



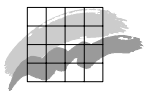
Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Effekt af virkemidler på kvælstofudvaskning fra landbrugsarealer

Eksempel fra oplandet til Mariager Fjord

Faglig rapport fra DMU, nr. 505

[Tom side]



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Effekt af virkemidler på kvælstofudvaskning fra landbrugsarealer

Eksempel fra oplandet til Mariager Fjord

*Faglig rapport fra DMU, nr. 505
2004*

Mette Thorsen

Datablad

Titel:	Effekt af virkemidler på kvælstofudvaskning fra landbrugsarealer
Undertitel:	Eksempel fra oplandet til Mariager Fjord
Forfatter:	Mette Thorsen
Afdeling:	Afdeling for Ferskvandsøkologi
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 505
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser© Miljøministeriet
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsestidspunkt:	August 2004
Redaktionen afsluttet:	August 2004
Faglig kommentering:	Gitte Blicher-Mathiesen, Kurt Nielsen
Finansiel støtte:	Århus Amt
Bedes citeret:	Thorsen, M. 2004: Effekt af virkemidler på kvælstofudvaskning fra landbrugsarealer. Eksempel fra oplandet til Mariager Fjord. Danmarks Miljøundersøgelser. 56 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 505 http://faglige-rapporter.dmu.dk
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Sammenfatning:	I rapporten modelberegnes kvælstofudvaskning for tre brugstyper med Daisy for at belyse effekten på kvælstofudvaskningen ved forskellige ændringer i landbrugspraksis i oplandet til Mariager Fjord. Beregningerne viser, at der er 40-60 % større kvælstofudvaskning fra sandjord (JB 1) end fra lerblandet sandjord (JB 4), som er de to jordtyper, der stort set repræsenterer oplandet. Desuden opnås den største nedgang i udvaskning, hvis vårkorn med udlæg dyrkes i stedet for vinterkorn. Nedsættelse af gødningsnormen i kombination med efterafgrøder medfører også en væsentlig reduktion i udvaskningen. Beregningerne er eksempler og kan ikke skalleres op til at dække hele oplandet
Emneord:	Daisy, virkemidler, kvælstof, udvaskning
Layout: Tegninger/fotos:	Anne-Dorthe Villumsen Grafisk Værksted, Silkeborg
ISBN:	87-7772-826-2
ISSN (elektronisk):	1600-0048
Sideantal:	60
Internet-version:	Rapporten findes kun som PDF-fil på DMU's hjemmeside http://www.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrappporter/rapporter/FR505.pdf
Købes hos:	Miljøministeriet Frontlinien Rentemestervej 8 2400 København NV Tlf.: 7012 0211 frontlinien@frontlinien.dk www.frontlinien.dk

Indhold

Forord 5

Sammenfatning 6

1 Indledning 8

2 Modelopsætning 9

2.1 Klima 9

2.2 Jord 10

2.3 Randbetingelser 11

2.4 Initialbetingelser med hensyn til humus 11

2.5 Sædskifter 11

2.6 Kalibrering 14

3 Scenarier 18

4 Beregningsresultater 21

4.1 Vandbalancer 21

4.2 Kvælstofbalancer 23

4.3 Effekter af husdyrtryk 28

5 Diskussion af klimavariationerne 34

6 Resumé 39

7 Referencer 43

Bilag 1 44

Bilag 2 52

Danmarks Miljøundersøgelser

Faglige rapporter fra DMU

[Tom side]

Forord

Denne rapport er resultatet af et samarbejdsprojekt mellem Århus Amt, Danmarks Miljøundersøgelser og landbrugskonsulenter. Projektet har draget stor nytte af landbrugskonsulenterne Hans Thysen og Jan Jensens viden og erfaring fra Mariager Fjord. Deres rådgivning har været af meget stor betydning for at kunne lave beregninger, som er realistiske for Mariager Fjord området.

Følgende kolleger har under projektet bidraget med idéer og konstruktiv kritik: Gitte Blicher-Mathiesen, DMU, Søren Hansen, KVL samt Lisbeth Wiggers, Århus Amt, hvilket har været værdifuldt.

Sammenfatning

Denne rapport har til formål at belyse, hvilken effekt forskellige ændringer i landbrugspraksis vil kunne få på udvaskningen af nitrat. Beregningerne er foretaget for hhv. et typisk svinebrug, kvægbrug og planteavlsbrug i oplandet til Mariager Fjord. Sædskifterne for de tre brugstyper er opstillet af de lokale planteavlskonsulenter og er eksempler på typisk landbrugspraksis i Mariager området.

Beregningerne af vand- og kvælstofbalancer, samt nitratudvaskning fra rodzonen, er foretaget med Daisy-modellen. Opsætningen af modeller følger anbefalingerne for anvendelse af Daisy.

For hver af de tre brugstyper: svinebrug (1,4 DE/ha), kvægbrug (1,7 DE/ha) og planteavlsbrug (0 DE/ha) er gennemregnet 5 scenarier.

1. Grundsædskiftet gødet til kvælstofnorm og lovpligtig areal med efterafgrøder.
2. Grundsædskiftet mod græs som efterafgrøde
3. Grundsædskiftet, men vårkorn med udlæg erstatter vinterkorn
4. Som scenarie 1, men kvælstofnormen er nedsat 10 %
5. Som scenarie 2, men kvælstofnormen er nedsat 10 %

Resultaterne viser, at der generelt er 40-60 % større udvaskning fra sandjorden (JB 1) end på lerblandet sandjord (JB 4). Årsagen er, at høstudbyttet er større på lerblandet sandjord. Scenarieberegningerne viser, at den største nedgang i udvaskningen vil kunne opnås, hvis vårkorn med udlæg dyrkes i stedet for vinterkorn. Nedsættelse af gødningsnormen i kombination med efterafgrøder har også en væsentlig effekt på udvaskningen, idet den nedsættes med 10-16 kg N/ha og 8-18 kg N/ha på henholdsvis sandjord og sandblandet lerjord.

Der er store forskelle på hvilken reduktion i udvaskning etablering af efterafgrøder har i de forskellige brugstyper: svinebrug 2 kg N/ha, kvægbrug 6-9 kg N/ha og planteavlsbrug 6 kg N/ha. De store forskelle af effekten af afgrøder skyldes primært mængden af plantetilgængeligt kvælstof i jorden, samt af rækkefølgen af afgrøder.

Ved normreduktion på 10 % reduceres tildelingen af kvælstof til marker med 11 kg N/ha (8 %) på svinebruget, 17 kg N/ha (8 %) på kvægbruget og 14 kg N/ha (10 %) på planteavlsbruget. Herved reduceres udvaskningen af kvælstof med henholdsvis 7 kg N/ha (8-10 %), 7-10 kg N/ha (10-12 %) og 9-10 kg N/ha (12-16 %). Kvælstofindholdet i udbytterne reduceres med 3-4 kg N/ha (3-4 %) på svinebrug, 4-7 kg N/ha (3 %) på kvægbrug og 3-5 kg N/ha (4-5%) på planteavlsbrug. Intervallerne beskriver forskellen for de to jordtyper. Nedsættelse af gødningsnormen har således større effekt på udvaskningen af nitrat end på kvælstofindholdet i høstudbyttet.

Beregningerne viser også, at omlægning af sædskifter til optimale muligheder for efterafgrøder med primært vårafgrøder giver ligeså stor reduktion i nitratudvaskningen som kombinationen af nedsættelse af gødningsnorm og ekstra efterafgrøder. Årsagen er bl.a., at der tilføres mindre gødning til de ændrede sædskifter. Omlægning af sædskifterne giver især en reduktion af kvælstofudvaskningen på kvægbrug og planteavlsbrug, hvor den er på 20-40 %.

Beregningerne illustrerer også, at der er store år-til-år forskelle på effekten af de forskellige virkemidler på grund af variationer i nedbøren og dens fordeling, samt andre klimatiske faktorer. De gennemførte modelberegninger skal betragtes som eksempler og kan ikke umiddelbart opskaleres til hele Mariager Fjord eller andre oplande.

1 Indledning

Formålet med beregningerne i nærværende rapport har været at belyse, hvilken effekt forskellige ændringer i landbrugspraksis vil kunne få på udvaskningen fra et typisk svinebrug, kvægbrug eller planteavlbrug i oplandet til Mariager Fjord. Beregningerne af vand- og kvælstofbalancer, herunder nitratudvaskningen fra rodzonen er foretaget med Daisy-modellen, og der er ved opsætning af modellen lagt vægt på at følge anbefalingerne omkring Daisy-anvendelse som beskrevet i Daisy-ståbien (Styczen et al. 2003).

Afgrødefølge og gødningsplaner for de gennemregnede type-sædskifter er udarbejdet af to planteavlskonsulenter med lokalkendskab til landbrugspraksis i området, og beregningerne er gennemført dels ved normgødsning og dels ved forskellige ændringer i praksis – herunder indførelse af efterafgrøder i sædskiftet i forskellig grad, forskellig husdyrtæthed og reduceret gødningsnorm. Beregningerne er desuden foretaget for to repræsentative jordtyper (JB1 og JB 4).

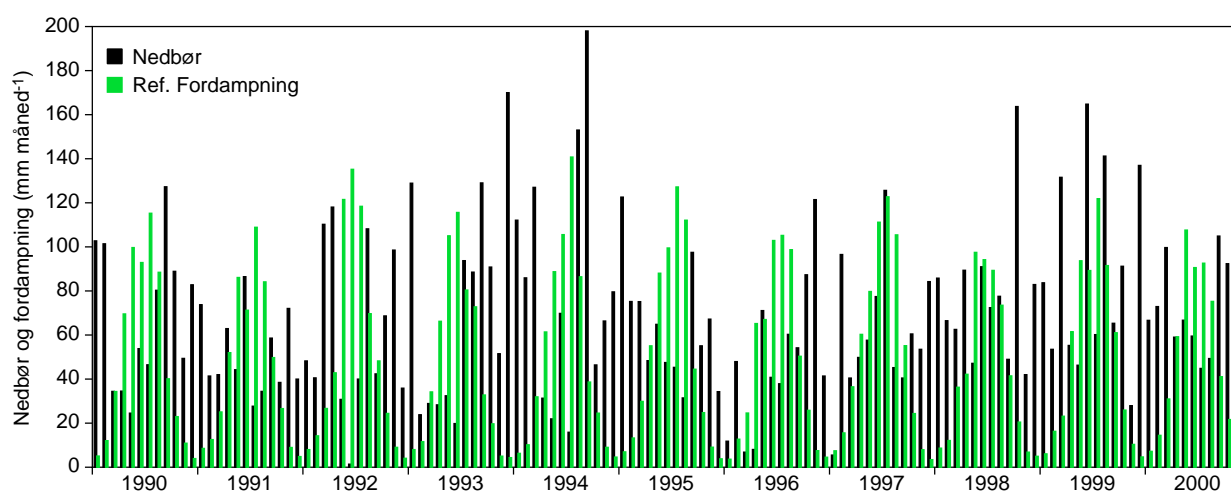
Sædskifterne er opstillet således, at de er typiske for området og kan derfor betragtes som relevante eksempler på landbrugspraksis, men ikke som en fyldestgørende beskrivelse af, hvordan landbrug drives i oplandet. Resultaterne fra eksempelberegningerne kan derfor ikke ekstrapoleres til at give en generel beskrivelse af udvaskningen fra hele oplandet, men vil primært være anvendelige til at beskrive, hvilken relativ effekt de forskellige virkemidler kan have.

2 Modelopsætning

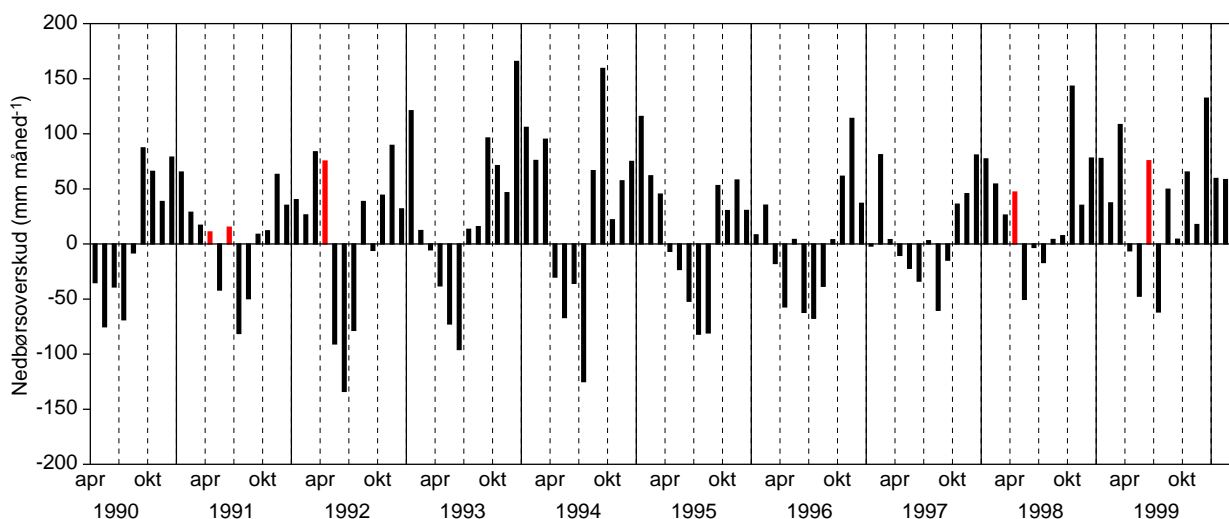
Beregningerne er gennemført med version 3.27 af Daisy. Dette indebærer, at den seneste revision af denitrifikations-modulet indgår i beregningerne. Herved bliver den modelberegnete denitrifikation større end beregnet tidligere af Daisy. Derudover er anbefalingerne i Daisy-ståbien (Styczen et al. 2003) omkring opsætning og afvikling af Daisy-beregninger fulgt, bl.a. er sædskifterne permuterede, hvilket betyder, at alle afgrøder forekommer i alle klimaår. Herved undgås det, at et enkelt klimaårs indflydelse på kvælstofbalancen for en enkelt afgrøde får stor vægt i det samlede resultat.

