

Hvilken farve har kulstof?

- et forsøg på at skabe fælles forståelse for CO₂'s kilde, cirkulation og rolle

Claus Beier, KU

Indledning

Hvilken farve har kulstof? Det kan jo ses som et interessant eller ligegyldigt spørgsmål, afhængig af øjnene der ser, men i relation til klima- og CO₂-reduktions-dagsordenene, er det faktisk relevant. Mange refererer i den sammenhæng til "grønt" og "sort", men disse betegnelser kan have mange og forskellige betydninger.

Mange vil nok mene at kulstof enten er sort, som det kul man fyrede med i gamle dage, eller måske farveløst, som det CO₂ vi ved findes men ikke kan ses i luften. Men kært barn har mange navne og farver og kulstof får derfor også tilknyttet mange betegnelser – vi snakker om fossilt, atmosfærisk, grønt, blå, biogent, lagret, cirkulerende og genbrugt kulstof og kulstof i jord, planter, mad, sediment osv. Disse mange betegnelser overlapper, og vi er ikke nødvendigvis altid tydelige mht. hvad vi egentlig mener eller hvad vi inkluderer i en given betegnelse, hvilket kan give anledning til forvirring eller misforståelser.

Kulstof, puljer, fluxe og klimarelevans

Som udgangspunkt har kulstoffet ikke nogen farve, og det er klimamæssigt irrelevant om CO₂'en i atmosfæren stammer fra biogene eller fossile kilder - drivhuseffekten er præcis den samme. Vi behøver derfor heller ikke kunne skelne dem fra hinanden i atmosfæren. Det der er klimamæssigt relevant er derimod ændringen i den atmosfæriske kulstofpulje, og hvorvidt denne ændring er varig. Det er således især flytningen mellem "lagret"/inaktivt kulstof og CO₂ i atmosfæren, som er vigtig, og hvor flytning "til atmosfæren" har en negativ klimaeffekt og flytning "væk fra atmosfæren" har en positiv klimaeffekt.

Flytning internt inden for de forskellige puljer har ikke nogen klimabetydning. Hvis vi f.eks. lader planter optage CO₂ fra atmosfæren og bygge det ind i biomasse, som vi så brænder af til energi og slipper CO₂ ud i atmosfæren har dette ikke nogen nettoeffekt på atmosfærens CO₂-indhold og dermed klimaet (forudsat biomassen ikke har karakter af et lager – se nedenfor). Det kender vi alt til fra bioenergi gennem de seneste mange år. På samme måde hvis vi henter olie op af undergrunden, brænder det af til energi, fanger CO₂'en i skorstenen og pumper den tilbage i undergrunden er dette sådan set bare intern cirkulation i undergrunden og har ikke nogen samlet effekt på CO₂-koncentrationen i luften, og dermed ikke nogen klimaeffekt. Det er det vi tænker at udnytte som del af en CCS strategi.

Flytning fra lager (kul, olie, gas, jord og noget biomasse) til atmosfære medfører derimod en stigning af CO₂ i atmosfæren og en negativ påvirkning af klimaet. Hvis vi omvendt flytter CO₂ fra atmosfæren til et lager, vil det medføre en lavere atmosfærisk CO₂-koncentration og dermed en positiv effekt på klimaet. Og disse flytninger af kulstof mellem lager og atmosfære (og omvendt) kan faciliteres af både geologiske, biologiske og teknologiske processer.

CO₂-Balance, neutralitet og negativitet

Hvis vi skal være CO₂-neutrale medfører det, at der er balance mellem hvor meget kulstof vi flytter fra kulstof som er lagret og op i atmosfæren og hvor meget vi trækker ud af atmosfæren og lagrer. Hvis vi kunne drive samfundet uden at flytte kulstof mellem lager og atmosfære ville det jo sådan set være CO₂-neutralt. Altså at alt CO₂ fra fossilt anvendt kulstof opfanges og lagres tilbage i undergrunden, og at alt CO₂ der cirkulerer omkring i samfundet kan betragtes som atmosfærisk kulstof i konstant korttids-recirkulation mellem optaget, anvendt og genudsluppet CO₂. Omvendt, hvis vi ikke kan undgå at der sker udslip af CO₂ når vi tager kulstof fra lagret – så forudsætter "balance" eller CO₂-neutralitet, at hvert CO₂ molekyle vi tager fra lageret og sender ud i atmosfæren skal modsvares af at vi tilsvarende trækker et molekyle CO₂ ud af atmosfæren og lægger på lager et andet sted i samfundet.

Hvis vi skal være CO₂-negative, skal vi yderligere sikre at atmosfærens CO₂-koncentration reduceres, hvilket kræver, at vi ikke bare trækker CO₂ ud af atmosfæren svarende til det vi sender derud, men trækker mere CO₂ ud end vi sender tilbage. Det er f.eks. det der er opgaven, når vi skal fjerne en del af vores historiske fossile CO₂-emission.

