



26/06 2005  
 J.nr. 000/0-000  
 lmo/-

**DMU**

Danmarks Miljøundersøgelser

---

Notat

## Usikkerheder i modeller for ammoniak i forbindelse med VVM og tærskelværdi for beregnet kvælstofafsætning for en enkelt kilde til særlig følsomme naturområder

### Sammenfatning

DMU har ud fra den eksisterende viden vurderet usikkerheder ved beregning af udslip og afsætning af kvælstof i forbindelse med VVM. På basis heraf vurderer DMU at et rimeligt skøn for tærskelværdien for en enkelt isoleret kilde forstået som den merbelastning, hvorunder bidraget beregnet med de nuværende modeller statistisk set er lig nul, og hvor der ikke i 95 % af de beregnede tilfælde forventes påviselige effekter, er ca. 0,6 kg N/ha pr. år med det nuværende belastningsniveau.

### 1. Indledning

Skov- og Naturstyrelsen har anmodet DMU om at vurdere de statistiske usikkerheder og konfidensintervaller, der er forbundet med de generelle modeller der anvendes i forbindelse med VVM-screening og VVM-redegørelser. Nærværende notat søger at besvare dette spørgsmål på basis af allerede foreliggende materiale og overvejelser.

I en beregning af kvælstofbidraget ifm. VVM indgår

- størrelsen af kvælstofudslippet fra den pågældende kilde (emissionen),
- det beregnede regionale bidrag af kvælstof tilført det pågældende område,
- beregning af enkeltkildebidraget, og
- fastsættelse af tålegrensen for den pågældende naturtype.

Til hvert af disse elementer hører en usikkerhed, som sædvanligvis angives som en statistisk spredning på middelværdien i absolutte enheder, her kg N/ha pr. år. Forholdet mellem spredningen og middelværdien betegnes den relative usikkerhed og angives i %. Det statistiske konfidensinterval betegnes sædvanligvis som 2 gange spredningen fra middelværdien, som angiver det interval, som værdien vil antage med 95 %'s sandsynlighed.

I notatet vurderes usikkerhederne for hvert af ovenstående elementer, og de søges sammenfattet til et konfidensinterval for det beregnede enkeltkildebidrag, betegnet tærskelværdien for enkeltkildebidraget.

Det skal bemærkes at sammenfatning af de enkelte usikkerhedsbidrag forudsætter en forståelse af variansstrukturen i den samlede beregning. Denne forståelse er endnu ikke til stede, hvorfor de forskellige usikkerheder sammenfattes til en samlet usikkerhed på den aktuelle afsætning på en given lokalitet ved simpelt addition af de enkelte bidrag.

## 2. Usikkerheden på kvælstofudslippet

Usikkerheden på den samlede danske ammoniakopgørelse er vurderet til ca. 10 %. En stor del af usikkerheden i beregninger af ammoniakkoncentrationer og –afsætning relaterer sig til usikkerheden i beskrivelsen af udslip, herunder oplysninger om staldtyper, udbringning m.v. En ny model for sæsonvariationen i udslippene har resulteret i en meget væsentlig forbedring af resultaterne for beregningen af de regionale bidrag til afsætningen af kvælstof. Usikkerheden på et enkeltbidrag skønnes herefter i mangel af bedre at være i størrelsesordenen det dobbelt af ovenstående skøn for den samlede opgørelse, altså ca. 20 %.

## 3. Usikkerheden på det regionale kvælstofbidrag

Bestemmelsen af depositionen af kvælstofforbindelser er behæftet med betydelig usikkerhed, idet den samlede afsætning af kvælstof er summen af mange bidrag.

