

Bilagsrapport i projektet EUs landbrugsordninger og pe- sticidpolitikken

Analyse af konsekvenser for drikkevandsinteresserne – baseret på modelberegninger af pesticidforbrug og kvælstofudvaskning fra landbruget

Tommy Dalgaard (DJF, AU)
Christian Duus Børgesen (DJF, AU)
Finn Pilegaard Vinther (DJF, AU)

Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet, november
2010

Indholdsfortegnelse

INDLEDNING OG SAMMENFATNING	3
MATERIALER OG METODER	3
<i>Studieområder og politikscenarier</i>	3
<i>Metoder til modelberegning af udvaskningen</i>	4
<i>Inputdata i de regionale modelberegninger</i>	5
KLIMANORMALISERING	8
UDBYTTEKALIBRERING AF DE GRUNDLÆGGENDE DAISY	
MODELBEREGNINGER	9
<i>Udbyttefunktioner og N-respons</i>	10
<i>Markvanding</i>	11
<i>Ammoniakfordampning fra udbragt husdyrgødning og anden organisk gødning</i>	11
RESULTATER	12
<i>Landsdækkende resultater</i>	12
<i>Resultater for de to studieområder</i>	19
KONKLUSION	22
REFERENCER	23

Indledning og sammenfatning

Dette notat viser modelberegne pesticidforbrug og tab af kvælstof til vandressourcen, samt dokumenterer de bagvedliggende metoder fra projektet "EU's landbrugsordninger og pesticidpolitikken". Resultaterne af kvælstofberegningerne opgøres hhv. på landsniveau og for de to studieområder ved Bjerringbro og Odense Å, således at resultaterne her kan sammenstilles med de øvrige opgørelser af konsekvenser for økonomi, natur og miljø, der er modelleret for disse områder.

Resultaterne fra de to studieområder viser, at det gennemsnitlige behandlingsindeks er større ved Odense Å end ved Bjerringbro, og at behandlingsindeksene generelt er størst på svinebrug og mindst på kvægbrug. Derimod er den estimerede effekt af indførelse af pesticidkvoter generelt størst på svinebrugene. Tilsvarende er den estimerede nitratudvaskning størst på svinebrugene, og mindst på planteavlsbrugene, der ligeledes har den laveste husdyrtæthed, og det laveste potentiale for reduceret nitratudvaskning. Totalt set vil et scenario med 25% reduktion af pesticidforbruget gennem indførelse af omsættelige kvoter, specifikt kunne reducere herbicidbelastningen med omkring 29% i det fynske område og 33% i det midtjyske område, målt i behandlingsindeks. Et scenario med 6 m sprøjtefri bræmmer vil ikke påvirke det samlede herbicid- eller pesticidforbrug signifikant, ligesom kvælstofudvaskningen ikke vil påvirkes signifikant af hverken et scenario med 6 m sprøjtefri bræmmer eller et scenario med 25% reduktion af pesticidforbruget gennem indførelse af omsættelige kvoter. Alt i alt kan det konkluderes at kun scenariet med omsættelige pesticidkvoter kan have en signifikant effekt på pesticidbeskyttelsen af vandressourcerne i de to områder, mens der ikke ser ud til at være noget betydeligt potentiale for sidegevinster i form af beskyttelse mod nitratudvaskning.

Arealdatagrundlaget (dvs. afgrøder, jordtyper, gødskningspraksis mv.) for disse beregninger er det samme, som er videregivet til driftsmodelberegningerne i projektet for året 2005. Ligeledes tjener udbyttefunktionerne, som er beskrevet af afsnit 2. Materialer og metoder, som dokumentation for de udbyttefunktioner, der ligger bag de driftsøkonomiske modelberegninger i projektet. Nærværende notat dokumenterer, hvorledes modelberegningerne er gennemført som et led i opgørelserne til midtvejsevalueringen af Vandmiljøplan 3 (VMP III, Børgesen 2008). Resultaterne vedrørende kvælstofudvaskningen, som anvendes i nærværende projekt, er derfor identiske med de officielle opgørelser vedr. vandmiljøplanevalueringerne, idet den dokumenterede metode her er udfærdiget således at opgørelserne kan udspecificeres i de to studieområder ved Bjerringbro og Odense Å.

Materialer og metoder

Studieområder og politikscenarier

Analyserne tager udgangspunkt i to studieområder, hhv. i Midtjylland syd for Bjerringbro, og i oplandet til Odense Å på Fyn (Figur 1). I det jyske område udgør bedrifter med overvejende sandjord 76% af arealet, mens de kun dækker 29% af arealet i det fynske område. Resten af bedrifterne har enten rene lerjorde eller mere blandede jordtyper.

Husdyrtætheden er desuden højest i det jyske område, hvor husdyrbruget domineres af svinebedrifter, men der findes også en betydelig husdyrproduktion i det fynske område (Tabel 1).

Tabel 1. Bedriftstyper og dyretæthed i de to studieområder 2005 (1 DE= 100 kg husdyrgødning-N)

Bedriftstype	Bjerringbro		Odense	
	% af areal	Husdyrtæthed (DE/ha)	% af areal	Husdyrtæthed (DE/ha)
Kvægbrug	18	1,0	13	1,2
Svinebrug	30	1,1	25	1,1
Plantebrug mv.	52	0,5	61	0,4

De to studieområder



Figur 1. De to studieområder ved Bjerringbro og Odense.

Udgangssituationen for analyserne i de to studieområder er året 2005, der således anvendes som referencesituationen for følgende to politikscenarier, der er nærmere beskrevet i Nielsen et al. (2009):

- Scenario 1: Etablering af 6 meter sprøjtefri randzoner langs alle markkanter, svarende til at ca. 13% af arealet bliver dyrket uden pesticider og med et udbyttefald på ca. 20% i disse områder.
- Scenario 2: Indførelse af en omsættelig pesticidkvote, der reducerer pesticidforbruget med 25%, svarende til at pesticidhandlingsplanens mål om at komme ned på et behandlingsindeks på 1,7 indfries.

Metoder til modelberegning af udvaskningen

Opgørelse af kvælstofudvaskning på både regional- og landsplan er behæftet med stor usikkerhed. Usikkerheden i opgørelsen af kvælstofudvaskningen skyldes både usikkerheden ved de anvendte modeller, usikkerheder på indgangsdata samt metodeusikkerheder forbundet med at afspejle variationen i jordbund, klima og driftsforhold i modelberegningerne.

I opgørelsen af N-udvaskningen er det hensigtsmæssigt at anvende flere typer modeller, da de enkelte modeller har forskellige styrker og svagheder. Således er der valgt at gennemføre udvaskningsberegningerne med to modeller henholdsvis SKEP/Daisy og NLES4. SKEP/Daisy-modellen (Børgesen og Heidmann, 2002) bygger på resultater af grundlæggende modelberegninger med DAISY-modellen (Abrahamsen & Hansen, 2000), og opdateret i forhold til beskrivelsen i Børgesen og Heidmann (2002).

Den nye empiriske udvaskningsfunktion NLES4 (Kristen et al., 2008) er en opdateret og rekalkuleret version af NLES3-modellen (Kristen et al., 2003), der blev anvendt i VMPII slutevalueringen (Børgesen & Grant, 2003). Rekalkuleringen og ændret modelstruktur er begrundet i nye observationer af målt kvælstofudvaskning og en ny modelberegnet vandbalance. For yderligere detaljer se Børgesen (2008)

Inputdata i de regionale modelberegninger

Registerdata: Modelberegningerne er baseret på data fra de landsdækkende landbrugsregistre: Det Generelle LandbrugsRegister (GLR) og gødningsregnskaber fra Plantedirektoratet (PD). De benyttede data er udtrukket fra DJF's Forsknings Relaterede JORdbrugsregister (FRJOR, 2008).

