

Nitratklassekortværk

Opdatering af Nitratklassifikationen i Danmark til 2. generation

Fagligt notat

Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet

23. oktober, 2008

Indholdsfortegnelse

Indholdsfortegnelse.....	2
Indledning	3
Sammenfatning	4
1. Nitratklassifikationskort.....	6
2. Generelt om N-kredsløb.....	9
3. Metodegrundlag for opgørelse af de enkelte komponenter i N-kredsløbet..	11
3.1 Transport af total N i vandløb.....	11
3.2 Nitrat-kvælstof udvaskning.....	11
3.3 Øvrige kvælstofkilder	12
3.4. Kvælstofreduktion.....	13
3.4.1 Definition og generelle bemærkninger	13
3.4.2 Kvælstofreduktion i søer.....	14
3.4.3 Kvælstofreduktion i vandløb.....	14
3.4.4 Kvælstofreduktion i grundvand	15
4. Afgrænsning af oplande	15
5. Beregninger af N-reduktion	15
5.1 Vandløbsoplande med målestationer	15
5.2 N-reduktion i umålte oplande	17
5.3 Øvrige forhold	18
6. De væsentligste forskelle på klassifikationsberegningerne til 1. og 2. generationskortet Usikkerheder – Kvalitetssikring – Mulige forbedringer.....	20
7. Referencer	23
BILAG	24
Bilag 1_1: Søer.	
Bilag 1_2: Søer, nøgledata, vandopholdstider, estimeret N-reduktion i søerne.	
Bilag 2: Afgrænsning af oplande.	
Bilag 3: Mere om usikkerheder – Kvalitetssikring – Mulige forbedringer.	
Bilag 4: Kort over oplande til målestationer i vandløb.	
Bilag 5: Kort: Beregnet N-reduktion i målte og umålte oplande til 4. ordens kystafsnit.	

Indledning

Miljøstyrelsen (MST) samt By- og Landskabsstyrelsen (BLST) har bedt Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet (DMU) om at udføre beregninger og tilvejebringe et landsdækkende kort over kvælstof (N) reduktionen fra bunden af rodzonen frem til recipient, herefter kaldet "N-reduktionskortlægningen". Beregninger er udført med data input fra Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet (DJF) og De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS). N reduktionskortlægningen er opgjort på baggrund af, hvad der forlader rodzonen af kvælstof (nitratudvaskningen), og hvad der løber ud til fjorde og til øvrige kystvande.

For en række naturtyper, som By- og Landskabsstyrelsen har identificeret som særligt følsom natur, samt Natura 2000 områderne, er DMU blevet bedt om at udarbejde velafgrænsede vandløbsoplande, således at disse oplande særskilt kan klassificeres i forhold til deres N reduktions kapacitet.

Resultatet af N-reduktionskortlægningen kombineres med de velafgrænsede oplande (oplande der afvander til særligt følsom natur, samt Natura 2000 områderne). Herved er udarbejdet et N-reduktionskort, også kaldet 'Nitratklassekortværket', til brug i administrationen efter Lov om Godkendelse af Husdyrbrug. Dette notat beskriver 2. generation af nitratklassekortet, mens 1. generation er beskrevet i "Kvælstofreduktion fra rodzonen til kyst for Danmark", Faglig rapport fra DMU nr. 616, 2007.

Dette faglige notat har til hensigt kort at beskrive den fremgangsmåde, der er valgt til opgørelsen af det nye 2. generations nitratklassekortværk .

Indledningsvist præsenteres kort resultatet af arbejdet: - det nye nitratklassekortværk, og helt overordnede ændringer i forhold til 1. version af kortet (maj 2007) præsenteres. I de afsluttende kapitler er kort omtalt de væsentligste forskelle i de beregninger (metode, datagrundlag), der har ligget til grund for 1. og 2. generation af nitratklasse-klassifikationen, og mulighederne for yderligere at forbedre grundlaget er skitseret.

Sammenfatning

Det faglige grundlag i dette 2. generationsnitratklassekortværk er styrket i forhold til 1. generationskortet. De væsentligste forbedringer er:

- Kortet dækker nu alle områder, der – i relation til nitratklassekortlægningen – er identificeret som sårbare. I 1. generationskortet var ca. 13 % af landets areal (kystnære arealer) ikke inddraget.
- Anvendelse af måledata fra langt flere målestationer i vandløb. I 1. generationskortet blev data fra 56 vandløb anvendt mod nu 153, hvilket har øget den målte arealdækning fra 43 % til 57 %.
- Anvendelse af en bedre distribuering af den beregnede kvælstofudvaskning i oplande.
- Den nye beregning tager i nogen grad højde for betydningen af nitrats opholdstid i grundvand.
- Tilvejebringelse af søspecifikke kvælstofreduktioner i de fleste danske søer > 5 ha samt målsatte søer < 5 ha

Der skelnes i opgørelsen mellem 'målte' og 'umålte' afstømningsoplande. Målte afstrømningsoplande er oplande, hvor N transporten i vandløbet er målt ved opgørelse af vandtransport og N-koncentrations målinger. Det 'målte' areal udgør i 2. generationskortet mere end halvdelen af landets areal (57 %). I det resterende 'umålte' areal er nitratreduktionen opgjort ved hjælp af modelberegninger og estimater af nitratreduktionen i grundvand, vandløb og søer. Denne beregnede nitratreduktion i 'umålte' oplande er mere usikker end for det 'målte' areal. Usikkerheden i det 'umålte' areal må forventes at variere fra område til område afhængig af en række faktorer, som det ikke har været muligt at få med i beregningerne inden for rammerne af dette 2. generationskortværk. Det er således muligt fagligt at forbedre det foreliggende 2. generationskortværk på en række områder, som der er givet detaljerede forslag til i dette notat.

Overordnet er der tilvejebragt et 2. generationsnitratklassekort, hvor det dyrkede areal omfattet af klassifikationen, er øget fra 8.417 km² til 11.001 km² set i forhold til 1. generationskortet. Det dyrkede areal er her defineret ud fra det generelle landbrugsregister, 2005 (GLR 2005). Opgjort ud fra samme princip var det samlede dyrkede areal i Danmark i 2005 27.716 km².

De enkelte nitratklasser er defineret som:

- Nitratklasse III: Oplande til flodmundinger, kystlaguner, strandsøer, større lavvandede bugter og vige i Natura 2000-områderne samt lobeliesøer og visse sårbare fjorde og nor, hvor kvælstofreduktionspotentialet er maksimalt 50 %.
- Nitratklasse II: Oplande til flodmundinger, kystlaguner, strandsøer, større lavvandede bugter og vige i Natura 2000-områderne samt lobeliesøer og visse sårbare fjorde og nor, hvor kvælstofreduktionspotentialet er mellem 51 og 75 %.
- Nitratklasse I: Øvrige identificerede områder (Natura 2000), hvor kvælstofreduktionspotentialet er maksimalt 50 %.

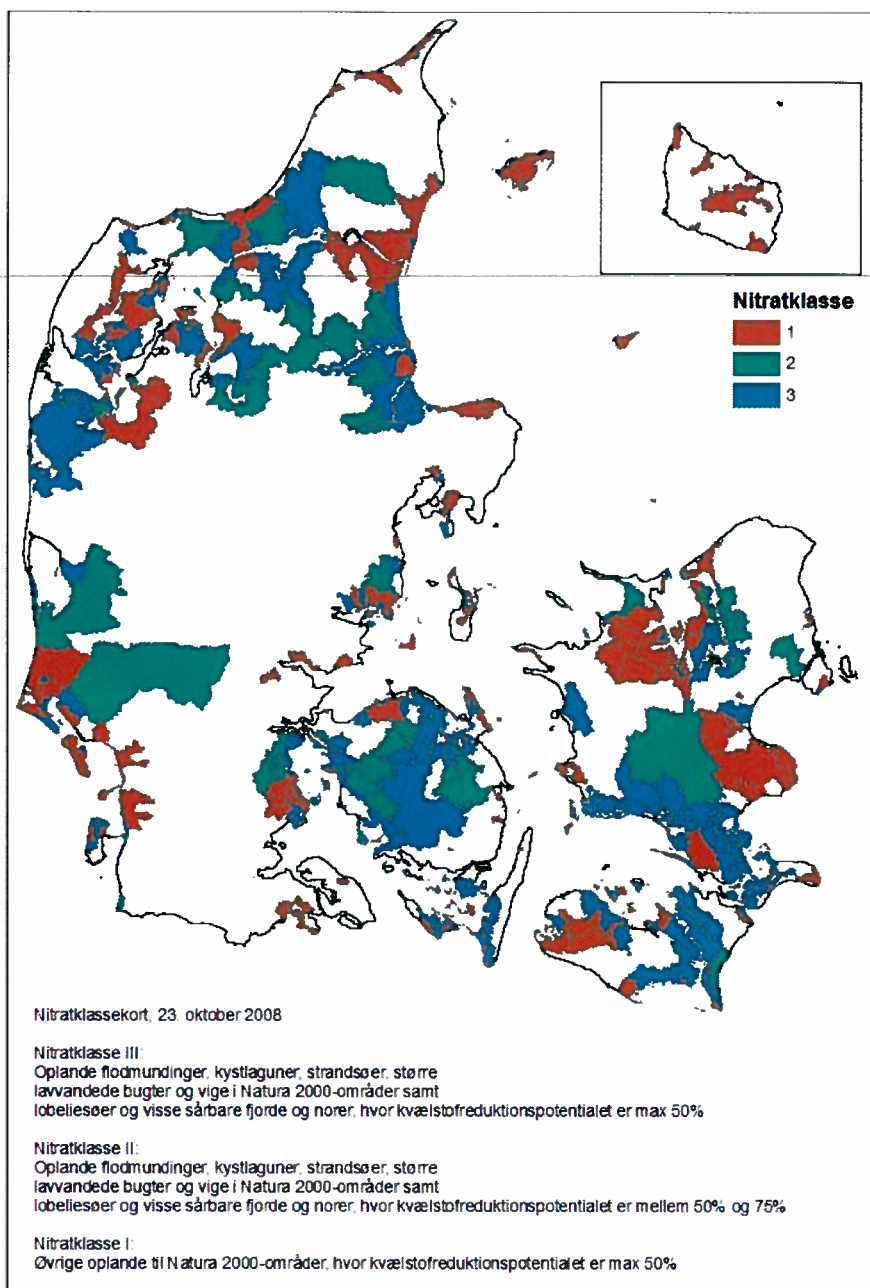
Ved udvidelser af husdyrbrug skal der i administrationen anvendes den nitratklasse, der er bestemt for ejendommens arealer og miljømæssige krav vil være skærpede i forhold til de husdyrbrug, der ligger uden for de klassificerede områder.