### Måling af det regionale kvælstofbidrag

De nedenstående angivelser af usikkerheden på de beregnede kvælstofbidrag er fremkommet ved sammenligning med målinger. Usikkerheden på måling af den årlige tilførsel af kvælstof med nedbøren på den enkelte målelokalitet i NOVANA programmet er skønnet til ca.  $\pm 10$  %. Den øvrige tilførsel (tøraftsætningen) beregnes med modeller og den samlede usikkerhed på disse beregninger er vurderet til  $\pm 50$  % for vandoverflader og  $\pm 80$  % for landoverflader.

Kendes forholdet mellem våd- og tøraftsætningen kan disse resultater kombineres til et samlet skøn på usikkerheden for bestemmelsen af den totale årlige kvælstoftilførsel til hhv. vandoverflader til  $\pm 10$ -25 % og til landoverflader til  $\pm 25$ -40 %.

### Beregning af det regionale kvælstofbidrag

Den samlede regionale tilførsel af kvælstof til danske land- og havområder beregnes med spredningsmodeller, indtil 2004 med ACDEP-modellen og fremover med den nye og bedre model DEHM-REGINA. Beregningerne af koncentrationer og depositioner foretages i dag på 30 x 30 km<sup>2</sup> felter. Det forventes at modellen i nær fremtid vil kunne beregne afsætningen på 5 x 5 km<sup>2</sup> felter.

De foreløbige resultater for DEHM-REGINA viser en væsentlig bedre beskrivelse af niveauer og af den tidlige udvikling holdt op mod europæiske og danske måleserier sammenlignet med ACDEP. I modellen indgår endvidere 8 overfladetyper, hvor ACDEP kun har én overfladetype.

### Sammenligning mellem målinger og beregninger af det regionale kvælstofbidrag

Resultater for ACDEP-modellen for år 2002 (kg N/ha) viser konkrete afvigelser fra –13 til +15 % sammenlignet med 5 af danske målestationer. Afvigelsen for resultaterne fra skovstationen ved Ulfborg er større, hvilket bl.a. skyldes at ACDEP som nævnt kun opererer med en overfladetype (jævnt lavt græs). Afsætningen til skov indgår således ikke i ACDEP.

For nuværende er det bedste skøn på 95 % konfidensintervallet værdien  $\pm 3,5$  kg N/ha for en gennemsnitlig beregnet total afsætning af kvælstof på 20 kg N/ha ved anvendelse af ACDEP, svarende til en relativ usikkerhed på  $3,5/20$  % = 18 %.

Det tilsvarende resultat for en enkelt lokalitet er mere end dobbelt så stort ( $\pm 9$  kg N/ha) som følge af bl.a. overfladeusikkerheden og andre lokale forhold, altså ca.  $9/20$  % = 45 %. For lokaliteter med et væsentlige spring i overfladetyper må det antages at usikkerheden kan være væsentlig større. Forholdet mellem de to typer relative usikkerheder er  $45\%/18\% = 2,5$ .

#### 4. Beregning af enkeltkildebidrag

##### Beregning med model (OML-DEP)

Lokalt kan kvælstofafsætningen fra den enkelte bedrift beregnes med modellen OML-DEP når udslippet er bestemt. Modellen er operationel på DMU, men er endnu ikke valideret ved sammenligning med eksperimentelle data. Dette arbejde er påbegyndt i forbindelse med de allerede igangsatte VMPIII forskningsprojekter på bygning- og koncentrationssiden, men en fuld validering vil kræve et yderligere eksperimentelt grundlag på afsætningsiden. Den relative usikkerhed på årsmiddelværdier af koncentrationen skønnes at ligge i intervallet  $\pm 20-70\%$ , og afhænger af række lokale forhold - bl.a. af terræn, kildegeometri, afstand fra kilden og repræsentativitet af de meteorologiske data.

Der forestår fortsat et stort arbejde med at validere de anvendte modeller, herunder at gennemføre grundige statistiske analyser af systematiske og tilfældige fejl i bestemmelsen af den totale kvælstofdeposition, bl.a. betydningen af år-til-år variationer og den regionale variation.