Arealanvendelse: Der er anvendt data for arealanvendelsen fra GLR for dyrkningsårene 2003 til 2007, idet resultaterne for de to værsted-sområder i lighed med de økonomiske modelleringer er opgjort for året 2005. Hvert år har forskellige GLR-koder for forskellige afgrøder. Koderne dækker afgrødeklasser, der indeholder kornafgrøder, grovfoderafgrøder, udefinerede planteskolearealer, juletræer, brak, vedvarende græsningsarealer m.fl. I de grundlæggende Daisy-modelberegninger er der kun modelberegnet for de dominerende kornafgrøder: vårbyg, vinterbyg, vinterhvede, vinterraps, ærter og grovfoderafgrøderne: rajgræs, vedvarende græs og silomajs er repræsenteret. Begrænsningen skyldes at Daisy-modellen kun er kalibreret til disse afgrøder. For at kunne gennemføre modelberegninger for alle GLR-afgrøder er der sket en samling af GLR-afgrøde koderne i afgrødeklasserne, som er repræsenteret i de grundlæggende modelberegninger.

Sædskifter

Til hver bedrift er der opstillet årlige sædskifter ud fra oplysninger om arealanvendelsen på de marker, der er registreret på bedriften for årene 2003-2007. Bedriftens sædskifte er opdelt i tre typer arealanvendelse: 1) marker i omdrift, 2) vedvarende græsmarker og 3) marker med permanent brak/skov. Der er opstillet typiske afgrødefølger for omdriftsmarkerne ud fra bedriftens samlede arealanvendelse i de enkelte år. Eksempelvis dyrkes der vinterbyg før vinterraps, vinterhvede efter vinterraps, græsmarker ligger i to år og græs sås som udlæg i vårbyg. Der er i sædskifterne indlagt efterafgrøde (rajgræs udlæg) på primært vårsædsrealerne i forhold til det efterafgrødeareal der er indberettet med gødningsregnskaberne.

Kvælstoffiksering

For græsmarkerne er det rajgræsmodul i Daisy-modellen, der er anvendt. For at kompensere for den manglende kvælstoffiksering i rajgræsmodul er der anvendt en empirisk model baseret på (Høgh-Jensen *et al.*, 2003) til at beregne kvælstoffikseringen, som herefter er tilført som mineralisk gødning til marken. For bælgmarksmarker beregner Daisy-modellen en N-fiksering. For modelberegningerne med NLES4, er N-fikseringen for både ærter og græsmarker i omdrift samt vedvarende græs beregnet med den empiriske model baseret på (Høgh-Jensen *et al.*, 2003).

Markgødningsplaner

Der er beregnet en gennemsnitlig udnyttelsesprocent for udbragt husdyrgødning i gødningsplanerne. Udnyttelsesprocenten beregnes specifikt for bedriften ud fra bedriftens beregnede N-behov og aktuelt forbrug af handels- og husdyrgødning. Ved opstillingen af gødningsplanerne antages det, at den gennemsnitlige procent af bedriftens egetproducerede husdyrgødnings-N der anvendes på en bedrift er mindst 25%. Der opstilles herefter gødningsplaner på markniveau ud fra afgrødedata for markerne og N-gødskningsdata opgjort på bedriftsniveau. Metoden, som er anvendt, er en videreudvikling af metoden anvendt i de landsdækkende modelberegninger (Børgesen & Heidmann, 2002). Indgangsdata kan opdeles i grunddata og bedriftsspecifikke data fra gødningsregnskaberne (PD-data) samt markdata for arealanvendelsen, der stammer fra GLR.

Grunddata omfatter:

- Afgrøde kvælstofnormer for de pågældende år (2003-2007) (Plantedirektoratet, 2003-2007)
- Afgrødernes P-behov
- En prioritering af alle afgrøder i forhold til gødskning med husdyrgødning

Bedriftsspecifikke data omfatter:

- Dyrket areal ifølge GLR
- Gødet areal ifølge PD
- Harmoniareal
- Areal inklusiv brak
- Areal med efterafgrøder
- Udbragt N med handelsgødning
- Udbragt N med husdyrgødning
- Eksporteret/importeret husdyrgødning
- Udbragt N med anden organisk gødning
- Udnyttelsesprocent af husdyrgødning
- P-indhold i husdyrgødning beregnet ud fra gødningstypen

Markdata:

- De dominerende jordtyper på markblokniveau
- Markens geografiske placering
- Afgrøder

Den enkelte marks gødningstildeling tager udgangspunkt i den dyrkede afgrødes N-norm. N-normen bestemmes årligt ud fra normtal for de enkelte afgrøder. Normen afhænger desuden af jordtypen (jordtypen bestemmes ud fra den dominerende jordtype i markblokken), forfrugten og af om der vandes på marken.

Tilførsel af husdyrgødning til bedriftens marker er beregnet ved at anvende en prioriteret tilførsel af husdyrgødning (prioriteringen af tildelingen til de forskellige afgrøder er baseret på oplysninger fra plantevalskonsulenter indsamlet i tre områder i AGWAPLAN projektet (Børgesen et al., 2006)). Prioriteringen anvendt for alle årene er vist i tabel 2. I opstillingen af gødningsplanerne er der anvendt følgende procedurer:

- Hvis der er helsæd eller majs i et sædskifte på en bedrift, og der ifølge data fra PD udbringes husdyrgødning, gødes disse afgrøder med husdyrgødning svarende til 50% af afgrødens N-behov ved den udnyttelsesprocent, der er beregnet for bedriften.
- Såfremt der er mere husdyrgødning tilbage, gødes græs i omdrift, således at 50% af N-behovet dækkes - herefter følger vinterraps, dernæst vinterhvede osv.
- Såfremt al husdyrgødning ikke udnyttes ved 50% dosering, ændres doseringen trinvis, så al husdyrgødning kan anvendes inden for sædskiftet.

Herefter fordeles handelsgødningen, så der opnås et ensartet gødningsniveau. Dog er der i beregningerne indlagt en maksimal overgødsning på 30% over den fundne N-norm. Hvis det indmeldte gødningsforbrug indikerer en overgødsning på over 30%, ses det som et udtryk for vanskelighed med en meningsfuld kobling af arealoplysninger og gødningsregister, og den overskydende handelsgødning lægges i en kommunal pulje til efterfølgende fordeling på det øvrige dyrkede areal der ikke er tilknyttet en gødningsplan.

Tabel 2. Prioritet for tildeling af husdyrgødning til forskellige afgrøder

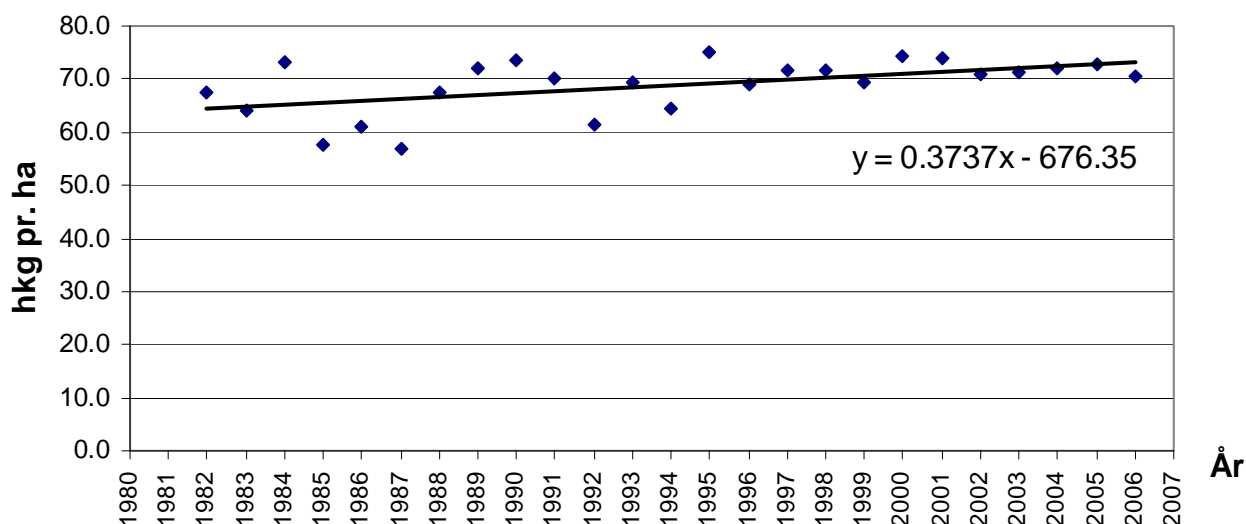
Prioritet	Afgrøde
1	Helsæd, Sukkerroer, Kartoffler
1	Majs
2	Græs i omdrift
3	Vinterraps
7	Vedvarende græs
4	Vinterhvede
5	Vårbyg
6	Vinterbyg
0	Ærter
0	Brak + øvrige

Der findes specielt i årene 2003-2004 en række bedrifter der ikke har indsendt gødningsplaner (se i øvrigt Børgesen og Grant, 2008). Disse arealer gødes efter gældende N-gødningsnorm.

