



## Usikkerheder i forbindelse med fremskrivning af SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC, NH<sub>3</sub> og partikler

Institut for Miljøvidenskab

Ole-Kenneth Nielsen

Academic Associate  
Direkte tlf.: 87 15 8478  
Fax: +45 87 15 5010  
E-mail: okn@dmu.dk

Dato: 13 January 2012

Side 1/8

En fremskrivning er i sagens natur behæftet med usikkerheder. Grundlæggende kan usikkerhederne inddeles i følgende kategorier:

1. Usikkerheder forbundet med det fremtidige aktivitetsniveau
2. Usikkerheder forbundet med antagelser angående beregningsparametre, f.eks. udskiftningsrater som følge af teknologisk udvikling
3. Usikkerheder forbundet med emissionskoefficienter
4. Usikkerheder i forbindelse med kilder der pt. Ikke er inkluderet

Generelt er usikkerhederne forskelligartede fra sektor til sektor og stof til stof. I dette notat er usikkerhederne beskrevet stofvis. Der er dog nogle generelle forhold, som er beskrevet herunder.

Ad 1) Fremskrivningen bygger i videst muligt omfang på officielle fremskrivninger af aktivitetsniveau. Det er bl.a. tilfældet for energisektoren, hvor fremskrivningen er baseret på den officielle energifremskrivning fra Energistyrelsen. Det er ikke muligt for DCE at kvantificere usikkerheden forbundet med den officielle energifremskrivning. Det samme er tilfældet for andre officielle fremskrivninger som f.eks. det fremskrevne trafikarbejde, som er beregnet af DTU Transport. For landbrug er den relevante fremskrivningsparameter antallet af dyr, især kvæg og svin da disse to dyregrupper bidrager mest til NH<sub>3</sub> emissionen. Der findes ikke nogen officiel fremskrivning for antallet af dyr. Dette er nærmere beskrevet i afsnittet om NH<sub>3</sub> fremskrivningen. Fremskrivninger af aktivitetsniveau vil udover aktiviteten som sådan (fx for trafiksektoren antal kørte kilometer) være påvirket af teknologændringer og substitution og/eller reduktion af anvendelse af stoffer i industrielle processer og produkter.



Ad 2) Denne typer usikkerheder dækker f.eks. over antagelser om udskiftningsraten af brændeovne og kedler i husholdninger, udskiftninger af bilparken og udskiftninger af staldsystemer i landbruget. Det er forskelligt, hvordan disse er behandlet i fremskrivningen. For antagelser om udskiftningstakten i bilparken er der direkte anvendt data fra DTU Transport. I de to andre eksempler er antagelserne baseret på DCEs viden og dialog med branchen og med Miljøstyrelsen. Hvor det er relevant er denne usikkerhed nærmere beskrevet i afsnittene om de enkelte forureningskomponenter.

Ad 3) Denne usikkerhed kan i virkeligheden deles op i to, dels kan der være usikkerhed på det absolutte niveau af emissionskoefficienter, og dels kan der være usikkerhed på emissionskoefficientens udvikling over tid. I det omfang, at et fremtidigt emissionsmål for Danmark bliver relativt, og ikke et absolut emissionsloft, vil den vigtigste usikkerhed være usikkerheden på emissionskoefficientens udvikling over tid. Denne usikkerhed er nærmere beskrevet i afsnittene om de enkelte forureningskomponenter.

Ad 4) Denne usikkerhed er mest relevant, hvis der besluttet et absolut emissionsloft. I den udstrækning, at loftet er relativt, vil eventuelt nye emissionskilder påvirke både et basisår og fremtidige år. Denne type usikkerhed vil påvirke den nødvendige absolutte reduktion, og derfor er der i de følgende afsnit noteret, når der er kilder, der ikke er inkluderet i den nuværende fremskrivning.

Det har ikke været en del af fremskrivningsprojektet at lave egentlige følsomhedsanalyser for de forskellige antagelser, og derfor er diskussionen af usikkerheder kvalitativ.

### **SO<sub>2</sub>**

Den største kilde til SO<sub>2</sub> emission er energisektoren, dvs. stationær og mobil forbrænding. Emissionen fra mobil forbrænding er forventet at falde yderligere i fremskrivningen, så den dominerende kilde vil være stationær forbrænding.