2.1 Klima

Der er som anbefalet i Daisy-ståbien anvendt klimadata for en 11-års periode (1/1 1990 – 31/12 2000). Beregningerne er gennemført gennem 66 år ved at gentage 11-års klimaserien. Beregningsresultaterne er herefter opgjort med hhv. 11, 33 og 55 års opvarmning for at vurdere eventuelle langtidseffekter af de gennemregneede virkemidler. Nedbørsdata stammer fra 4 stationer i oplandet, alle beliggende i Århus Amts administrationsområde. Daglige nedbørsdata fra de fire stationer er blevet arealvægtet, således at den anvendte nedbørsserie ikke repræsenterer en enkelt station men et gennemsnit for et større areal. Daisy er sat til at beregne korrektion for vind og opfugtning, lækategori B jvf. håndtal fra DMI's anbefalinger (Allerup et al. 1998). Temperatur og sol-indstråling stammer fra Ødum vejstationen. Beregningsresultaterne er efterfølgende opgjort som gennemsnit over en 10-års periode fra 1. april 1990 til 1. april 2000. I tabel 2.1 er nedbør og referencefordampning vist på årsbasis. På figur 2.1 og 2.2 er nedbør, referencefordampning og anslået nedbørsoverskud vist på månedsbasis.



Figur 2.1 Nedbør og referencefordampning opgjort på månedsbasis



Figur 2.2 Nedbørsoverskud på månedsbasis (nedbør – referencefordampning). De røde søjler angiver måneder i forårs- og sommerperioden, hvor der kan være risiko for, at gødning udbragt i foråret kan udvaskes, inden afgrøderne har haft mulighed for at optage det.

Tabel 2.1 Nedbør og referencefordampning i beregningsperioden opgjort på hydrologiske år.

Hydrologisk år 1. april - 30. marts	Nedbør ¹ Korrigeret	Ref. Fordampning ² Makkink	Nedbørsunderskud ³ maj-august
1990/91	745	590	-191
1991/92	664	542	-158
1992/93	725	627	-264
1993/94	1030	550	-139
1994/95	955	610	-161
1995/96	558	605	-238
1996/97	665	587	-164
1997/98	810	627	-113
1998/99	984	516	-66
1999/00	1029	612	16
Gennemsnit	816	587	-148

¹Nedbørsdata er korrigeret af Daisy efter DMI's faste månedsnormer. Gns. ukorrigeret nedbør i samme periode er 672 mm, hvilket svarer til en gennemsnitlig korrektion på 21,5 % på årsbasis. ²Referencefordampningen er beregnet af Daisy ud fra Makkink's formel. Derudover beregner Daisy en potentiel fordampning, hvor der korrigeres for det sæsonvarierende bladareal vha. afgrødecoefficients (Kc-værdier) for de enkelte afgrøder. Dette indebærer, at den totale potentielle fordampning på årsbasis ligger ca. 10 % højere end referencefordampningen. ³Det anslåede nedbørsunderskud i vækstsæsonen maj-august er beregnet som nedbør-referencefordampning og er således ikke det reelle nedbørsunderskud i marken.

2.2 Jord

Overjorden i oplandet til Mariager Fjord består overvejende af sandede jordtyper (JB 1-4). Da kvælstofnormerne er forskellige for afgrøder dyrket på hhv. JB 1 + 3 og JB 2 + 4, er der lavet beregninger på de valgte sædskifter på to jordtyper, der kan repræsentere de to norm-grupper. De anvendte hydrauliske egenskaber for gruppen JB

1+3 er baseret på data for en JB 1 jord fra Daisy-ståbien. Til at repræsentere JB 2+4 valgtes tilsvarende data for en JB 4 jord fra ståbien.

Roddybderne er justeret for at ramme middeludbytteerne for hhv. JB 1+3 og JB 2+4. De anvendte roddybder følger således ikke ståbiens anbefaling på 50 cm for JB1 og 85 cm for JB 4 jord, men repræsenterer en gennemsnitssituation.

2.3 Randbetingelser

Der er anvendt fri dræning som randbetingelse i alle beregninger. Dette betyder, at der bør udvises forsigtighed ved opskalering af resultaterne fra eksempelberegningerne til oplandsskala, idet der i oplandet findes drænedede landbrugsområder, hvor det må forventes, at det øvre grundvand påvirker rodzonen i dele af året. I disse områder vil nettonedbøren reelt være mindre end beregnet i de her præsenterede eksempler.

2.4 Initialbetingelser med hensyn til humus

Et at de elementer, som kan påvirke resultaterne meget i Daisy, er startindholdet af organisk stof i jorden. Indholdet af humus i landbrugsjord vil i praksis afhænge meget af den dyrkningsmæssige historie på arealet, således at indholdet vil være højere på arealer, som gennem længere tid er blevet tilført meget organisk materiale (tørstofholdig husdyrgødning, nedmuldet halm samt planterester – herunder specielt græsmarker) end arealer, hvor dette ikke er sket. Driver et areal på samme måde gennem lang tid, vil humusindholdet i jorden bevæge sig mod at være i balance med det tilførte organiske materiale. Dette kan dog tage meget lang tid (flere hundrede år).

Ved opsætning af Daisy på hypotetiske jorde, som i dette tilfælde, kendes udgangspunktet for humusindholdet af gode grunde ikke i detaljer. For at undgå at valget af initialbetingelser får for stor indflydelse på resultaterne, er jordens organiske puljer derfor initialiseret som anbefalet i Daisy-ståbien. I praksis blev dette gennemført ved at køre grundsædskifterne i en periode på 20 år, hente Daisy's registreringer af gennemsnitligt tilført kulstof, og anvende disse som initialbetingelser til de endelige kørsler af både grundsædskifter og scenarier. Dette afværger alt for store ændringer i de organiske puljer, men bringer ikke nødvendigvis systemerne i fuldstændig balance. Yderligere balancering vil kræve finjusteringer i initialiseringen. Ved den efterfølgende gennemregning af scenarierne for sædskifterne er initialiseringsbetingelserne fra grundsædskifterne anvendt som udgangspunkt.

2.5 Sædskifter

Der er lavet beregninger, der repræsenterer typiske sædskifter på tre bedriftstyper i oplandet, hhv. svinebrug, kvægbrug og planteavl uden nogen anvendelse af husdyrgødning. Sædskifter og gødningsplaner er lavet af to planteavlskonsulenter, hhv. Jan Jensen, Kronjysk Landboforening og Hans Thysen, Hobro og omegns Landboforening.

Daisy er herefter opsat med udgangspunkt i konsulenternes beskrivelser af såvel afgrøde valg, fordeling af handels- og husdyrgødning, tidspunkter for udbringning af handels- og husdyrgødning, praksis for nedmuldning/bjergning af halm, samt et bud på vandingspraksis i området. Praksis er derfor beskrevet som følger:

- Handelsgødning udbringes således fra marts til først i april, og husdyrgødning udbringes typisk fra først i april til slutningen af april. I vinterafgrøderne gødes der af to gange i forårssæsonen, hvis der anvendes både handels- og husdyrgødning. Anvendes kun husdyrgødning, køres dette ud en gang i begyndelsen af april. I vårafgrøderne tilføres alt gødningen i begyndelsen af april.
- I svinebrugssædskiftet er der anvendt kvælstofnormer for husdyrgødning baseret på en slagtesvineproduktion. Dette indebærer, at 1,4 DE/ha svarer til 133 kg husdyrgødnings-N/ha. Herved er det også muligt at beregne et sædskifte med 10 % norm-nedsættelse ved 1,4 DE/ha. Såfremt 1,4 DE/ha svarede til 100 kg N/ha, var der ikke plads til den husdyrgødning, der produceres ved 1,4 DE/ha i det valgte sædskifte i alle scenarier, når udnyttelseskravene samtidig skulle overholdes. Fx ville nedsættelse af kvælstofnormen med 10 % medføre, at der ikke kunne udbringes husdyrgødning fra 1,4 DE/ha, hvilket gør det vanskeligt at sammenligne kvælstofbalancerne med de øvrige scenarier.
- Hovedparten af byghalmen bjerges, hvorimod halm og planterester fra de øvrige afgrøder nedmuldes.
- På kvægbrugssædskifterne antages det, at kløvergræsmarkerne afgræsses, så en del af den producerede husdyrgødningsmængde afsættes i marken henover vækstsæsonen. Dette er i Daisy gjort ved at fordele en del af husdyrgødningen på 4-5 tilførsler. Der skal dog gøres opmærksom på, at der ikke er taget hensyn til, at kvælstofnormen for husdyrgødning afsat ved græsning er anderledes end tilsvarende afsat på stald. Desuden fordele Daisy husdyrgødningen jævnt over arealerne, hvilket ikke er tilfældet for græssende køer. Der er derfor stor usikkerhed omkring de beregnede kvælstofbalancer i græsmarkerne
- Kvælstoffiksering i kløvergræs beregnes ikke af Daisy, men er tilført som handelsgødning baseret på en anslået fikseringsmængde, der afhænger af forventet høstudbytte samt kvælstofgødskning (Kristensen og Kristensen 2002).
- Ifølge planteavlskonsulenterne er det ikke almen praksis, at der vandes i alle afgrøder, men oftest vil kartofler samt en del af kløvergræsmarkerne blive vandet efter behov. I Daisy er vanding derfor tilføjet i kartoffelafgrøden på planteavlssædskiftet samt i den ene af kløvergræsmarkerne på kvægbrugssædskiftet. Daisy afgør selv vandingsbehovet i de mest sårbare perioder af afgrødernes vækst.

I tabel 2.2-2.4 er grundsædskifterne for de tre bedriftstyper og gødningsplanerne for hhv. JB 1+3 og 2+4 vist.

Tabel 2.2 Sædskifte og gødningsplan for grundopsætning af svinebrugssædskiftet med 1,4 DE/ha. Der er græs-efterafgrøde i vårbyg på 1/7 af arealet (markeret). Der er anvendt kvælstofnormer for husdyrgødning baseret på en slagtesvineproduktion. Dette indebærer, at 1,4 DE/ha svarer til 133 kg husdyrgødnings-N/ha. Græs i efteråret er markeret med grøn farve.

Sædskifte	Gødkning JB 1			Gødkning JB 4			Halm
	N-norm (Kg N/ha)	Handelsg. (Kg N/ha)	Husdyrg. (Kg N/ha)	N-norm (Kg N/ha)	Handelsg. (Kg N/ha)	Husdyrg. (Kg N/ha)	
Vinterraps	157	48	155	168	50	155	Efterlades
Vinterhvede	124	0	155	128	0	155	Efterlades
Markært	0	0	0	0	0	0	Efterlades
Vinterhvede	124	0	155	128	0	155	Efterlades
Vårbyg m. udl.	118	0	155	114	0	155	Bjerges
Vårbyg	118	0	155	114	0	155	Bjerges
Vinterbyg	151	42	155	142	42	155	Bjerges
Gennemsnit	113	13	133	113	13	133	

Tabel 2.3 Sædskifte og gødningsplan for grundopsætning af kvægbrugssædskiftet med 1,7 DE/ha. Der er græs i efteråret på 3/6 af arealet (markeret). 1. års kløvergræs vandes efter behov. 172 kg N i kvæggylle afsættes ved græsning på de to kløvergræsmarker. På 1/7 af arealet dyrkes der kontinuert majs til ensilage. Græs i efteråret er markeret med grøn farve.

Sædskifte	Gødkning JB 1				Gødkning JB 4				Halm
	N-norm (Kg N/ha)	Fixering (Kg N/ha)	Handels (Kg N/ha)	Husdyrg (Kg N/ha)	N-norm (Kg N/ha)	Fixering (Kg N/ha)	Handels (Kg N/ha)	Husdyrg (Kg N/ha)	
Vårbyg, helsæd m. udlæg	123		36	87	117		36	87	
Udlægget	81	42		87	81	42		87	
Kløvergræs, afgræsning	254	104	48	261	254	104	48	261	
Kløvergræs, afgræsning	227	88	96	173	231	88	96	173	
Vårbyg	51		0	87	48		0	87	Bjerges
Vinterhvede	154		84	175	157		68	175	Efterlades
Kontinuert majs	157		50	174	143		50	174	
Gennemsnit	175	39	52	174	172	39	50	174	

Tabel 2.4 Sædskifte og gødningsplan for grundopsætning af planteavlssædskiftet. Der er græs i efteråret på 2/7 af arealet (markeret). Kartofflerne vandes efter behov. Græs i efteråret er markeret med grøn farve.