CCU og CO₂

Hvis vi opfanger CO₂ i skorstenen og anvender den til CCU-processer vil dette CO₂ have præcis samme klimaeffekt, som hvis der ikke var lavet CCU. Hvis der som led i CCU laves produkter, der brændes af (f.eks. e-fuels) eller nedbrydes (f.eks. plastik), vil CO₂'en ende i atmosfæren og altså have samme negative eller neutrale klimaeffekt, som hvis kulstoffet var anvendt direkte. Og, hvis der laves varige materialer som f.eks. konstruktivt plastik eller fibre i byggeri, der lagrer kulstoffet, vil det bidrage med samme neutrale eller positive klimaeffekt som hvis kulstof-anvendelsen var sket direkte fra kilden. CCU er derfor heller ikke egentlig en klimaløsning i den forstand at det ikke direkte bidrager til at forhindre udslip til eller fjernelse af kulstof fra atmosfæren, men primært bidrager til at erstatte kulstofbaserede produkter, som vi tidligere var afhængige af olie for at få (f.eks. visse brændstoffer eller plastik). Den væsentligste forskel er derfor, at CCU kan erstatte klimaskadelig fossil emission med CO₂-neutral anvendelse og/eller at CCU-CO₂ i mange tilfælde vil være anvendt flere gange, f.eks. først til energi og derefter til e-fuel og dermed kan have en substitutionseffekt.

Det betyder også, at hvis CO₂ som er lagret med CCS (og på tidspunktet for lagring er regnet som klima-positivt) og som måske senere bliver hentet tilbage og anvendt til CCU, så vil det på det tidspunkt have samme negative klimaeffekt som fossilt CO₂.

CO₂-betegnelse

Atmosfærisk perspektiv – sort og grønt kulstof: Det er den atmosfæriske koncentration af CO₂ der er problemet, uanset hvor CO₂-en stammer fra. Ét åbenlyst perspektiv for kulstof kunne derfor være atmosfæren - kulstof der bidrager til at øge den atmosfæriske koncentration er dårligt – og da dette typisk har været knyttet til fossilt kulstof, er det for nogen logisk at CO₂, der har en negativ klimaeffekt gennem forøgelse af den atmosfæriske koncentration betegnes som "sort kulstof" – uanset kulstoffets oprindelse. Omvendt, er det jo typisk fotosyntesen (og dermed planter) der gennem at trækker CO₂ ud af atmosfæren har en positiv klimaeffekt, hvorfor nogen på tilsvarende måde vil betegne kulstof der hives ud af atmosfæren som "grønt kulstof", uanset om det er planter eller f.eks. teknologisk Direct Air Capture (DAC), som gør det.

At benævne det klimanegative CO₂ for "sort" CO₂ rummer samtidig den dobbelttydige understøttelse, at "sort" jo også intuitivt forbindes til noget dårligt. Tilsvarende eller omvendt, vil betegnelsen "grønt" CO₂ af biologisk oprindelse generelt opfattes positivt.

Et dilemma her er, at i klimasammenhæng er det ikke kun fossilt kulstof der gør skade, men også visse kulstofkilder af biologisk oprindelse – f.eks. methan og visse langtidslagrede biologiske kulstofpuljer i f.eks. træ og jord. I atmosfærisk sammenhæng er dilemmaet altså, at det ikke alene er det fossile og "sorte" kulstof, der er klimaskadeligt, men noget biogent kulstof er faktisk lige så klimamæssigt slemt som fossilt kulstof.

Kulstof-benævnelse – Atmosfærisk og lagret kulstof

Som det fremgår af ovenstående, kan de farvede betegnelser "sort" og "grøn" vedr. kulstof være u hensigtsmæssige eller giver let anledning til forvirring, fordi det ikke er entydigt hvad de henviser til. Som det fremgår ovenfor, er det i sidste ende flytningen fra lager til nyt slutpunkt, der er afgørende. Her er en af udfordringerne, at vi ofte sammenblander CO₂, der er stationært i f.eks. atmosfæren eller i jorden, med CO₂, der er undervejs til at blive flyttet mellem lager og slut-punkt. Og det er

Et mere entydigt forslag til betegnelse for CO₂'en kunne være alene at fokusere på CO₂, der flyttes, og benævne det efter om det kommer fra atmosfæren eller fra et lager – altså henviser til hhv. **atmosfærisk** og **lagret** kulstof.

Det vil sige, at "atmosfærisk CO₂" udgøres af CO₂, der er trukket ud af atmosfæren af planter eller DAC, mens "lagret CO₂" udgøres af CO₂, der er hentet ud fra et lager i

f.eks. undergrunden, jorden eller gamle træer. Hvorvidt atmosfærisk hhv. lagret kulstof ender med at forårsage klimaskade afhænger ikke alene af hvor det kommer fra, men også hvor det ender. Atmosfærisk CO₂ kan i sidste ende blive klimaneutralt, hvis det anvendes og sendes tilbage til atmosfæren, eller klimapositivt hvis det gemmes væk med CCS, jord eller i materialer. Lagret CO₂ kan i sidste ende blive klimaneutralt hvis det fanges og sendes tilbage på lager, f.eks. i undergrunden, eller det kan blive klimanegativt, hvis det slippes ud i atmosfæren.