I forbindelse med opstilling af samtlige gødningsplaner for hele landet sker der en generel korrektion af gødningsmængderne således at summen afstemmes med landstal for N i husdyrgødning ab lager + udbragt anden organisk gødning (slam, kartoffelvand, m.v.), samt forbruget af handelsgødning.

Klimanormalisering

For at de modelberegne N-balance resultater, hviler på et så klimanormaliseret grundlag som muligt, er der anvendt regionale klima data for perioden 1990-2005 i de grundlæggende modelberegninger, således at de nyeste klimaeffekter indgår i grundlaget for modelberegningerne. De årlige registrerede amtsudbytter er i høj grad korreleret til det aktuelle dyrknings års klimatiske betingelser og kan ikke direkte anvendes til en kalibrering af N udbyttens niveauet.



Figur 2. Årlige vinterhvede udbytte opgjort på landsplan (1982-2006) og udbytte trend opgjort ved lineær regression.

Samtidig med at der er en klima-sammenhæng mellem afgrøder og N-udbytte, er der også sket en udvikling af nye sorter, som har betinget en stigning i udbyttet for en række afgrøder (se fig. 1). Den generelle udvikling beskrevet ved den lineære regression viser at der i perioden forekommer en årlig udbyttestigning på 0.37 hkg pr. ha, således at hvis de registrerede udbytter i starten af klimaperioden (i starten af 1990-erne) anvendes i modelberegning af en klimanormaliseret N balance, vil det generelle N udbytte niveau blive undervurderet set i forhold til de udbytter der opnås med de sorter der anvendes i dag.

For at kompensere for denne undervurdering er det besluttet at modelberegningerne for dyrkningårene 2003, 2004, 2005, 2006 og 2007 klimanormaliseres på baggrund af de seneste fem års udbytter. Dette vil praktisk sige, at der beregnes gennemsnits N udbytter på baggrund af amtsudbytter for perioden 2001-2005 og de årlige N udbytter korrigeres med en generel afgrøde korrektion, således at gennemsnits-N-

udbyttet for hele perioden (1990-2005) korrigeres til N udbyttet registreret i årene (2001-2005).

Udbyttekalibrering af de grundlæggende Daisy modelberegninger

For at kunne modelberegne realistiske mark N balancer både på regional skala men også på national skala, er det vigtigt at de enkelte poster beregnes med så stor nøjagtighed som muligt. Initial Daisy simuleringer med kombinationen af de generelle afgrødeparametre (Daisy standard afgrøde parametre, (Styczen et al., 2006)) sammen med typejordene opstillet for hele landet (se Børgesen 2008, Bilag 2: Jordbunddata) og anvendelse af regionale klima parametre (se Børgesen 2008, Bilag 1: Klima data) viste, at Daisy-modellen i standardversionen, ikke simulerede N-udbytter på niveau med udbyttedata fra amtsstatistikken. Derfor er der forud for opstilling af SKEP/Daisy-databasen foretaget en modelkalibrering af afgrøde modulet i Daisy-modellen.

SKEP/Daisy-modelsystemet anvender en database med grundlæggende Daisy-modelberegninger, hvor der er modelberegnet forskellige kombinationer af årlige mark N-balancer under en række kombinationer af sædskifter, jordbund, klima, vanding og N gødskning. Database består af to sæt modelberegninger, hvor der er anvendt to sæt forskellige afgrødeparametre. Øvrige parametre: sædskifter, jordbund, klima, vanding og N gødskning er ens i de to data sæt. Det ene datasæt er i gennemsnit kalibreret til at give et 10-15% højere N udbytte end registreret i amtet, og det andet datasæt til 10-15% lavere N udbytte end registreret i amtet. Denne kalibrering er den første grove kalibrering af SKEP/Daisy modellen.

Modelkalibreringen af afgrødeparametrene gennemføres efter de principper Daisy stabiien anbefaler (Styczen et al. 2006). Kalibreringen gennemføres kun for de seks nedbørszoner (middel nedbør), hvor der anvendes N udbytter på amtsniveau. Disse afgrødeparametre anvendes både i nedbørsområdet med lavt og høj nedbørsmængder. For at kalibreringen kan afspejle jordtypeforskelle mellem typejordene (eksempelvis JB1 jord og JB7 jordtyper) anvendes normudbytterne fra Plantedirektoratet for de forskellige jordtyper (eksempelvis JB1 og JB3), til at korrigere udbyttene fra amtsstatistikken til et jordtype specifikt N udbytteneiveau.

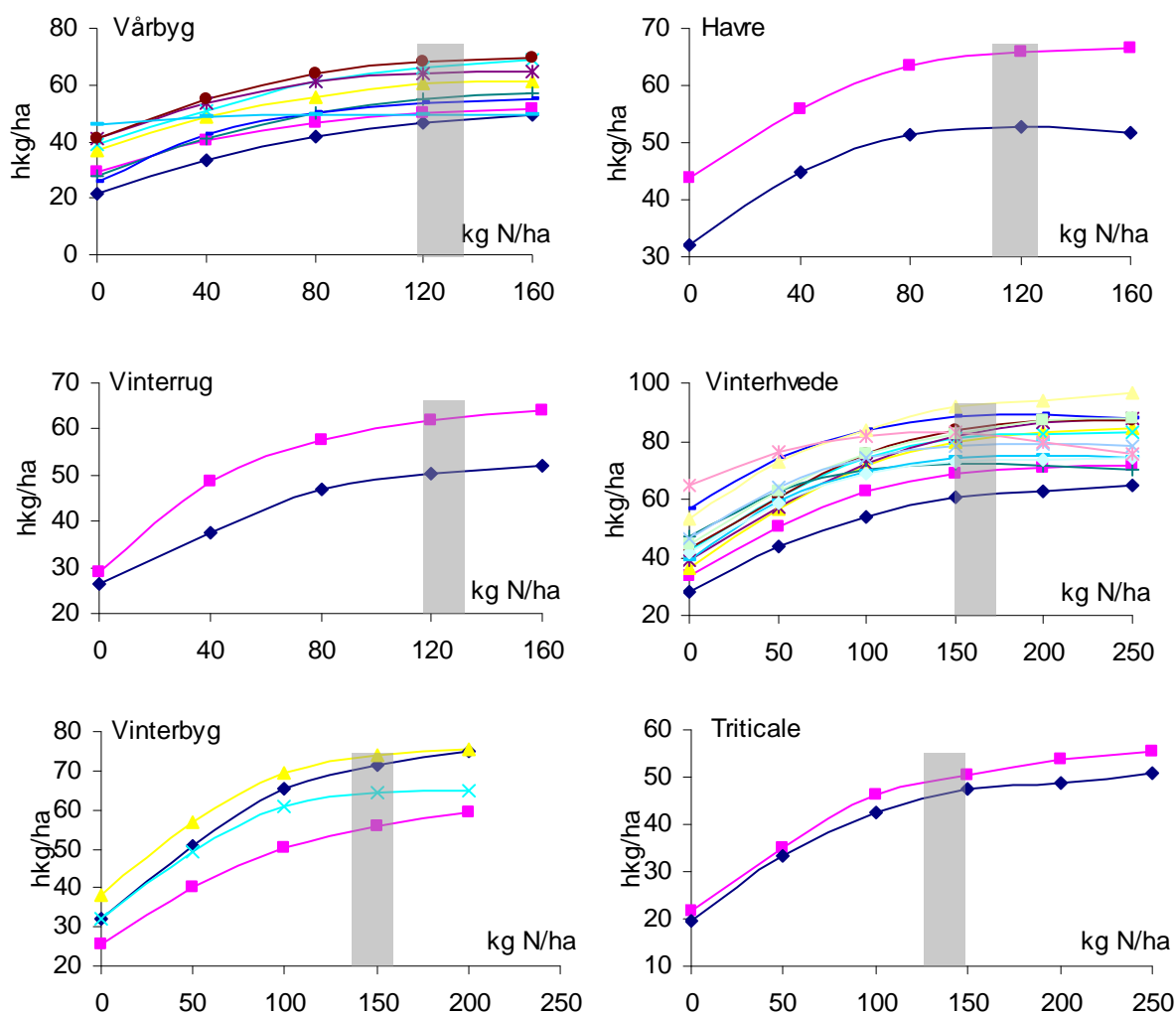
For kombinationer af jordtyper, klimazone (6 klimazoner (middelnedbør)) kalibreres afgrødemodulet i Daisy-modellen ved 1 N (dvs. normgødskning med handelsgødning) til at modelberegne en N-balance der henholdsvis ligger 10-15% over det registrerede N-udbytte i amtet og 10-15% under det registrerede N udbytte i amtet. Kalibreringen er foretaget ved at justere Daisys' "fotosynteseaktivitet", således at N udbyttet som gennemsnit for årene 1990-2005 svarer til gennemsnitsudbyttet i amtet for perioden. 2001-2005 (Danmarks Statistik 2001, 2002, 2003, 2004 og 2005). For at opnå korrekt N-koncentration og C:N-forhold, hvilket er specielt vigtigt i halm der nedmuldes, har det endvidere i nogle afgrøder/jordtyper været nødvendigt at justere optagelsen af kvælstof.