Sædskifte	Gødskning JB 1			Gødskning JB 4			Halm
	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	
	(Kg N/ha)	(Kg N/ha)	(Kg N/ha)	(Kg N/ha)	(Kg N/ha)	(Kg N/ha)	
Vårbyg m. Frøgræsudlæg	118	118	0	114	118	0	Bjerges
Rajgræs til frø	127	127	0	127	127	0	Bjerges
Vårbyg	118	114	0	114	115	0	Bjerges
Kartoffel, fabrik	186	186	0	186	186	0	Efterlades
Vinterhvede	138	138	0	141	138	0	Efterlades
Vinterhvede	154	154	0	157	154	0	Efterlades
Vinterhvede	154	154	0	157	154	0	Efterlades
Gennemsnit	142	142	0	142	142	0	

2.6 Kalibrering

Da høstudbyttet udgør en stor del af kvælstofbalancen i marken, kan en fejl i den beregnede fraførsel medføre, at der er stor usikkerhed på beregningen af udvaskningen i absolutte tal. Det har dog mindre betydning ved anvendelse af relative forskelle mellem scenarierne. Af denne grund er beregningerne kalibreret en smule med henblik på at kunne repræsentere de gennemsnitlige høstudbytter for de primære afgrøder i de to jordtypegrupper. I tabel 2.5-2.7 er de beregnede høstudbytter i hovedafgrøderne for grundsædskifterne vist sammen med beregningernes afvigelse fra gennemsnittet af Plantedirektoratets og konsulenternes bud på udbytter.

Som det fremgår af tabel 2.5-2.7 er der nogen forskel mellem Plantedirektoratets norm-høst og konsulenternes anslåede høstniveauer, hvor konsulenterne mener, at tørstofudbytterne i gennemsnit er ca. 15 % højere end Plantedirektoratets normer på JB 1+3 og ca. 10-12 % højere på JB 2+4. Daisy's beregninger ligger generelt nærmest ved Plantedirektoratets bud på JB1-jorden, men lidt nærmere konsulenternes bud på JB 4 jorden.

Herudover overestimerer Daisy generelt kvælstofudbytterne i rajgræs til frø samt vinterraps på sandjord, idet de beregnede kvælstofudbytter her ligger et godt stykke uden for det spænd, der er angivet af Plantedirektoratets normer og konsulenternes bud.

Table 2.5 Svinebrug, grundsædskifte. Tørstof og kvælstofudbytter som gennemsnit for høstarene 1990-1999 beregnet med Daisy og anslået af hhv. Plantedirektoratet og konsulenterne. Desuden er Daisy's afvigelse fra gennemsnittet på Plantedirektoratets og konsulenternes bud angivet i %.

a) Høstet tørstof i hovedafgrøde, gennemsnit 1990-1999 (hkg tørstof/ha)										⁴ Daisy's afvigelse fra gns.	
Sædskifte	JB 1				JB 4				JB1	JB4	
	¹ PD	² Konsul.	³ dif. %	Daisy	¹ PD	² Konsul.	³ dif. %	Daisy			%
Vinterraps	17	19	7	19	25	23	-7	22	3.0	-7.7	
Vinterhvede	44	55	24	40	56	64	14	55	-20.0	-8.6	
Markært	39	35	-10	28	39	39	1	35	-23.2	-9.9	
Vinterhvede	44	55	24	40	56	64	14	55	-20.0	-8.6	
Vårbyg m. udl.	35	43	22	33	41	47	15	41	-14.2	-7.2	
Vårbyg	35	43	22	33	41	47	15	41	-14.2	-7.2	
Vinterbyg	43	47	10	38	46	55	20	52	-14.0	3.7	
Gennemsnit	37	42	15	33	43	48	12	43	-16.3	-6.4	

b) Høstet kvælstof i hovedafgrøde, gennemsnit 1990-1999 (kg N/ha)										⁴ Daisy's afvigelse fra gns.	
Sædskifte	JB 1				JB 4				JB1	JB4	
	¹ PD	² Konsul.	³ dif. %	Daisy	¹ PD	² Konsul.	³ dif. %	Daisy			%
Vinterraps	60	65	7	82	86	80	-7	90	31.5	8.5	
Vinterhvede	80	100	25	79	101	116	14	109	-12.3	0.6	
Markært	154	138	-10	118	154	155	1	144	-19.4	-6.6	
Vinterhvede	80	100	25	79	101	116	14	109	-12.3	0.6	
Vårbyg m. udl.	60	74	22	61	71	81	15	82	-8.2	8.5	
Vårbyg	60	74	22	61	71	81	15	82	-8.2	8.5	
Vinterbyg	80	88	10	84	87	104	20	115	-0.1	20.4	
Gennemsnit	82	91	11	81	96	105	9	105	-6.9	4.4	

¹Plantedirektoratets norm (hentet fra Daisy-ståbien), ²Konsulenternes bud på høst omregnet fra kerneudbytter ved antagelse af 85 % vandindhold og kvælstofindhold svarende til Plantedirektoratets norm. ³Procentvis forskel mellem konsulenternes og Plantedirektoratets bud på høstudbytter, ⁴Afgivelse mellem Daisy's beregning og gennemsnittet af Plantedirektoratets norm og konsulenternes bud.

Tabel 2.6 Kvægbrug, grundsædskifte. Tørstof og kvælstofudbytter som gennemsnit for høstårene 1990-1999 beregnet med Daisy og anslået af hhv. Plantedirektoratet og konsulenterne. Desuden er Daisy's afvigelse fra gennemsnittet på Plantedirektoratets og konsulenternes bud angivet i % for kornafgrøderne. For foderafgrøderne er afvigelsen fra Plantedirektoratets norm angivet.

a) Høstet tørstof i hovedafgrøde, gennemsnit 1990-1999 (hkg tørstof/ha)							⁴ Daisy's afvigelse fra gns.	
Sædskifte	JB 1			JB 4			JB1 %	JB4 %
	¹ PD	² Konsul.	Daisy	¹ PD	² Konsul.	Daisy		
Vårbyg, helsæd m. udlæg	60		55	70		75	-8.3	7.1
Udlægget	32			31				
Kløvergræs, afgræsning	78		138	78		147	30.2	34.2
Kløvergræs, afgræsning	62		138	65		147		
Vårbyg	35	43	34	41	47	41	-13.3	-7.2
Vinterhvede	44	55	41	56	64	55	-17.2	-8.0
Kontinuert silomajs	77		80	102		103	3.9	1.1
Gennemsnit	65		81	74		95	25.2	28.0

b) Høstet kvælstof i hovedafgrøde, gennemsnit 1990-1999 (kg N/ha)							⁴ Daisy's afvigelse fra gns.	
Sædskifte	JB 1			JB 4			JB1 %	JB4 %
	¹ PD	² Konsul.	Daisy	¹ PD	² Konsul.	Daisy		
Vårbyg, helsæd m. udlæg	100		66	118		99	-34.1	-16.3
Udlægget	78			84				
Kløvergræs, afgræsning	287		330	287		353	5.5	7.8
Kløvergræs, afgræsning	230		330	239		353		
Vårbyg	60	74	64	71	81	84	-3.9	11.3
Vinterhvede	80	100	93	101	116	125	3.1	15.3
Kontinuert silomajs	123		126	164		166	2.7	1.3
Gennemsnit	160		168	177		197	5.4	10.9

¹Plantedirektoratets norm (hentet fra Daisy-ståbien), ²Konsulenternes bud på høst omregnet fra kerneudbytter ved antagelse af 85 % vandindhold og kvælstofindhold svarende til Plantedirektoratets norm. ³Procentvis forskel mellem konsulenternes og Plantedirektoratets bud på høstudbytter, ⁴Afgivelse mellem Daisy's beregning og gennemsnittet af Plantedirektoratets norm og konsulenternes bud for kornafgrøderne. For foderafgrøderne er afvigelsen beregnet i forhold til Plantedirektoratets norm.

Tabel 2.7 Planteavl, grundsædskifte. Tørstof og kvælstofudbytter som gennemsnit for høstårene 1990-1999 beregnet med Daisy og anslået af hhv. Plantedirektoratet og konsulenterne. Desuden er Daisy's afvigelse fra gennemsnittet på Plantedirektoratets og konsulenternes bud angivet i %.

a) Høstet tørstof i hovedafgrøde, gennemsnit 1990-1999 (hkg tørstof/ha)									⁴ Daisy's afvigelse fra gns.	
Sædskifte	JB 1				JB 4				JB1	JB4
	¹ PD	² Konsul.	³ dif. %	Daisy	¹ PD	² Konsul	³ dif. %	Daisy	%	%
Vårbyg m . Frøgræsudlæg	35	43	22	33	41	47	15	46	-14.8	5.2
Rajgræs til frø	10	10	-2	15	10	12	15	17	45.6	50.6
Vårbyg	35	43	22	33	41	47	15	46	-14.8	5.2
Kartoffel, fabrik	108	108	0	136	108	108	0	144	25.6	33.5
Vinterhvede	44	55	25	37	56	64	14	50	-26.4	-17.4
Vinterhvede	44	55	25	37	56	64	14	50	-26.4	-17.4
Vinterhvede	44	55	25	37	56	64	14	50	-26.4	-17.4
Gennemsnit	46	53	15	47	53	58	10	57	-5.4	3.9

b) Høstet kvælstof i hovedafgrøde, gennemsnit 1990-1999 (kg N/ha)									⁴ Daisy's afvigelse fra gns.	
Sædskifte	JB 1				JB 4				JB1	JB4
	¹ PD	² Konsul.	³ dif. %	Daisy	¹ PD	² Konsul	³ dif. %	Daisy	%	%
Vårbyg m . Frøgræsudlæg	60	74	22	62	71	81	15	92	-6.7	20.8
Rajgræs til frø	41	40	-2	64	41	47	15	73	60.2	66.4
Vårbyg	60	74	22	62	71	81	15	92	-6.7	20.8
Kartoffel, fabrik	159	159	0	134	159	159	0	144	-15.4	-9.6
Vinterhvede	80	100	25	76	101	116	14	102	-15.5	-6.0
Vinterhvede	80	100	25	76	101	116	14	102	-15.5	-6.0
Vinterhvede	80	100	25	76	101	116	14	102	-15.5	-6.0
Gennemsnit	80	92	15	79	92	102	11	101	-8.5	3.8

¹Plantedirektoratets norm (hentet fra Daisy-ståbien), ²Konsulenternes bud på høst omregnet fra kerneudbytter ved antagelse af 85 % vandindhold og kvælstofindhold svarende til Plantedirektoratets norm. ³Procentvis forskel mellem konsulenternes og Plantedirektoratets bud på høstudbytter, ⁴Afgivelse mellem Daisy's beregning og gennemsnittet af Plantedirektoratets norm og konsulenternes bud.

3 Scenarier

På baggrund af opsætning og kalibrering af grundscenarierne for de tre bedriftstyper er der efterfølgende opstillet en række scenarier med henblik på at belyse effekten af øget anvendelse af efterafgrøder, nedsat kvælstofnorm samt øget husdyrtryk, primært på svinebrug. I det følgende er sædskifter og gødningsplaner for scenarierne kort beskrevet.

Tabel 3.1 Scenarier på svinebrug med 1,4 DE/ha.

Beskrivelse
1 Grundssædskiftet (græs-efterafgrøde 1 af 7 år)
2 Grundssædskiftet med græs- efterafgrøder efter de to gange vinterhvede. Der er således efterafgrøde 3 af 7 år
3 Grundssædskiftet med de to gange vinterhvede skiftet ud med vårbyg med udlæg, græsefterafgrøde efter ærterne samt efterafgrøde (spildraps) efter vinterraps. Der er således efterafgrøde 5 af de 7 år.
4 Som 1 men med 10% reduceret kvælstofnorm.
5 Som 2 men med 10% reduceret kvælstofnorm.

Herudover er grundsædskiftet for svinebrug gennemregnet ved forskellige husdyrtryk (0, 0.4, 0.6, 0.8, 1, 1.2 samt grundscenariet 1.4 DE/ha) og dermed også med ændrede gødningsplaner. Detaljerede gødningsplaner for scenarierne er samlet i Bilag 1.

Tabel 3.2 Scenarier på kvægbrug med 1,7 DE/ha

Beskrivelse
1 Grundssædskiftet (græs i efteråret på 3/6 af arealet)
2 Grundssædskiftet med efterafgrøder efter vinterhvede. Der er således græs i efteråret på 4/6 af arealet
3 Grundssædskiftet med vinterhvede skiftet ud med vårbyg med udlæg samt, græsefterafgrøde efter vårbyg. Der er således græs i efteråret på 5/6 af arealet.
4 Som 1 men med 10% reduceret kvælstofnorm.
5 Som 2 men med 10% reduceret kvælstofnorm.

Derudover er der beregnet to kvægbrugstyper med henholdsvis 1 DE/ha og 2.3 DE/ha. Disse består af afgrødefølger, der er forskellige fra sædskiftet for kvægbrug med 1.7 DE/ha, hvilket ifølge konsulenterne er i overensstemmelse med praksis.

Tabel 3.3 Sædskifter og gødningsplaner på kvægbrug ved forskelligt husdyrtryk. Græs i efteråret er markeret med grøn farve.

Kvægbrug med 1 DE/ha. 1. års kløvergræs vandes, 172 kg Husdyrgødnings-N afsættes ved græsning, græs i efteråret på 4/10 af arealet (markeret).

