

Indregning af Carbon Capture and Storage, Carbon Capture and Use og biokul i de nationale emissionsopgørelser

Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 4. marts 2022 | 15



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Kategori: Rådgivningsnotat

Titel: Indregning af Carbon Capture and Storage, Carbon Capture and Use og biokul i de nationale emissionsopgørelser

Forfattere: Ole-Kenneth Nielsen
Institution: Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab (ENVS)

Faglig kommentering: Katja H. Hjelgaard, Marlene S. Plejdrup & Steen Gyldenkærne, ENVS
Kvalitetssikring, DCE: Vibeke Vestergaard Nielsen

Ekstern kommentering: Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet. Kommentarerne findes her:
http://dce2.au.dk/pub/komm/N2022_15_komm.pdf

Rekvirent: Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet

Bedes citeret: Nielsen, O.-K. 2022. Indregning af Carbon Capture and Storage, Carbon Capture and Use og biokul i de nationale emissionsopgørelser. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 23 s. – Notat nr. 2022 | 15
https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2022/N2022_15.pdf

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Sideantal: 23

Forsidefoto: Colourbox

Indhold

1	Indledning	4
2	Internationale retningslinjer	5
2.1	2006 IPCC Guidelines	5
2.2	2019 IPCC Refinement	7
2.3	UNFCCC retningslinjer	7
3	Carbon Capture and Storage	9
3.1	Emissioner fra forbrænding	9
3.2	Emissioner fra industrielle processer	9
3.3	Øvrige emissioner	10
3.4	Direct air capture	11
3.5	Dokumentationskrav	12
4	Carbon Capture and Utilisation	14
4.1	Langtidslagring vs. korttidslagring	14
4.2	Produkteksempler	14
4.3	Dokumentationskrav	16
5	Biokul	17
5.1	IPCC-retningslinjer	17
5.2	Håndtering af biokul i emissionsopgørelsen	18
5.3	Emissioner fra produktionen af biokul	19
6	Referencer	21
	Bilag 1	22

1 Indledning

DCE har fået en forespørgsel fra Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet (KEFM) omkring opgørelsesprincipperne for medregning af kulstoflagring i bred forstand i de nationale emissionsopgørelser samt den eventuelle betydning af metodeændringer i 2019 IPCC Refinement af 2006 IPCC Guidelines (IPCC, 2019). Det er især anført, at der er brug for en afklaring af, hvordan optag og lagring fra diverse fangst- og lagringsteknologier kan indgå i emissionsopgørelsen, herunder hvad der eventuelt måtte være behov for af yderligere undersøgelser.

Ved udarbejdelsen af nationale emissionsopgørelser, så skal der følges international vedtagne retningslinjer for rapportering. Disse er forhandlet og tiltrådt af alle verdens lande på FN's årlige klimatopmøder. De nuværende retningslinjer blev vedtaget på topmødet i 2013 gennem beslutning 24/CP.19 (UNFCCC, 2014). Disse retningslinjer fastlagde, at lande skal anvende 2006 IPCC Guidelines (IPCC, 2006) i forbindelse med udarbejdelsen af nationale emissionsopgørelser.

I forbindelse med indgåelse af Parisaftalen blev der forhandlet nye retningslinjer for rapportering. Disse blev vedtaget i 2018 gennem beslutning 18/CMA.1 (UNFCCC, 2019), og yderligere tekniske detaljer, herunder rapporteringsformater blev vedtaget i 2021 gennem beslutning -/CMA.3 (UNFCCC, 2021). Rapporteringen under Parisaftalen skal senest påbegynde med udgangen af 2024, og inden rapporteringen kan påbegynde, skal der udvikles rapporteringssoftware. Under Parisaftalen skal landene fortsat anvende 2006 IPCC Guidelines (IPCC, 2006), men der blev gennem beslutningen i 2021 åbnet for, at lande kan vælge at anvende 2019 IPCC Refinement (IPCC, 2019).

Som antydnet i titlen, så er IPCC (2019) ikke en fuldstændig opdatering af IPCC (2006) og de to sæt retningslinjer skal derfor ses i sammenhæng.

Der er fokus på tre hovedgrupper af kulstoffangst/lagring, Carbon Capture and Storage (CCS), Carbon Capture and Utilisation (CCU) og biokul, hvoraf biokul principielt også kunne kategoriseres som CCU. Disse tre forskellige tiltag er beskrevet separat i følgende kapitler.

KEFM har desuden stillet en række detaljerede tekniske spørgsmål: [indsæt teksten fra bilag 1 her i stedet]

De besvares under de enkelte hovedgrupper.

2 Internationale retningslinjer

2.1 2006 IPCC Guidelines

2006 IPCC Guidelines bærer præg af, at fangst og lagring af CO₂ har haft en meget begrænset udbredelse på det tidspunkt, hvor de blev udarbejdet, og at der dermed ikke har været behov for meget detaljerede retningslinjer. IPCC (2006) dækker emnet omkring kulstoffangst og -lagring i flere kapitler.

2.1.1 Fangst og geologisk lagring af CO₂

Der er et kapitel specifikt om fangst og geologisk lagring af CO₂ (kapitel 5 i bind 2). Kapitlet er dog ikke særlig detaljeret, og anvendelsen er angivet som: *"These Guidelines provide emission estimation guidance for carbon dioxide transport, injection and geological storage (CCGS) only. No emissions estimation methods are provided for any other type of storage option such as ocean storage or conversion of CO₂ into inert inorganic carbonates."*

Heraf fremgår det, at kapitlet udelukkende omhandler kulstoffangst og -lagring i geologiske formationer og ikke dækker hverken lagring i hav eller omdannelse af CO₂ til f.eks. uorganiske karbonater.

For transport af CO₂ fra fangst til lager så angiver IPCC (2006) en standard tier 1 metode for beregning af emissioner fra transport af CO₂ gennem rørledninger. Standardemissionsfaktoren for transport i rørledninger er udledt fra emissionsfaktorerne for transport af naturgas og er angivet som et interval på mellem 0,00014 (lav emission) og 0,014 (høj emission) kt CO₂ pr. km rørledning. I mangel af mere specifik viden er praksis at anvende værdien for middelemmission svarende til 0,0014 kt CO₂ pr. km rørledning. Der er ikke angivet standardværdier for transport med skib.

Hvis der finder mellemlagring sted inden den endelige lagring, så skal emissionerne opgøres på baggrund af målinger og rapporteres.

Mængden af CO₂ injiceret skal baseres på målinger, og hvis det er nødvendigt med yderligere kompression inden injicering ved geologisk lagring, så skal emissioner fra komprimeringsprocessen måles og rapporteres.