Udbyttefunktioner og N-respons

Af tidsmæssige årsager har det ikke været muligt at gennemføre afgrødekalibreringer ved andre N-niveauer end 1 N. Tidligere undersøgelser med Daisy-modellen har vist usikkerhed på beregningen af afgrøde-N-respons ved højere N-niveau end normgødskning med N, men da der kun er relativt få marker der gødes ved et højere N-niveau end normgødskning, er der i opstillingen af SKEP/Daisy-databasen ikke modelberegnet med gødningskombinationer højere end norm gødskning.

For de marker der har en N-gødskning over afgrødens N-norm, er der i SKEP/Daisy-modelberegninger modelberegnet et meroptag af kvælstof ud fra N-respons-kurver, opstillet på grundlag af Landscentrets udbytteforsøg med stigende mængder kvælstof (Landsforsøgene, 2005). Resultater fra disse forsøg er gengivet i figur 3, hvor også niveauer for Plantedirektoratets N-norm er angivet. Overskydende kvælstof (Tilført over N-normen minus meroptagelse i afgrøden t) medfører primært merudvaskning og opbygning i jordens organiske pulje).

Figur 3. Eksempler på opgjort udbytte som funktion af N-tilførsel i kornafgrøder. Fra Landsforsøgene (2005). Skraveret felt angiver niveauet for Plantedirektoratets normgødskning (1N).



Markvanding

Data om markvandingsboringer er indhentet fra GEUS's database JUPITER (JUPITER, 2008). Boringerne er koblet med arealanvendelsesdata og gødningsdata via placering. Hvilke bedrifter der kan vande, anslås ud fra boringens placering. Grundlæggende antages at den bedrift, der har det største areal tættest på boringen også bruger denne. For hvert år er der oprettet kort med boringer og tilladelse til markvanding og en boring antages at bruges til vanding af den ejendom, der har størst areal inden for den markblok, hvor boringen ligger. Hvis der er flere boringer i en markblok, antages det, af alle bedrifter med mere end 1 ha i blokken kan vandes. Hvis en boring ligger udenfor markblokkene, antages det, at den bedrift, der har størst areal indenfor tilgrænsende markblokke, kan vandes.

Arealet, der fremkommer ved metoden, er på omkring 700.000 ha og derved større end et anslået vandet areal på ca. 450.000 ha (S.K. Hvid, 2007 pers. komm). For at kunne prioritere mellem de 700.000 ha antages, at markblokke hvor sandjorde (arealer med farvekode 1, 2 og 3 (JB1,2,3,og 4)) er dominerende kan vandes. Der antages desuden, at grovfoderafgrøder (græs i omdrift og grøntfoder, og majs) og kornafgrøderne vårbyg, vinterbyg, vinterbyg samt kartofler vandes. Dette er en antagelse, der for den enkelte landmand kan være fejlagtig, men er antaget at svare til generel praksis. Herved begrænses det areal der antages at blive vandet til at udgøre omkring 430.000 ha.

Der vandes for kornafgrøderne 3-4 gange årligt afhængig af udtøringsgraden af jorden. Der vandes kun hvis jorden udtørres, dvs. vandindholdet i bunden af A-horisonten er under PF 2.5. Der overfladvandes med 25 mm pr. gang. Der kan tidligst vandes hver 14 dag. Græsmarker kan vandes fra maj og frem til september. Kartofler kan vandes i perioden fra maj til august. Kornafgrøder kan vandes fra maj til midt juli.

Ammoniakfordampning fra udbragt husdyrgødning og anden organisk gødning

I Daisy-modellen anvendes en fast ammoniakfordampning ved udbringning af husdyrgødning svarende til 10% af ammoniumindholdet i husdyrgødning. Anvendes de antagne 10% i alle årene fås en større fordampning end der er beregnet i Albrektsen & Gyldenkerne (2008), hvor der tages højde for årlige variationer i udbringningspraksis, ammoniumindholdet i husdyrgødning samt totale mængder udbragt. SKEP/Daisy-modelberegningerne korrigerer ammoniakfordampningen ved at tilbageføre noget af ammoniakfordampningen (de 10%) som handelsgødnings N, således at der er overensstemmelse mellem den generelle antagne ammoniakfordampning fra udbragt husdyrgødning og den mængde, der er til rådighed for planteudnyttelse eller kan tabes ved denitrifikation eller udvaskning.

Resultater

Landsdækkende resultater

I tabel 3 er vist de landsdækkende resultater af modelberegningerne. Resultaterne er opgjort både som kg N/ha og i 1000 t N. Resultaterne er opgjort som gennemsnitsresultater baseret på modelberegninger for klimaårene 1990-2005, idet N-udbytte er kalibreret, så de svarer til gennemsnitsudbytte af de enkelte afgrødeklasser opgjort for årene 2001-2005 på amtsniveau. Således at, hvis der sker en forskydning i arealanvendelsen, ændres det samlede N-udbytte med arealanvendelsen.

N tilført med handelsgødning varierer mellem årene i intervallet 187 og 202 tusind t N. Variationen er både en effekt af ændret arealanvendelse men også en konsekvens af variation i den årlige N-prognose (Knudsen, 2007). For at neutralisere effekten af N-prognosen, er udvaskningen korrigeret til en N-prognose lig med 0 kg N. Korrektionen er gennemført med den antagelse at udvaskningen ændres med 0.3 kg N per 1 kg N som prognosen opskrives eller nedskrives. I rækken "Korrektion N-prognose" angives de årlige korrektioner af udvaskningen. Heraf ses at udvaskningen korrigeres op i 2003 med 1.8 tusind t i 2003 og nedkorrigeres i 2007 med 2 tusind t N. Herved antages større fald i N-udvaskningen efter korrektion for N-prognosen fra 2003 til 2007, end der er beregnet med de ukorrigerede modelberegnete N-udvaskninger.