I det foreliggende 2. generations nitratklassekort er ca. 40 % af landets dyrkede areal således klassificeret i nitratklasserne 1, 2 eller 3. I 1. generations nitratklassekortet var ca. 30 % af landets dyrkede areal omfattet af klassifikationen.

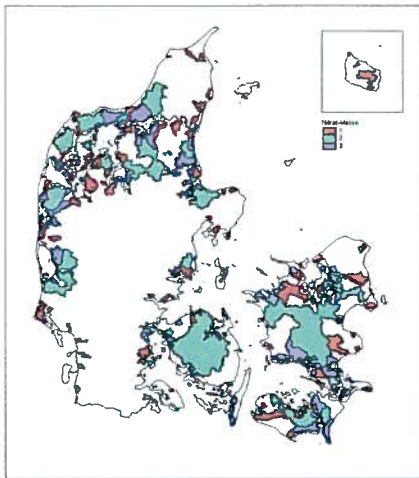
1. Nitratklassifikationskort

I Figur 1 er vist resultatet af Nitratklassifikationen, som den nu foreligger i 2. generation, 2008. Det hidtidige klassifikationskort, som det forelå i 2007 (1. generation), er indsat i mindre størrelse i Figur 2. I Tabel 1 er anført nøgletal for Nitratklasseområdernes størrelse fordelt på landsdele og for landet som helhed i henhold til 1. og 2 generationskortlægningen.

Figur 1. Nitratklassifikation, 2. generation, 2008. Ufarvede områder er enten udenfor oplande til de sårbare områder m.m. eller har en N-reduktion, der er så stor, at de ikke bliver omfattet af Nitratklassifikationen.



Figur 2. Nitratklassifikation, 1. generation, 2007.



Nitratklassifikation, 1. generation, 2007
 N-klasser 1-3
 1. generation, 2007
 2. generation, 2008
 3. generation, 2009

Tabel 1. N-klasser fordelt på landsdele i gammel klassifikation (1. generation, 2007) og i ny 2. generation. -Opgjort som totale arealer samt dyrkede arealer (GLR 2005).

Landsdel	N-klasse	Total areal, km ²	Total areal, km ²	Dyrket areal, km ²	Dyrket areal, km ²
		1. generation, 2007	2. generation, 2008	1. generation, 2007	2. generation, 2008
Bornholm	1	144	115	64	52
Bornholm	2	0	0	0	0
Bornholm	3	0	0	0	0
Sjælland	1	1.019	1.885	658	1.268
Sjælland	2	2.450	1.181	1.542	661
Sjælland	3	1.146	2.024	811	1.419
Fyn	1	31	173	26	128
Fyn	2	1.522	632	998	430
Fyn	3	226	1.358	154	895
Jylland	1	1.678	2.856	1.109	1.715
Jylland	2	2.835	3.544	1.968	2.417
Jylland	3	1.559	2.898	1.087	2.014
DK	1	2.872	5.030	1.857	3.163
DK	2	6.808	5.357	4.509	3.509
DK	3	2.931	6.279	2.051	4.329
Sum DK	1-2-3	12.611	16.665	8.417	11.001

De arealer, der er omfattet af klassifikationen (Klasse 1, 2 eller 3), er i 2. generationskortet øget i forhold til 1. generation, nemlig fra 12.611 km² til 16.665 km². Ses alene på det areal, der er opdyrket, er der i 1. generationsklassifikationen omfattet i alt 8.417 km² mod 11.001 km² i 2. generationsklassifikationen. Det dyrkede areal er her (og i tabel 1) defineret ud fra det generelle landbrugsregister, 2005 (GLR 2005). Opgjort ud fra samme princip var det samlede dyrkede areal i Danmark i 2005 27.716 km².

Med den foreliggende 2. generationsklassifikation omfattende 16.665 km² er cirka 39 % af landets areal (43.094 km²) således klassificeret. I 1. generation var 29 % af landets omfattet af klassifikationen (Klasse 1, 2 eller 3).

Ses alene på det dyrkede areal, som det er defineret ovenstående, er der i 2. generationsklassifikationen ligeledes ca. 40 % af det dyrkede areal, der er omfattet af klassifikationen (Klasse 1, 2 eller 3) mod ca. 30 % i 1. generation.

I Bilag 4 er vist de 153 afstrømningsoplande, hvor beregningerne er baseret på målte kvælstoftransporter i vandløb. I figuren er vist oplande der indgik til 1. generationskortet (56 vandløb), samt de supplerende 97 oplande der er inddraget til 2. generationskortet.

I Bilag 5 er vist de beregnede kvælstofreduktioner, for de 153 vandløbsoplande, samt de reduktioner, der er beregnet for arealer uden vandløbsmålestationer (umålte oplande).

2. Generelt om N-kredsløb

For en målestation i vandløb, hvor kvælstof (N) transporten måles – eller i det hele taget for N-tilførslen til et givet vandområde (sø, fjord), gælder overordnet, at transporten af total N ($TRANS_{TOT_N}$) i al væsentlighed kan udtrykkes som følgende:

$$TRANS_{TOT_N} = N_{Nitrat-N-udvaskning} + N_{TOTspildevand} + N_{TOTerosion} + N_{ORG-udvaskning} + N_{TOT-alkoktont} + N_{TOTatmosfære} - N_{REDgrundvand} - N_{REDOverfladevand}$$

Af de anførte seks kilder til kvælstof i overladevand er den altdominerende hovedkilde udvaskningen af nitrat-N fra dyrkede arealer ($N_{Nitrat-N-udvaskning}$). Spildevandstilførsel af kvælstof til overfladevand ($N_{TOTspildevand}$) kan i enkelte oplande med store byer være af betydning for total N transporten i vandløb. Kilden ($N_{TOTerosion}$) indeholder bidraget af kvælstof fra jorderosion og overfladisk afstrømning til vandløb og brinkerrosion. Kilden ($N_{ORG-udvaskning}$) er bidraget af ammonium-N og organisk N, som tilføres med drænvand, og kilden ($N_{TOT-alkoktont}$) er bidraget af kvælstof med nedfaldet organiske rester som blade, mv. De ovennævnte tre kilder ($N_{TOTerosion}$, $N_{ORG-udvaskning}$ og $N_{TOT-alkoktont}$) er diffuse og vil generelt være af mindre betydning for transporten af total N i vandløb. Kun i vandløb med et relativt stort udyrket areal vil bidraget fra de tre kilder få væsentlig betydning. Den sidste kilde er den atmosfæriske deposition af kvælstofforbindelser på vandløb og søer ($N_{TOTatmosfære}$). Dette kvælstofbidrag er generelt også af meget lille betydning i langt de fleste oplande.

De to reduktionsprocesser ($N_{REDgrundvand}$; $N_{REDOverfladevand}$), der foregår i henholdsvis grundvand og overfladevand, kan opsplittes i en række delprocesser. For overfladevand kan kvælstofreduktionen opsplittes i den reduktion, der sker i vandløb, søer og oversvømmede ådale. Det udvaskede kvælstof vil ved vandets fremløb (som 'grundvand') mod overfladevand oftest blive reduceret, og der vil desuden ske en omsætning af N i selve overfladevandet (sø, vandløb).

Der er i dette projekt fokuseret på at kvantificere, hvor meget det udvaskede N fra rodzonen der reduceres, inden det når frem til en målestation eller en slutrecipient i form af en sø, fjord eller et kystafsnit. Analysen sker bl.a. ved at sammenholde målte transporter af total kvælstof i vandløb med udvaskningen af nitrat kvælstof fra afstrømningsoplandet til vandløbet. I regnestykket er der således ikke taget hensyn til betydningen af de fire andre diffuse kilder til forekomst og regional variation i udledningen af total N til ferskt overfladevand. Det er som i 1. generations nitratklassekortværket antaget, at udvaskningen af nitrat-N kan sammenstilles med målinger af total-N i vandløb.

Til beregningerne af kvælstofreduktionen er der – som til 1. generationskortet - taget udgangspunkt i den kvælstofudvaskning, der i forbindelse med evalueringen af VMPII blev tilvejebragt for dyrkningsåret 1989/90. Resultaterne er klimanormaliseret ved at beregne den gennemsnitlige kvælstofudvaskning for klimaperioden 1990-2001 (undtaget 1992). Når der er valgt udvaskningsdata (og målte kvælstoftransporter i vandløb) fra denne periode og ikke anvendt nyere – og givetvis mere sikre data - skyldes det, at der for nogle vandløb kan være tale om stor forsinkelse i transporten mellem N-udvaskningen fra rodzonen og frem til vandløbet.

Når udvaskning fra marken sammenholdes med en kvælstoftransport i vandløbene, er det et problem, at der er en tidsforskydning, fra kvælstoffet udvaskes, til det når vandløbet. Denne forskydning er ikke ens for alle vandløb, men er ofte meget betydelig. Da kvælstofudvaskningen

samtidigt er halveret i perioden 1985 –2003, er det vigtigt, hvilket afstrømningstidspunkt, der sammenlignes med et givet udvaskningstidspunkt og –niveau.