I modsætning til de fleste andre aktiviteter dækket af 2006 IPCC Guidelines, er der ikke angivet simple metoder (Tier 1 og Tier 2) for emissioner fra CO₂-lagring, men udelukkende en projektspecifik Tier 3 metode. Der er i denne metode skitseret fire trin, som skal følges i forbindelse med opgørelse af emissioner fra CO₂-lagring:

- Undersøgelse af geologien på lagringstedet og at lokal og regional hydrogeologi og mulige lækageruter er blevet identificeret;
- Bekræftelse af at potentialet for lækager er vurderet gennem en kombination af karakterisering af lagringsstedet og modellering;
- Sikre at der er en tilstrækkelig overvågningsplan;
- Rapportering af mængden af injiceret CO₂ og emissioner fra lagringen.

For en yderligere gennemgang af disse punkter kan henvises til kapitlet i 2006 IPCC Guidelines.

Det er angivet, at risikoen for CH₄-emissioner i forbindelse med CO₂-lagring i undergrunden skal undersøges og eventuelle emissioner medregnes.

Det angives desuden, at eventuelle emissioner i forbindelse med fangst af CO₂ og den reduktion i emissionen, der sker som følge af fangsten, skal rapporteres i den relevante sektor, hvor fangsten finder sted – "Emissions (and reductions) associated with CO₂ capture should be reported under the IPCC sector in which capture takes place (e.g. Stationary Combustion or Industrial Activities)." Det betyder, at hvis der opfanges CO₂ fra et kraftværk med henblik på langtidslagring, så skal den opfangede mængde CO₂ fratrækkes fra den rapporterede emission i denne sektor, men eventuelle emissioner i forbindelse med fangsten skal rapporteres sammen med en eventuel tilbageværende emission.

2.1.2 Fangst og ikke-geologisk lagring

Angående CO₂-opsamling og ikke-geologisk lagring, så er det behandlet flere steder, f.eks. i bind 3, kapitel 1 (IPCC, 2006) og bind 2, kapitel 2. Her fremgår følgende: *"Should CO₂ capture technology be installed and used at a plant, it is good practice to deduct the CO₂ captured in a higher tier emissions calculation. Quantities of CO₂ for later use and short-term storage should not be deducted from CO₂ emissions except when the CO₂ emissions are accounted for elsewhere in the inventory."* & *"CO₂ capture should be reported only when linked with long-term storage. The captured amounts should be checked with amount of CO₂ stored. The reported CO₂ captured should not exceed the amount of stored CO₂ plus reported fugitive emissions from the measure. The amount of stored CO₂ should be based on measurements of the amount injected to storage."*

Tilsvarende angives det i bind 2, kapitel 2 (IPCC, 2006), at: *"Quantities of CO₂ for later use and short-term storage should not be deducted from CO₂ emissions except when the CO₂ emissions are accounted for elsewhere in the inventory."* Det bedste eksempel på dette er urea, som produceres ved fangst af CO₂ i forbindelse med ammoniakproduktion, hvor 2006 IPCC Guidelines indeholder standard-metoder til at opgøre og rapportere CO₂-emissionen fra anvendelse af urea. Der er dog ikke andre eksempler på denne type af korttidslagring i produkter, som er medtaget i IPCC metoderne.

Det vil sige, i tilfælde af korttidslagring kan CO₂ kun fratrækkes, hvis den tilhørende emission er inkluderet i opgørelsen. Dette vil også implicit betyde, at hvis der ikke er metodebeskrivelse i 2006 IPCC Guidelines, så vil det ikke være god praksis at fratække eventuel eksport, da det importerende land ikke kan antages at have det med i emissionsopgørelsen. Et eksempel på dette kunne være fangst af CO₂ og anvendelse til karbonerede drikkevarer, hvor lagringen vil være korttids, og emissionen derfor ikke inkluderet i emissionsopgørelsen. Det vil i langt de fleste tilfælde være svært og vil kræve meget detaljerede data at dokumentere, at den senere anvendelse er dækket af opgørelsen, og dermed kan det være svært at dokumentere, at der ikke er en underestimering af emissionen.

2.1.3 Fangst og lagring af biogen CO₂

Det er anerkendt af IPCC (2006), at fangst og lagring af CO₂ kan finde sted for både fossile og biogene kilder. Det anføres, at: *"Negative emissions may arise from the capture and compression system if CO₂ generated by biomass combustion is captured. This is a correct procedure and negative emissions should be reported as such."* Der er således ikke noget til hinder for, at biogen CO₂ kan opsamles og lagres, og at dette i forbindelse med en emissionsopgørelse kan medfører negative emissioner i en given sektorkategori. For sammenhængen med rapporteringstabeller henvises til kapitel 3.

I forbindelse med eventuelle emissioner fra transport og lagring skelnes der ikke mellem fossile og biogene CO₂-emissioner, og alle emissioner fra disse processer skal rapporteres i emissionsopgørelsen – *"Once captured, there is no differentiated treatment between biogenic carbon and fossil carbon: emissions and storage of both will be estimated and reported."*

2.1.4 Transport og lagring på tværs af landegrænser

Det er et muligt scenarie, der er forudsat af IPCC (2006), at CO₂ indfanget i et land kan blive transporteret og lagret i et andet land. I tilfælde af, at CO₂ indfanges i land A og derefter eksporteres med henblik på langtidslagring til land B, så vil land A skulle rapportere den indfangende mængde CO₂ (og deraf følgende lavere emissioner) samt eventuelle emissioner fra transport og midlertidig lagring i land A og den samlede eksporterede mængde til land B. Land B vil i dette eksempel skulle rapportere den importerede mængde fra land A, eventuelle emissioner fra transport og midlertidig lagring samt eventuelle emissioner fra injektion og det geologiske lager.

Hvis CO₂ er injiceret i land A, og efterfølgende gennem lækage bliver udledt i land B, så er det land A, der skal rapportere emissionerne og regne dem med i den nationale emissionsopgørelse.

Hvis flere lande gør brug af det samme geologiske lagringsted, så er det landet, hvor lagret er beliggende, der er ansvarlig for at medregne og rapportere eventuelle emissioner i deres nationale emissionsopgørelse.

2.2 2019 IPCC Refinement

Der er i forbindelse med 2019 IPCC Refinement (IPCC, 2019) ikke foretaget ændringer til kapitlet om CCS eller på anden måde foretaget uddybninger af mulige problemstillinger. Der er dog inkluderet retningslinjer for medregning af biokul i forbindelse med beregning af kulstofændringer i jord. Se kapitel 5 for en yderligere beskrivelse af biokul.

2.3 UNFCCC retningslinjer

Der er i de nuværende retningslinjer for rapportering (Beslutning 24/CP.19) ikke nogen særlig behandling af fangst og lagring af CO₂. I forbindelse med forhandlingerne om rapporteringsformaterne under Parisaftalen blev der dog tilføjet yderligere guidance i form af fodnoter til rapporteringstabellerne.

Der blev i forbindelse med rapporteringstabellerne for energi indsat følgende fodnote: *"Although CO₂ emissions from biomass are reported in this table, they will not be included in the total CO₂ emissions from fuel combustion. The value for total CO₂ emissions from biomass is recorded in table1 under the memo Items. If CO₂ is*

captured from biomass combustion and transferred to long-term storage, the recovered amounts should be reflected in the total emission for the sector, i.e. contribute with a negative emission. See the 2006 IPCC Guidelines (vol. 2, chap. 5, p.5.8)."