##### Beregning med VVM-manualen

Den relative usikkerhed på et beregnet ekstrabidrag fra en lokal punktkilde med beregningsmetoden beskrevet i VVM-manualen (niveau 3) er i manualen angivet til  $\pm 70\%$  inden for et afstandsinterval på ca. 100 – 3000 m fra kilden. Usikkerheden afhænger dels af kvaliteten af datagrundlaget, dels af hvor godt modellen beskriver de lokale forhold. Metoden er ikke velegnet til at beskrive kvælstofdepositionen ved større spring i overfladetyper, eksempelvis en skovkant. Endvidere tager manualen udgangspunkt i kommunegennemsnit for beregnet baggrundsbelastning med ACDEP (dvs. det regionale kvælstofbidrag), hvilket i givne tilfælde giver spring i belastning ved grænsen mellem to kommuner. Endelig anvendes en korrektion for lokal-kilder, dvs. andre landbrug inden for en radius på 2,5 km, hvilket er behæftet med en betydelig usikkerhed. Disse usikkerheder ikke medregnet i ovenstående gennemsnitlige usikkerhedsinterval.

#### 5. Usikkerhed på tålegrænser

Tålegrænserne for kvælstof er den kvælstofmængde et naturareal kan tåle i en årrække uden at det medfører kvalitetsændringer. Tålegrænserne afhænger af de naturgivne forhold, af den anvendte drift eller pleje samt af, hvad der ønskes beskyttet på en lokalitet (for skov f.eks. grundvandet, træproduktionen eller de mest følsomme arter). Det er muligt at fastsætte et typisk niveau for en given naturtypes tålegrænse, mens en mere præcis fastsættelse af tålegrænsen for en given lokalitet kræver specifikke data fra det pågældende område.

Der findes to hovedtyper af metoder til bestemmelse af tålegrænser; empirisk baserede tålegrænser og modelberegninger. Der er forholdsvis god overensstemmelse mellem resultaterne for de forskellige beregningsmetoder, dog således at de modelbereggede tålegrænser kan give lavere værdier end de empirisk bestemte. De danske tålegrænser omfatter modelbereggede værdier for forsuring samt eutrofiering af skov, og empirisk fastsatte værdier for følsomme økosystemer som heder, klitheder, højmoser og overdrev.

Usikkerheden på tålegrænserne forventes i de fleste tilfælde at være dækket af de givne intervaller, der varierer med maksimalt en faktor 2, dvs. fra 5-10 kg, 10-20 kg, 15-25 kg, eller 30-40 kg, hvor intervallerne dækker over variationer i bl.a. naturtype og jordbund. Den relative usikkerhed på de modelbereggede tålegrænser forventes generelt at være af størrelsesorden 30-40 %.

## 6. Vurdering af den samlede usikkerhed på depositionen

Sammenfattes ovenstående relative usikkerheder for beregning af et enkeltkildebidrag og regional baggrund fås:

- Udslipsberegning:  $\pm 20\%$
- Det regionale kvælstofbidrag ved ACDEP beregning:  $\pm 50\%$
- VVM-manualens samlede beregning af enkeltkildebidrag:  $\pm 70\%$

Den samlede (additive) relative usikkerhed på mængden af tilført kvælstof fås som kvadratet af summen af de enkelte variansbidrag (forudsat samme middelniveau). Herved fås et usikkerhedsskøn på 88 %, som angiver usikkerheden på en enkelt beregning. Det vil imidlertid være hensigtsmæssigt at angive middelskønnet på en række beregninger, men desværre kendes forholdet mellem et enkeltskøn og middelskønnet ikke. Anvendes i mangel af bedre resultaterne fundet med ACDEP modellen (faktor 2,5 ovenfor) fås middelskønnet  $88\%/2,5 = 35\%$ . Det må betegnes som det bedste skøn på den relative middelusikkerhed for den samlede tilførsel af kvælstof til et naturområde.