Som i 1. generationskortet er der taget udgangspunkt i den kvælstofudvaskning, der i forbindelse med evalueringen af VMPII blev tilvejebragt for dyrkningsåret 1989/90 og dyrkningspraksis dette år (resultatet er klimanormaliseret ved at beregne gennemsnitsudvaskningen for klimaperioden 1990-01, dog undtaget 1992). Dette år ligger før vandmiljøplanerne for alvor slog igennem, samtidigt med, at datagrundlaget er rimeligt sikkert. Dyrkningsåret 1989/90 er dermed det bedst mulige referencepunkt, når kvælstofudvaskningen skal sammenholdes med en kvælstoftransport i vandløb for at beregne reduktionsprocenten.

Ved beregningerne er der også taget udgangspunkt i målte transporter af total kvælstof i vandløbene. Denne transport omfatter transporten af såvel uorganisk kvælstof (nitrat-N, ammonium-N), som af organisk bundet kvælstof. Var der alternativt taget udgangspunkt alene i den målte transport af uorganisk Nitrat-kvælstof, ville dette givetvis have kunnet medføre fejlagtigt beregnede kvælstofreduktioner. I vandløbene sker der nemlig en vis omsætning og omdannelser af det nitratkvælstof, der fra rodzonen til sidst når frem til vandløbene. Der er her eksempelvis tale om biologisk optag af nitratkvælstof i overfladevand og generelt biologisk drevne ændringer i de kvælstofformer, der forekommer i vandløbet (f.eks. mineralisering, nitrifikation).

3. Metodegrundlaget for opgørelse af de enkelte komponenter i N-kredsløbet

3.1. Transport af total N i vandløb

Datagrundlag

Data fra i alt 153 vandløbsstationer er blevet anvendt til dette 2. generationsnitratklassekort i forhold til 1. generation, hvor resultater fra 56 målestationer blev anvendt (Bilag 4). Herved er de arealer, der nationalt er dækket af målestationer, øget fra 18.700 km² (43 % af landets areal) til 24.300 km² (57 % af landets areal). Den årlige målte kvælstoftransport er udtrukket – dels fra DMU's database AQUA og dels tilvejebragt via supplerende indberetning af vand- og stoftransporter fra Miljøcentrene til DMU til brug for dette projekt. Data er anvendt for perioden 1990-2000.

Pålidelighed af de anvendte total N transporter i vandløb

De anvendte transportdata er forventeligt behæftet med meget lille usikkerhed, da målestationerne generelt har en hydrometristation med oplysninger om daglig gennemsnitlig vandføring og med prøvetagning af vandløbsvandet hver fjortende dag til hver måned. Tidligere analyser af usikkerheden på bestemmelsen af den årlige transport af total kvælstof viser, at den ligger i området ± 5 %, (Kronvang & Bruhn, 1996)

For enkelte af de målestationer, der indgår, kan der dog være tale om noget større usikkerheder, idet der på nogle få af disse stationer, er specifikke forhold, der vanskeliggør prøvetagning og beregninger med den sikkerhed, der generelt er gældende for typiske danske vandløb (f.eks. slusestation, stuvningspåvirkede vandløb med indirekte bestemmelse af vandføringen).

3.2. Nitrat-kvælstof udvaskning

Datagrundlag

Det er i projektet forudsat at anvende de N-udvaskninger, som på kommuneniveau blev estimeret i forbindelse med slutevalueringen af VMPII af Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Århus Universitet (DJF). Også selv om der er generel faglig enighed om, at dette er et forholdsvist godt datagrundlag - herunder, at der er anvendt en ringe geografisk differentiering af den vandperkolation, der knyttes til beregningen af N-udvaskningen. Udgangspunktet er således de N-udvaskninger, der på denne måde blev beregnet for dyrkningsåret 1989/90 for det dyrkede areal i hver kommune. Hertil er lagt en estimeret udvaskning fra øvrige arealer (jf. Blicher-Mathiesen m.fl., 2007). Beregningerne af udvaskningerne fra landbrugsarealet i hver kommune er oprindeligt ikke georefereret, men alene beregnet for det samlede anførte dyrkede areal i hver kommune.

N-udvaskningen fra det dyrkede areal blev for 1989/90 opgjort til omkring 275.000 tons N under antagelse af et 'normalklima' defineret som gennemsnittet af 1990/91-2000/01, dog eksklusive 1992/93, hvor der var metoderelaterede problemer. For perioden midt i 1980'erne blev N-udvaskningen fra det dyrkede areal opgjort til omkring 311.000 tons N.

Indledningsvist er der i dette projekt ud fra N-udvaskningen fra det dyrkede areal (kg/ha) og det antagne landbrugsareal i 1989/90 udregnet en samlet udvaskning i ton for hver kommune. Denne udvaskning er efterfølgende distribueret (én gennemsnitsværdi for det dyrkede areal i hver kommune) på det (georefererede) landbrugsareal, der kendes i dag (GLR, markblok fra 2005).

Der er for enkelte kommuner tale om store forskelle i det forudsatte landbrugsareal for de oprindelige udvaskningsberegninger (1989/90) og det landbrugsareal, der kan opgøres i dag. Dette skyldes givetvis primært forskelle i opgørelsesmetoder, og at vores vidensgrundlag i dag simpelthen er bedre. For det samlede nationale landbrugsareal er forskellen dog marginal. For de arealer, der ikke i dag er klassificeret som landbrugsarealer, er der – som til 1. generationskortet - antaget forskellige udvaskninger (2-5 kg N/ha/år) afhængig af hvilken klasse, arealet indgår i (Blicher-Mathiesen m.fl., 2007). I det mindste for de kommuner, hvor der er stor forskel på opgørelsen af landbrugsarealet i 1989 og aktuelt, bør der ved den næste generation af nitratklassekortet foretages en revurdering af landbrugsarealet i 1989 og betydningen heraf for kvælstofudvaskningen fra det dyrkede areal (og kommunen som helhed) i 1989/90.

Ovenstående informationer er samlet i et GIS-lag, der efterfølgende muliggør en beregning af den samlede N-udvaskning fra rodzonen fra vilkårligt definerede afstrømningsoplande.

Pålidelighed af de anvendte N-udvaskninger, - mark N-balancer

Det har været anført, at der er stor usikkerhed på de anvendte N-udvaskninger for 1989/90. Der er derfor foretaget en sammenligning mellem disse N-udvaskninger (dyrket areal) og de markbalancer for N, der kan beregnes for de enkelte kommuner (Børgesen m.fl., 2008). Der er i dette arbejde ikke identificeret kommuner eller forhold i øvrigt, der indikerer, at kvælstofudvaskningsdata for visse områder bør tages ud af analysen.

3. 3. Øvrige kvælstofkilder

Til nogle af de indgående vandløb har der ikke været oplysninger om mængden af udledt spildevand i oplandet, - sandsynligvis fordi der ikke har været betydende udledninger. For disse vandløb antages den målte totale transport af kvælstof således at være lig den diffuse kvælstoftransport. For enkelte vandløb vurderes, at der er en betydelig usikkerhed på de anvendte data for spildevandsudledninger. Det er dog konsekvent valgt – hvor muligt – at fratække de foreliggende data for udledt kvælstof med spildevand til ferskvand. Udgangspunktet for de videre beregninger bliver således – som i 1. generationskortlægningen - den diffuse kvælstoftransport (målt kvælstoftransport minus udledt kvælstof med spildevand).

De fire øvrige diffuse kilder til kvælstof i vandløb og søer (erosionsbidrag, udvaskning af organiske kvælstofforbindelser, alloktion tilførsel af kvælstof fra omgivelserne og tilførsel af kvælstofforbindelser fra atmosfæren) er - af flere grunde - ikke medregnet i denne analyse.

Den atmosfæriske deposition af kvælstofforbindelser er således generelt af så lille en størrelse, at der er set bort fra denne i analyserne. Tilførslen af kvælstof til overfladevand med nedfaldent organisk materiale er generelt også af en sådan størrelsesorden - set i forhold til nitratudvaskningen - at vi har valgt at se bort fra den i denne analyse. Denne tilførsel vil alt andet lige være størst i vandløb, som omkranses af skove. Tilførslen af kvælstof til overfladevand med erosionsbidrag er der p.t. ikke tilstrækkelig viden om til, at det kan indgå kvantitativt i denne analyse. På grund af

manglende data og viden er det også valgt at se bort fra et bidrag af organisk kvælstof fra nedvaskningen gennem dræn til overfladevand. Ovenstående kilder, som det af forskellige faglige grunde ikke har været muligt at medtage, vil alle medføre en afvigelse i den N-reduktion, der beregnes for det udvaskede kvælstof fra rodzonen frem mod slutrecipienten (sø, fjord), idet denne reduktion vil blive sat for lavt.

3.4 Kvælstofreduktion

3.4.1 Definition og generelle bemærkninger

Med N-reduktion forstås efterfølgende: Fjernelsen af kvælstof fra det nedriver fra marker og andre arealer, til det når frem til en given slutrecipient som f.eks. en sø eller en fjord. N-reduktionen foregår i grundvand og overfladevand (vådområder, søer, vandløb) ved denitrifikation og - i mindre omfang - ved permanent indlejring af kvælstof i søsedimenter.

Det tager tid for grundvandet at strømme fra marken til vandløb og søer. I nogle tilfælde, hvor vandet skal dybt ned igennem et grundvandsmagasin, før det igen strømmer til overfladen, kan forsinkelsen af det kvælstof, som er tilbage i vandet, være på flere årtier. Forsinkelser af denne art er ikke medtaget i denne kortlægning af N-reduktionen.