3 Carbon Capture and Storage

Som nævnt i kapitel 2, så er der retningslinjer for medregning af carbon capture and storage (CCS) i 2006 IPCC Guidelines. Der er i alle tilfælde tale om fangst med efterfølgende langtidslagring, og i de følgende kapitler er beskrivelsen baseret på, at der er tale om fangst med henblik på langtidslagring. Retningslinjerne er dog ikke særligt detaljerede, og der er ikke angivet simple standardmetoder, som det er tilfældet for de fleste andre dele af IPCC Guidelines, men derimod lagt op til, at der skal anvendes tier 3-metoder, hvilket i praksis vil sige anlægsspecifikke metoder, som kræver selvstændig og omfattende dokumentation.

3.1 Emissioner fra forbrænding

Der er ikke nogen forskel i tilgang uanset oprindelsen af CO₂. Det vil sige, at metoden er den samme uanset hvilket brændsel (f.eks. kul, naturgas, træ, affald eller biogas), der er kilden til CO₂-emissionen. Som der er redegjort for i kapitel 2, så skal den opsamlede mængde CO₂ fratrækkes i den relevante kilde sektor. Hvis der er tale om et kraftværk, vil det være i CRF kategorien 1A1a, hvis det var fra et raffinaderi, så vil det være 1A1b, osv. Nedenfor er vist et uddrag af den nuværende rapporteringstabel.

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	AGGREGATE ACTIVITY DATA		IMPLIED EMISSION FACTORS			EMISSIONS			
	Consumption		CO ₂ ⁽¹⁾	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ ⁽²⁾	CH ₄	N ₂ O	CO ₂
	(TJ)	NCV/GCV	(t/TJ)	(kg/TJ)		(kt)			Amount captured
a. Public electricity and heat production									
Liquid fuels									
Solid fuels									
Gaseous fuels									
Other fossil fuels ⁽⁴⁾									
Peat ⁽⁵⁾									
Biomass ⁽⁶⁾									

⁽¹⁾ The implied emission factors (IEFs) for carbon dioxide (CO₂) are estimated on the basis of gross emissions, i.e. CO₂ emissions + amount captured.

⁽²⁾ Final CO₂ emissions after subtracting the amounts of CO₂ captured.

Her vil mængden af indfanget CO₂ blive rapporteret i den sidste kolonne, og CO₂-emissionen, der rapporteres vil være emissionen fratrukket den indfangede mængde. Rapporteringstabellerne genereres af en software udviklet af FN's klimasekretariat, og der er dermed ikke mulighed for at ændre i beregningen af summer i rapporteringstabellerne. I de nuværende tabeller bliver en rapporteret indfanget mængde under biomasse, og deraf følgende lavere emission fra forbrænding af biomasse, ikke reflekteret i totalen for sektoren (og dermed heller ikke i den nationale total), da totalerne for CO₂ kun omfatter fossile brændsler. Som omtalt i kapitel 2.3 er det præciseret i de fremtidige rapporteringstabeller, at det fremover skal være sådant, at en indfanget CO₂-emission fra biomasse skal fratrækkes sektorens totalemission, og dermed også reflekteres i den nationale total. Ud over dette er der ikke foretaget ændringer i rapporteringsformatet relevant for håndteringen af fangst af CO₂.

3.2 Emissioner fra industrielle processer

Der er ikke markante forskelle i tilgangen mellem energisektoren og industrielle processer. I det nuværende rapporteringsformat, som vist nedenfor, blev

der kun rapporteret fossil CO₂, og det var derfor også kun muligt at rapportere fangst af fossil CO₂.

TABLE 2(I).A-H SECTORAL BACKGROUND DATA FOR INDUSTRIAL PROCESSES.

Emissions of CO₂, CH₄ and N₂O

(Sheet 1 of 2)

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	ACTIVITY DATA		IMPLIED EMISSION FACTORS ⁽²⁾			EMISSIONS					
	Production/Consumption quantity		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	Description	(kt)				Emissions ⁽³⁾	Recovery ⁽⁴⁾	Emissions ⁽³⁾	Recovery ⁽⁴⁾	Emissions ⁽³⁾	Recovery ⁽⁴⁾
			(t/t)			(kt)					
A. Mineral industry											
1. Cement production											
2. Lime production											
3. Glass production											

⁽²⁾ The IEFs are estimated on the basis of gross emissions as follows: IEF = (emissions + amounts recovered, oxidized, destroyed or transformed) / AD.

⁽³⁾ Final emissions are to be reported (after subtracting the amounts of emission recovery, oxidation, destruction or transformation).

⁽⁴⁾ Amounts of emission recovery, oxidation, destruction or transformation.

I det vedtagne fremtidige rapporteringsformat er der lavet ændringer, således at det er muligt at rapportere fangst af fossil og biogen CO₂ separat, og dermed er det muligt, hvis der indfanges biogen CO₂ at rapportere dette og få det modregnet i den samlede emission for sektoren, jf. fodnote 6 i uddraget vist nedenfor. Et eksempel er CO₂ fra gæringsprocesser, hvor en eventuel fangst og efterfølgende langtidslagring vil kunne rapporteres og blive fratrukket.

TABLE 2(I).A-H SECTORAL BACKGROUND DATA FOR INDUSTRIAL PROCESSES AND PRODUCT USE

Emissions of CO₂, CH₄ and N₂O

(Sheet 1 of 1)

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	ACTIVITY DATA		IMPLIED EMISSION FACTORS			EMISSIONS ⁽³⁾			Recovery/Capture ⁽⁴⁾⁽⁵⁾			
	Production/Consumption quantity		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ fossil	CO ₂ biogenic ⁽⁶⁾	CH ₄	N ₂ O
	Description	(kt)										
2.A. Mineral industry												
2.A.1. Cement production												
2.A.2. Lime production												
2.A.3. Glass production												

⁽³⁾ Final emissions are to be reported (after subtracting the amounts of emission recovery, oxidation, destruction or transformation).

⁽⁴⁾ Amounts of CO₂ captured or emission recovery, oxidation, destruction or transformation of the other gases. CO₂ captured should be reported only when estimated using a higher-tier emissions calculation. Quantities of CO₂ captured for later use and short-term storage should not be reported unless CO₂ emissions are accounted for elsewhere in the inventory (see the 2006 IPCC Guidelines, vol. 2, chap. 1.2.2). The NID should include information on emissions from leakage in pipeline transport, injection and storage.

⁽⁵⁾ Enter the amount of GHGs captured as a negative number since this amount is subtracted from total of each GHGs produced respectively.

⁽⁶⁾ If biogenic CO₂ is captured from the process and transferred to long-term storage, the recovered amounts should be reflected in the total emissions for the sector, i.e. contribute with a negative emission.