Sædskifte	Gødskning (kg N/ha) JB 1				Gødskning (kg N/ha) JB 4				Halm
	N-norm	Fixering	Handelsg	Husdyrg.	N-norm	Fixering	Handelsg	Husdyrg.	
Vårbyg, helsæd m. udlæg	123		58	87	117		56	87	
Udlægget	81	42		87	81	42		87	
Kløvergræs, afgræsning	254	104	48	261	254	104	46	261	
Kløvergræs, afgræsning	227	88	96	173	231	88	92	173	
Vårbyg	51		0	87	48		0	87	Bjerges
Vinterhvede	154		156	0	157		152	0	Efterlades
Vårbyg	118		56	87	114		54	87	Bjerges
Markært	0		0	0	0		0	0	Efterlades
Vinterhvede	124		127	0	128		127	0	Efterlades
Vårbyg m. udlæg	118		58	87	114		55	87	Bjerges
Udlægget	31		29	0	31		29	0	
Kontinuert majs	157		50	175	143		47	175	
Gennemsnit	144	23	68	104	142	23	66	104	

Kvægbrug 2.3 DE/ha., 1. års kløvergræs vandes, 268 kg husdyrgødnings-N afsættes ved græsning, græs i efteråret på 5/7 af arealet (markeret)

Sædskifte	Gødskning (kg N/ha) JB 1				Gødskning (kg N/ha) JB 4				Halm
	N-norm	Fixering	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Fixering	Handelsg	Husdyrg.	
Vårbyg, helsæd m. udlæg	123			174	117			174	
Udlægget	81	49			81	49			
Kløvergræs, afgræsning	254	96	72	253	254	96	62	253	
Kløvergræs, afgræsning	227	77	72	253	231	77	63	253	
Kløvergræs, afgræsning	227	85	48	253	231	85	38	253	
Vårbyg, helsæd m. udlæg	51			120	44			120	
Udlægget	112			106	115			106	
Kontinuert majs	157		15	242	143		13	242	
Kontinuert majs	157		15	242	143		13	242	
Gennemsnit	198	44	32	235	194	44	27	235	

Tabel 3.4 Scenarier på planteavlsbrug uden husdyrgødning.

Beskrivelse
1 Grundssædskiftet (græs-efterafgrøde 2 af 7 år)
2 Grundsædskiftet med græs-efterafgrøder i vinterhvede før vårbyg, samt i vårbyg før kartofler. Der er således efterafgrøde 4 af 7 år
3 Grundsædskiftet med de tre gange vinterhvede skiftet ud med vårbyg med udlæg og græs-efterafgrøde efter vårbyg før kartofler. Der er således græs i efteråret 6 af 7 år.
4 Som 1 men med 10 % reduceret kvælstofnorm.
5 Som 2 men med 10 % reduceret kvælstofnorm.

4 Beregningsresultater

I de følgende afsnit opsummeres de beregnede gennemsnitlige vand- og kvælstofbalancer over 10-års perioden 1/4 1990-31/3 2000. De opsummerede data er baseret på resultaterne trukket ud efter 55 års opvarmning. Kvælstofbalancerne opgjort ved hhv. 11 og 33 års opvarmning er præsenteret i bilag 2. Heraf fremgår det, at resultaterne ikke ændres væsentligt ved ændret opvarmningsperiode. Dette skyldes, at grundscenarierne er initialiseret, så basis-mineraliseringen er nogenlunde i balance med den tilførte organiske kvælstofmængde.

4.1 Vandbalancer

I tabel 4.1-4.3 er de gennemsnitlige årlige vandbalancer i beregningsperioden vist for de tre sædskiftetyper. Som det fremgår af resultaterne, er den gennemsnitlige perkolation/nettonedbør ca. 50 mm højere på JB 1 jorden end på JB 4 jorden. Inden for jordtyperne giver de forskellige sædskifter og scenarier derimod kun en variation på 10-15 mm/år.

Tabel 4.1 Gennemsnitlige årlige vandbalancer for svinebrugssædskifterne for perioden 1/4 1990-31/3 2000.

Vandbalancer for svinebrug (JB1)		Scenarie				
mm/år	1	2	3	4	5	
Regn	765	765	765	765	765	
Sne	52	52	52	52	52	
Vanding	0	0	0	0	0	
Total vand-input	816	816	816	816	816	
Potentiel fordampning	640	646	647	639	646	
Aktuel fordampning	469	475	477	468	474	
Perkolation	343	338	335	344	338	
Total vand-output	812	812	812	812	812	
Ændring i vandindhold	4	4	4	4	4	
Vandbalancer for svinebrug (JB4)		Scenarie				
mm/år	1	2	3	4	5	
Regn	765	765	765	765	765	
Sne	52	52	52	52	52	
Vanding	0	0	0	0	0	
Total vand-input	816	816	816	816	816	
Potentiel fordampning	641	647	648	640	647	
Aktuel fordampning	517	524	528	516	524	
Perkolation	295	288	284	296	289	
Total vand-output	812	812	812	812	812	
Ændring i vandindhold	4	4	4	4	4	

Tabel 4.2 Gennemsnitlige årlige vandbalancer for kvægbrugssædskifterne for perioden 1/4 1990-31/3 2000.

Vandbalancer for kvægbrug (JB1) mm/år	Scenarier (1.7 DE/ha)					Husdyrtryk		Majs
	1	2	3	4	5	1 DE/ha	2.3 DE/ha	
Regn	765	765	765	765	765	765	765	765
Sne	52	52	52	52	52	52	52	52
Vanding	37	37	37	37	37	22	32	0
Total vand-input	854	854	854	853	854	839	848	816
Potentiel fordampning	650	654	655	650	654	646	653	620
Aktuel fordampning	509	513	514	509	513	492	511	477
Perkolation	340	337	335	340	337	342	333	335
Total vand-output	849	849	849	849	849	834	844	812
Ændring i vandindhold	4	4	4	4	4	4	4	4

Vandbalancer for kvægbrug (JB4) mm/år	Scenarier (1.7 DE/ha)					Husdyrtryk		Majs
	1	2	3	4	5	1 DE/ha	2.3 DE/ha	
Regn	765	765	765	765	765	765	765	765
Sne	52	52	52	52	52	52	52	52
Vanding	36	36	36	36	36	22	31	0
Total vand-input	853	853	853	853	853	838	848	816
Potentiel fordampning	651	656	656	651	656	648	655	626
Aktuel fordampning	553	557	559	553	557	538	556	526
Perkolation	296	291	289	296	291	296	287	287
Total vand-output	849	849	849	849	849	834	843	812
Ændring i vandindhold	4	4	4	4	4	4	4	4

Tabel 4.3 Gennemsnitlige årlige vandbalancer for planteavlssædskifterne for perioden 1/4 1990-31/3 2000.

Vandbalancer for plantebrug (JB1) mm/år	Scenarie				
	1	2	3	4	5
Regn	765	765	765	765	765
Sne	52	52	52	52	52
Vanding	22	22	22	22	22
Total vand-input	838	839	839	838	839
Potentiel fordampning	641	647	650	641	647
Aktuel fordampning	489	495	498	488	495
Perkolation	345	339	337	345	339
Total vand-output	834	834	834	834	834
Ændring i vandindhold	4	4	4	4	4

Vandbalancer for plantebrug (JB4) mm/år	Scenarie				
	1	2	3	4	5
Regn	765	765	765	765	765
Sne	52	52	52	52	52
Vanding	25	25	25	25	25
Total vand-input	841	841	841	841	841
Potentiel fordampning	642	649	651	642	648
Aktuel fordampning	535	542	547	535	542
Perkolation	302	294	290	302	295
Total vand-output	837	837	837	837	837
Ændring i vandindhold	4	4	4	4	4

4.2 Kvælstofbalancer

I tabel 4.4-4.6 er de gennemsnitlige årlige kvælstofbalancer i beregningsperioden vist for scenarierne baseret på de tre sædskiftetyper. Som det fremgår af resultaterne, er den gennemsnitlige nitratudvaskning ca. 40-60 % større på JB1 jorden end på JB 4 jorden. Dette hænger sammen med, at der høstes mere på JB 4 jorden end på JB1 jorden på trods af, at gødskningsniveauet stort set er ens. Dette skyldes, at JB 4 jorden har en bedre vandholdende evne end JB 1 jorden, så plantevæksten er vandbegrænset i kortere perioder end på JB 1 jorden.

Inden for jordtyperne viser beregningerne, at den største nedgang i udvaskningen gennemgående vil kunne opnås, hvis vinterkorn i sædskifterne erstattes af vårkorn med udlæg (scenarie 3). 10 % normnedsættelse i kombination med efterafgrøder vil dog også give en reduktion på mellem 10 og 16 kg N/ha på JB 1 jorden og mellem 8 og 18 kg N/ha på JB 4 jorden.

Effekten af at introducere flere efterafgrøder i de eksisterende sædskifter afhænger meget af sædskiftets afgrødefølge og gødningsfordeling. På svinebruget opnås således kun en udvaskningsreduktion på ca. 2 kg N/ha (svarende ca. 8 kg N/ha i hver af de 2 ekstra marker med efterafgrøder). På planteavlsbruget giver 2 ekstra efterafgrøder en lidt større udvaskningsreduktion på ca. 6 kg N/ha i sædskiftet (svarende til ca. 20 kg N/ha i hver af de to ekstra marker med efterafgrøder). I kvægbruget opnås en udvaskningsreduktion på 6-9 kg N/ha ved at have en ekstra mark med efterafgrøde i sædskiftet (svarende til 36-53 kg N/ha i den ekstra mark med efterafgrøde). På kvægbruget og plantebruget opnås desuden en noget større relativ udvaskningsreduktion på JB 4 jorden end på JB 1 jorden. På JB 1 jorden reduceres udvaskningen i disse to sædskifter således kun med 6-7 % i forhold til grundscenariet ved at introducere flere efterafgrøder. På JB 4 jorden reduceres udvaskningen på 10-15 % i forhold til grundscenarierne.

De store forskelle på efterafgrødeeffekten opnået ved de præsenterede beregninger skyldes dels at effekten er meget afhængig af hvor meget frit kvælstof, der er i jorden på det tidspunkt i efteråret, hvor hovedafgrøden ikke optager kvælstof mere, men hvor efterafgrøden skal være aktiv. Dette vil dels afhænge af det konkrete sædskifte (afgrødefølgen) som efterafgrøden indgår i, samt af jordens basis-mineralisering. I svinesædskiftet er de to ekstra efterafgrøder udlagt i vinterhvede, hvilket i de konkrete beregninger medfører konkurrence om kvælstoffet mellem græs og hvede i nogle år. Dette betyder, at kvælstofudbyttet i vinterhvede bliver en smule mindre i sædskiftet med efterafgrøder, og dette kompenseres ikke helt af de efterfølgende afgrøders meroptag. Dette skyldes delvist, at vinterhveden på en af markerne efterfølges af ærter, der jo selv er i stand til at sørge for kvælstofforsyningen, og delvist at der i nogle år forekommer forøget udvaskning fra mineralisering af nedpløjet efterafgrøde om foråret (jvf. diskussion af klimavariationer i afsnit 5).

På kvægbruget udlægges den ekstra efterafgrøde også i vinterhvede, men på grund af en generel høj basis-mineralisering i dette sædskifte, giver efterafgrøden væsentlig bedre effekt i denne situation.

Herudover afhænger kvælstofudnyttelsen i marken, og dermed kvælstofoverskuddet i efteråret, også af gødningsfordelingen i afgrøderne. Ved opsætningen af modellen udbringes husdyrgødningen i begyndelsen af april til vårafgrøder og i slutningen af april til vinterafgrøder. I praktisk landbrug vil disse tidspunkter variere fra år til år afhængig af vejrforhold, udbringningskapacitet m.m., hvilket kan have indflydelse på kvælstofudnyttelsen og dermed effekten af efterafgrøderne. En vurdering af en sådan variabilitet kunne foretages ved at gennemregne scenarierne med forskellig gødningsfordeling.

Derudover er der generelt stor forskel på effekten af de ekstra efterafgrøder i de enkelte beregningsår på grund af klimavariationens store indflydelse på såvel kvælstofoptagelse i vækstsæsonen som udvaskningen i vinterperioden. Denne problemstilling er diskuteret nærmere i afsnit 5.

På baggrund af ovenstående forhold er det derfor vanskeligt at give nogen generelle retningslinier for, hvor meget en efterafgrøde vil reducere udvaskningen – bedømt over et samlet sædskifte. Effekten vil dog i nogen grad kunne vurderes/måles i form af et mindre markoverskud fra bedriften betinget af større kvælstofudbytter. I de præsenterede beregningseksempler øges kvælstofudbyttyerne således i både planteavlsbruget og kvægbruget ved introduktion af flere efterafgrøder.

Scenarierne med 10 % normreduktion medfører, at gødningstildelingen reduceres med 11 kg N/ha (8 %) på svinebruget, 17 kg N/ha på kvægbruget (8 %) og 14 kg N/ha (10 %) på planteavlsbruget. Dette medfører, at udvaskningen reduceres med ca. 7 kg N/ha (8-10 %) på svinebruget, 7-10 kg N/ha (10-12 %) på kvægbruget og 9-10 kg N/ha (12-16 %) på planteavlsbruget. Intervallerne beskriver forskellen for de to jordtyper. Kvælstofudbyttyerne reduceres tilsvarende med 3-4 kg N/ha (3-4 %) på svinebruget, 4-7 kg N/ha (ca. 3 %) på kvægbruget og 3-5 kg N/ha (4-5 %) på planteavlsbruget. Normnedsættelse har således i disse beregningseksempler større effekt på nitratudvaskningen end på kvælstofudbyttyerne.

Derudover er der meget stor forskel på effekten af normnedsættelse i de enkelte beregningsår, idet der er større effekt på kvælstofhøsten i år, hvor der ikke er for lange perioder med vandbegrænsende klimatiske forhold end i tørre år. Tilsvarende er der stor effekt på nitratudvaskningen i år, hvor der kommer større mængder nedbør i forårsperioden, som kan medføre udvaskning af tilført gødning for afgrøderne har haft mulighed for at optage det. Klimavariationens indflydelse på effekten af nedsatte gødningsnormer er i øvrigt beskrevet nærmere i afsnit 5.