Den totale N-reduktion af det udvaskede nitrat-kvælstof kan for et givet opland beregnes som forskellen mellem den mængde, der udvaskes fra rodzonen, og det totale kvælstof, der med vandløb afstrømmer fra oplandet. Ideelt under antagelse af, at der er "ligevægt" i oplandet (dvs. ingen store ændringer i arealanvendelse, landbrugspraksis, klima, mv.) og at de andre fem kilder til N-transporten i vandløb er ubetydende (spildevand, atmosfærisk deposition, erosionsbidrag, mv.).

Det er vigtigt indledningsvist at gøre sig klart, at det generelt ikke er muligt at angive én og kun én reduktionsprocent for hvor meget kvælstof, der forsvinder af en given marks kvælstofudvaskning. Reduktionsprocenten afhænger i høj grad af hvilken slutrecipient, der tages udgangspunkt i. Et tænkt eksempel illustrerer dette:

På den længste vandløbsstrækning i Gudenå-systemet skal vandet fra åens udspring til udløbet i Randers Fjord passere gennem i alt 18 søer. For kvælstoftilførslen til den øverst beliggende sø i afstrømningsoplandet vil N-reduktionen for en mark (dyrket areal) i al væsentlighed være bestemt af den reduktion, der finder sted i grundvandet, f.eks. 50 %. Umiddelbart nedstrøms denne sø vil N-reduktionen for marken samlet måske være 65 %, idet der ved vandets passage af søen fjernes 30 % af det tilførte kvælstof. Efter passage af næste sø i systemet (der måske også fjerner 30 % af det tilførte kvælstof) vil markens N-reduktionsprocent være $(100-65)*30/100 + 50 + 15=75.5$ %. Med 18 søer på en vandløbsstreng fra kilde til fjord vil der således for en mark (dyrket areal) 'øverst' i systemet kunne udregnes 18 forskellige N-reduktionsprocenter alt afhængig af den slutrecipient, man kigger på.

Der gøres opmærksom på, at de kvælstofreduktionsprocenter, der er udregnet her som grundlag for Nitrat-klassifikationen alle er beregnet med udgangspunkt i den marine slutrecipient.

For nitratklassekortlægningen skal N-reduktionen for de identificerede 'følsomme' områder kunne inddeles i klasser med et reduktionspotentiale på 0-50 %, 51-75 % og > 75 %). Disse beregninger til brug for klassifikationen er altså som nævnt gennemført i relation til den marine slutrecipient.

3.4.2 Kvælstofreduktion i søer

I søer sker der en reduktion af kvælstoftransporten. Denne reduktion sker dels som indlejring af N i søsedimenter og – mest betydende – som denitrifikation. Reduktionen kan måles eller modelberegnes. Der er i dette projekt for søer med erkendt afløb indledningsvist forsøgt at basere beregningerne af N-reduktionen i de enkelte søer ud fra en empirisk ligning, der forudsætter kendskab til søens volumen, gennemsnitsdybde samt vandgennemstrømningen (vandets opholdstid). Jo længere tid vandet (og kvælstoffet) opholder sig i en given sø og jo mere lavvandet søen er, des større reduktion (%) vil der ske af det tilførte kvælstof. Vandopholdstiden (og dermed N-reduktionen) er varierende fra år til år, fordi vandtilførslen varierer.

I forbindelse med dette projekt har Miljøcentrene tilsendt en oversigt med nøgledata for en række søer. Disse informationer har suppleret de data og den viden, der i forvejen var til stede og lagret i DMU's databaser, (danske søers morfometri, vandopholdstid og N-reduktion).

For søer med afløb, hvor anden information ikke har været til rådighed er generelt antaget en N-reduktion på 30 %. Maksimal N-reduktion i søer med afløb er sat til 90 % (den empiriske model kan for søer med lang vandopholdstid beregne reduktioner på mere end 100 %, hvilket selvkært er fejlagtigt). For søer uden afløb - men med kendt opland - er antaget en N-reduktion på 100 %. Det er, hvor det har været muligt, at beregne en N-reduktion ved en estimeret gennemsnitlig vandafstrømning for perioden 1991-2000 (jf. Bilag 1). Dette er nødvendigt, fordi N-udvaskningerne fra rodzonen jo også er beregnet ved et sådant 'gennemsnits'-klima.

For alle disse søer er der tilvejebragt et estimat over den relative kvælstofreduktion (i %), der sker ved vandets og kvælstoffets passage af den enkelte sø. Estimerne er tilvejebragt som nævnt ovenstående ved en kombination af den tilgængelige viden på tidspunktet for beregningerne.

I Bilag 1 er nærmere redegjort for arbejdet med at definere disse søer, herunder hvilke tekniske kriterier, der har været anvendt til at identificere søer med afløb.

3.4.3. Kvælstofreduktion i vandløb

Det blev i forbindelse med 1. generationsnitratklassekortet vurderet hvilke kvælstoffjernelser, der vil kunne ske i selve vandløbene, og de(n) valgte metode(r) er beskrevet i Blicher-Mathiesen m.fl., 2007. Samlet blev der antaget en N-reduktion i vandløb på omkring 1600 tons N/år. I forbindelse med denne 2. generationskortlægning er der valgt en lidt anden tilgang, idet N-reduktionen i vandløb af regnetekniske grunde er blevet kvantificeret som 1 % af den samlede N-udvaskning fra rodzonen (oprindeligt blev antaget en fjernelse på 2 % af N-transporten i selve vandløbet). Forskellen mellem disse to beregningsmetoder er i forhold til den samlede kvælstofreduktion i al væsentlighed uden betydning. I dette 2. generationsnitratklassekort antages det derfor, at den

samlede kvælstoffjernelse (reduktion) i danske vandløb udgør omkring 2.800 tons N/ år. Den opgjorte kvælstofreduktion i vandløb er - ligesom det var tilfældet med estimatet til 1. generationskortet - formentlig en underestimering af de faktiske forhold (Christensen et al., 1991; Kronvang et al., 2005).

3.4.4. Kvælstofreduktion i Grundvand

Kvælstofreduktionen i grundvand (% af det udvaskede N fra rodzonen) og den geografiske fordeling heraf er tidligere vurderet og kvantificeret (Blicher-Mathiesen m.fl., 2007; Ernstsens m.fl., 2006). Som supplement hertil har De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) estimeret en reduktionsprocent for det areal, der hidtil ikke havde fået tilkendt en reduktionsfaktor (de såkaldt 'hvide områder'), (Ernstsens et al., 2008). For disse områder er typisk alene anført et interval for reduktionsprocenten. Regneteknisk har det imidlertid til visse af beregningerne i forbindelse med dette projekt været nødvendigt at definere en specifik reduktionsprocent også for disse 'hvide områder' samt øvrige områder, hvor reduktionen af nitrat i grundvand alene er anført som intervaller (22% af landets areal). Dette er i al simpelhed gjort ved at anvende følgende værdier for de angivne intervaller:

0-50 %: Specifik procent = 25 %

50-75 %: Specifik procent = 63 %

>75 %: Specifik procent = 88 %

Generelt forventes præcisionen af de anvendte reduktionsprocenter i grundvand at være relateret til størrelsen af det areal, hvor procenten er angivet. Altså jo mindre areal, des mindre præcision. For 78% af landets areal er reduktionen af nitrat-N i grundvand beregnet med en reduktionsmodel og specifikke reduktionsprocenter estimeret. Denne model er en recalibreret version af den model, der tidligere er omtalt og dokumenteret i (Ernstsens m.fl., 2006; Blicher-Mathiesen m.fl., 2007). Den recalibrerede model er dokumenteret i GEUS (2008).

4. Afgrænsning af oplande

I forbindelse med projektet er gennemført en oplandsafgrænsning og kvalitetssikring/justering af eksisterende oplandsgrænser (topografiske afstrømningsoplande). Dette er sket i et samarbejde med de regionale Miljøcentre. Arbejdet med at afgrænse oplandene og resultatet heraf er nærmere beskrevet i Bilag 2.

Som grundlag for nitratklassifikationen er det valgt at udregne N-reduktionsprocenter for deloplande til kystafsnit (fjorde og nor). Teknisk er det valgt at foretage estimeringerne af N-reduktionsprocenter på 4. ordens niveau ud fra den eksisterende oplandsafgrænsning til disse 320 4. ordens afstrømningsoplande til de marine kystafsnit. Det bemærkes, at de 320 umålte 4. ordens afstrømningsoplande til kystafsnit som fjorde, mv. (43 % af landets areal) varierer betydeligt i størrelse. En del af disse arealer er meget små.

5. Beregninger af N-reduktion

5.1. N-reduktion i vandløbsoplande med målestationer

Såfremt der i et 4. ordens kystopland har været en målestation i vandløb, hvor N-reduktionen har kunnet beregnes, har denne beregnede procent været udgangspunktet for tillæg af den yderligere reduktion, der vil ske i det 'umålte' nedstrøms beliggende opland på vandets og kvælstoffets vej mod kystafsnittet.

For oplande, hvor kvælstoftransporten på vandløbsmålestationer er målt, kan der foretages en sammenstilling af den samlede N-udvaskning fra rodzonen (dyrkede + øvrige arealer) og kvælstoftransporten i vandløb, hvorefter den samlede N-reduktion for oplandet fra rodzone og til målestation kan beregnes. Dette blev også gjort til brug for 1. generationskortlægningen af N-reduktionen (56 målestationer). Supplerende er der til denne opfølgning tilvejebragt en række yderligere målte kvælstoftransporter – dels fra DMU's database AQUA og dels via supplerende indberetning af vand- og stoftransporter fra MC til DMU til brug for dette projekt. Disse beregninger af den samlede oplandsreduktion af N kan således nu gennemføres på i alt 153 oplande (nedstrøms målestationer). Før sammenstillingen af de målte N-transporter i vandløb og de tilhørende oplandsspecifikke udvaskninger fra rodzonen kan ske, er der dog foretaget en række vurderinger og teknisk faglige databearbejdnings.