N tilført med husdyrgødning + anden organisk gødning varierer mellem årene, således at der forekommer det laveste niveau i 2006 og det højeste niveau i 2007. N tilført med husdyrgødning udgør (se også Tabel 3) den største mængde, medens N tilført med anden organisk gødning (slam, kartoffelvand, m.fl) udgør en lille del af den samlede mængde. Den modelberegnete N-fiksering beregnet med SKEP/Daisy-systemet falder i perioden fra 30 tusind t til 26 tusind t - beregnet efter Høgh-Jensen metoden er faldet fra 28 tusind t til 23 tusind t. Reduktionen er på samme niveau for de to metoder og skyldes primært nedgang i bælgsådsarealet og nedgangen i vedvarende græsareal (ses i figur 1).

N tilført ved atmosfære-deposition og med såsæd er på samme niveau igennem perioden. Det skyldes både at det dyrkede areal ikke varierer meget gennem perioden, og at alle årene er modelberegnet under de samme klimaforhold og dermed også nedbørsforhold, der kan have betydning for våd-depositionen af N.

Fordampning af N (ammoniak fordampning fra udbragt husdyrgødning og anden organisk gødning) er justeret svarende til niveauet angivet af Albrektsen & Gyldenkerne (2008). Fordampningen fra udbragt husdyrgødning er reduceret fra 22.000 t N i 2003 til 20.000 t N i 2007.

Denitrifikationen er både beregnet med SimDEN (Vinther og Hansen 2004, (version 2.0)) og med SKEP/Daisy-modellen. Som tidligere nævnt er Daisy-modellen kalibreret til et denitrifikations-niveau be-

regnet med SimDen for udelukkende handels N gødede arealer for de forskellige jordtyper. Denne kalibrering er i opstillingen af Daisy-databasen anvendt for både handels-og husdyrgødede arealer. Resultaterne i tabel 3 viser, at den modelberegne denitrifikation for SKEP/Daisy er generelt større, end hvis SimDen modellen anvendes direkte. Årsagen hertil er, at Daisy-modellen reagerer kraftigere på husdyrgødning end SimDen-modellen.

Forskellen mellem de to modeller er i gennemsnit 3 kg N/ha og er relativt beskedent i forhold til usikkerheden på bestemmelsen af denitrifikationens størrelse. Det højere denitrifikationsniveau i SKEP/Daisy-modelberegningerne er opnået i alle årene og har derfor ingen betydning for trenden i udviklingen i udvaskningen, men har dog betydning for udvaskningsniveauet.

I NLES4-beregningerne er der ingen særskilt effekt af denitrifikation. Denne effekt er indarbejdet i primært jordparametrene, der indgår i NLES4-modellen.

Den høstede N fra afgrøderne opdeles i Daisy-modellen i to bidrag:

- kerner, roer og kartofler,
- halm græs, stængel.

Af Tabel 3 fremgår, at N-udbyttet varierer lidt gennem perioden. Variationen er alene en konsekvens af ændret arealanvendelse, da N-udbyttens niveau på afgrødeniveau er antaget konstant svarende til gennemsnits N-udbyttet for perioden 2001-2005.

I modelberegningerne er halmudbyttet kalibreret til niveauet for 2006-2007 (Danmarks Statistik 2006; 2007)). Det skal bemærkes at der i modelberegningerne med SKEP/Daisy-modellen de enkelte år kan være afvigelser på ± 1.000 t N. Det skyldes at det ikke er muligt både at kalibrere N-udbyttet i kerne og N-udbyttet i halm samtidig. Ikke bjerget halm er antaget nedmuldet. Samtidig er det forbundet med betydelig usikkerhed at opgøre halm-N-udbyttet.

Som tidligere nævnt korrigeres de beregnede N-udvaskninger for N-prognosen. Med SKEP/Daisy-modellen er den beregnede udvaskning desuden tillagt ændringen i "mobilt N i jord" (ændring i jordens indhold af udvaskeligt kvælstof fra årets start til årets slutning) før det endelige resultat "SKEP/Daisy korrigeret udvaskning" er nået.

Det bemærkes, at udvaskningen i 2006 er meget lav for SKEP/Daisy. Det skyldes, at N-prognosen dikterede et meget lavt N-forbrug det år. Den gennemførte korrektion, hvor udvaskningen ændres med 0,3 kg N pr. kg N, som prognosen opskrives eller nedskrives, er dækkende for modellen NLES4 og for de Daisy-udvaskningsberegninger, der gennemføres på landovervågningsoplandene. SKEP/Daisy-modelberegningerne af udvaskning (hvor N-høstet er justeret (fastlåst), så det svarer til amtsgennemsnittene for 2001-2005, og således ikke påvirkes af gødningsniveauet) vil den ændrede N-prognose slå langt kraftigere igennem på udvaskningen. Den lave udvaskning det år

skyldes derfor variation i N-prognosen og ikke en udvikling i landbrugets driftsform.

Tabel 3. Resultater af landdækkende modelberegninger for årene 2003-2007.

