

Overvågning af CO₂-lager (ChatGPT)

Forbehold: Vi har flere gange oplevet forkerte og utilstrækkelige svar fra ChatGPT.

Det skal dog nævnes, at vi har fået ChatGPT til at angive kilder for næsten alle "udtalelser", hvilket øger troværdigheden. Vi har ikke haft tid til at tjekke alle udtalelser med de angivne kilder, men der er heller ikke tale om essentielle konklusioner, som vi har brugt i vores argumentationer.

Vi har selv rettet lidt på sproget (til bedre dansk) med den risiko for fejl, det måtte introducere.

Spørgsmål: Hvordan overvåger man et co2 lager?

ChatGPT svarer:

Kort svar først — overvågning af et CO₂-lager (geologisk CO₂-lagring / CCS) består af flere parallelle metoder: måling ved injektionsbrønden, reservoirovervågning (geofysik og sensorer), overflade- og nær-overfladen overvågning (jordluft, vegetation, grundvand) samt atmosfærisk overvågning. Alt planlægges som et risikobaseret MMV-program (Measurement, Monitoring, Verification) med baseline-data før injektion, løbende overvågning under injektion og langtidsovervågning efter injektion. ([IPCC](#))

Her er en praktisk, dansk forklaring og en kort "værktøjskasse":

Hvad man måler og hvorfor

- **Injektionsmålinger ved brønden** — flow, tryk, temperatur og sammensætning (GC-analyse) for at kvantificere hvor meget CO₂ der injiceres og sikre brøndintegritet. Kritisk for massebalance og sikker drift. (ipcc-nggip.iges.or.jp)
- **Tryk-/temperatursensorer i reservoiret (downhole)** — viser trykudbredelse og hjælper med at modellere CO₂-fordrivelse. Bruges til at opdage uventede migrationer. (netl.doe.gov)
- **4D-seismik (gentagne seismiske surveys)** — kortlægger CO₂-skyens udbredelse i reservoiret over tid; meget effektiv til at se bevægelse i større reservoirvolumener. ([IPCC](#))
- **Microseismic / passive seismics** — detekterer små geologiske begivenheder (kan indikere frakturer eller reaktioner på injektion). ([JPT](#))
- **Kilde-sporere (tracers)** — kemiske eller isotopiske mærkater i CO₂-strømmen kan afsløre migration/fortynding og mulige lækager. (netl.doe.gov)
- **Grundvands- og porevandsprøver** — overvågning af kemi (pH, ioner, isotoper) for at opdage påvirkning af grundvand. ([Climate Action](#))
- **Overflade- og nær-surface CO₂-målinger** — jordluftflux (chamber-metoder), geokemiske sonder og permanente CO₂-sensorer for at fange lokal hævning af jordoverfladen. (ipcc-nggip.iges.or.jp)
- **Atmosfærisk overvågning og fjernmåling** — mobile/faststående gas-sensorer eller satellit/InSAR for større områder; InSAR kan opdage små landhævninger/sænkninger relateret til reservoirtrykændringer. ([JPT](#))

Typisk overvågningsstrategi (trin)

1. **Baseline:** Kortlæg geologiske, hydrauliske og geokemiske forhold før injektion (jordluft, grundvand, seismik, atmosfære). ([Climate Action](#))
2. **Tæt overvågning under injektion:** Kontinuerlig brøndmåling + regelmæssige geofysiske surveys (fx 4D-seismik) + periodiske grundvandsprøver og overflademålinger. ([netl.doe.gov](#))
3. **Risikobaseret intensivering:** Hvis modeller eller målinger antyder usædvanlig migration, øges overvågning (f.eks. flere prøver, ekstra seismik, tracere). ([JPT](#))
4. **Langtidsovervågning efter injektion:** Periodevis kontrol i år/årtier afhængigt af regulatoriske krav — formelt overdragelse af ansvar kan ske, når stabilitet og sikkerhed er dokumenteret (i EU reguleret af Direktiv 2009/31/EC). ([EUR-Lex](#))

Regulering og dokumentation

- I EU følger projekter Direktiv 2009/31/EC og tilhørende implementeringsvejledninger — som kræver et MMV-program, risikovurdering og plan for overtagelse af ansvar. ([EUR-Lex](#))
- I USA er der særlige Class VI-regler for injektionsbrønde med tilhørende vejledninger om test og monitorering. Disse dokumenter beskriver acceptable metoder og krav til rapportering. ([EPA](#))

Fordele / ulemper ved hovedmetoder (kort)

- **Brøndsensorer** — meget præcise ved injektionspunktet; kræver brønde og vedligehold.
- **4D-seismik** — god rumlig dækning i reservoiret; dyr og kræver tolkning.
- **Microseismic** — følsom for små hændelser, billigere at køre kontinuerligt; ikke direkte CO₂-detektion.
- **Tracers** — kan bekræfte migrationstider; kræver laboratorieanalyse.
- **Overfladejord/atmosfære** — direkte detektion af lækager til atmosfæren; baggrundsforhold (f.eks. fotosyntese) kan komplicere tolkning.
- **Satellit / InSAR** — godt til arealovervågning og deformation; opløsning og hyppighed varierer.

Praktiske råd hvis I planlægger et projekt i Danmark / EU

- Start altid med **omfattende baseline**-data — det gør senere detektion og hældningsanalyse langt mere robust. ([Climate Action](#))
- Brug en **risikobaseret MMV-plan**: kombiner metoder (brønd + seismik + overflade + grundvand) i et lagdelt system — flere uafhængige metoder øger troværdigheden. ([netl.doe.gov](#))
- Følg gældende **regulatoriske krav** (EU-direktiv og nationale implementeringer) og dokumentér alt for overdragelse af ansvar i fremtiden. ([EUR-Lex](#))
- Benyt eksisterende best-practice guider fra fx Global CCS Institute og nationale DOE/NETL BPM'er. ([Global CCS Institute](#))

Bemærkning: Vi har ikke kendskab til, hvordan CO₂ Storage Kalundborg har tænkt sig at gøre det.