Klimanormaliseringer af vandløbstransport m.m.

Kvælstofudvaskningen er – som tidligere omtalt – tilvejebragt ved anvendelse af 10 års klimadata (1990/91-2000/01, ekskl. 1992/93). For alle vandløbsstationer er derfor indledningsvist beregnet en gennemsnitsvandafstrømning for denne 10-års periode (ekskl. 1992/93), idet sammenstilling af N-udvaskninger og N-transporter i vandløb forudsætter en 'klimanormalisering' af N-transporter i vandløb tilsvarende den, som er foretaget for N-udvaskningen. Ikke alle de udvalgte vandløb har imidlertid haft en fuld måletidsserie for denne periode. For disse vandløb er der via den såkaldte QQ-metode estimeret årlige vandafstrømninger for år med manglende målinger. Som referencevandføring er på simpleste vis anvendt den samlede vandføring på de indgående vandløbsmålestationer med fuld måletidsserie. Det vurderes, at dette – i relation til dette projekt - giver en tilstrækkelig kvantificering af gennemsnitsvandføringen i hvert enkelt vandløb for perioden 1990-2000.

Til den beregnede 'klimanormaliserede' vandafstrømning i de enkelte vandløb skal der så efterfølgende estimeres en kvælstofkoncentration. Ved at multiplicere den klimanormaliserede vandafstrømning og en estimeret kvælstofkoncentration findes således en 'normaliseret' kvælstoftransport i vandløbene, der efterfølgende kan sammenholdes med kvælstofudvaskningen fra rodzonen i de enkelte målte vandløbsoplande.

Kvælstofkoncentrationerne i det enkelte vandløb varierer fra år til år. Disse variationer er først og fremmest relateret til variation (udvikling) i landbrugspraksis og til variationer i vandafstrømningen. Det er her – som beskrevet nedenfor - forsøgt at kvantificere den 'maksimale' landbrugsrelaterede kvælstofkoncentration i vandløbene ved 'normalklima'. Glidende 4-års gennemsnit af den årlige vandføringsvægtede N-koncentration i vandløb er indledningsvist beregnet, og den tidlige udvikling vurderet. Der er herved for alle vandløb estimeret en maksimal N-koncentration (N_{max} , 4-års glidende middel) i perioden, og det er valgt at anvende denne som udgangspunkt for sammenstillingerne med de oplandsspecifikke N-udvaskninger fra rodzonen. Valget af den maksimalt forekommende N-koncentration skyldes en forventning om, at dette maksimum (4 års glidende gennemsnit) delvist vil være med til at fastlægge tidsforsinkelsen for gennemslaget af kvælstofudvaskningen fra landbrugsarealerne i slutningen af 1980'erne. Derfor er den maksimale N-koncentration i vandløb omsat til en N-transport ved på simpleste vis at gange den fundne koncentration på den beregnede gennemsnitsvandføring fra de enkelte vandløb (1990-2000).

Betydningen af denne 'klimakorrigeret' af N-transporter i vandløb er, i det mindste for nogle vandløb, væsentlig og vil skønsmæssigt kunne ændre den samlede beregnede N-reduktion med op til 5-10 procentpoint for enkelte vandløbsoplande i forhold til en beregning, hvor der ikke blev 'klima-korrigeret'. Udover at være relateret til omfang af landbrugsareal, landbrugspraksis, gødsning og høstudbytte i afstrømningsoplandet er kvælstofkoncentrationerne et givet år også relateret til vandafstrømningens størrelse. I år med ringe vandafstrømning findes oftest lave kvælstofkoncentrationer i vandløbene og vice versa ved stigende vandafstrømninger. Er der således stor forskel på gennemsnitsvandføringen (1990-2000) og vandføringen de år, hvor N_{max} -koncentration er fundet, kan den beskrevne korrektionsmetode (klimanormalisering) derfor give anledning til en – vurderes det – mindre fejl i beregningerne af den klimanormaliserede N-transport i vandløbet. Fejlen kan gå begge veje.

Reduktion af N-transport i vandløb med måledata for nedstrøms målestation og inden udløb i marint kystvand

For et givet marint område vil det kvælstof, der passerer den nederste målestation i vandløbet i det marine afstrømningsopland, blive udsat for en yderligere reduktion i vandløbet og ved passage af eventuelle søer nedstrøms målestationen. Den fundne reduktionsprocent for vandløbsmålestationer er således efterfølgende søgt korrigeret (opskrevet) med den yderligere N-reduktion, der vil ske i overfladevand nedstrøms (Bilag 5). Der er i disse beregninger anvendt de specifikke reduktionsprocenter for søer, der er tilvejebragt. Korrektioner (for søreduktion) er således sket, såfremt det konkrete vandløb passerer en eller flere søer inden udløbet i kystvandet.

5.2. N-reduktion i umålte oplande

De arealer, der befinder sig nedstrøms (kystnært) den nederste vandløbs-målestation i de enkelte oplande, er de såkaldt 'umålte' oplande. For disse 'umålte' oplande indenfor 4. ordens kystafsnit, der ikke har været dækket af målestationer, er beregnet én og kun én reduktionsprocent for hvert umålt opland. For umålte oplande, hvor der evt. foreligger en differentieret estimering af N-reduktionen i grundvand for delområder af de umålte oplande, er det således valgt at beregne én og kun én grundvandsrelateret reduktionsprocent. Der er således ikke i disse umålte oplande sket en differentiering af beregningerne. Dette gælder også for umålte oplande, hvor der ligger en til flere

søer i det umålte opland (søer, der givetvis har en varierende N-reduktion). Årsagerne til disse beregningsrelaterede valg er flere. Dels har det været teknisk vanskeligt. Dertil kommer, at for omkring 51 % af det umålte opland har der som udgangspunkt alene været informationer om vurderede intervaller for N-reduktionen i grundvand, (0-50; 51-75;>75 %). Det sidste taler ikke for, at man forsøger en alt for forfinet estimering af N-reduktionen og fordelingen heraf i de umålte oplande.

Indledningsvist er den samlede N-udvaskning (tons N) fra rodzonen under dyrkede og udyrkede arealer beregnet og 1 % fratrukket som et mål for reduktionen af N i vandløb. Dernæst er grundvandsreduktionen (i %) i det samlede umålte opland fundet ved beregning af gennemsnit af arealvægtede grundvandsreduktioner (%) inden for de enkelte deloplande i hvert enkelt umålt 4. ordens opland,.. Dette kan give anledning til mindre fejl, såfremt der er stor forskel på N-udvaskningen i disse deloplande. Samtidig bør dog erindres, at for omkring 51 % af det umålte areal er der alene intervalværdier tilgængelige for reduktionen i grundvand. Intervalværdier, der efterfølgende er omsat til én og kun én værdi (intervalgennemsnit, arealvægtning).

Herefter er N-udledning til overfladevand beregnet (ton N) for det samlede umålte opland (N-udvaskning fra rodzonen fratrukket reduktion i grundvand og vandløb). Endelig er antaget, at eventuelle søer i det umålte opland reducerer disse udledninger med 400 kg N/ha søareal. Den samlede N-reduktionsprocent for hvert enkelt umålt opland er til sidst beregnet ud fra den beregnede samlede N-udvaskning fra rodzonen (ton) og de estimerede reduktioner i grundvand, vandløb og eventuelle søer (ton) (Bilag 5).

Dette er naturligvis en grov forenkling. Reduktionen af N vil være sø-specifik og relateret til, hvor hurtig vandgennemstrømningen er i de enkelte søer (relativ tilbageholdelse), og N-reduktionen i søer vil mængdemæssigt (kg) også være relateret til, hvor stor kvælstoftilførsel, der er til den enkelte sø. Det er indlysende, at to søer med samme vandopholdstid (vandgennemstrømning) vil have forskellig tilbageholdelse af kvælstof (i mængde), såfremt den ene ligger i et opland uden væsentlig opdyrkning, mens den anden modtager kvælstofrigt vand fra et opland med stor opdykningsgrad.

Det har imidlertid ikke været muligt at regne mere detaljeret inden for dette projekts rammer, herunder at opsplutte beregningerne overalt i det umålte opland i deloplande til søer (med kendt/estimeret reduktionsprocent). Det er klart, at ligger der én til flere gennemstrømmede søer i det umålte opland, så vil der for en mark op- og nedstrøms være forskellig N-reduktion i relation til det kystvand, der modtager vand (og kvælstof) fra disse deloplande. Det er imidlertid også teknisk vanskeligt at konstruere et sådant automatiseret beregningsprogram. Da der som nævnt for omkring 51% af det umålte opland alene er vurderet et interval for reduktionen i grundvand, giver det imidlertid ikke faglig og forvaltningsrelateret mening at gennemføre mere detaljerede beregninger for disse enkelte umålte deloplande.

Det bemærkes yderligere, at den måde reduktionsprocenten i grundvand og i overfladevandet i det umålte opland (søer) er beregnet på er ved at relatere reduktionen (mængde) til den samlede udvaskning fra rodzonen i det umålte opland (mængde). Dette kan – i det mindste i nogle oplande – give anledning til visse problemer, idet en del af den mængde kvælstof, der tilbageholdes/omsættes i søer (400 kg N/ha), jo stammer fra opstrøms beliggende 'målte' oplande. Der er med andre ord her risiko for, at der estimeres en for høj reduktion af det kvælstof, der udvaskes fra rodzonen fra de

marker, der ligger i det umålte opland. Den valgte generelle N-reduktionsfaktor er muligvis også i overkanten af, hvad der i dag er gældende for en typisk 'gennemsnitlig' dansk sø.