Emissionen af SO<sub>2</sub> er generelt forholdsvis sikker, da SO<sub>2</sub> emissionen direkte kan henføres til svovlindholdet i brændslet. For de fleste brændsler er svovlindholdet dog ikke præcist kendt. For alle større punktkilder er der i dag installeret svovlrensning, og der er krav om kontinuert måling af SO<sub>2</sub> emissionen. Det betyder, at emissionsfaktorerne, som er anvendt i fremskrivningen for disse værker, generelt antages at have en meget begrænset usikkerhed. I de senere år af den historiske opgørelse og i fremskrivningen har andelen af SO<sub>2</sub> emissionen fra fremstillingsvirksomhed og mindre anlæg indenfor handel og service, husholdninger og landbrug/gartneri været stigende. Emissionsfaktorerne, der anvendes for disse kilder, er noget mere usikre, men vurderes til pt. at være konservative. Emissionsfaktorerne vil næppe ændre sig væsentlig i



fremskrivningsperioden med mindre der introduceres nye emissionsgrænseværdier, eller der ændres i kravene til brændselskvaliteten.

Den største usikkerhed for SO<sub>2</sub> emissionen vurderes derfor at være selve energifremskrivningen, især i forhold til svovltunge brændselsers anvendelse i sektorer, der ikke er omfattet af detaljeret emissionslovgivning. Dette inkluderer mange anlæg indenfor fremstillingsvirksomhed og anlæg indenfor handel og service, husholdninger og landbrug/gartneri.

### **NO<sub>x</sub>**

Energisektoren står for stort set 100 % af NO<sub>x</sub> emissionen. Emissionen er fordelt nogenlunde ligeligt mellem stationær og mobil forbrænding.

For stationære kilder kommer størstedelen af NO<sub>x</sub> emissionen fra større punktkilder, hvor emissionsfaktorerne er baseret på målinger og de store kraftværksoperatørers forventninger til fremtidigt niveau. Alle større anlæg er allerede i dag udstyret med NO<sub>x</sub> rensning, og anlæggene overholder på nuværende tidspunkt også de fremtidige grænseværdier, der træder i kraft som følge af vedtaget lovgivning. I 2020 er denne kilde fremskrevet til at udgøre 31 % af den samlede NO<sub>x</sub> emission, og denne må betragtes som relativt sikker. En mulig usikkerhed kan opstå, såfremt der i større grad omlægges til biomasse. Dette kan betyde en reduceret effekt af NO<sub>x</sub> rensningen på kraftværkerne, og dermed en øget emission. Denne usikkerhed relaterer sig derfor ligeledes til selve energifremskrivningen.

Transportsektoren forventes at bidrage med 34 % af den samlede NO<sub>x</sub> emission i 2020. Den største del af emissionen kommer fra vejtransport. Emissionerne fra vejtransport er reguleret gennem EU lovgivning (EURO normer), som fastsætter emissionsgrænseværdier for forskellige brændselstyper og teknologittrin. For fremtidige teknologittrin er der en vis usikkerhed på emissionsfaktorerne, der dog er vanskelig at kvantificere. De fremtidige emissionsfaktorer dannes ved at nedskalere seneste emissionsfaktor baseret på målinger med forholdet mellem den nutidige og fremtidige EU grænseværdi. Der er også en vis usikkerhed forbundet med indfasningen af nye biler i bilparken, der estimeres i den officielle fremskrivning af køretøjsbestanden beregnet af DTU Transport.

Non-road maskinerne forventes at bidrage med omtrent 20 % af NO<sub>x</sub> emissionen i 2020. Der er både usikkerheder på aktivitetsniveauet (antallet af fremtidige maskiner og årlige driftstimer), teknologiudskiftningsraten samt de fremtidige emissionsfaktorer. Antallet af fremtidige maskiner anslås enten ud fra forventning til samlet fremtidig bestand eller ud fra senere års nysalg og gennemsnitlige levetider. Teknologiudskiftningsraten bestemmes ud af lovgivningens implementeringsdatoer samt maskinernes gennemsnitlige levetid.



De fremtidige emissionsfaktorer er omtrent ens med EU lovgivningens emissionsgrænser. I tilfælde hvor målebaserede emissionsfaktorer for nutidigt materiel ligger lavere end fremtidige grænseværdier bevares de målebaserede værdier dog for det fremtidige teknologitrin.

NO<sub>x</sub> emission fra landbrugsjorde er på nuværende tidspunkt ikke inkluderet hverken i den historiske opgørelse eller i fremskrivningen. Denne kilde forventes at bidrage i meget begrænset omfang til den samlede NO<sub>x</sub> emission.