3.3 Øvrige emissioner

Det er ikke i hverken de nuværende eller fremtidige rapporteringsformater forventet, at der foretages fangst af CO₂ i andre sektorer end energi og industrielle processer. Den eneste anden sektor, hvor det kunne være relevant ville potentielt være affaldssektoren. Da affaldsforbrænding med energiudnyttelse rapporteres under energi har vurderingen formentlig været, at det så ikke vil være relevant med fangst af CO₂ for affaldsforbrænding uden energiudnyttelse.

Tilsvarende er det ikke muligt at rapportere CO₂-fangst under biogasproduktion, hvor det kun er muligt at rapportere fangst af CH₄ til enten flaring eller energiudnyttelse. Hvis CO₂ ville blive opfanget i forbindelse med opgradering af biogas til naturgaskvalitet, er der ikke mulighed for at rapportere dette i de nuværende rapporteringsformater, jf. nedenstående uddrag af rapporteringstabellen under Parisaftalen.

TABLE 5.B SECTORAL BACKGROUND DATA FOR WASTE

Biological Treatment of Solid Waste

(Sheet 1 of 1)

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	ACTIVITY DATA AND OTHER RELATED INFORMATION	IMPLIED EMISSION FACTOR		EMISSIONS		RECOVERY	
		CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	
		Annual waste amount treated (kt dm)	(g/kg waste)				Amount of CH ₄ flared
						(kt)	
5.B.2. Anaerobic digestion at biogas facilities ⁽⁴⁾							
5.B.2.a. Municipal solid waste							
5.B.2.b. Other (please specify) ⁽⁵⁾							

Det er selvfølgelig teknisk muligt at fratække CO₂ fra eksisterende emissioner fra andre kategorier, f.eks. kunne man fratække den opsamlede og langtidslagrede CO₂ fra emissionen fra vejtransport eller en anden tilfældig sektor. Dette vil dog med al sandsynlighed ikke blive accepteret, når de nationale emissionsopgørelser bliver reviewet af internationale eksperter udpeget af UNFCCC, da det vil være i modstrid med både UNFCCC's og IPCC's retningslinjer. Man kunne også vælge at rapportere en CO₂-fangst under en sektor, der ikke ellers anvendes. Dette vil ligeledes ikke være i fuld overensstemmelse med retningslinjerne, men vil muligvis have større chance for at blive accepteret under reviewprocessen.

Det vil kræve yderligere overvejelser og konsultationer med andre eksperter før det er muligt for DCE at komme med forslag til, hvordan CO₂ fanget fra kilder, hvor det ikke er forudsat af rapporteringstabellerne eventuelt kan reflekteres i rapporteringen.

Det skal understreges, at rapportering, der ikke eksplicit følger de beskrevne retningslinjer, muligvis ikke vil blive accepteret.

3.4 Direct air capture

Direct air capture (DAC) er benævnelsen for en proces, hvor CO₂ ekstraheres fra atmosfæren med henblik på enten lagring (DACCS) eller anvendelse (DACCU) f.eks. i fødevarerproduktion eller sammen med brint i produktionen af syntetiske brændsler. De specifikke metoder, der anvendes til processen, vil ikke blive yderligere diskuteret i dette notat, men der kan henvises til IEA (2021) for en kort beskrivelse af processen og den nuværende status for udbredelsen globalt.

DAC er ikke inkluderet i hverken 2006 IPCC Guidelines eller 2019 IPCC Refinement, og der er derfor ikke nogen anviste standardmetoder eller retningslinjer for, hvordan DAC eventuelt skulle kunne håndteres i en national emissionsopgørelse. Umiddelbart er DAC ikke kompatibelt med IPCC's nuværende metodik, hvor alle emissioner, optag og fangst skal rapporteres i den kategori, hvor aktiviteten finder sted. Der er derfor ikke nogen mulighed for at rapportere CO₂ fanget gennem DAC i hverken de nuværende eller kommende rapporteringsformater under Parisaftalen.

Ifølge IEA (2021) er der 19 DAC anlæg i Europa og Nordamerika, men alle er meget små med en ubetydelig CO₂ fangst til følge. Et større anlæg skulle være under udvikling i USA og er angivet til at kunne komme i produktion i 2024. Selv dette anlæg har blot en kapacitet på 1 Mt CO₂ pr. år. Hvis DAC stiger i

global popularitet, kan det medføre, at IPCC udvikler metodiske retningslinjer, og derefter vil det potentielt blive reflekteret i UNFCCC processen, så de officielle rapporteringsformater vil kunne håndtere CO₂ fanget og lagret gennem DAC.

Hvis formålet med DAC er langtidslagring i geologiske formationer, vil emissioner fra transport og lagring af CO₂ skulle overvåges og dokumenteres tilsvarende alle andre kilder til fanget CO₂. For en beskrivelse af DAC som input til anvendelse i produkter henvises til kapitel 4.

3.5 Dokumentationskrav

IPCC (2006) angiver retningslinjer for, hvordan CO₂ fangst og lagring skal dokumenteres i en national emissionsopgørelse. Der er nedenfor angivet lister med dokumentationskrav baseret på tilsvarende lister på engelsk angivet i IPCC (2006). Disse krav omfatter selve lageret og transporten til lageret, men ikke selve fangsten. Jf. kapitel 2.1.3, så skelnes der efter fangst med henblik på langtidslagring ikke mellem fossil og biogen CO₂. Det kan derfor lægges til grund, at dokumentationskravet er identisk uanset oprindelsen af den lagrede CO₂.

Forud for starten på geologisk lagring skal emissionsopgørelserne modtage og arkivere følgende:

- Dokumentationsrapport for metoder og resultater af karakteriseringen af det geologiske lager;
- Dokumentationsrapport for metoder og resultater af modelleringen;
- Beskrivelse af det foreslåede overvågningsprogram inklusive baggrundsmålinger;
- Startdato for CO₂-lagringen;
- De foreslåede kilder til den fangede CO₂ og den foreslåede infrastruktur mellem den enkelte kilde og lageret.

Derefter skal emissionsopgørelserne modtage årligt fra hvert geologisk lager:

- Massen af CO₂ injiceret for året;
- Massen af CO₂ lagret for året;
- Den kumulative masse af CO₂ lagret;
- Kilden eller kilderne til CO₂ og den etablerede infrastruktur mellem kilde og lager;
- Dokumentationsrapport der beskriver rationale, metoder, overvågningsfrekvens og resultaterne af overvågningsprogrammet med henblik på at estimere massen af CO₂ eller andre drivhusgasser udledt til atmosfæren eller havbunden;
- Dokumentationsrapport, der beskriver foretagne ændringer til modelleringen eller den fremtidige modellering som følge af resultaterne af overvågningen;
- Massen af CO₂ eller andre drivhusgasser udledt til atmosfæren eller havbunden;
- Beskrivelse af overvågningsprogrammet, metoder der er anvendt, frekvensen og resultaterne;
- Resultatet af en uafhængig verifikation af overvågningsprogrammet og de anvendte metoder.

IPCC (2006) beskriver mange forskellige mulige metoder til overvågning, og der henvises hertil for en yderligere beskrivelse.