5.3 Øvrige forhold

Det er vigtigt notere, at de reduktionsprocenter, der er beregnet her og anvendt som grundlag for nitrat-klassifikationen er beregnet med udgangspunkt i den marine slutrecipient. For eventuelle identificerede særlig følsomme områder (f.eks. Lobelie-søer) der ligger inde i landet vil N-reduktionsprocenter beregnet ud fra den marine slutrecipient ikke være anvendelige. For f.eks. Lobelie-søer vil der typisk være et meget lille opland med få, små eller ingen overfladiske tilløb. De arealer, der udveksler vand (og næringsstof) med sådanne søer, vil yderligere typisk afvige fra det topografiske opland (grundvandsopland vs. topografisk opland).

Til forvaltningsgrundlaget for sådanne søer (nitratklassifikation) ville der evt. kunne anvendes de estimerede N-reduktionsprocenter for grundvand, idet grundvandsreduktionen generelt må forventes at være den eneste betydende reduktion i oplandet. De foreliggende grundvandsreduktioner inden for målte oplande er fordelt på relativt store arealer og vil næppe uden videre kunne antages også at være gældende for små deloplande til Lobeliesøer. For sådanne søer er det forvaltningsmæssigt måske mere relevant også at inddrage den information, der p.t. er erhvervet ved detailundersøgelser af enkelte næringsstoffølsomme søer. Eksempelvis er det for Hampen sø dokumenteret, at der er overordentlig stor forskel på kvælstofindholdet i det vand, der siver ind i søen fra de omliggende arealer. Forskelle, der entydigt er relateret til arealanvendelsen i de omliggende arealer. Således er kvælstofindholdet i vand, der siver ind fra skovområder, størrelsesordenen mindre end i det vand, der siver ind fra nærliggende dyrkede arealer.

Til brug for Indsatsplanlægningen i relation til Vandrammedirektivet er der parallelt med tilvejebringelsen af 2. generationsnitratklassekortet tilvejebragt distribuerede N-reduktionsprocenter for oplande til de fjorde og kystafsnit, der omfattes af Vandrammedirektivets (VRD) indsatsplanlægning. Den metodiske tilgang har været den samme som til dette projekt, men de oplandsafgrænsninger, der indgår, varierer. Således er der til brug for Indsatsplanlægningen udregnet N-reduktionsprocenter for de arealer, der i oplandet til hvert VRD-område ligger 'nedstrøms nederste sø' i de enkelte totale oplande.

6. De væsentligste forskelle i metoder og datagrundlag for beregningerne til 1. og 2. generationsklassifikationen.

Usikkerheder – kvalitetssikring – mulige forbedringer

Nedenstående er i Tabel 2 oversigtligt i punktform forsøgt at skitsere de væsentligste forskelle mellem det datagrundlag, der har været anvendt til 1. generationskortet (Blicher-Mathiesen m.fl., 2007) og det foreliggende 2. generationskort. Herunder også principielle forskelle i metodevalg.

Tabel 2. Oversigt over de væsentligste forhold vedr. de anvendte metoder og forskelle mellem opgørelserne til 1. og 2. generationskortet . a): afsnit 2.5, Blicher-Mathiesen m.fl., (2007)

b) Eksklusive 1992/93

Data/metode	1. generation	2. generation
N-udvaskning rodzone	Kommunevist Klimanormaliseret (1990/91-2000/01) b)	Finere opdeling (Semi-distribueret) i de enkelte kommuner Klimanormaliseret (1990/91-2000/01) b)
N-reduktion grundvand	13 % af landet ej dækket, 'hvide områder'	Fuldt dækkende. 'Hvide områder' døg-kun-som-interval i udgangspunktet. Kun én reduktionsprocent for grundvand i målte vandløbsoplande. Rekalibreret reduktionsmodel for grundvand
	Mange polygoner i umålte oplande	Mere homogent - færre polygoner i umålte oplande
Målte transporter i vandløb	56 vandløb indgik	153 vandløb indgår i kortet
	Beregninger baseret på estimerede diffuse N-transporter (målt total transport – udledt N med spildevand)	Beregninger baseret på estimerede diffuse N-transporter (målt total transport – udledt N med spildevand)
	18.700 km ² opland (43 %)	24.300 km ² opland (57 %)
	Ingen klimanormalisering Gennemsnit for 1989-1993 anvendt	Klimanormalisering 1990-2000 Som b)
	Uden forsøg på at inddrage tidsmæssig forsinkelse (ej med maksimal N-koncentration i vandløb, maksimal landbrugspåvirkning)	Med delvis inddragelse af tidsmæssig forsinkelse i grundvand (maksimal N-koncentration i vandløb, maksimal landbrugspåvirkning)
N-reduktion vandløb	2 % af transporten a)	1 % af udvaskningen
	1600 tons N nationalt	2800 tons N nationalt

Table 2 (continued..)

Data/metode	1. generation	2. generation
N-reduktion i søer		Beregnet søspecifik N-reduktion på målte vandløbs- 'strengene' (n.s. målestation)
	400 kg N/ha søareal a) For alle søer i umålt opland	400 kg N/ha søareal For søer i umålt opland udenfor 'målte vandløbsstrengene'
Integrerede koblede kædeberegninger, 'fra-jord-til-fjord'	Nej	Nej
Integreret med Indsatsplanlægningen i Vandrammedirektivet	Nej	Delvist
Kvantificering af usikkerheder på samlet reduktionsprocent og nitratklasse	Nej	Nej

Der knytter sig en række usikkerheder til de estimer over N-reduktionen, der er omtalt i dette notat. Det har ikke været muligt i arbejdet at kvantificere disse i forhold til det færdige nitratklassekortværk. Nedenstående er for hovedområder listet, hvad der generelt kan være af væsentlige usikkerheder. Listen er således et udtryk for, hvilke forhold der kan arbejdes videre med i de kommende år for at optimere det faglige forvaltningsgrundlag:

Korttemaer:

- En fremtidig anvendelse af et bedre grundlag for udstrækningen af landbrugsarealet i opgørelsesperioden.
- Et forbedret grundlag for sammenhæng i ferskvandssystemet – vandløb og søer.

Modeldata

- En forbedret distribueret modelberegning af kvælstofudvaskningen over en længere periode med et mere differentieret datagrundlag mht. : klima, jordtyper arealanvendelse og gødningsanvendelse samt en kalibrering/verifikation af den modelberegnete vandbalance på målte afstrømningsdata.
- En modelmæssig beregning af grundvandets, og hermed nitrats, forsinkelse fra det udvaskes på marken og til det strømmer til overfladevand.
- En forbedret validering af modeller mod målinger i målte oplande.
- En forbedret modelberegning/opgørelse af kvælstofreduktion i vandløb, søer og vådområder.

Målte data

- Inddragelse af kvælstofudledninger fra alle andre diffuse kilder til kvælstof i vandløb og kvalitetsikring af udledningen af kvælstof fra punktkilder.

I Bilag 3 er der på summarisk vis anført en række yderligere forhold i relation til usikkerheder, kvalitetsikring og mulige forbedringer.

Yderligere bemærkninger og sigtelinjer

Det arbejde, der er gennemført i forbindelse med dette projekt, er relevant også i forbindelse med den indsatsplanlægning, der sker i forbindelse med implementeringen af Vandrammedirektivet. Det vil derfor være af stor betydning at arbejde videre med det faglige grundlag for en forbedret kortlægning af N-reduktionen i tid og rum. Det kan f.eks. ske i form af sammenkædede beregninger 'fra-jord-til-fjord' med anvendelse af overvågningsdata fra målestationer og modeller. Nye beregninger vil kunne inddrage ny viden om N-retention i overfladevand og vådområder samt anvende et betydeligt større datagrundlag til modellering af nitrat udvaskning og reduktion i grundvand. Et sådant arbejde vil kunne resultere i en differentieret kortlægning af N-reduktionen samt udviklingen over en længere periode, - f.eks. siden 1980'erne og frem til nu. Arbejdet ville have stor relevans for Vandrammedirektivet, forbedre mulighederne for at tolke udviklingen af kvælstofs forekomst i vandmiljøet (NOVANA), forbedre mulighederne for standardiserede 'forecasts' af udviklingen som følge af klimaændringer og andre ændringer – f.eks. landbrugspraksis - såvel regionalt som nationalt.

Endelig kan der peges på, at såfremt der fra udvalgte oplande bliver tilvejebragt tidsserier for N-udvaskningen fra rodzonen ved aktuelt klima, vil der være mulighed for at gennemføre en bedre analyse af koblingen mellem kvælstofudvaskning og kvælstoftransport i vandløb, herunder analyser af eventuelle tidsforsinkelser og deres indflydelse på valg af referenceperiode for beregninger af kvælstofreduktionen i et kommende 3. generation-nitratklassekortværk.

9. Referencer

Blicher-Mathiesen, G., Bøgestrand, J., Kjeldgård, A., Ernstsén, V., Højbjerg, A. L., Jakobsen, P. R., von Platen, F., Tougaard, L. Hansen, J. R. & Børgesen, C. D. (2007): Kvælstofreduktionen fra rodzonen til kyst for Danmark. Faglig rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser nr. 616.

Børgesen, C. D., Waagepetersen, J., Kyllingsbæk A. & Vinther, F. (2008): Sammenligning af mark N-balance og N-udvaskning på kommuneniveau i 1989. Notat. 07.02.2008. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet (DJF), Aarhus Universitet.

Christensen, P.B., Nielsen, L.P., Revsbech, N.P. og Sørensen, J. (1991) Denitrifikation i våd- og vandområder. Kvælstof, fosfor og organisk stof i jord og vandmiljøet – Rapport fra Konsensuskonference 31. januar og 1. og 4. februar 1991. Undervisningsministeriet Forsningsafdeling 1991, kapitel 10.