## 7. Vurdering af tærskelværdi for beregning af enkeltbidrag af kvælstofafsætningen

### Statistisk tærskelværdi

Tærskelværdien for beregning af et enkeltbidrag af kvælstofafsætningen defineres her som en værdi hvorunder bidraget i praksis må betegnes som et nul-bidrag. Det beregnede bidrag er altid behæftet med en usikkerhed, og er bidraget tilstrækkelig lille må det betegnes som værende ikke signifikant forskellig fra nul.

Problemet er at definere, hvad nul er. Den beregnede værdi af kvælstofafsætningen er jvf. ovenstående middelskøn på den samlede relative usikkerhed på  $\pm 35\%$  behæftet med et tilhørende 95 %'s konfidensinterval på  $\pm 70\%$  (2 x spredningen). Den nedre konfidens-grænse for en beregnet afsætning på D kg/ha pr. år kan således angives som  $D_n = D - 0,7D = 0,3D$  kg/ha pr. år under forudsætning af normalfordelte beregnede afsætningsværdier.

Såfremt  $D_n$  i øvrigt ligger under en bagatelgrænse for kvælstofafsætningen, kaldet  $D_o$ , og derfor lige så godt kunne antage værdien nul, kunne D fastlægges som den værdi, som i praksis jvf. beregningerne var lig nul. Vi kender imidlertid ikke værdien af  $D_o$ .

Bemærk at der i ovenstående er anvendt den samlede usikkerhed ved beregning af enkeltkildebidraget, altså inkl. ACDEP, idet nabokilder (teoretisk set) kunne være inddraget i beregningen af den regionale afsætning.

### Biologisk tærskelværdi

Det vil i praksis umiddelbart være vanskeligt at måle mulige effekter som følge af et ekstra bidrag til kvælstofafsætningen ved en påvirkning af et naturområde ved en afsætning af kvælstof på mindre end ca. 1 kg N/ha pr. år med det nuværende belastningsniveau.

Men dermed kan det ikke afvises, at der kan være en påvirkning i særligt følsomme områder, eksempelvis i Natura 2000 områder, og at man vil kunne finde parametre, som kan påvise ændringer i økosystemet over en længere årrække.

I konkrete sager har der været tale om et ekstra bidrag til kvælstofafsætningen på ca. 0,1 kg N/ha pr. år. Det er vanskeligt at forestille sig at det vil være muligt at påvise ændringer i selv følsomme økosystemer på dette niveau.

### Samlet tærskelværdi for enkeltkildebidrag

Tages der udgangspunkt i værdien 1 kg N/ha pr. år som den værdi, hvorunder der næppe eksperimentelt med de nuværende biologiske og kemiske undersøgelsesmetoder vil kunne påvises effekter, og er denne værdi den øvre intervalgrænse, fås værdien  $D = 0,59$  kg N/ha pr. år (idet  $D + 0,7D = 1$  kg N/ha pr. år med et ensidigt konfidensinterval på 70%).

Det betyder at et beregnet ekstrabidrag på ca. 0,6 kg N/ha pr. år vil ligge under den biologiske grænse på 1 kg N/ha pr. år. Den nedre konfidensgrænse vil i dette tilfælde være  $D_n \approx 0,2$  kg N/ha pr. år  $\approx D_0$ .

Det bedste statistiske skøn på en tærskelværdi for en enkelt isoleret udledning må derfor ligge omkring de 0,6 kg N/ha pr. år, som i 95 % af de beregnede tilfælde vil ligge under de 1 kg N/ha pr. år, hvor der vil være muligheden for at påvise effekter.

På basis heraf vurderer DMU, at et rimeligt skøn for tærskelværdien for en enkelt isoleret kilde ved det nuværende belastningsniveau forstået som den merbelastning, hvorunder bidraget beregnet med de nuværende modeller statistisk set er lig nul, og hvor der ikke forventes påviselige effekter, er ca. 0,6 kg N/ha pr. år.