Samlet set vurderes det, at den overvejende usikkerhed for NO<sub>x</sub> fremskrivningen kan henføres til det fremskrevne aktivitetsniveau, dvs. energifremskrivningen.

### **NMVOC**

Emissionen af NMVOC er fordelt på mange kilder, hvilket gør, at usikkerheden er større end for SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub>.

For stationær forbrænding er den klart største kilde til NMVOC emission fra træfyring i husholdninger. Emissionerne fra træfyring i husholdninger er behæftet med en række usikkerheder. Der er således betydelige usikkerheder både angående træforbruget, antagelser om fordeling af forskellige teknologier, antagelser om udskiftningsrater samt endelig usikkerhed på emissionsfaktorerne for de forskellige teknologier. I fremskrivningen er der gennem dialog med Miljøstyrelsen og branchen fundet frem til de mest realistiske antagelser angående fordelingen af teknologier og den forventede udskiftningsrate. Erfaringerne, fra de seneste år, har dog vist, at data stadig kan ændre sig betydeligt, når der gennemføres en undersøgelse af området (pt. gennemføres en sådan undersøgelse hvert andet år). Da emissionsfaktorerne mellem de nyeste og ældste teknologier varierer med op til en faktor 10 kan selv en mindre ændring i antagelse om teknologisammensætning og/eller udskiftningsrate have betydelig indflydelse på den fremtidige emission.

Emissionerne fra vejtransport er reguleret gennem EU lovgivning (EURO normer), som fastsætter emissionsgrænseværdier for forskellige brændselstyper og teknologitrin. Som beskrevet for NO<sub>x</sub>, er der også i NMVOC's tilfælde en vis usikkerhed på emissionsfaktorerne for fremtidige teknologitrin, der er vanskelige at kvantificere. De fremtidige emissionsfaktorer dannes ved at nedskalere seneste emissionsfaktor baseret på målinger med forholdet mellem den nutidige og fremtidige EU grænseværdi. Der er også en vis usikkerhed forbundet med indfasningen af nye biler i bilparken der estimeres i den officielle fremskrivning af køretøjsbestanden beregnet af DTU Transport.

For non-road maskinerne er der både usikkerheder på aktivitetsniveauet (antallet af fremtidige maskiner og årlige driftstimer), teknologiudskiftningsraten



samt de fremtidige emissionsfaktorer. Antallet af fremtidige maskiner anslås enten ud fra forventning til samlet fremtidig bestand eller ud fra senere års nysalg og gennemsnitlige levetider. Teknologiuudskiftningsraten bestemmes ud EU lovgivningens implementeringsdatoer samt maskinernes gennemsnitlige levetid. De fremtidige emissionsfaktorer er omtrent ens med EU lovgivningens emissionsgrænser. I tilfælde hvor målebaserede emissionsfaktorer for nutidigt materiel ligger lavere end fremtidige grænseværdier bevares de målebaserede værdier dog for det fremtidige teknologitrin.

Emissionen af NMVOC i forbindelse med udvinding, transport, lagring og raffinering af olie og naturgas er fremskrevet til i 2020 at udgøre 12 % af den samlede emission. Emissionen er afhængig af aktivitetsniveauet på Nordsøen og en forventning om en uændret aktivitet for de to raffinaderier, der ligger i Danmark.

Anvendelsen af opløsningsmidler både i industrien og i husholdninger er fremskrevet til at udgøre 32 % i 2020. I fremskrivningen er der taget udgangspunkt i den historiske opgørelse, og gennem kontakt med de vigtigste brancher er der estimeret et forventet fremtidigt aktivitetsniveau. Fordelingen af den anvendte mængde opløsningsmidler på forskellige anvendelser, f.eks. i industri eller husholdninger er baseret på den historiske fordeling i SPIN databasen. Emissionsfaktorerne for de forskellige anvendelser i fremskrivningen er de samme som i den historiske opgørelse. Usikkerheden på emissionsfaktorerne vil gælde hele tidsserien, og vil således have begrænset betydning i forhold til et relativt reduktionsmål. Teknologier til at reducere stofemissioner er; skifte fra åbne til lukkede processer, substitution af opløsningsmiddelbaserede til vandbaserede rensningsmidler, maling og lakker, installation af kulfiltre og forbrænding af restmængder af opløsningsmidler.