For fangst af CO₂ henviser IPCC (2006) til, at mængden skal måles og fratrækkes den beregnede CO₂ baseret på brændselsforbrug og emissionsfaktorer. Det anbefales derudover, at fangsteffektiviteten beregnet som mængden af fanget CO₂ divideret med mængden af produceret CO₂ sammenlignes med standardværdier angivet af IPCC (2006). Eventuel CO₂-fangst skal derfor dokumenteres for hvert enkelt anlæg, hvor aktiviteten finder sted, uanset type af anlæg eller hvilken sektor anlægget tilhører. Det må antages, at der ikke er tid af betydning mellem fangst og lagring, så det i praksis kan antages at være simultant, når der tages højde for, at tidsopløsningen på nationale emissionsopgørelser er et år. IPCC behandler ikke en tænkt situation, hvor fangst af CO₂ finder sted lang tid forud for lagring. At dette skulle blive aktuelt virker ikke sandsynligt, pga. de logistiske udfordringer ved en længerevarende midlertidig lagring. Almindelig miljømæssig integritet vil tilsige, at CO₂ først regnes som fanget og fratrækkes emissionsopgørelsen, når langtidslagring har fundet sted.

Baseret på de oplysninger beskrevet ovenfor skal emissionsopgørelserne dokumentere CO₂-fangst, transport og lagring i de gældende rapporteringstabeller samt inkludere dokumentation i den årlige dokumentationsrapport. Det er med basis i rapporteringstabellerne og dokumentationsrapporten, at ekspertreviewerne vurderer, om de gældende retningslinjer er blevet fulgt.

4 Carbon Capture and Utilisation

4.1 Langtidslagring vs. korttidslagring

IPCC (2006) er meget klar i forhold til, at der udelukkende skal medregnes CO₂-fangst, når der er tale om efterfølgende langtidslagring eller når emissioner fra en efterfølgende anvendelse er inkluderet i emissionsopgørelsen.

IPCC (2006) definerer ikke, hvad langtidslagring dækker over, og det er således ikke muligt at sætte et specifikt antal år som en grænse. Når IPCC henviser til geologisk lagring bliver "over 1000 år" nævnt som den tid over 99 % af den lagrede CO₂ befinder sig i det geologiske reservoir. Det må derfor sluttes, at langtidslagring i IPCC's forstand vil overgå den forventede levetid af alle produkter, og at lagring af CO₂ i produkter ikke vil falde ind under definitionen på langtidslagring.

Det er vigtigt at understrege, at alle direkte anvendelser og korttidslagring af fanget CO₂ ikke vil medføre en nettoeffekt set i et større perspektiv. Anskuet fra et nationalt perspektiv vil det måske være muligt at dokumentere en del gående til eksport, som derfor kan bevirke en nettoeffekt på et regnskab for Danmark, men den globale effekt er 0. Dette sammenholdt med de meget store mængder dokumentation, der ville kræves, er formentlig en tungtvæjende årsag til, hvorfor IPCC-retningslinjerne ikke tillader generelt at fratække CO₂ fanget, hvis det er med henblik på korttidslagring.

4.2 Produkt eksempler

Det er muligt at forestille sig mange forskellige produkter, hvor fanget CO₂ kan lagres. I en del af tilfældene vil det åbenlyst være korttidslagring, og dermed vil den fangede CO₂ ikke kunne fratrækkes i den nationale emissionsopgørelse. I det følgende er beskrevet dels nogle eksempler på korttidslagring, hvor IPCC har udviklet metoder til opgørelse af emissioner fra anvendelsen, og dermed er legalt at fratække emissionerne og dels nogle eksempler på foreslåede anvendelser.

Høstede træprodukter (HWP - harvested wood products) kan siges at være en form for CCU, men der er tale om et CO₂-optag i træer, hvor træet efterfølgende anvendes i produktionen af møbler, huse mv. IPCC (2006) har metoder for beregning af ændringer i kulstoflageret i HWP, og dette er allerede en del af de nationale emissionsopgørelser, og er ikke relevant i forhold til fangst og nyttiggørelse af CO₂.

4.2.1 Urea

Urea produceres ved en reaktion mellem ammoniak (NH₃) og CO₂. Den væsentligste anvendelse af urea er som gødning i landbrugssektoren, og en stigende anvendelse er i forbindelse med katalytisk reduktion af NO_x. IPCC (2006) har inkluderet metoder til at beregne emissionen fra urea anvendt som gødning og anvendt i katalysatorer. Dette betyder, at CO₂ fanget og anvendt til produktionen af urea skal fratrækkes emissionerne, der rapporteres fra NH₃-produktion, selvom der er tale om korttidslagring af CO₂, da emissionerne ved anvendelse af urea i landbrug og industri skal rapporteres af alle lande. Det fremgår samtidig af IPCC (2006), at CO₂ fanget med henblik på

anvendelse som industrigas, f.eks. som kølemiddel ikke skal fratrækkes, da der er tale om korttidslagring, og der ikke er nogen metode for beregning af emissioner ved anvendelse.

4.2.2 Metanol

I det omfang at CO₂ bliver brugt som input til produktionen af metanol, er retningslinjerne klare. CO₂ fanget fra andre processer og anvendt til produktionen af metanol skal fratrækkes i de pågældende kategorier, da de emissionsfaktorer, der er angivet for metanolproduktionen, inkluderer et eventuelt bidrag fra CO₂-anvendelse i processen. IPCC (2006) skriver "*Petrochemical processes may utilise CO₂ captured elsewhere as a feedstock, and CO₂ may also be captured from petrochemical processes. This may create potential double counting issues. For example, some methanol plants may utilise by-product CO₂ captured from other industrial processes as a feedstock for methanol production. To avoid double counting the CO₂ captured should not be reported as CO₂ emissions from the process from which the CO₂ is captured.*"

Det er klart, at IPCC betragter dette i lyset af et integreret kemisk anlæg, hvor CO₂ fanget et sted på det kemiske anlæg indgår i metanolproduktionen andetsteds på anlægget. Her er anbefalingen, at CO₂ fanget fra f.eks. NH₃-produktion og anvendt til metanolproduktion ikke skal rapporteres under NH₃-produktion, men er antaget indeholdt i de standardfaktorer, som IPCC anviser til metanolproduktion (default = 0,67 t CO₂ pr. t metanol produceret).

IPCC beskriver ikke situationer, hvor CO₂-kilden ikke er fra en industriel proces defineret i IPCC retningslinjerne. Det må derfor antages, at hvis der ikke estimeres emissioner fra produktionen af metanol, så gælder de generelle IPCC retningslinjer, om at CO₂ kun kan fratrækkes, hvis der er tale om efterfølgende langtidslagring.

For metanol anvendt som brændsel gælder de samme betragtninger, som anført i kapitel 4.2.3.