Herudover fremgår det af beregningseksemplerne, at en kombination af 10 % normnedsættelse og ekstra efterafgrøder i grundsædskifterne giver en næsten additiv effekt på kvælstofudvaskningen. Desuden medvirker efterafgrøderne til i nogen grad at kompensere for den reducerede gødningstilførsel ved at holde på mere af overskudskvælstoffet.

Omlægningen af sædskifterne efter optimale muligheder for efterafgrøder, så der primært dyrkes virafrøder med udlæg i stedet for vinterkorn, giver generelt lige så stor effekt eller større effekt på udvaskningen som kombinationen af normnedsættelse og ekstra efterafgrøder. En del af effekten kan tilskrives, at der tilføres mindre gødning til de ændrede sædskifter. Gødningsforbruget reduceres således med 7-9 kg N/ha (5-6 %) på svinebruget, 6-7 kg N/ha (ca. 3 %) på kvægbruget og 14-16 kg N/ha (10-12 %) på planteavlsbruget. Sædskifteændringerne medfører dog også en generel bedre kvælstofudnyttelse, idet effekten på udvaskningen på alle brugstyperne er større end reduktionen i gødningstilførslen. Dette giver særligt udslag på kvægbruget og planteavlsbruget, hvor udvaskningsreduktionen ligger i størrelsesordenen 20-40 %. Beregningerne illustrerer således, at der kan opnås en forbedret kvælstofbalance i marken under de gældende gødningsnormer, såfremt sædskiftet tilpasses en bedre kvælstofudnyttelse.

Specielt for planteavlssædskiftet kan det i øvrigt bemærkes, at kvælstofudvaskningen i absolutte tal er forholdsvis høj i forhold til, hvad der ofte vil findes på planteavlsbrug. Den primære årsag er, at der indgår kartofler i dette eksempel sædskifte, og kvælstofoverskuddet ved kartoffeldyrkning er forholdsvis højt.

Tabel 4.4 Gennemsnitlige årlige kvælstofbalancer for svinebrugs-scenarierne for perioden 1/4 1990-31/3 2000. Alle scenarier er gennemregnet med 1,4 DE/ha, svarende til 133 kg husdyrgødnings-kvælstof pr. ha (slagtesvin).

Svinebrug 1,4 DE/ha	1		2		3		4		5	
	Grundscenarie		Efterafgrøder 2 år mere		Alt korn til vårbyg m. efterafgrøde		som 1. med 10 % normred.		som 2. med 10 % normred.	
Græs i efteråret:	Efterafgrøder 1 af 7 år		Efterafgrøder 3 af 7 år		Efterafgrøder 5 af 7 år		Efterafgrøder 1 af 7 år		Efterafgrøder 3 af 7 år	
Jordtype	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4
Gødning	146	146	146	146	139	138	135	135	135	135
Deposition	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
N-fiksering	25	30	24	30	22	25	25	30	24	31
Udsæd	4	4	5	5	5	5	4	4	5	5
Total N-input	194	199	194	200	185	187	183	188	183	189
NH ³ -fordampning	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
N udvaskning	97	67	95	66	87	57	90	61	87	59
Denitrifikation	9	15	9	15	10	17	8	15	9	15
Høstet N	88	114	89	114	84	108	85	110	85	111
Total N-output	204	206	203	205	191	191	193	196	192	194
¹ Markoverskud	83	62	82	63	78	55	75	55	74	55
Organisk N (0-1 m)	7755	8707	7882	8890	8112	9143	7718	8682	7848	8865
Ændring i organisk N	-9	-7	-8	-4	-4	-2	-9	-7	-8	-5
¹ Høstet N (PD/konsulent)	90/99	103/112	90/99	103/112	84/91	94/102	90/99	103/112	90/99	103/112

¹:Markoverskud er her beregnet som gødning+fiksering-høstet N, ²: Høstet N baseret på hhv. Plantedirektoratets høstnormer for de to jordtyper samt de lokale konsulenters bud på kerneudbytter.

Tabel 4.5 Gennemsnitlige årlige kvælstofbalancer for kvægbrugs-scenarierne for perioden 1/4 1990-31/3 2000. Alle scenarier er gennemregnet med 1,7 DE/ha, svarende til 174 kg husdyrgødnings-kvælstof pr. ha. Derudover er der kontinuert majs på 1/6 af arealet, hvilket er indregnet i det samlede gennemsnit for sædskiftet.

Kvægbrug	1		2		3		4		5	
1,7 DE/ha	Grundscenarie		Efterafgrøder 1 år mere		Alt korn til vårbyg m. udl.		som 1. med 10 % normred.		som 2 med 10 % normred.	
Græs i efteråret:	Græs i efteråret 3 af 6 år		Græs i efteråret 4 af 6 år		Græs i efteråret 5 af 6 år		Græs i efteråret 3 af 6 år		Græs i efteråret 4 af 6 år	
Jordtype	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4
Gødning	227	224	227	224	221	217	210	207	210	207
Deposition	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
N-fiksering	39	39	39	39	36	36	41	41	41	41
Udsæd	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Total N-input	288	285	288	285	279	275	273	270	273	270
NH ³ –fordampning	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
N udvaskning	100	60	94	51	75	36	90	52	84	44
Denitrifikation	12	18	13	18	13	18	12	18	12	18
Høstet N	171	201	178	210	188	215	167	194	173	203
Total N-output	294	289	295	290	286	280	279	275	280	275
¹ Markoverskud	95	63	88	53	69	38	84	54	78	46
Organisk N (0-1 m)	8085	8955	8095	8964	8130	8975	8073	8931	8091	8962
Ændring i organisk N	-6	-4	-6	-4	-5	-3	-6	-4	-6	-4
Høstet N (PD/konsulent)	162/180	180/190	168/185	186/195	171/185	187/195	162/180	180/190	168/185	180/190

¹:Markoverskud er her beregnet som gødning+fiksering-høstet N, ²: Høstet N baseret på hhv. Plantedirektoratets høstnormer for de to jordtyper samt de lokale konsulenters bud på kerneudbytter.

Tabel 4.6 Gennemsnitlige årlige kvælstofbalancer for planteavlsscenerierne for perioden 1/4 1990-31/3 2000.

Planteavlsbrug	1		2		3		4		5	
Ingen husdyrgødning	Grundscenarie		Efterafgrøder 2 år mere		Alt korn til vårbyg m. u.		som 1. med 10 % normred.		som 2. med 10 % normred.	
Græs i efteråret:	Efterafgrøder 2 af 7 år		Efterafgrøder 4 af 7 år		Efterafgrøder 6 af 7 år		Efterafgrøder 2 af 7 år		Efterafgrøder 4 af 7 år	
Jordtype	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4
Gødning	142	142	142	142	128	125	127	128	127	128
Deposition	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
N-fiksering	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Udsæd	3	3	4	4	5	5	3	3	4	4
Total N-input	164	164	165	165	151	149	150	150	150	151
NH ³ -fordampning	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N udvaskning	85	54	79	49	68	36	75	46	69	41
Denitrifikation	7	13	8	14	8	13	7	12	8	13
Høstet N	85	108	88	111	88	113	81	103	85	105
Total N-output	177	176	176	173	164	162	163	161	162	160
¹ Markoverskud	57	34	53	31	40	12	46	24	43	22
Organisk N (0-1 m)	7404	8284	7605	8545	7360	8228	7402	8285	7597	8540
Ændring i organisk N	-13	-11	-11	-9	-11	-12	-13	-11	-11	-9
² Høstet N (PD/konsulent)	90/102	102/112	90/102	102/112	82/91	89/98	90/102	102/112	90/102	102/112

¹:Markoverskud er her beregnet som gødning+fiksering-høstet N, ²: Høstet N baseret på hhv. Plantedirektoratets høstnormer for de to jordtyper samt de lokale konsulenters bud på kerneudbytter.

Tabel 4.7 Svinebrug 1,4 DE/ha. Relative effekter af virkemidler på fire komponenter i kvælstofbalancen, opgjort som differens i forhold til grundscenariet i hhv. kg N/ha samt i procent.

Effekt, kg N/ha	Gødning		Udvaskning		Høst		Markoverskud	
	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4
Efterafgrøder 2 år mere	0	0	-2.3	-1.5	0.6	-0.3	-1.1	0.6
Vinterkorn til vårkorn m. udlæg	-7	-9	-10.2	-10.3	-4.4	-6.7	-5.4	-6.6
10% red. norm	-11	-11	-7.3	-6.6	-3.3	-3.9	-7.9	-7.1
10% red. norm + efterafgrøder	-11	-11	-9.7	-8.3	-2.6	-3.8	-9.1	-6.9
Effekt, % af grundscenariet	Gødning		Udvaskning		Høst		Markoverskud	
	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4
Efterafgrøder 2 år mere	0.0	0.0	-2.4	-2.2	0.7	-0.3	-1.3	1.0
Vinterkorn til vårkorn m. udlæg	-4.7	-6.0	-10.5	-15.4	-5.0	-5.8	-6.5	-10.7
10% red. Norm	-7.7	-7.7	-7.5	-9.8	-3.8	-3.4	-9.5	-11.5
10% red. norm + efterafgrøder	-7.7	-7.7	-10.0	-12.4	-2.9	-3.3	-10.9	-11.1

Markoverskud er her beregnet som gødning+fiksering-høstet N

Table 4.8 Kvægbrug 1,7 DE/ha. Relative effekter af virkemidler på fire komponenter i kvælstofbalancen, opgjort som differens i forhold til grundscenariet i hhv. kg N/ha samt i procent.

Effekt, kg N/ha	Gødning		Udvaskning		Høst		Markoverskud	
	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4
Efterafgrøder 1 år mere	0	0	-6.0	-8.9	6.9	9.5	-6.9	-9.5
Vinterkorn til vårkorn m. udlæg	-6	-7	-24.6	-23.7	16.5	14.3	-25.6	-24.7
10% red. Norm	-17	-17	-10.1	-7.4	-4.4	-6.6	-10.7	-8.3
10% red. norm + efterafgrøder	-17	-17	-15.9	-15.6	2.0	2.0	-17.1	-16.9
Effekt, % af grundscenariet	Gødning		Udvaskning		Høst		Markoverskud	
	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4
Efterafgrøder 1 år mere	0.0	0.0	-6.1	-14.8	4.0	4.7	-7.3	-15.1
Vinterkorn til vårkorn m. udlæg	-2.6	-3.3	-24.7	-39.5	9.6	7.2	-27.0	-39.5
10% red. Norm	-7.6	-7.6	-10.1	-12.4	-2.6	-3.3	-11.3	-13.3
10% red. norm + efterafgrøder	-7.6	-7.6	-15.9	-26.1	1.2	1.0	-18.0	-27.0

Markoverskud er her beregnet som gødning+fiksering-høstet N

Table 4.9 Planteavlsbrug uden husdyrgødning. Relative effekter af virkemidler på fire komponenter i kvælstofbalancen opgjort som differens i forhold til grundscenariet i hhv. kg N/ha samt i procent.

Effekt, kg N/ha	Gødning		Udvaskning		Høst		Markoverskud	
	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4
Efterafgrøder 2 år mere	0	0	-5.9	-5.7	3.6	2.8	-3.6	-2.8
Vinterkorn til vårkorn m. udlæg	-14	-16	-17.4	-18.7	3.3	5.1	-17.0	-21.4
10% red. Norm	-14	-14	-10.2	-8.6	-3.5	-5.0	-10.7	-9.2
10% red. norm + efterafgrøder	-14	-14	-16.0	-13.6	0.1	-2.8	-14.3	-11.4
Effekt, % af grundscenariet	Gødning		Udvaskning		Høst		Markoverskud	
	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4
Efterafgrøder 2 år mere	0.0	0.0	-6.9	-10.5	4.3	2.6	-6.4	-8.3
Vinterkorn til vårkorn m. udlæg	-9.7	-11.5	-20.4	-34.4	3.9	4.8	-30.0	-63.9
10% red. Norm	-10.0	-10.0	-12.0	-15.8	-4.1	-4.6	-18.8	-27.4
10% red. norm + efterafgrøder	-10.0	-10.0	-18.8	-24.9	0.2	-2.6	-25.1	-33.9

Markoverskud er her beregnet som gødning+fiksering-høstet N

4.3 Effekter af husdyrtryk

På svinebruget er der gennemregnet scenarier ved brug af det samme sædskifte, som er angivet for grundscenariet (1), men ved forskelligt husdyrtryk. Dette indebærer, at hele sædskiftets kvælstofnorm er den samme i alle beregninger, men at fordelingen mellem husdyrgødning og handelsgødning ændrer sig. Der er således et større handelsgødningsforbrug ved et lavt husdyrtryk end ved et højt.

Som det fremgår af tabel 4.10 og tabel 4.11 øges udvaskningen ved øget husdyrtryk på begge jordtyper, og udvaskningen stiger næsten lineært med husdyrtrykket. På JB1 jorden udvaskes således ca. 12 % af hvert tilført kg husdyrgødnings-kvælstof, på JB 4 jorden er det 9,5 %.

Kvælstof fjernet med afgrøderne øges ligeledes ved øget husdyrtryk, idet der er tilgængeligt kvælstof fra mineraliseringen til at supplere handelsgødningen. Dette ses mest udtalt på JB 4-jorden, hvor der tillige er en øget tilbageholdelse af mineralsk kvælstof i jorden.

Tabel 4.10 Kvælstofbalancer (kg N/ha/år) for svinebrugssædskiftet gennemregnet med forskelligt husdyrtryk og deraf følgende ændring i tilførsel af handelsgødning. Resultaterne er gennemsnit for perioden 1/4 1990 – 31/3 2000.