Industrielle processer bidrager også til NMVOC emissionen. Usikkerheden kan især henføres til de emissionsfaktorerne, der anvendes, som for de fleste kilder refererer til EMEP/EEA Guidebook. Bedre emissionsfaktorer i fremtiden vil således påvirke hele tidsserien. Det vurderes, at de nuværende emissionsfaktorer er konservative.

Der er nogle kilder til NMVOC emission, der hverken er med i fremskrivningen eller i de historiske opgørelser. Det drejer sig bl.a. om NMVOC emission fra deponi af affald og spildevandsbehandling. Størrelsen af disse kilder er ikke kendt.

Emissionen af NMVOC vurderes til at være noget usikker, især på grund af de store usikkerheder på estimerterne af emissionerne fra træfyring i husholdninger og anvendelsen af opløsningsmidler.



### ***NH<sub>3</sub>***

Emissionen af NH<sub>3</sub> kommer langt overvejende fra landbruget. I 2020 er emissionen fra landbrug fremskrevet til at udgøre 97 % af den samlede emission.

De øvrige kilder til NH<sub>3</sub> emission i energisektoren, industrielle processer og affald er alle meget små bidrag, og selv om nogle af kilderne er forbundet med meget stor usikkerhed, så er den samlede usikkerhed fra disse kilder til totalen forsvindende små.

Der er usikkerheder forbundet med både aktivitetsniveauet, dvs. antallet af dyr, antagelser om beregningsparametre, dvs. udskiftningsrater af staldsystemer, implementering af reduktionsteknologi og usikkerheder i forbindelse med beregning af N-udskillelse.

Fremskrivning af husdyrproduktionen er baseret på informationer fra Viden-centret for Landbrug samt samtaler med kontakter i svineerhvervet. Kvægproduktionen afhænger primært af antallet af malkekvæg, som igen er styret af mælkeproduktionen og udviklingen i mælkeydelsen. Det forventes at Danmark står relativt stærkt i konkurrencen på verdensmarkedet og derfor er i stand til at hæve mælkeproduktionen efter 2013, hvor EU's mælkekvote ophæves. Antallet af malkekvæg i 2020 er vurderet til 525.000 med en gennemsnitlig mælkeydelse på 10.900 kg mælk per ko per år. Antallet forventes fastholdt frem til 2030 men med en stigende mælkeydelse til 11.700 kg mælk per ko per år. Såfremt erhvervet kan frembringe højere mælkeydelse end antaget vil antallet af kvæg være faldende og dermed må der forventes et større fald i emissionen.

For svineproduktionen er det antaget, at der ikke sker en væsentlig stigning i slagtesvin produktionen frem til 2030 som følge af restriktive krav til miljøhensyn. Til gengæld forventes en fortsat stigning i eksporten af smågrise fra 7 millioner i 2009 til 12 millioner i 2020, hvilket for den samlede smågriseproduktion betyder en stigning på 18 % fra 2009 til 2030. Størstedelen af dansk svineproduktion eksporteres og derfor vil udviklingen være stærkt afhængig af markedsforholdene. Såfremt der sker ændringer i de økonomiske rammevilkår kan det betyde, at der skabes en gunstig mulighed for en udvidelse af slagtesvin produktionen. Konsekvensen kan være en mindre eksport af smågrise end antaget i fremskrivningen eller en reel forøgelse af hele svineproduktionen, hvorved emissionen vil øges.

En mindre del af ammoniakreduktionen i fremskrivningen forventes at ske som følge af ændringer i staldtyper og ændring i fodringspraksis, mens langt størstedelen af reduktionen antages at skulle opnås ved implementering af ammoniakreducerende tiltag. I fremskrivningen er reduktionseffekten estimeret ved antagelser vedr. gylleforsuring og luftrensningfilter, som på nuvæ-



rende tidspunkt er de mest udbredte ammoniakreducerende teknologier. I fremskrivningen er der således alene taget højde for de staldsystemer og den teknologi, der eksisterer i dag, men fremadrettet kan andre systemer/teknologier blive introduceret og bragt i anvendelse.