Ernstsén, V. Højbjerg, A.L., Platen, F. von, Tougaard, L. , Hansen, J.R., Blicher-Mathiesen, Bøgestrand, J. og Børgesen, C.D. (2006): Beregning af nitratreduktionsfaktorer for zonen mellem rodzonen og frem til vandløbet. Data og metoder for 1. generationskortet. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser, rapport nr. 93.

Ernstsén, V. Platen, F. von, Jakobsen, P.R. (2008). Nitratreduktionsklasser for kystnære arealer ("hvide områder") – data og metode. Supplement til Geus rapport 2006/93. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse rapport 2008/30.

GEUS (2008). Tillæg til GEUS rapport 93/2006 "Beregning af nitratreduktionsfaktorer for zonen mellem rodzonen og frem til vandløbet. Data og metoder for 1. generationskortet". Udarbejdet i 2007. Ernstsén, V. Højbjerg, A.L., Platen, F. von, Tougaard, L. , Hansen, J.R., Blicher-Mathiesen, Bøgestrand, J. og Børgesen, C.D. (2006):

Kronvang, B. and Bruhn, A.J., (1996): Choice of sampling strategy and estimation method when calculating nitrogen and phosphorus transport in small lowland streams. Hydrological Processes, Vol. 10, 1483-1501.

Kronvang, B., Hejzlar, J., Boers, P., Jensen, J.P., Behrendt, H., Anderson, T., Arheimer, B., Venohr, M., Hoffmann, C.C. & Nielsen, C.B. 2005: Nutrient Retention Handbook. Software Manual for EUROHARP-NUTRET & Scientific Review on Nutrient Retention. Norwegian Institute for Water Research (NIVA). - EUROHARP Report 9-2004; NIVA report SNO 4878/2004 : 103 pp. + CD.

BILAG 1_1: SØER

Der er i nærværende projekt taget udgangspunkt i en afgrænsning af søer, som de fremgår i KMS Kort10. Søerne er tildelt en ID i form af et unikt løbenummer – ”DMU-REC”, hvilket benyttes til identifikation af såvel sø som søens opland.

Der er fundet søer over 5 ha i KMS kort10, herudover har MC’erne identificeret specifikt målsatte søer. En delmængde af de udvalgte søer har ikke kunnet behandles nærmere, enten fordi søens præcise afgrænsning ikke er kendt, eller fordi de topografiske informationer ikke har været tilstrækkelige til at afgøre søens relation til vandløbsnetværket eller højdeforholdene omkring søen.

Yderligere indgår 42 særligt sårbare lobelie-søer.

I forbindelse med beregningen af N-reduktionen er det af afgørende betydning, hvorvidt søen har et afløb. Det topografiske datagrundlag kan ikke entydigt fastlægge, hvorvidt en sø **ikke** har afløb. I denne sammenhæng er der valgt følgende fremgangsmåde, der primært fastlægger søer med et afløb:

Søer med afløb omfatter fællesmængden af:

- Søer, der rører Kort10 VL eller vandløb i den Hydrologiske reference
- Søer, der rører ved sammenhængende AIS vandløb / grøfter med en forbindelse til havet
- Søer med et opland større end 500 ha

Øvrige søer betragtes som værende uden afløb, idet dog knap 100 søer, der efter ovenstående kriterier blev karakteriseret som værende uden afløb, efterfølgende er vurderet at have et afløb. Denne omklassificering er alene begrundet i, at der enten via indberetning fra MC’er eller i DMU’s sødatabase er informationer om reduktionen af N i disse søer. For disse søer er der altså enten en målt eller en modelberegnet reduktion af N i selve søen. Begge dele fordrer, at søen er gennemskyllet - og altså har et afløb.

BILAG 1_2: Søer, nøgledata, vandopholdstider og estimeret N-reduktion i søerne.

I det leverede GIS-tema: SO_RETENTION er listet de søer, der har indgået i dette projekt.

Herunder en række nøgledata om de enkelte søer.

Det bemærkes, at vandopholdstid og estimeret N-reduktion (%) for de enkelte søer indledningsvist er indsamlet fra flere datakilder. Dels indberetninger fra MC'er til DMU i forbindelse med dette projekt, dels eksisterende data fra DMU's sødatabase. Der er supplerende – hvor det har været muligt - beregnet opholdstid og N-retention ud fra et antaget 'normal'-klima dækkende perioden 1991-2000, stort set svarende til den klimaperiode, der har været anvendt ved beregningerne af N-udvaskningen. Resultatet af disse beregninger er dokumenteret under _HATH. Den anvendte vandmængde er beregnet ud fra grid-værdier (1 * 1 km²) fra den hydrologiske DK-model. Gridværdierne fra modellen er indledningsvist kalibreret op på de nedstrøms vandløbsmålestationer, der er anvendt i dette projekt. Herefter har årsværdier kunnet udtrækkes på vilkårlige vandløbsoplande. Det er ikke kontrolleret og vurderet, om denne opretning giver en tilstrækkelig præcis estimering af vandafstrømningen på den lange række af vandføringsmålinger, der foreligger fra målestationer opstrøms de anvendte 'kalibrerings'-stationer.

Den anvendte empiriske model for N-reduktionen er udledt på søer med relativt hurtigt vandskifte og giver anledning til fejlagtigt høje N-reduktioner, såfremt den anvendes på søer med vandopholdstider større end 3-5 år. Det er derfor valgt til søer med erkendt afløb at anvende en øvre grænse på 90 % maximal retention. For søer uden erkendt afløb er anført en søretention på 100 %. Altså med andre ord er det antaget, at intet vand og kvælstof fra disse søer strømmer til nedstrøms beliggende overfladevandsområder. For søer uden mulighed for at modelberegne N-reduktionen pga. manglende morfometriske data, er helt simpelt antaget en N-reduktion på 30 %, hvilket er typisk for en gennemsnitlig dansk sø.

BILAG 2: AFGRÆNSNING AF OPLANDE

Den nationale oplandsdatabase er i forbindelse med projektet blevet suppleret med oplande til søernes udløb, hvor disse oplande ikke tidligere var defineret. Generelt er der ved afgrænsningen af oplande taget udgangspunkt i det eksisterende sæt af deloplande og kun foretaget en underinddeling heraf. De resulterende oplande har været sendt i høring hos MC'erne.

Som nævnt i bilag 1, har det i enkelte tilfælde ikke været et tilstrækkeligt datagrundlag for at kunne afgrænse det topografiske opland til en sø, dette kan f.eks. forekomme for søer i moser, hvor grøfteforløb kan være afgørende for oplandet, og hvor højdekurver ikke er tilstrækkeligt detaljerede til at kunne vise terrænforløbet.

Den nationale oplandsdatabase indeholder også oplandene til målestationer fra de nationale overvågningsprogrammer.

Delvandoplande og farvandoplande

I forbindelse med vandplanarbejdet har MC'erne opdelt Danmark i 126 kyst-delvandoplande. Efterfølgende, primo juni 2008, er yderligere nogle stykker kommet til, således at der nu er identificeret 141 kyst-delvandoplande. Disse delvandoplande er leveret af MC'erne som en aggregering af de eksisterende farvandsoplande fra den nationale oplandsdatabase.

Total-oplande versus kaskade-oplande

De enkelte søer og målestationer har hver et samlet bidragende opland: total-oplandet. I forbindelse med bestemmelsen af N-tilførslen til søerne er det relevant at foretage en opsplitting af bidragene, som de forekommer fra evt. søer opstrøms den aktuelle sø og det komplementerende bidrag fra det øvrige opland. Opsplitningen af total-oplande til komplementære del-oplande i kaskade-oplande vil være specifik for et givet sæt af oplande. Der skal derfor advares om opmærksomhed på, at det aktuelle sæt af kaskade-oplande ikke nødvendigvis vil være den relevante opdeling for andre analyser.

Oplande til næringsstoffølsomme recipienter

I forbindelse med arbejdet, der blev rapporteret i "Kvælstofreduktion fra rodzonen til kyst for Danmark", Faglig rapport fra DMU nr. 616, 2007, blev 42 "lobelie søer" identificeret af SNS. Disse oplande indgår også i dette arbejde. Der er ikke identificeret yderligere næringsstoffølsomme søer.

BILAG 3: Kvalitetssikring – og mulige forbedringer til det foreliggende kortgrundlag

Korttemaer

Landbrugsarealets geografiske udstrækning i opgørelsesåret 1989/90

Reduktionsfaktorer på oplandniveau for oplande med eller uden N-målinger i vandløb. Under hensyn til usikkerheden på beregningerne er reduktionsfaktorerne anført i tre klasser (0-50 %, 51-75 % og 76-100 %).

For 22 % af landet, (områder uden vandløb i DK-modellen samt områder uden for DK-modellen) er reduktionsprocenten i grundvand ligeledes opgivet ved et interval (0-50 %), (50-75 %) og (76-100 %). Det har i denne sammenhæng været nødvendigt at konvertere disse til specifikke værdier.

Modeldata

Kortgrundlaget kan forbedres ved en mere differentieret modelberegning af N-udvaskningen fra landbrugsjorden i 1989/90

Kortgrundlaget kan forbedres ved inddragelse af differentierede klimadata (nedbør) nye jordbundskort, som grundlag for de modelberegne N-udvaskninger. Desuden er det muligt at gennemføre modelberegningerne på sogneniveau, hvor de nuværende beregninger er gennemført på kommuneniveau. Sogneniveau vil give en bedre distribution af arealanvendelse og placering af husdyrgødning og derved også en bedre distribueret N udvaskningsberegning.

Kortgrundlaget kan forbedres ved inddragelse af bedre information om den anvendte/forudsatte vandbalance for de modelberegne N-udvaskninger og den geografiske variation heri (vandperkolation ud af rodzonen).