Husdyrtryk	0 DE/ha		0,4 DE/ha		0,6 DE/ha		0,8 DE/ha		1 DE/ha		1,2 DE/ha		1,4 DE/ha	
	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4
Jordtype														
Husdyr N	0	0	33	33	56	56	75	75	95	95	114	114	133	133
Gødning	113	113	121	121	127	127	132	132	137	137	141	142	146	146
Deposition	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
N-fiksering	25	31	25	31	25	30	25	30	25	30	25	30	25	30
Udsæd	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Total N-input	161	167	169	175	175	181	180	185	184	190	189	195	194	199
NH ³ Fordamp.	0	0	3	3	4	4	6	6	7	7	9	9	10	10
N udvaskning	80	54	85	57	87	59	89	60	91	62	94	64	97	67
Denitrifikation	6	12	7	13	7	13	8	14	8	14	9	15	9	15
Høstet N	87	111	87	113	88	113	88	114	88	114	88	114	88	114
Total N-output	173	177	182	185	186	189	190	193	195	198	199	202	204	206
¹ Markoverskud	51	33	59	39	64	45	69	49	73	53	78	57	83	62
Organisk N	7473	8395	7517	8433	7613	8535	7690	8609	7718	8642	7742	8666	7755	8707
Ændring i organisk N	-12	-10	-11	-10	-10	-9	-9	-8	-9	-7	-9	-7	-9	-7

¹:Markoverskud er her beregnet som gødning+fiksering-høstet N

Tabel 4.11 Svinebrugssædskiftet. Relative effekter af stigende husdyrtryk angivet som differens i forhold til 0 DE/ha i hhv. kg N/ha/år og procent.

Effekt, kg N/ha	Gødning		Udvaskning		Høst		Markoverskud	
	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4
0,4 DE/ha	9	9	4.6	3.1	0.4	1.3	8.2	6.7
0,6 DE/ha	14	14	6.7	4.8	0.8	1.8	13.5	11.9
0,8 DE/ha	19	19	8.4	6.2	1.2	2.4	17.9	16.0
1,0 DE/ha	24	24	10.8	8.1	1.5	3.1	22.2	20.0
1,2 DE/ha	29	29	13.4	10.5	1.6	3.2	26.9	24.6
1,4 DE/ha	34	34	16.8	13.1	1.0	3.0	32.2	29.5
Effekt, %	Gødning		Udvaskning		Høst		Markoverskud	
	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4
0,4 DE/ha	7.7	7.5	5.7	5.7	0.5	1.2	16.0	20.6
0,6 DE/ha	12.8	12.7	8.3	8.9	0.9	1.6	26.5	36.5
0,8 DE/ha	17.2	17.1	10.5	11.4	1.4	2.2	35.2	49.0
1,0 DE/ha	21.4	21.4	13.4	14.9	1.8	2.8	43.8	61.4
1,2 DE/ha	25.7	25.6	16.8	19.4	1.8	2.9	53.0	75.2
1,4 DE/ha	29.8	29.7	20.9	24.3	1.2	2.7	63.4	90.3

Markoverskud er her beregnet som gødning+fiksering-høstet N

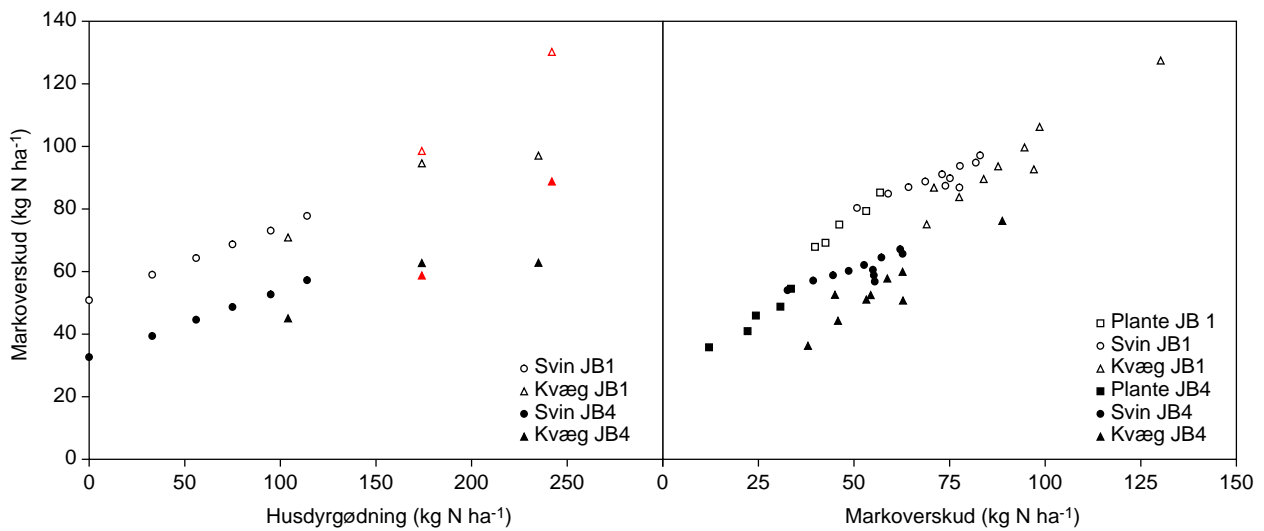
På kvægbruget ville et tilsvarende regneeksempel ikke være realistisk, fordi afgrødesammensætningen på et kvægbrug er meget afhængigt af behovet for grovfoder. Sædskiftet vil således ændres med øget husdyrtryk. For at illustrere dette er der gennemregnet 3 kvægsædskifter, der kan repræsentere husdyrtryk på hhv. 1, 1,7 og 2,3 DE/ha. De beregnede kvælstofbalancer for disse tre eksempler er vist i tabel 4.12. Heraf fremgår det, at udvaskningen er højest ved 1,7 DE/ha og således ikke stiger proportionalt med husdyrtrykket, som tilfældet var ved svinebruget. Dette skyldes naturligvis, at sædskifterne er meget forskellige, og at der ved 2,3 DE/ha er græsafgrøder på jorden om efteråret på alle de arealer, der ikke drives som kontinuert majs. Der er derfor mulighed for en større udnyttelse af over-skudskvælstof i dette sædskifte. Der foregår også en opbygning af organisk kvælstof i jorden på disse arealer i modsætning til arealerne med kontinuert majs, hvor der sker en nedbrydning. Som det fremgår af tabel 4.12, bidrager majsmarkerne med en relativ stor del udvaskningen ved 2,3 DE/ha, hvilket skyldes den meget store tilførsel af gødning, særligt husdyrgødning (242 kg N/ha). Da afgrøden kun frafører ca. 167 kg N/ha, er der således et temmelig stort kvælstofoverskud på disse marker.

Tabel 4.12 Kvælstofbalancer (kg N/ha/år) for tre kvægbrugssædskifter ved hhv. 1, 1,7 og 2,3 DE/ha. Afgrødefølgen ændres ved stigende husdyrtryk, således at der indgår flere foderafgrøder (græs og majs). De sidste to kolonner viser kvælstofbalancerne for de kontinuerte majsmarker, der indgår som en del af de to sædskifter.

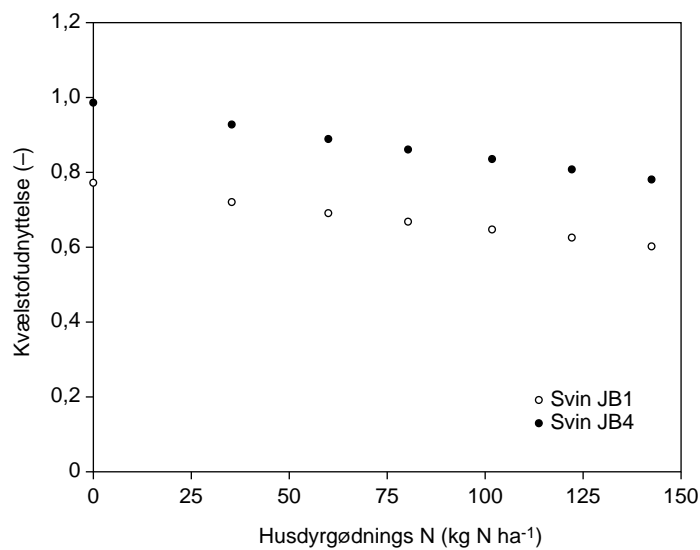
Kvægbrug	1 DE/ha		1.7 DE/ha		2.3 DE/ha		Kontinuert majs		Kontinuert majs	
Græs i efteråret	4/10 af areal		3/6 af areal		5/7 af areal		Del af kvægbr.		Del af kvægbr.	
Majs-andel	1/10 af areal		1/6 af areal		2/7 af areal		(1+ 1.7 DE/ha)		(2.3 DE/ha)	
Jordtype	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4	Jb 1	Jb 4
Husdyrgødning	104	104	174	174	235	235	174	174	242	242
Gødning (i alt)	171	169	227	224	267	262	225	225	258	256
Deposition	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
N-fiksering	41	44	39	39	44	44	0	0	0	0
Udsæd	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
Total N-input	234	235	288	285	332	327	246	246	279	277
NH ³ fordampning	6	6	10	10	14	14	10	10	15	15
N udvaskning	87	53	100	60	93	51	106	58	127	76
Denitrifikation	10	15	12	18	15	20	11	17	13	19
Høstet N	140	168	171	201	214	243	126	166	128	167
Total N-output	243	242	294	289	335	328	254	251	282	277
¹ Markoverskud	71	45	95	63	97	63	99	59	130	89
Organisk N (0-1 m)	7833	8768	8085	8955	8419	9286	7817	8755	8261	9222
Ændring i organisk N	-9	-6	-6	-3	-2	0	-8	-6	-3	-2
Høstet N, Plantedir.	140	155	162	180	204	214	123	164	123	164

¹:Markoverskud er her beregnet som gødning+fiksering-høstet N, ²: Høstet N baseret på Plantedirektoratets høst-normer for de to jordtyper.

På figur 4.1 er sammenhængen mellem hhv. husdyrgødningskvælstof og markoverskud samt markoverskud og udvaskning vist. Som det fremgår af figuren, øges markoverskuddet ved øget husdyrtryk, hvilket skyldes, at der totalt set tilføres mere gødning til sædskifterne, også selv om kvælstofnormen er den samme som i eksemplet med øget husdyrtryk til svinesædskiftet. Dette skyldes, at kvælstof i husdyrgødning på grund af indholdet af organisk bundet kvælstof ikke indgår med 100 % i gødningsregnskabet, men kun med fx 75 % for svinegylle. Der suppleres derfor op med handelsgødning til gødningsnormen. Derved opnås en dårligere udnyttelse af den totale tilførte kvælstofmængde ved øget husdyrtryk (jvf. figur 4.2).



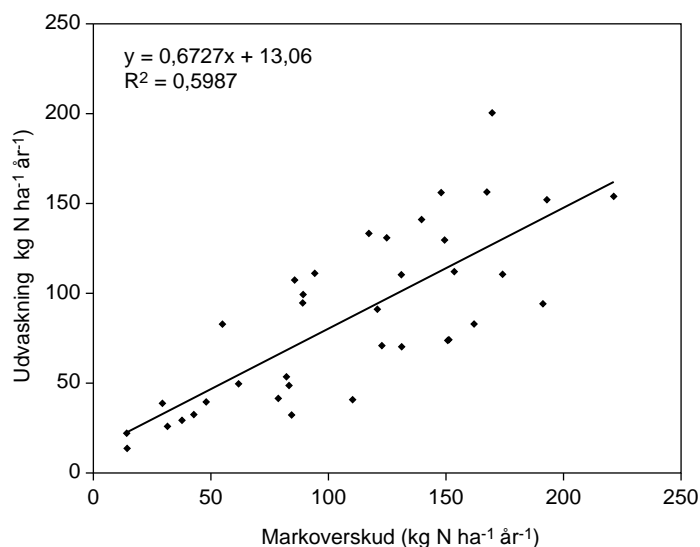
Figur 4.1 Venstre: Beregnet sammenhæng mellem tilført husdyrgødningskvælstof og markoverskud (beregnet som gødning+fiksering-høstet N) for husdyr-sædsifterne ved forskelligt husdyrtryk. De røde/grå trekantede angiver sammenhængen på de kontinuerte majsmarker ved hhv. 1,7 DE/ha og 2,3 DE/ha. Højre: Beregnet sammenhæng mellem markoverskud og kvælstofudvaskning for alle scenarier fordelt på jordtype.



Figur 4.2 Beregnet sammenhæng mellem kvælstofudnyttelsen og husdyrtrykket. Kvælstofudnyttelse er opgjort som høstet N delt med den totale gødningsmængde.

Den positive sammenhæng mellem markoverskud og udvaskning opnået ved beregningerne er også påvist ved målinger på marker i almindelig landbrugsdrift i forbindelse med Landovervågningen (figur 4.3). Både modelberegninger og monitoringsdata viser således, at hvis de store poster i kvælstofbalancen (gødning, fiksering og høst) opgøres over en længere årrække, vil udvaskningen, ligeledes opgjort over en længere periode, være korreleret med kvælstofoverskuddet i marken. Tilsvarende sammenhæng kan kun forventes at forekomme ved opgørelse af kvælstofbalancer på enkelte eller få år, hvis man forsøger at tage højde for variationer i klima og sædskifte. Dette kan

dog være meget vanskeligt, idet effekten af klimavariationer er svær at opgøre systematisk. Fx vil en tør og en våd sommer have forskellig betydning for vinterudvaskningen, et vådt og et tørt forår kan betyde store forskelle i årsudvaskningen, uden at der er forskel i den samlede årsnedbør eller vandgennemstrømning i vinterperioden og tilsvarende for et varmt og et koldt forår, jvf. diskussionen af effekten af klimavariationer i afsnit 5.