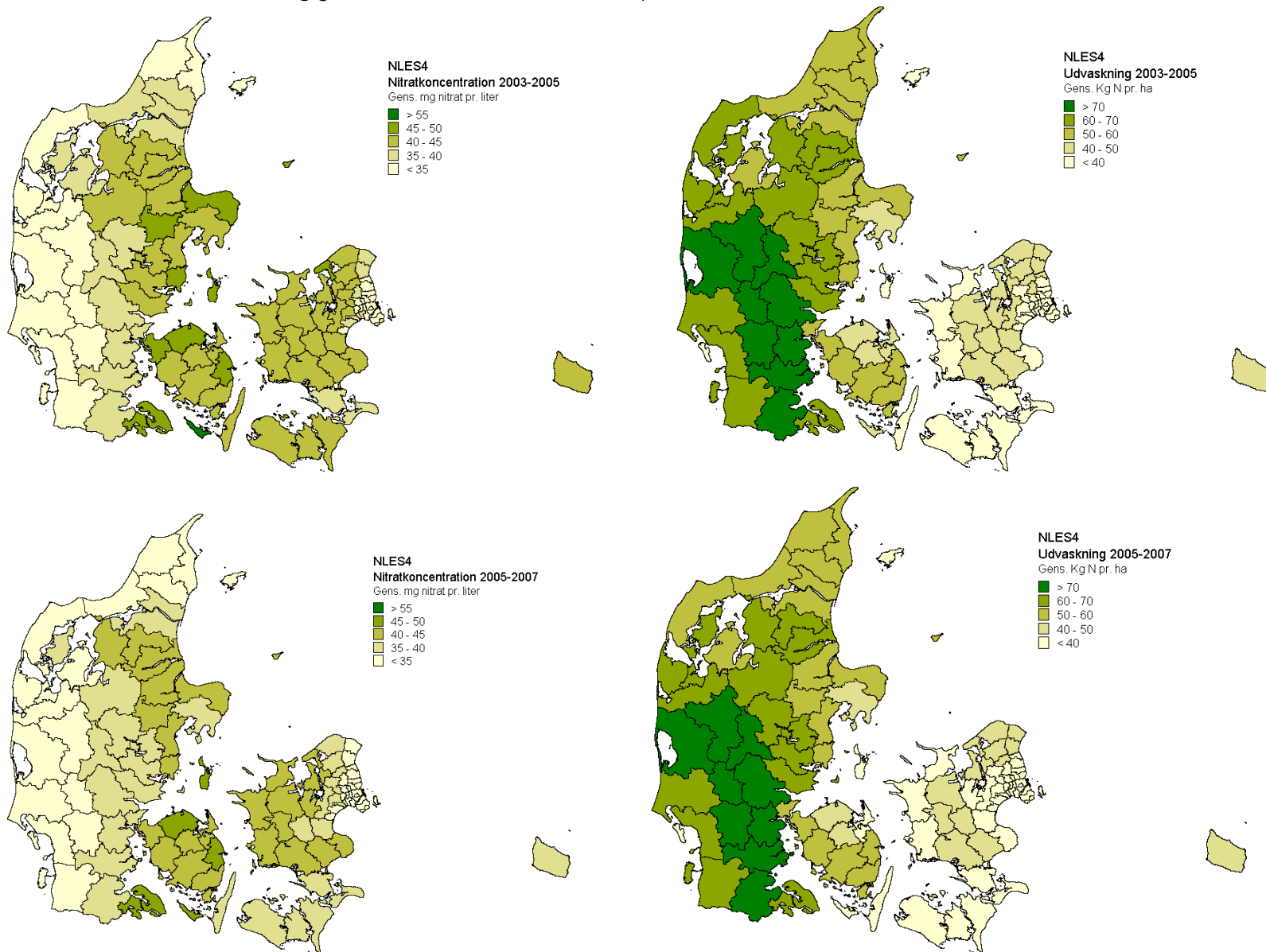
År	2003		2004		2005		2006		2007	
	1000t N	Kg N/ha	1000t N	Kg N/ha	1000t N	Kg N/ha	1000 t N	Kg N/ha	1000t N	Kg N/ha
Tilført N										
Handelsgødning	196	71	202	73	201	72	187	68	195	71
Husdyrgødning + anden org. N	238	86	238	86	232	83	224	81	241	88
Fiksering.	30	11	29	11	26	9	26	9	26	9
Atmosfære	47	17	47	17	48	17	47	17	47	17
N såsæd	10	4	10	4	10	3	9	3	9	3
Total tilført	521	189	527	190	516	184	492	178	517	188
Fjernet N										
Fordampning.	22	8	20	7	20	7	20	7	20	7
Udvaskning	181	65	183	66	168	60	155	56	173	63
Denitrifikation	50	18	51	18	49	17	48	17	50	18
Høstet kerner, roer, kartofler	170	61	171	62	166	59	164	59	165	60
Høstet halm, græs, stængel	138	50	140	51	142	51	143	52	143	52
Total fjernet	561	203	566	204	546	195	530	192	551	200
Δ-org N i jord	-26	-9	-29	-10	-25	-9	-24	-9	-25	-9
Δ-Mobilt N i jord	-10	-4	-8	-3	-6	-2	-13	-5	-8	-3
N-LES4	161	58	162	59	159	57	154	56	157	57
N-denitrifikation SimDen	41	15	41	15	43	15	42	15	42	15
N-fiksering efter Høgh-Jensen et al.,2003.	28	10	27	10	24	9	24	9	23	8
Korrektion N prognose	1.8		0.6		1.77		7.5		-2	-1
SKEP/Daisy korrigeret Udvaskning	172	62	175	63	164	59	149	54	163	59
NLES4 korrigeret Udvaskning	163	59	163	59	161	58	161	58	155	56

I figur 4 er vist gennemsnitsnitratkoncentrationen og gennemsnitsudvaskningen beregnet for perioderne 2003-2005 og 2005-2007 opgjort på kommuneniveau. Der ses at der mellem de to perioder sker nogle få regionale ændringer i nitratkoncentration og udvaskningen, men generelt er billedet uændret mellem de to perioder. Udvasningen beregnet med NLES4 viser den største udvaskning op gennem Jylland. Dette er sammenfaldende med områder domineret af sandjordsarealer og store nedbørmængder.

Nitratkoncentrationen er beregnet ud fra årlige gennemsnitlige udvaskninger og gennemsnitlige afstrømninger ud af rodzonen. Figuren viser de største koncentrationer i den østlige del af Jylland, på Fyn og Sjælland. De større koncentrationer i disse område er overvejende resultatet af lavere afstrømning fra rodzonen, der skyldes lavere nedbør i disse områder.

I øvrigt bemærkes et fald i N-udvaskningen fra 2003 til 2007 på 8-9.000 t N. Det skyldes sandsynligvis især ændrede sædskifter, hvor arealet med vårsæd er reduceret, medens arealet med en række vintersædsafgrøder er øget, og hvor arealet med helsæd er reduceret, medens arealet med sædskiftegræs er øget. Regnet i kg N/ha er forskellen kun 3 kg, og modellerne forventes ikke at kunne beregne effekten af ændret sædskifte med så stor præcision. Samtidig er der en del variation i udvaskningsniveauet fra år til år. Derfor er vurderingen at udvaskningsniveauet fra landbruget må antages at være uændret i perioden 2003-2007.

Figur 4. Tv. Nitratkoncentrationen beregnet ud fra NLES4 beregnet Nitratudvaskningen (h) og Daisy beregnet afstrømning opgjort som gennemsnit for årene 2003-2005 og gennemsnit for årene 2005-2007 på kommuneniveau.



Resultater for de to studieområder

På baggrund af modelresultater fra Hasler og Wulf (2009) er effekten af de to politikscenarier opgjort og kortlagt for hvert af de to studieområder (Tabel 4). Som det ses, er f.eks. behandlingsindekset for herbicider i det fynske område signifikant højere end i det jyske område, hvilket skyldes en anden afgrødesammensætning. Fx er behandlingsindekset for herbicidforbruget bl.a. højere på kvægbedrifterne pga. relativt mere majs på Fyn end i Jylland, ligesom planteavlsbedrifterne på Fyn bl.a. har flere grøntsagsafgrøder end i det jyske område, og et deraf følgende højere pesticidforbrug.

For begge studieområder ses det specifikt, at de laveste herbicidbehandlingsindeks findes på kvægbedrifterne, hvor bl.a. græsmarkerne kun sprøjtes i begrænset omfang, mens de højeste behandlingsindex i alle tilfælde findes på svine- eller planteavlsbrugene. Scenario 1 har ikke nogen signifikant effekt på herbicidforbruget på nogen af de undersøgte bedriftstyper, mens scenario 2 reducerer herbicidforbruget signifikant – især på svinebrug og plantebrug, men i mindre omfang på kvægbrugene.

Tabel 4. Eksempel: Effekter på herbicidanvendelsen på hhv. kvægbrug, svinebrug og plantebrug i de to scenarier modeleret for hhv. værstedsområdet ved Bjerringbro og på Fyn (Tallene viser gennemsnitlige behandlingsindex).

Bedriftstype	Bjerringbro			Odense		
	Reference: År 2005	Scenario 1: 6 m bræmmer	Scenario 2: Pesticidkvoter	Reference: År 2005	Scenario 1: 6 m bræmmer	Scenario 2: Pesticidkvoter
Kvægbrug	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,5
Svinebrug	1,0	1,0	0,7	1,0	1,0	0,7
Plantebrug mv.	0,6	0,6	0,4	1,0	1,0	0,8

Herbicidbelastningen af drikkevandsressourcerne (målt via behandlingsindeks) mindskes således ikke signifikant i det første scenario med indførelse af 6 m sprøjtefri bræmmer, og det samme er tilfældet med pesticidbelastningen generelt. Derimod vil det andet scenario, med 25 % reduktion af pesticidforbruget gennem indførelse af omsættelige kvoter, kunne reducere den samlede herbicidbelastning med omkring 29% i det fynske område (fra et behandlingsindeks på 0,92 til 0,65), og med omkring 33% i det midtjyske område (fra et behandlingsindeks på 0,84 til 0,56). I den sammenhæng må det bemærkes, at der ikke er en direkte sammenhæng mellem behandlingsindeks og tab af pesticider, men at det danske pesticidvarslingsprogram har vist risiko for udvaskning af en række pesticider og/eller deres nedbrydningsprodukter, når disse pesticider tildeles i maksimalt tilladte doseringer (Rosenbom et al., 2010; tabel 17 og 19).