4.2.3 Brændsler

IPCC (2006) indeholder standardemissionsfaktorer for en lang række brændsler, som havde en udbredt anvendelse på det tidspunkt, hvor retningslinjerne blev udarbejdet. Lande er i deres rapportering forpligtet til at opgøre emissionerne fra disse brændsler. Eventuelle alternative brændsler, hvor der ikke er standardfaktorer, vil derfor ikke konsistent blive reflekteret i nationale emissionsopgørelser på globalt plan.

Hvis CO₂ anvendes til at producere alternative brændsler (f.eks. PtX), vil der naturligt være tale om korttidslagring. Da emissionerne fra disse brændsler ikke er omfattet af 2006 IPCC Guidelines, er det ikke i overensstemmelse med retningslinjerne, hvis CO₂ fanget og anvendt til dette formål blev fratrukket i emissionsopgørelsen. Det er i den forbindelse underordnet, om den fangede CO₂ er af fossil eller biogen oprindelse. Det er også klart, at der ikke vil være nogen direkte nettoeffekt af at anvende fanget CO₂ som input til produktion af brændsler, da den fangede CO₂ vil blive frigivet under forbrændingen. Såfremt fanget CO₂ er den eneste kulstofkilde i et alternativt brændsel, så vil brændslet i emissionsopgørelsessammenhæng kunne betragtes som CO₂-neutralt, og dermed ikke tælle med i den nationale total, da emissionen allerede er medregnet andetsteds i emissionsopgørelsen.

Der vil kunne være en gevinst i forhold til substitution af andre fossile brændsler, hvilket vil blive reflekteret i emissionsopgørelsen i det omfang, at ændringen reflekteres i energistatistikken.

4.2.4 Byggematerialer og andre produkter

Generelt vil det være svært at dokumentere, at der i forbindelse med lagring i byggematerialer er tale om langtidslagring i IPCC's forstand. I mange tilfælde vil levetiden af et produkt ikke være tilstrækkelig til, at der er tale om langtidslagring. Hvis f.eks. CO₂ blev fanget med henblik på anvendelse i plastproduktionen, så ville der formentlig være tale om, at plastmaterialet inden for en årrække ville ende i et affaldsforbrændingsanlæg og at CO₂ dermed ville blive frigivet. I det omfang, at der er tale om biogen CO₂, så vil dette ikke tælle med i den nationale total fra affaldsforbrænding.

Der er ikke noget i IPCC (2006 & 2019) retningslinjer om hvordan sådanne processer skal håndteres - ud over de generelle formuleringer om, at der skal være tale om langtidslagring eller korttidslagring, hvor der er metoder anvist af IPCC til beregning af emissioner ved anvendelsen (eller bortskaffelsen) af disse produkter.

4.3 Dokumentationskrav

Som nævnt, så er der ikke nogen eksplicit definition af langtidslagring i 2006 IPCC Guidelines, og det er derfor op til det enkelte land i en given situation at kunne dokumentere, at den fangede CO₂ er langtidslagret, og at der ikke sker nogen emission gennem f.eks. anvendelse eller bortskaffelse af et produkt.

Det er ikke muligt at beskrive dokumentationskrav nærmere uden et konkret eksempel på en planlagt langtidslagring af CO₂ i et produkt.

Hvis IPCC- og UNFCCC-retningslinjerne blev ændret i forhold til at acceptere fratrækning af fanget CO₂ med efterfølgende korttidslagring, så ville det medføre en meget stor opgave i forhold til dokumentation. Da der vil være et behov for at kunne følge de resulterende produkter/anvendelser, og inkludere emissioner herfra i opgørelsen. Dette er med stor sandsynlighed ikke et ønskværdigt scenarie, da det vil forøge usikkerheden på landenes drivhusgas-emissionsopgørelser markant. Der vil i praksis være tale om en overgang til en forbrugsbaseret emissionsopgørelse, hvilket stiller voldsomme krav til dokumentation af CO₂ indlejret i alle tænkelige produkter.

5 Biokul

5.1 IPCC-retningslinjer

IPCC (2019) har beskrevet en metodik for medregning af biokul tilført mineraljorde i emissionsberegningen. Der er medtaget en generel metodik for biokul i bind 4, kapitel 2 og mere detaljerede beskrivelse for landbrugsjorde (bind 4, kapitel 5) og græsarealer (bind 4, kapitel 6). Der er ikke nogen metodemæssige forskelle på tilgangen for landbrugsarealer og græsarealer, så der skelnes ikke mellem disse i denne beskrivelse.

IPCC (2019) beskriver, hvordan biokul kan medregnes på tier 2. Her er der tale om en separat beregning af kulstofændringer i biokullageret, som kan adderes til den "almindelige" tier 2-beregning. Denne beregning tager udgangspunkt i mængden af biokul tilført jorden, indholdet af organisk kulstof i biokullet samt andelen af biokul-C, der ikke er blevet mineraliseret efter 100 år. Dette er udtrykt ved nedenstående formel.

$$\Delta BC_{Mineral} = \sum_{p=1}^n (BC_{tot_p} \cdot F_{C_p} \cdot F_{perm_p})$$

Hvor ΔBC er kulstofændringen i mineraljord, BC er mængden af biokul tilført jorden, F_c er andelen af organisk kulstof i biokul, F_{perm} er andelen af biokul-C umineraliseret efter 100 år og p er typen af biokul.

For anvendelse af tier 3-metoder anfører IPCC, at: "*Tier 3 methods can be used to model the loss of biochar C over time after its application to mineral soils...*"

Baseret på beskrivelserne i IPCC (2019), så er det klart, at der er betydelige dokumentationskrav til biokullets sammensætning og stabilitet. IPCC (2019) anviser ikke nogen standardværdier, men har i bilag 2 til bind 4, kapitel 2 inkluderet information, der eventuelt kan danne basis for en fremtidig tier 1-metode. I bilaget er der angivet værdier for F_c for forskellige typer af biomasse og afhængig af de termiske processer (pyrolyse eller gasificering) samt værdier for F_{perm} afhængig af temperaturen under processen.

Når IPCC vælger at inkludere disse værdier og beskrivelser i et bilag, skyldes det, at det ikke har været vurderingen blandt forfatterne, at vidensniveauet var robust nok til, at det kunne reflekteres som IPCC-standardværdier. Det må derfor lægges til grund, at det ikke vil være i overensstemmelse med retningslinjerne at betragte data i bilaget som IPCC-standardværdier, og dermed vil der være brug for selvstændigt arbejde for at dokumentere disse faktorer, hvis IPCC's tier 2-metode skal anvendes.

IPCC beskriver, at der ved anvendelse af en tier 3-metode vil være behov for yderligere data sammenlignet med den skitserede tier 2-metode. Der nævnes en lang række parametre, som forventes at have indflydelse: "*Priming effects, soil GHG emissions, and plant production responses to biochar all vary with biochar type, climate, and soil type. Furthermore, soil GHG emissions and plant production responses also vary with crop type and management. Therefore, Tier 3 methods may require environmental data on climate zones, soil types, crop types and crop management systems (such as nitrogen fertilizer application rates, and whether soils are flooded for paddy rice production), in addition to the amount of biochar amendments*"

in each of the individual combinations of strata for the environmental variables. More detailed activity data specifying the process conditions for biochar production or the physical and chemical characteristics of the biochar may also be required (such as surface area, cation exchange capacity, pH, and ash content)".

