ?

- Potrebno restrukturiranje ekonomije CCS:
 - uvođenje kvota za emisiju CO₂
(omogućiti trgovinu s tvrtkama koje ne koriste punu kvotu)
 - uvođenje poreza na emisiju CO₂ u atmosferu (na taj način potaknuti izdvajanje i skladištenje). Primjer: Norveška
 - ograničenje emisije postrojenjima za proizvodnju el. energije u smislu količine CO₂ po jedinici proizvedene energije
 - državni poticaji: nadoknada razlike troškova za izgradnju konvencionalnog postrojenja za proizvodnju energije i troškova za postrojenje sa razvijenim CCS sustavom
- određeni znanstveni, tehnički i industrijski *know how* već postoji, predstoji intenzivna primjena
- troškovi poduzimanja navedenih mjera nisu mali, ali su posljedice nedjelovanja neusporedivo veće (?)

Literatura

- <http://www.co2storage.org.uk/>
- <http://www.co2captureproject.org/>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_capture_and_storage
- <http://www.global-greenhouse-warming.com>
- <http://www.sintef.no/Home/Petroleum-and-Energy>
- Jon Gibbins, Hannah Chalmers: *"Carbon capture and storage"*, Energy Policy, Volume 36, Issue 12