En vigtig detalje kan være, at den største relative reduktion i herbicidforbruget ved Bjerringbro sker på sandjorde, mens den største relative reduktion i herbicidforbruget på Fyn kan forventes på de lerede jorde (Tabel 5). Hvis risikoen for udvaskning af herbiciderne er størst på sandjordene vil det kunne betyde, en yderligere forøget effekt på drikkevandsbeskyttelsen, end den i forvejen største effekt i Bjerringbroområdet i forhold til området på Fyn.

Tabel 5. Eksempler på forskellen i reduktionen af behandlingsindekset for herbicider benyttet i scenario 2 (indførelse af pesticidkvoter der

reducerer pesticidforbruget med 25%) i forhold til referencesituationen i 2005.

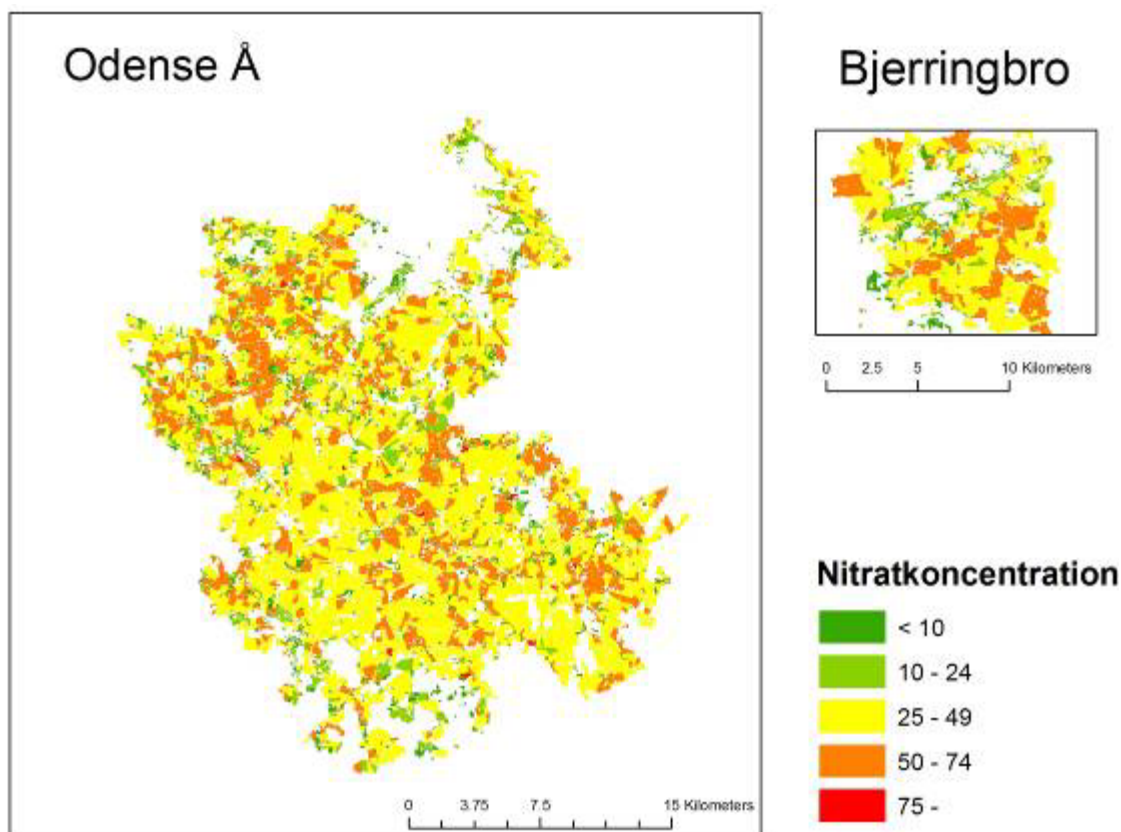
	Reduktion i Scenario 2 i forhold til referencesituation	
	Bjerringbro	Odense
Lerjord	14%	34%
Sandjord	33%	23%

Modelresultaterne fra Hasler og Wulf (2009) viser, at hverken husdyrholdet, og dermed gødskningen med husdyrgødning, eller gødskningen med handelsgødning påvirkes signifikant i de to scenarier, hverken på områdeniveau eller bedriftstypeniveau. Derfor vil udvaskningen af kvælstof heller ikke påvirkes signifikant.

Den modellerede kvælstofudvaskning for de to områder i 2005-situationen (Tabel 6) er således gældende både for referencescenariet, og for de to opstillede scenarier med hhv. 6 m. bræmmer og omsættelse pesticidkvoter. Modelresultaterne viser, at udvaskningen er størst fra svinebedrifterne, mens planteavlsbedrifterne i begge studieområder har en udvaskning der i gennemsnit ligger ca. 20% under udvaskningen på svinebrug og 10-15% under udvaskningen på kvægbrug.

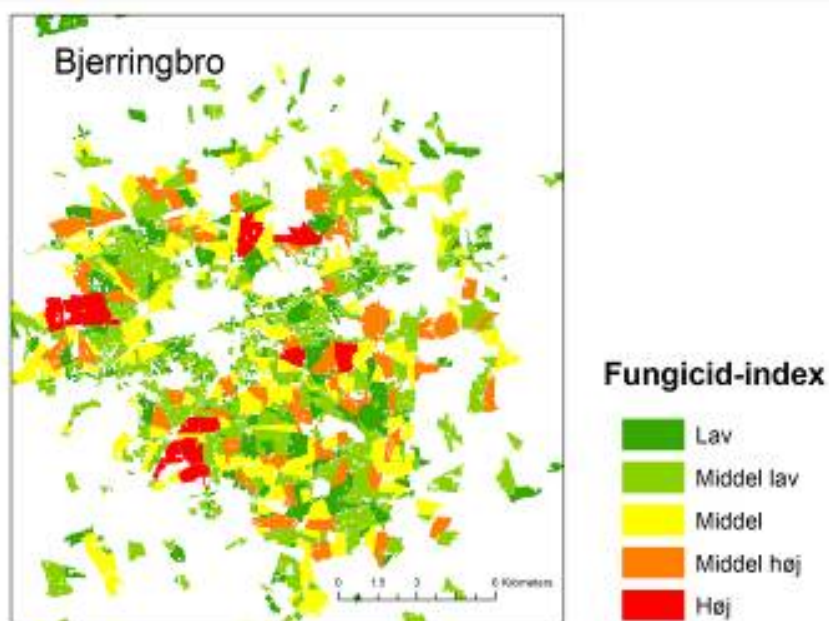
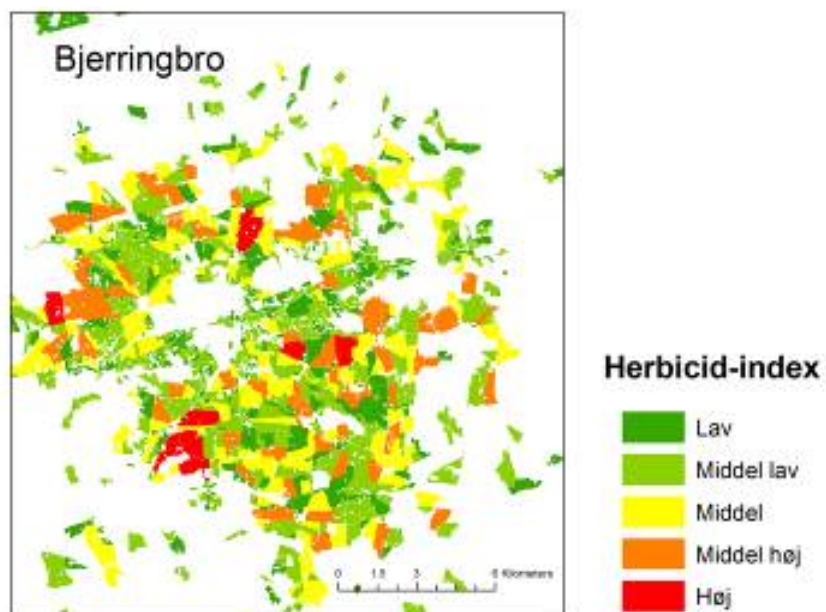
Tabel 6. Den modellerede nitratkoncentration i det udvaskede vand ifølge resultater fra modelleringen med Nless i de to studieområder 2005.