Figur 4.3 Sammenhæng mellem markoverskud (gødning+fiksering-N-høst) og målt udvaskning registreret på 37 stationsmarker i Landovervågningen. Markoverskud og udvaskning er summeret over hele den periode de enkelte marker har deltaget i programmet, dvs. 7-13 år. Figuren viser således det gennemsnitlige markoverkud og den gennemsnitlige målte kvælstofudvaskning over hele måleperioden. Stationsmarkerne er fordelt på 11 planteavlbrug, 6 svinebrug, 19 kvægbrug og 1 blandet husdyrhold. Derudover ligger stationsmarkerne på meget forskellige jordtyper.

5 Diskussion af klimavariationerne

De gennemregnede virkemidler slår meget forskelligt igennem i de enkelte beregningsår. Det betyder, at valget af beregningsperiode har stor betydning for de gennemsnitlige resultater for et sædskifte. I det følgende er udvalgte resultater fra scenarieberegningerne på svinebrugssædskiftet opgjort på enkeltår som eksempel på klimavariationens indflydelse på effekten af virkemidlerne "ekstra efterafgrøder" og 10 % normnedsættelse. Som det fremgår af tabel 5.1, varierer effekten af to ekstra efterafgrøder i svinebrugssædskiftet meget imellem de enkelte år. De største effekter opnås således i 1992/93 og i 1994/95, hvor der var nogle tørre sommermåneder. I disse somre er plantevæksten vandbegrænset, høstudbyttet lavt, og kvælstofoverskuddet i efteråret derfor stort. Efterafgrøder giver derfor større effekt i disse år end i de øvrige år.

Tabel 5.1 Effekt af 2 ekstra efterafgrøder efter vinterhvede i svinebrugssædskiftet, opgjort på de enkelte beregningsår. De sidste to kolonner viser effekten af efterafgrøderne som gennemsnit for de to afgrøder, hvor der er tilføjet efterafgrøder, dvs. effekten i afgrøden som den ville være ved måling det pågældende.

Hydrologisk år (1/4 - 31/3)	N-høst				N-udvaskning				Afgrøde effekt	
	JB 1		JB 4		JB 1		JB 4		JB 1	JB 4
	kg N/ha	%	kg N/ha	%	kg N/ha	%	kg N/ha	%	kg N/ha	kg N/ha
1990/91	-0.3	-0.4	-1.4	-1.3	-3.9	-3.3	3.2	5.4	-13.5	11.1
1991/92	1.0	1.0	-0.6	-0.5	1.0	1.3	0.5	1.4	3.4	1.9
1992/93	0.5	1.2	0.5	0.7	-7.5	-4.9	-9.9	-7.8	-26.2	-34.7
1993/94	0.0	0.1	-0.5	-0.6	-4.0	-2.5	-3.1	-2.4	-14.1	-10.8
1994/95	0.1	0.2	0.2	0.2	-7.1	-5.9	-4.4	-5.7	-24.7	-15.4
1995/96	1.0	1.1	0.7	0.7	-0.6	-1.3	-1.1	-7.6	-2.0	-3.8
1996/97	0.3	0.4	1.1	1.0	1.2	1.2	-1.0	-1.4	4.1	-3.3
1997/98	1.4	1.2	0.7	0.5	-3.0	-3.7	0.9	1.4	-10.5	3.0
1998/99	1.2	0.9	-3.4	-2.3	-1.0	-1.3	-1.2	-1.8	-3.4	-4.0
1999/00	1.0	0.7	-0.4	-0.2	2.0	4.1	1.4	3.5	6.9	4.8
gns.	0.6	0.6	-0.3	-0.2	-2.3	-1.6	-1.5	-1.5	-8.0	-5.1
min.	-0.3	-0.4	-3.4	-2.3	-7.5	-5.9	-9.9	-7.8	-26.2	-34.7
max.	1.4	1.2	1.1	1.0	2.0	4.1	3.2	5.4	6.9	11.1

Effekten af 10 % normnedsættelse varierer ligeledes meget mellem de enkelte beregningsår (tabel 5.2). Normnedsættelsen medfører, at den totale gødningstilførsel reduceres med 7 kg N/ha (4,7 %) på JB1 jorden og 9 kg N/ha (6 %) på JB 4 jorden. Effekten af den reducerede gødningstilførsel på nitratudvaskningen varierer fra 1 til 17 kg N/ha (4-16 %) mellem de enkelte år. Effekten på kvælstofudbyttet varierer tilsvarende fra 0,5 til 7 kg N/ha (1-6 %) mellem årene. Størst effekt på kvælstofhøsten ses i år, hvor der ikke er for lange perioder med vandbegrænsende klimatiske forhold. Mindst effekt på kvælstofhø-

sten ses i de tørre år. Størst effekt på nitratudvaskningen forekommer i år, hvor der kommer større mængder nedbør i forårsperioden.

Tabel 5.2 Effekt af 10 % normnedsættelse i svinebrugssædskiftet, opgjort på enkeltår.

Hydrologisk år (1/4 - 31/3)	N-høst				N-udvaskning			
	JB 1		JB 4		JB 1		JB 4	
	kg N/ha	%	kg N/ha	%	kg N/ha	%	kg N/ha	%
1990/91	-3.9	-5.7	-5.2	-5.0	-9.9	-8.5	-6.0	-10.2
1991/92	-3.5	-3.6	-3.5	-2.8	-7.6	-10.4	-6.1	-15.6
1992/93	-0.5	-1.2	-0.8	-1.2	-7.8	-5.2	-9.8	-7.7
1993/94	-1.4	-2.5	-1.3	-1.4	-14.9	-9.4	-16.9	-13.3
1994/95	-3.9	-5.8	-4.7	-5.1	-4.7	-3.9	-4.1	-5.3
1995/96	-2.3	-2.6	-3.9	-3.4	-2.5	-5.8	-0.9	-6.5
1996/97	-2.9	-3.7	-4.3	-4.0	-7.3	-7.1	-5.8	-8.8
1997/98	-2.7	-2.4	-6.3	-4.4	-8.9	-10.9	-5.0	-8.5
1998/99	-5.1	-4.1	-4.0	-2.8	-6.4	-8.6	-5.5	-8.6
1999/00	-6.8	-4.9	-5.3	-3.4	-2.7	-5.7	-5.6	-14.6
gns.	-3.3	-3.6	-3.9	-3.4	-7.3	-7.5	-6.6	-9.9
min.	-6.8	-5.8	-6.3	-5.1	-14.9	-10.9	-16.9	-15.6
max.	-0.5	-1.2	-0.8	-1.2	-2.5	-3.9	-0.9	-5.3

I tabel 5.3 og tabel 5.4 er den gennemsnitlige nitratudvaskning over den 10-årige beregningsperiode opgjort kvartalsvis, så det fremgår, hvor stor en andel af den gennemsnitlige udvaskning, der gennemsnitligt stammer fra de enkelte kvartaler. Det fremgår således, at ca. 12 % af den gennemsnitlige udvaskning kommer i forårsmånederne marts – maj på JB 1 jorden, hvorimod hele 22 % af udvaskningen på JB 4 jorden stammer fra forårsudvaskning. Dette medvirker til, at der er forholdsvis større effekt af 10 % normnedsættelse på JB 4 jorden i forhold til JB 1 jorden, idet nitrat udvasket i forårsmånederne stammer fra gødning udbragt i foråret, der endnu ikke er udnyttet af planterne samt begyndende forårsmineralisering af planterester m.m. i jorden. I de år, hvor der er større nedbørshændelser i forårstiden, som fx i april 1992, vil en reduceret gødningsudbringning naturligvis medføre reduceret udvaskning i forhold til grundscenariet. På JB 1 jorden stammer ca. 16 % af reduktionen i udvaskningen, der beregnes ved 10 % normnedsættelse, fra en reduktion i forårsudvaskningen. På JB 4 jorden er det 24 % af effekten, der stammer fra forårsperioden.

Tilsvarende fremgår det af tabel 5.4, at effekten af efterafgrøder hovedsageligt slår igennem på efterårs- og vinterudvaskningen.

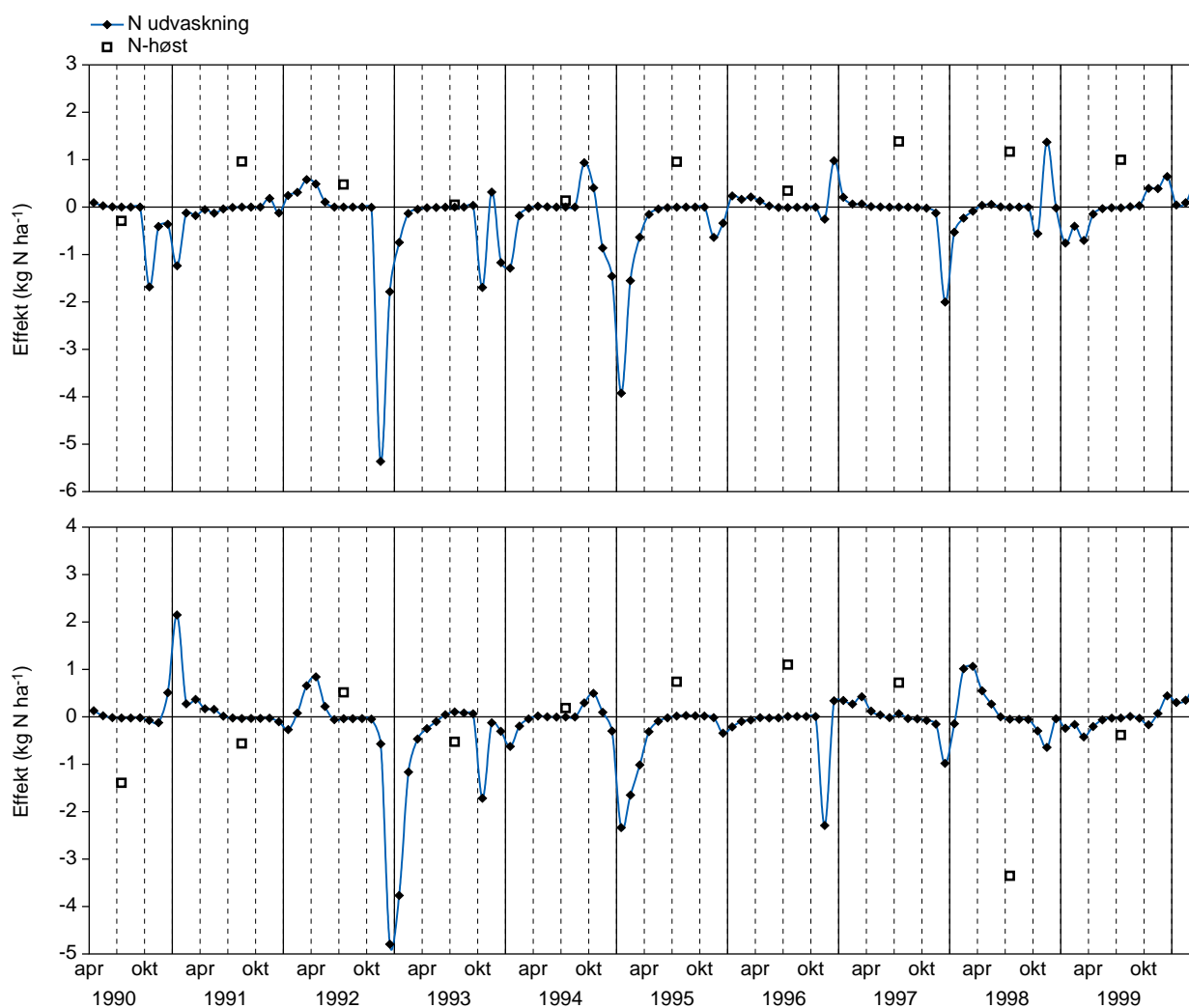
Tabel 5.3 Kvartalsvis fordeling af den gennemsnitlige årlige udvaskning (kg N/ha/år) i svinebrugssædskiftet over den 10-årige beregningsperiode. Grundscenariet samt **effekten af 10 % normnedsættelse** er sammenholdt. Desuden er forårskvartalets andel af den totale gennemsnitlige udvaskning vist i %.