1027 søer har indgået, men til omkring 100 af disse har der ikke været et afgrænset topografisk opland. For disse sidste søer har der selvklart ikke kunnet gennemføres beregninger. Den N-reduktion, der sker i søerne, er modelberegnet ved anvendelse af søspecifikke informationer om areal, dybde, vandafstrømning og vandopholdstid. Til brug for disse beregninger er søerne inddelt i tre kategorier: søer med eller uden afløb og med tilstrækkelige data til rådighed til modelberegning af reduktionen af N samt søer uden tilstrækkelig information til modelberegning. I sidstnævnte søer er antaget en reduktion på 30 %. I søer uden overfladisk afløb er antaget en N-reduktion på 100 %. Kvalitetssikring af, om der er overfladisk afløb/ikke er afløb, samt tilvejebringelse af tilstrækkelige morfometriske data og oplandsafgrænsninger til alle 1027 søer er påkrævet til kommende generationskort.

Der er valgt meget enkle forudsætninger for beregninger af N-reduktionen i vandløb. Kvantificeringen heraf er muligvis for lav. Kortgrundlaget kan forbedres ved inddragelse af bedre opgørelser heraf.

Der er ikke i forbindelse med dette projekt vurderet på eller anvendt viden om størrelsen af den N-reduktion, der foregår i de vådområder (naturlige og restaurerede), der grænser op til vandløbene. Kortgrundlaget kan forbedres ved inddragelse af bedre opgørelser heraf.

Den foreliggende beregning af N-reduktionen i umålte oplande tager udgangspunkt i en arealspecifik reduktionsrate (400 kg N/ha) gældende alle søtyper. Denne er muligvis i overkanten af den aktuelle gennemsnitlige reduktion i danske søer. Det har altså ikke været muligt inden for projektets tidsrammer og rammer i øvrigt at differentiere N-reduktionen i umålte oplande i overfladevand ud fra de søspecifikke reduktionsprocenter, der er beregnet, og som har været til rådighed. Den anvendte tilgang vil givetvis i nogle umålte oplande give anledning til fejlagtige estimater af den samlede reduktionsprocent.

Reduktionsfaktorerne under rodzonen og frem til vandløbet (i grundvand) er for en del såvel målte som umålte oplande, under hensyn til usikkerheder på inputdata, opgivet ved et interval i 1. og 2. generationskortet. Under anvendelse af 1) en meget bedre opløsning af udvaskningsberegningerne fra rodzonen, 2) en bedre opløselighed i DK-modellen, 3) inddragelse af flere data fra målte oplande, 4) en mere detaljeret beskrivelse af redoxforholdene inden for oplandet samt 5) inddragelse af lavbundslande bør reduktionsfaktorerne beregnes på ny, og herved kan reduktionsfaktorerne gøres mere eksakte og ligeledes opgives for 1. ,2. og 3. ordensvandløb samt kategori 4 og 5 oplande i 1. generationskortet.

Desuden skal usikkerhederne i beregningerne, herunder forskellige metoder til beregninger af reduktioner i søer og vandløb, inddrages. Årsagen/årsagerne til markante forskelle i reduktionsfaktorer fremkommet ved beregningsmodellen og den simple input (fra rodzonen) output (N målt i vandløbet) skal desuden undersøges og beskrives.

Alderssammensætningen af grundvandet i forskellige geologiske typeområder bør inddrages på baggrund af eksisterende og nye data ved bl.a. partikelbanestudier. Nuværende udvaskningsberegninger fra 89/90 suppleres med aldersrelevante udvaskninger for de forskellige typeområder.

Den valgte metode til estimering af 'maksimal' landbrugspåvirkning udløser behov for en recalibrering af den anvendte model til beregning af grundvandsreduktion i umålte områder.

Målte data

Kortgrundlaget kan forbedres ved en kvalitetssikring af oplysninger om punktkildedata (udledninger til vandløb).

Den valgte metode til 'klimanormalisering' af N-transporten på målestationer i vandløb kan være utilstrækkelig i enkelte vandløb. Der er med metoden heller ikke nødvendigvis i alle vandløb taget tilstrækkelig højde for den 'forsinkelseeffekt', der kan være før det udvaskede kvælstof når frem til vandløbsmålestationerne (gælder specielt oplande med ringe reduktionskapacitet i grundvand og lang betydende input af 'gammelt' grundvand til vandløbene).

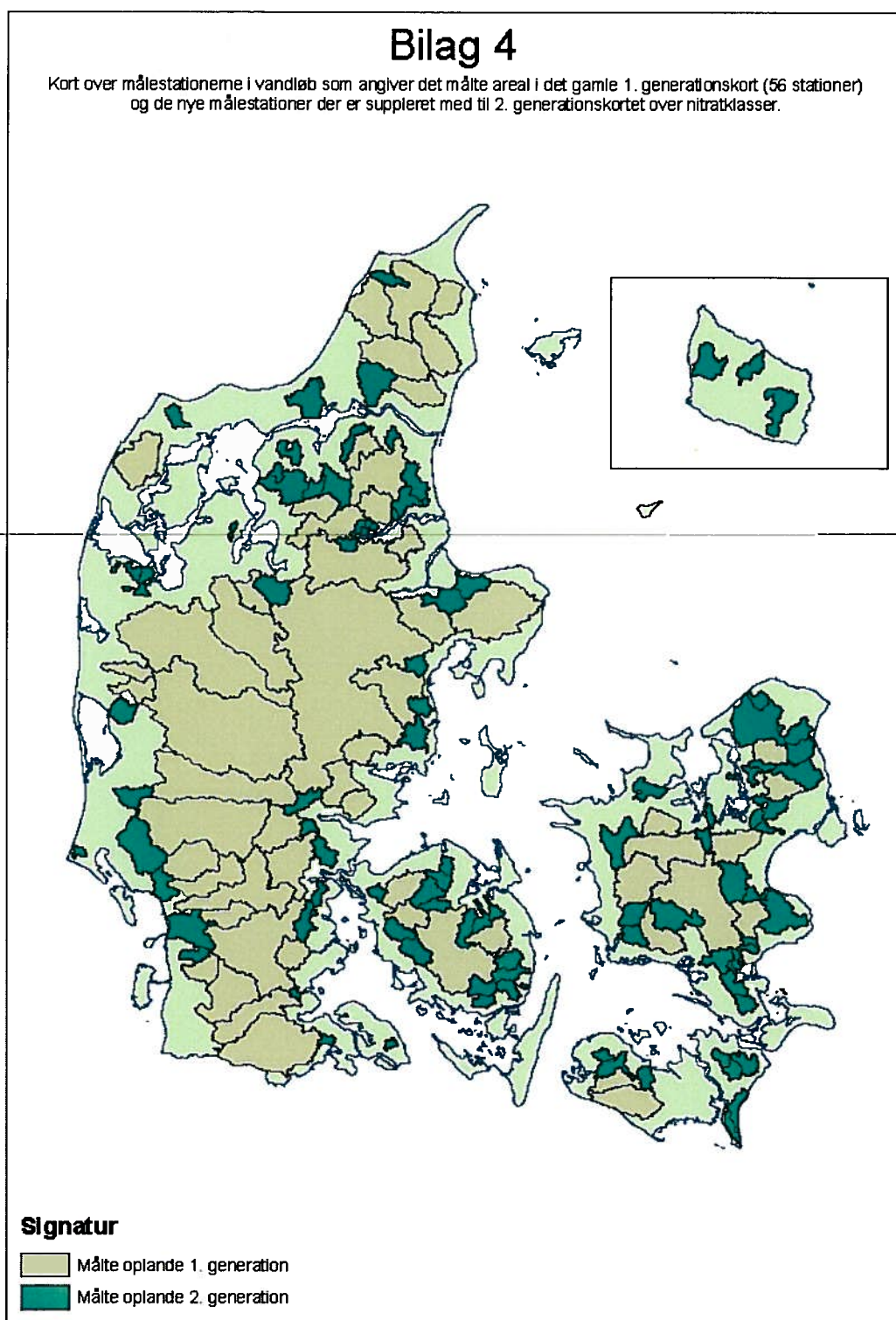
N-reduktionen på målestationsoplande er beregnet som én samlet reduktionsprocent. Det er ikke kontrolleret, om delberegninger af reduktioner i søer, vandløb og grundvand rent faktisk rammer ind på den beregnede samlede reduktionsprocent, sådan som den kan udregnes ved at sammenstille N-udvaskning fra rodzonen og målt N-transport i de enkelte vandløb.

Usikkerheder

Det er ikke forsøgt at vurdere den samlede usikkerhed på de beregnede reduktionsprocenter. Et fagligt skøn over usikkerhederne vil kræve særlige oplandsanalyser, som har været udenfor rammerne af projektet. Usikkerhedsanalyser kan muligvis tilvejebringes ved at foretage sammenkædede beregninger af kvælstoftransporten (tons) fra rodzone til målestationer i vandløb, idet der fra den modelberegnete kvælstofudvaskning fra rodzonen kunne fratrækkes de modelberegnete/estimerede N-reduktioner i grundvand, vandløb og søer. Herved kunne kontrolleres/vurderes, i hvor høj grad den målte N-transport i vandløb blev ramt med de anvendte metoder.

En uafhængig faglig validering af beregnede N-udvaskninger og reduktionsprocenter i områder, hvor der tidligere er beregnet N-udvaskning fra rodzone og N-reduktion, ville være nyttig. Dette er eksempelvis muligt for et antal vandløbsoplande på Fyn.

Bilag 4: Kort over målestationerne i vandløb som angiver det målte areal i det nye 2. generationsnitratklasse kort.



Bilag 5: Kort som viser den beregnede kvælstofreduktion i målte og umålte oplande til de 320 4. ordens kystafsnit.