Bedriftstype	Gennemsnitlig nitratkoncentration (mg/L) i det vand, der forlader rodzonen	
	Bjerringbro	Odense
Kvægbrug	40	40
Plantebrug	36	34
Svinbrug	46	44
Gennemsnit	38	36



Figur 5. Kortlægning af kvælstofudvaskningen fra de enkelte markblokke i de to studieområder 2005 (resultater fra N-less modellen).

Via det Jordbrugsvidenskabelige Fakultets GEO-database over landbrug i Danmark (FRJOR 2008) er det muligt at kortlægge den modelerede kvælstofudvaskning (Figur 5) og pesticidbelastning (Figur 6), og det vil være muligt at vurdere belastningen af drikkevandet i konkrete problemområder. Nærværende beregninger viser fx, at områder med mange intensive svinebedrifter typisk både vil have en relativt høj kvælstofudvaskning og et relativt højt behandlingsindex, hvilket potentielt set kan være problematisk i forhold til grundvandsbekyttelsen. I synetserapporten fra forskningsprojektet vil disse tendenser blive nærmere diskuteret, og belyst i forhold til de øvrige opgørelser af effekter på fauna, økonomi og miljø.



Figur 6. Eksempel på den geografiske fordeling af de modelerede behandlingsindeks for herbicid og fungicidforbrug i studieområdet ved Bjerringbro 2005.

Konklusion

Alt i alt kan det konkluderes, at det gennemsnitlige behandlingsindeks er større ved Odense Å end ved Bjerringbro, og at behandlingsindeksene generelt er størst på svinebrug og mindst på kvægbrug. Derimod er den estimerede effekt af indførelse af pesticidkvoter også størst på svinebrugene. Tilsvarende er den estimerede nitratudvaskning størst på svinebrugene, og mindst på planteavlsbrugene, der ligeledes har den laveste husdyrtæthed, og det laveste potentiale for reduceret nitratudvaskning. Specifikt vil et scenario med 25% reduktion af pesticidforbruget gennem indførelse af omsættelige kvoter, for eksempel

kunne reducere herbicid behandlingsindekset med omkring 29% i det fynske område og 33% i det midtjydske område. Et scenario med 6 m sprøjtefri bræmmer vil ikke påvirke det samlede pesticidforbrug signifikant, ligesom kvælstofudvaskningen ikke vil påvirkes signifikant af hverken et scenario med 6 m sprøjtefri bræmmer eller et scenario med 25% reduktion af pesticidforbruget gennem indførelse af omsættelige kvoter. Alt i alt kan det konkluderes at kun scenariet med omsættelige pesticidkvoter kan have en signifikant effekt på pesticidbeskyttelsen af vandressourcerne i de to områder, mens der ikke ser ud til at være noget betydeligt potentiale for sidegevinster i form af beskyttelse mod nitratudvaskning.

Referencer

Abrahamsen, P. and Hansen, S. (2000). Daisy: an open soil-crop-atmosphere system model. *Environmental Modelling and Software* 15: 313-330.

Albrektsen, R. og Gyldenkerne, S. (2008). Revurdering af ammoniakemissionen 2003-2007. Internt notat. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet.

Børgesen, C.D. & Heidmann, T. (2002). Landsberegning af kvælstofudvaskning fra landbruget med SKEP/Daisy og SIM IIIB modellerne. DJF rapport nr.62 Markbrug. Danmarks Jordbrugsforskning.

Børgesen, C.D., Grant, R. (2003). Baggrundsnotat til VMP II – slutevaluering. Vandmiljøplan II modelberegning af kvælstofudvaskning på landsplan, 1984-2002. Internt notat, Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks Jordbrugsforskning. www.dmu.dk - publikationer – øvrige publikationer og www.agrsci.dk – vandmiljø.

Børgesen, C.D. Grant, R. , Kristensen I.T. (2008). Landbrugsregisterdata anvendt i regionale og landsdækkende beregninger af N og P tab. Internt notat. Det Jordbrugsvidenskabelige fakultet, Aarhus Universitet og Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet.

Børgesen, C.D. (2008). Landsdækkende modelberegning af N-udvaskning fra landbruget 2003-2007. Baggrundsnotat til VMPIII midtvejsevaluering. Det Jordbrugsvidenskabelige fakultet, Aarhus Universitet og Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet.

Danmarks Statistik. Statistikbanken for årene 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007.

FRJOR (2008) Beskrevet i [Landbrugsdata - anvendelse og faldgrupper](#). / Kristensen, I.T. Hansen, L.B. Thomsen, O.C.. I: DANVA. Dansk Vand. 2004; vol. 5, nr. 72, s. 238-243

Grant, R. (2008). Notat vedrørende opgørelse af det dyrkede areal i Danmark fra 2003 og fremover til brug for VMP III. Internt notat. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet.

- Hasler, Berit og Wulff, Anders Fonnesbech (2009). Økonomisk modellering af landbrugets tilpasning til pesticidregulering. Notat i projektet EU's landbrugsordninger og pesticidpolitikken. Danmarks Miljøundersøgelser/AU.
- Hvid, S.K. (2008). Landscentret Planteavl Skejby. Personlig kommunikation.
- Høgh-Jensen, H., Loges, R., Jensen, E.S., Jørgensen, F.V., Vinther, F.P. (2003) Empirical model for quantification of symbiotic nitrogen fixation in leguminous crops. *Agricultural Systems*
<http://www.orgprints.org/1-31>
- JUPITER (2008) JUPITER - DANMARKS GEOLOGISKE & HYDROLOGISKE DATABASE. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, København.
- Knudsen, L (2008) Landscentret Planteavl Skejby. Personlig kommunikation.
- Kristensen, K., Jørgensen, U. og Grant, R. (2003) Genberegning af modellen N-LES. 12 pp. Baggrundsnotat til Grant, R og Waagepetersen, J. (2003) Findes i elektronisk form på
http://www.dmu.dk/1_viden/2_publicationer/3_ovrige/rapporter/VMPI/Genberegning_af_modellen_NLES.pdf
- Kristensen, K., Waagepetersen, J., Børgesen, C.D., Vinther, F.P., Grant, R and Blicher-Mathiesen, G. (2008) Reestimation and further development in the model N-LES to N-LES4. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet og Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. DJF rapport, Markbrug
- Landsforsøgene (2005) Oversigt over landsforsøg 2005. Dansk Landbrugsrådgivning, Skejby.
- Nielsen, Ø.H., Hasler B., Jacobsen L.B., Topping, C., Dalgaard, T., Christensen, T. og Pedersen, A.B. (2009) Beskrivelse af politikscenarier. Notat i projektet EU's landbrugsordninger og pesticidpolitikken. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 9.
- Plantedirektoratet (2003, 2004, 2005, 2006, 2007) Vejledning om gødkning og harmoniregler. Plantedirektoratet
- Rosenbom, A.E., W. Brüsch, R.K. Juhler, V. Ernstsén, L. Gudmundsson, J. Kjær, F. Plauborg, R. Grant, P. Nyegaard & P. Olsen (2010) The Danish Pesticide Leaching Assessment Programme. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, 2010. ISBN 978-87-7871-279-0. www.pesticidvarsling.dk
- Styczen, M., Hansen, S, Jensen, L.S., Svendsen, H., Abrahamsen, P., Børgesen, C.D., Thirup, C. & Østergaard, H.S. (2006): Standardopstillinger til Daisy-modellen. Vejledning og baggrund. Version 1.2, april 2006. DHI Institut for Vand og Miljø. 62 pp.

Vinther, F.P., S. Hansen (2004) SimDen – en simpel model til kvantificering af N₂-emmission og denitrifikation. DJF rapport nr.104. Markbrug. Danmarks Jordbrugsforskning.