I fremskrivningen er der i teknologi implementeringen taget udgangspunkt i lovkraften om en 30 % reduktion i ammoniakemissionen fra stald og lager i 2020 i forhold til normtallene 2005/06 baseret på Husdyrgodkendelsesloven (LBK Nr. 1486 af 04/12/2009) og bekendtgørelsen om tilladelse og godkendelse m.v. af husdyrbrug (BEK Nr. 294 af 31/03/2009). I fremskrivningen er det antaget, at emissionen fra staldanlæggene for de vigtigste husdyrgrupper; slagtesvin, søer, malkekvæg og kvier skal være 30 % lavere i 2020 sammenholdt med 2009. Det betyder fx for malkekvæg, at 40 % af produktionen skal implementere ammoniakreducerende teknologi, der i gennemsnit reducerer emissionen med 65 % (se Tabel 5.9 i fremskrivningsrapporten).

I fremskrivningen er det set på konsekvensen for emissionen, hvis der foretages ændringer i nogle af de vigtigste parametre som svineproduktion og teknologiimplementering og på baggrund heraf estimeres en usikkerhed på minus 10 % til plus 15 % for den samlede ammoniakemission. Det er således estimeret, at såfremt der ikke skete nogen form for implementering af ammoniakreducerende tiltage vil den totale emission i 2020 være 66 kt NH<sub>3</sub> svarende til 15 % højere.

En ændring i fremskrivningens antagelser vil selvsagt betyde ændringer i estimeringen af ammoniakemissionen. Det kan tænkes, at implementeringen af ammoniakreducerende tiltag vil foregå langsommere end antaget og særligt hvis der ikke sker en ændring i landbrugets lånebetingelser som følge af at den økonomiske krise. Dette vil betyde, at den forventede reduktion i emissionen vil ske over en længere årrække end antaget, fordi levetiden for eksisterende bygninger vil blive forlænget i stedet for igangsættelse af nybyggeri. På den anden side kan produktionsapparatet løbende blive så nedslidt, at den nødvendige investering opgives og produktionen i stedet nedlægges, hvorved emissionen falder.

På længere sigt, dvs. frem til 2020 må det formodes at landbrugets kreditkrise er overstået og et opsøgt behov for nyinvesteringer være stærkt påtrængende og blive delvis gennemført inden 2020. DCE forventer derfor, at den fremskrevne emission for 2020 med udgangspunkt i den gældende lovgivning og de opsatte forventninger til produktionens størrelse er et rimeligt bud, usikkerheden taget i betragtning.





### ***Partikler (PM<sub>2.5</sub>)***

Den dominerende kilde til emission af PM<sub>2.5</sub> er træfyring i husholdninger. I 2020 er emissionen fra anlæg i husholdninger og landbrug/gartneri fremskrevet til at udgøre 71 % af den samlede emission af PM<sub>2.5</sub>. Langt størstedelen af emissionen er fra træfyring i husholdninger. Transport forventes at udgøre 11 % og landbrug 8 %.

Emissionerne fra træfyring i husholdninger er behæftet med en række usikkerheder. Der er således betydelige usikkerheder både angående træforbruget, antagelser om fordeling af forskellige teknologier, antagelser om udskiftningsrater samt endelig usikkerhed på emissionsfaktorerne for de forskellige teknologier. I fremskrivningen er det gennem dialog med Miljøstyrelsen og branchen fundet frem til de mest realistiske antagelser angående fordelingen af teknologier og den forventede udskiftningsrate. Erfaringerne, fra de seneste år, har dog vist, at data stadig kan ændre sig betydeligt, når der gennemføres en undersøgelse af området (pt. gennemføres en sådan undersøgelse hvert andet år). Da emissionsfaktorerne mellem de nyeste og ældste teknologier varierer med en faktor 3-4 kan selv en mindre ændring i antagelse om teknologisammensætning og/eller udskiftningsrate have betydelig indflydelse på den fremtidige emission.

I forbindelse med emissionen af partikler, er der stadig en del kilder, der ikke er inkluderet i hverken den historiske opgørelse eller fremskrivningen. Dette gælder bl.a. en række kilder til mulig partikel emission indenfor industrielle processer, markoperationer i landbruget samt deponi af affald. Disse kilder vil påvirke hele tidsserien, men det må forventes at disse kategorier har en nogenlunde konstant emission over tid. Dette vil derfor betyde, at der selv med et relativt reduktionsmål vil blive stillet større krav til andre sektorer, da det vil være tvivlsomt om reduktioner kan finde sted i de pågældende sektorer.

Den samlede usikkerhed for fremskrivningen af partikelemissionen er i høj grad knyttet sammen med usikkerheden på opgørelsen af emissionerne fra træfyring i husholdninger og derfor meget stor.