5.2 Håndtering af biokul i emissionsopgørelsen

Som beskrevet i kapitel 5.1 er der i IPCC (2019) indført en beskrivelse af, hvordan biokul kan medregnes som kulstoftilførsel til jord, nærmere bestemt landbrugsjord. I Danmark estimeres kulstofændringer i mineralske landbrugsjorde med en tier 3-model (C-Tool). C-Tool er udviklet af DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. Dette notat beskriver ikke, hvordan biokul kan reflekteres i C-Tool, men det beskrives i generelle termer, hvordan biokul kan reflekteres i emissionsopgørelsen. Angående emissioner fra produktionen af biokul henvises der til kapitel 5.3.

5.2.1 Indarbejdning i jord

Biokul der tilføres landbrugsjord eller græsarealer er eksplicit dækket af IPCC (2019), se kapitel 5.1. Principielt vil biokul også kunne tilføres til andre arealtyper, som f.eks. befæstede arealer (settlements), herunder f.eks. grusgrave eller andre underjordiske lagre. IPCC (2019) har ikke nogen detaljeret metode for disse eksempler, og angiver, at metoden ikke finder anvendelse for øvrige arealanvendelseskategorier: *"This method is not applicable for application of biochar to soils in forest land, settlements, other lands or wetlands"*. Hvis der blev anvendt en tier 3-metode til beregning af kulstofændringer i jord for disse arealtypertilførslen af biokul i princippet kunne reflekteres. I praksis vil dette kræve et meget stort udrednings- og dokumentationsarbejde for at opnå tilstrækkelig viden til at kunne udvikle en model, der kan anvendes til dette formål.

I forbindelse med indarbejdelse i jord vil effekten af biokul blive reflekteret som et øget kulstofinput til jorden og dermed i en lavere emission (eller højere optag). Effekten vil således være i LULUCF-sektoren under den arealanvendelse, hvor tilførslen finder sted.

Effekten vil blive reflekteret i den relevante arealanvendelseskategori uanset om biokullet er produceret i Danmark eller importeret fra udlandet og uanset hvilket råmateriale, der har været anvendt til at producere biokullet. Tilsvarende vil biokul produceret i Danmark og eksporteret til udlandet ikke give nogen reduktionseffekt i Danmark.

5.2.2 Andre slutanvendelser

I forhold til at anvende biokul til andre formål, som f.eks. i byggematerialer eller at lagre det overjordisk i lagerhaller, er ingen af disse formål omfattet af IPCC-retningslinjerne. Der er således heller ikke mulighed for at rapportere dette i de rapporteringstabeller, der er vedtaget til brug, da det ikke vil være muligt at allokere en antaget reduktionseffekt til en given sektor. Det vurderes derfor på nuværende tidspunkt ikke at være muligt at reflektere en effekt af biokul i den danske nationale emissionsopgørelse for disse alternative anvendelser/lagring.

I en tænkt situation, hvor UNFCCC- og IPCC-retningslinjer ville kunne reflektere denne form for anvendelse, ville et lager skulle overvåges således, at

det sikres, at der f.eks. ikke sker eksport til andre lande, som derefter ville kunne få en reduktionseffekt af at tilføre det jorden, hvorved effekten ville blive talt med to gange.

5.3 Emissioner fra produktionen af biokul

I 2006 IPCC Guidelines var der ikke nogen retningslinjer for beregning og rapportering af flygtige emissioner fra omdannelse af brændsler. 2019 IPCC Refinement har indført et separat kapitel omhandlende dette område, og her er produktion af trækul og biokul identificeret som en selvstændig kategori.

IPCC (2019) beskriver, at produktionen af biokul kan finde sted ud fra træ, men at der også kan være andre kilder til produktionen af biokul. Emissionen af CO₂ fra produktionen skal ifølge IPCC rapporteres som et memo item¹, mens emissioner af CH₄ og N₂O skal rapporteres og inkluderes i den nationale total. Det skal her bemærkes, at de rapporteringstabeller, der er udviklet ikke giver mulighed for at rapportere CO₂-emissionen fra denne kategori. Der er ikke taget stilling til eventuelle biprodukter fra produktionen og hvilke anvendelser disse måtte have - ej heller hvilke emissionskonsekvenser disse anvendelser kunne have.

IPCC (2019) angiver 3 metodetrin for beregningen af emissioner fra biokulproduktion. Tier 1-metoden kræver produktionsdata på nationalt niveau samt den standardemissionsfaktor, der er angivet af IPCC (2019). Tier 1-metoden kan anvendes, hvis emissionerne fra kategorien ikke er identificeret som en 'key category'². Tier 2-metoden kræver en national emissionsfaktor kombineret med data for produktionen på landsplan. Tier 3-metoden er anlægsspecifikke data, dvs. oplysninger for hvert enkelt anlæg om produktion og emissioner.

Som nævnt angiver IPCC (2019) standardemissionsfaktorer for produktion af biokul. Disse er gengivet i nedenstående tabel.

	Emissionsfaktor, g/kg biokul	Usikkerhed
CO ₂	4300	± 40 %
CH ₄	30	-100 til +200 %
NO _x	0,4	± 75 %
CO	54	± 65 %

Den oprindelige kilde til IPCC's emissionsfaktorer (Cornelissen et al., 2016) indeholder desuden emissionsfaktorer for NMVOC 6±3 g pr. kg og PM₁₀ 11±15 g pr. kg. Emissionsfaktorerne er baseret på en ny type produktion, som skulle resultere i lavere emissioner end en traditionel produktion. Der er dog tale om meget små anlæg (15-150 kg råmateriale pr. produktionscyklus).

Hvis der ikke foreligger nationale data, så er det krævet at anvende tier 1-metoden med de angivne standardfaktorer. Dette vil således gælde, hvis der foregår produktion af biokul i Danmark. Denne standardemissionsfaktor vil

¹ Et memo item er en emission, der ikke medregnes i den nationale total, f.eks. CO₂ fra forbrænding af biomasse eller emissioner fra international transport.

² Key category (KC) betyder, at kategorien er betydende for den nationale emission. KC'er identificeres ved to forskellige metoder, den ene kigger kun på emissionens bidrag til totalen, mens den anden tager højde for usikkerhederne.

skulle anvendes uanset kilden (træ, afgrøderester, etc.) til biokul. Referencen til standardemissionsfaktoren er baseret på forskellige råmaterialer.

CH₄ vil i den fremtidige rapportering have et opvarmningspotentiale (GWP) på 28, hvilket betyder, at standardemissionsfaktoren vil være 840 g CO₂-ækvivalenter pr. kg biokul produceret. Anvendelsen af denne standardemissionsfaktor vil derfor selvsagt gøre gevinsten ved biokul meget lille.

Som beskrevet er der yderligere to metodetrin, der baseres på enten nationale data eller anlægsspecifikke data. I et scenarie, hvor der er meget få anlæg, vil det være hensigtsmæssigt, at opgørelsen baseres på anlægsspecifikke data, dvs. at anlæggene behandles som punktkilder i emissionsopgørelsen. I et scenarie med mange anlæg kan det være omkostningstungt, og dermed vil det være mere hensigtsmæssigt at udarbejde nationale emissionsfaktorer gennem målinger på et repræsentativt udsnit af anlæggene. Under alle omstændigheder vil det være nødvendigt, at der bliver foretaget målinger og udarbejdet dokumentation for niveauet af emissioner.

6 Referencer

Cornelissen G., Pandit N.J., Taylor P., Pandit M.S., Schmidt P.H., 2016: Emissions and char quality of flame-curtain “Kon Tiki” kilns for farmer-scale charcoal/biochar production. PloS one 11(5): eo154617. Doi:10.1371/Journal.pone.0154617

IEA (2021), Direct Air Capture, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/direct-air-capture> (21-01-2022)

IPCC, 2006: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/> (26-01-22)

IPCC, 2019: 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html> (26-01-22)

UNFCCC, 2014: Revision of the UNFCCC reporting guidelines on annual inventories for Parties included in Annex I to the Convention. Decision 24/CP.19. <https://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/eng/10a03.pdf> (20-01-2022)

UNFCCC, 2019: Modalities, procedures and guidelines for the transparency framework for action and support referred to in Article 13 of the Paris Agreement. Decision 18/CMA.1. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2018_3_add2_new_advance.pdf#page=18 (20-01-2022)

UNFCCC, 2021: Guidance operationalizing the modalities, procedures and guidelines for the enhanced transparency framework referred to in Article 13 of the Paris Agreement. Decision -/CMA.3. Advance unedited version. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma3_auv_5_transparency_0.pdf (20-01-2022)

Bilag 1

Detaljerede tekniske spørgsmål:

CCS:

- 1) Kort overordnet beskrivelse af principper for removals/CCS ("CO2 amount captured" / "Recovery CO2"), herunder fortolkning af centrale elementer i de gældende hhv. kommende opgørelse- og rapporteringskrav, især følgende formuleringer:
 - a) "The capture of biogenic CO2 emissions from biomass combustion, or other processes, should be treated consistently with CO2 capture from fossil fuel combustion and reported in the Energy and/or IPPU Sectors."
 - b) "Once captured, and added to the carbon capture and storage process there is no differentiated treatment between biogenic carbon and fossil carbon. Both captured biogenic and fossil CO2 should not be added to the total emissions, i.e. net emissions should be reported (also see Section 5.3 of Chapter 5 in Volume 2 of the 2006 IPCC Guidelines)."
 - c) "Emissions (and reductions) associated with CO2 capture should be reported under the IPCC Sector in which capture takes place (e.g. Fuel Combustion or Industrial Activities)."
- 2) Principper for opgørelse af CO2 opfanget og permanent lagret fra:
 - a) industrianlæg, affaldsforbrændingsanlæg, forbrænding af træbiomasse og lign. i el- og fjernvarmesektoren (optional, da vores egen forståelse er, at det åbenlyst opgøres i "Tabel A. Fuel combustion activities", men korriger og detaljer gerne)
 - b) biogas (5.B eller 1.A.5?)
 - c) biokul (se særskilt afsnit nedenfor)
 - d) DAC
 - e) "CCS-ækvivalenter" (vores term) ved anvendelse i produkter med karakter af permanent lagring (fx i plastprodukter, byggematerialer)
- 3) Dokumentationskrav/verifikationskrav:
 - a) Hvordan og over for hvem dokumenteres og registreres removals ("CO2 amount captured" / "Recovery CO2")? Detaljer gerne for de enkelte kilder/brancher/teknologier.
 - b) Er det tidspunkt for opsamling eller lagring, der etablerer statistisk tid for "captured"?
- 4) Import/eksport til/fra udlandet af CO2 til permanent lagring – i hvilket land tilskrives removals hhv. evt. læk over tid?

CCU:

- 1) Hvordan opgøres forbruget af kulstofholdige PtX brændsler? Hvordan og over for hvem dokumenteres, at der evt. er anvendt biogen CO2 ved produktion af brændslet? Vi antager implicit, at fangst og eksport til udlandet af CO2 til anvendelse ikke har en reduktionseffekt i det nationale udledningsregnskab.
- 2) Kan I i givet fald evt. bidrage med viden om dokumentationskrav/verifikationskrav for PtX brændsler for så vidt evt. indberetning til opgørelsen?

Biokul:

- 1) Kan kulstoflagring fra biokul indregnes i de nationale emissionsopgørelser?
 - a) Kan en reduktionseffekt ved nedpløjning af biokul på landbrugsjord tilskrives LULUCF-sektoren?
 - b) Hvis ikke, hvad vil det kræve?
- 2) Hvilke dokumentationskrav for indregning af reduktionseffekten fra biokul vil gøre sig gældende, og vil kravene variere afhængig af hvor biokullet i sidste ende lagres?
- 3) Hvilke forhold afgør, i hvilken sektor reduktionseffekten bliver talt med i opgørelserne? Er det fx slutanvendelsen af biokullet, der afgør dette?

- 4) Hvordan er reduktionseffekten fra biokul relateret til biomassens oprindelse? Fx ift. importeret biomasse og ukonventionel biomasse (fx spildevandsslam).
- 5) Hvis slutlagringen sker på anden vis end ved nedpløjning af biokul på landbrugsjord, vil reduktionseffekten da kunne tælles med i opgørelserne, og hvilken sektor vil reduktionerne i givet fald blive tilskrevet? Her tænkes fx på deponi:
 - a) Undergrunden (kaverner, nedlagte miner, osv.)
 - b) Over jorden men uden for landbruget (nedlagte grusgrave, lagerhaller, osv.)
 - c) Bygningsmasse (fx i beton, cement, osv.)
- 6) Hvordan håndteres import/eksport af biokul til lagring i opgørelserne?
- 7) IPCC's 2019 Refinement og biokul:
 - a) Kapitlet om flygtige emissioner (vol. 2, kapitel 4) adresserer produktion af biokul fra primært træbiomasse. Vil produktion af biokul i Danmark være omfattet af de i kapitlet nævnte krav til rapportering af drivhusgasemissioner og vil dette være tilfældet uanset hvilken type biomasse der anvendes?
 - b) Har IPCC's 2019 Refinement betydning for a)?
 - i) Hvis ja, hvordan påvirkes størrelsen på indregnede drivhusgasreduktioner fra biokul?
 - ii) Hvis ja, hvad der skal til for at dokumentere, at der ikke sker metanudledninger på niveau med IPCC standardguidelines fra biokulproducerende anlæg³?

³ Fx da de i kapitlet skitserede pyrolyse/biochar-anlæg rent teknisk ikke kan sidestilles med anlæg, der ventes etableret i DK.