Jordtype		JB1			JB4		
Kvartal	Måneder	Grundscenarie	10 % norm-red.	differens	Grundscenarie	10 % norm-red.	differens
Forår	(marts-maj)	11.7	10.5	-1.2	14.5	12.9	-1.6
Sommer	(juni-aug.)	0.3	0.3	0.0	-0.6	-0.6	0.1
Efterår	(sept.-nov.)	37.7	35.0	-2.7	11.7	10.4	-1.2
Vinter	(dec. Feb.)	47.3	43.9	-3.4	41.8	37.9	-3.8
Året	(apr-marts)	97.1	89.8	-7.3	67.1	60.5	-6.6
Forårsandel	(%)	12.0	11.7	16.4	21.6	21.3	24

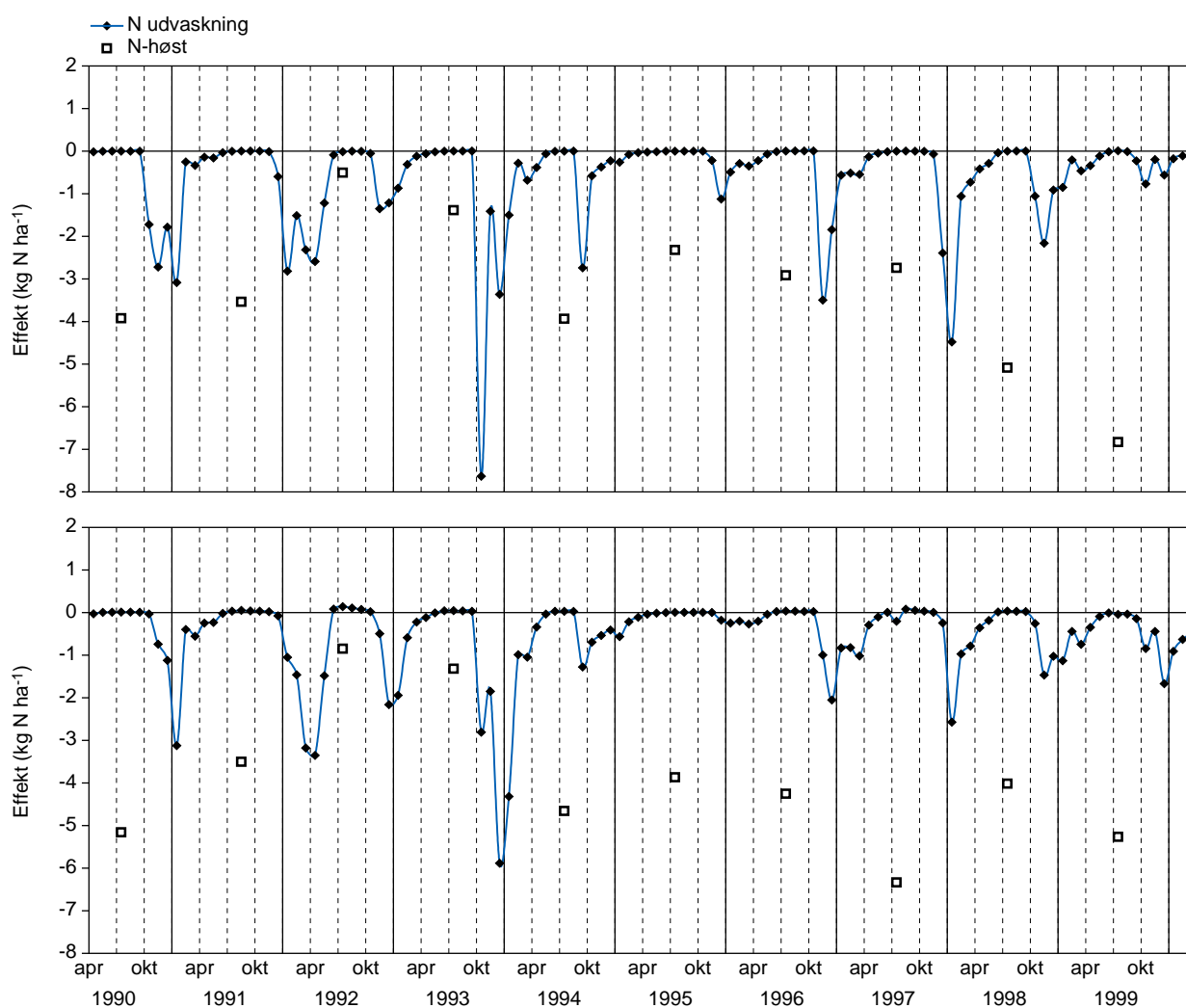
Tabel 5.4 Kvartalsvis fordeling af den gennemsnitlige årlige udvaskning (kg N/ha/år) i svinebrugssædskiftet over den 10-årige beregningsperiode. Grundscenariet samt **effekten af to års ekstra efterafgrøder** er sammenholdt. Desuden er forårskvartalets andel af den totale gennemsnitlige udvaskning vist i %.

Jordtype		JB1			JB4		
Kvartal	Måneder	Grundscenarie	Efter-afgrøder	differens	Grundscenarie	Efter-afgrøder	differens
Forår	(marts-maj)	11.7	11.7	0.0	14.5	14.8	0.3
Sommer	(juni-aug.)	0.3	0.3	0.0	-0.6	-0.6	0.0
Efterår	(sept.-nov.)	37.7	36.9	-0.8	11.7	11.1	-0.6
Vinter	(dec. Feb.)	47.3	45.8	-1.5	41.8	40.6	-1.2
Året	(apr-marts)	97.1	94.8	-2.3	67.1	65.6	-1.5
Forårsandel	(%)	12.0	12.3	0.0	21.6	22.5	20

Til slut er vist nogle figurer, der grafisk illustrerer, hvordan de relative effekter af virkemidlerne slår igennem på nitratudvaskningen på månedsbasis (figur 5.1 og 5.2). Den relative effekt på kvælstofudbyttet på årsbasis er vist til sammenligning. Som det fremgår af figurerne, er der stor forskel på effekternes størrelse de enkelte år og fordelingen af effekterne på månedsbasis indenfor årene. Specielt kan det bemærkes, at der ved introduktion af to ekstra efterafgrøder i sædskiftet beregnes en større udvaskning i forårsperioden. Dette hænger sammen med, at efterafgrøden opløjes i begyndelsen af marts måned, hvorefter planteresterne vil begynde at blive omsat/mineraliseret. Hastigheden, hvormed dette sker, er meget afhængig af jordtemperaturen. Den efterfølgende vårafgrøde bliver først sæt i begyndelsen af april og vil således først have opnået en effektiv rodmasse i slutningen af april/begyndelsen af maj. Hvis perioden fra 1. marts til medio maj er lun og befordrende for mineraliseringen, vil der specielt på sandjorde kunne ske en betydelig udvaskning af det mineraliserede kvælstof, idet der i nogle år forekommer væsentlig nettonedbør i denne periode. Dette viser også, at opgørelsen af gennemsnitlige effekter på udvaskningen kan afhænge meget af den periode, der anvendes i beregningerne.



Figur 5.1 Effekter af to ekstra efterafgrøder i svinebrugssædskiftet. Effekten på udvaskningen er vist på månedsbasis, effekten på høstet N er vist på årsbasis. Til venstre: JB 1, til højre: JB 4.



Figur 5.2 Effekter af 10 % normnedsættelse i svinebrugssædskiftet. Effekten på udvaskningen er vist på månedsbasis, effekten på høstet N er vist på årsbasis. Til venstre: JB 1, til højre: JB 4.

6 Resumé

Nærværende rapport er udarbejdet for Århus Amt og har haft til formål at belyse, hvilken effekt forskellige ændringer i landbrugspraksis vil kunne få på udvaskning af nitrat fra et typisk svinebrug, kvægbrug eller planteavlsbrug i oplandet til Mariager Fjord. Beregningerne af vand- og kvælstofbalancer, herunder nitratudvaskningen fra rodzonen, er foretaget med Daisy-modellen, og der er ved opsætning af modellen lagt vægt på at følge anbefalingerne omkring Daisy-anvendelse, som beskrevet i Daisy-ståbien (Styczen et al. 2003).

Sædskifterne for de tre typebrug er opstillet af lokale planteavlskon-sulenter og kan betragtes som eksempler på typisk landbrugspraksis i området. Sædskifterne giver derimod ikke en fyldestgørende beskrivelse af, hvordan landbrug drives i oplandet. Resultaterne fra eksempelberegningerne kan derfor ikke ekstrapoleres og opskales til at give en generel beskrivelse af udvaskningen fra hele oplandet, men vil primært være anvendelige til at beskrive, hvilken relativ effekt de forskellige virkemidler kan have ved den beskrevne praksis.

Beregningerne er gennemført dels ved normgødskning og dels ved forskellige ændringer i praksis – herunder indførsel af efterafgrøder i sædskiftet i forskellig grad, forskellig husdyrtæthed og reduceret gødningsnorm. Beregningerne er desuden foretaget for to jordtyper (JB1 og JB 4), der kan betragtes som repræsentative for området.

Da høstudbyttet udgør en stor del af kvælstofbalancen i marken, kan en fejl i den beregnede fraførsel medføre, at der er stor usikkerhed på beregningen af udvaskningen i absolutte tal. Ved de præsenterede beregninger er kvælstofhøsten derfor kalibreret en smule med henblik på at kunne repræsentere de gennemsnitlige høstudbytter for de primære afgrøder i området.

Beregningerne er gennemført med anvendelse af klimadata for perioden 1. januar 1990 – 31. december 2000. Beregningsresultaterne er efterfølgende opgjort som gennemsnit for perioden 1. april 1990 – 31. marts 2000 og beskriver derfor, hvordan de gennemregnede virkemidler vil slå igennem som gennemsnit for et helt sædskifte over 10 år. Herved indregnes automatisk klimavariationernes effekt på kvælstofbalancerne i de enkelte år.

De tre typesædskifter er som udgangspunkt gennemregnet med et husdyrtryk svarende til harmonikravet, dvs. 1,4 DE/ha på svinebruget, 1,7 DE/ha på kvægbruget og 0 DE/ha på planteavlsbruget. Herudover er svinebrugssædskiftet gennemregnet ved henholdsvis 0, 0,4, 0,6, 0,8, 1 og 1,2 DE/ha, og der er opstillet sædskifter for forskellige kvægbrugstyper ved såvel 1 DE/ha og 2,3 DE/ha.

For hvert af de tre grundsædskifter, svinebrug (1,4 DE/ha), kvægbrug (1,7 DE/ha) og planteavlsbrug (0 DE/ha), er der endvidere gennemregnet 5 scenarier med henblik på vurdering af virkemidler:

1. Grundsædskiftet, hvor det foreslåede sædskifte er gødet op til den nugældende kvælstofnorm, og der er indregnet det lovpligtigt areal med efterafgrøder.
2. Grundsædskiftet, men hvor der er anvendt græs-efterafgrøder efter alle de afgrøder, hvor det er muligt. Dette ændrer **ikke** på afgrødesammensætning, gødningsnormer eller gødningsfordeling.
3. Grundsædskiftet, men hvor vinterkorn er erstattet med vårkorn med udlæg, således at der bliver plads til flere efterafgrøder. Dette ændrer både afgrødesammensætning, gødningsnormer og gødningsfordeling.
4. Som scenarie 1, men hvor kvælstofnormen er nedsat med 10 %
5. Som scenarie 2, men hvor kvælstofnormen er nedsat med 10 %

Resultaterne fra beregning af vandbalancerne viser en gennemsnitlig perkolation/nettonedbør på 330-350 mm/år på JB 1 jorden og 280-300 mm/år på JB 4 jorden. Perkolationen er således ca. 50 mm højere på JB 1 jorden end på JB 4 jorden. Inden for jordtyperne giver de forskellige sædskifter og scenarier derimod kun en variation på 10-15 mm/år.

Resultaterne fra beregning af kvælstofbalancerne viser generelt en større udvaskning på sandjorden (JB 1) i forhold til den lerblandede sandjord (JB 4). Den gennemsnitlige nitratudvaskning er således ca. 40-60 % større på sandjorden. Dette hænger sammen med, at der høstes mere på den lerblandede sandjord på trods af, at gødningsniveauet stort set er ens, hvorved kvælstofoverskuddet på den lerblandede sandjord bliver væsentligt mindre end på sandjorden.

Inden for jordtyperne viser scenarieberegningerne, at den største nedgang i udvaskningen gennemgående vil kunne opnås, hvis vinterkorn i sædskifterne erstattes af vårkorn med udlæg (scenarie 3). 10 % normnedsættelse i kombination med efterafgrøder vil dog også give en reduktion på mellem 10 og 16 kg N/ha på JB 1 jorden og mellem 8 og 18 kg N/ha på JB 4 jorden.

Effekten af at introducere flere efterafgrøder i de eksisterende sædskifter afhænger meget af sædskiftets afgrødefølge og gødningsfordeling. På svinebruget opnås således kun en udvaskningsreduktion på ca. 2 kg N/ha i sædskiftet (svarende til ca. 8 kg N/ha i hver af de 2 ekstra marker med efterafgrøder). På planteavlsbruget giver 2 ekstra efterafgrøder en lidt større udvaskningsreduktion på ca. 6 kg N/ha i sædskiftet (svarende til ca. 20 kg N/ha i hver af de to ekstra marker med efterafgrøder). I kvægbruget opnås en udvaskningsreduktion på 6-9 kg N/ha ved at have en ekstra mark med efterafgrøde i sædskiftet (svarende til 36-53 kg N/ha i den ekstra mark med efterafgrøde).

De store forskelle på efterafgrødeeffekten opnået ved de præsenterede beregninger skyldes dels, at effekten er meget afhængig af, hvor meget frit kvælstof der er i jorden på det tidspunkt i efteråret, hvor hovedafgrøden ikke optager kvælstof mere, men hvor efterafgrøden skal være aktiv. Dette vil dels afhænge af det konkrete sædskifte (af-

grødefølgen), som efterafgrøden indgår i, samt af jordens basis-mineralisering.

I svinesædskiftet er de to ekstra efterafgrøder udlagt i vinterhvede, hvilket i de konkrete beregninger medfører konkurrence om kvælstoffet mellem græs og hvede i nogle år, hvorved kvælstofudbyttet i vinterhvede bliver en smule mindre i sædskiftet med efterafgrøder. Dette kompenseres desuden ikke helt af de efterfølgende afgrøders meroptag, hvilket delvist skyldes, at vinterhveden på en af markerne efterfølges af ærter, der jo selv er i stand til at sørge for kvælstofforsyningen, og delvist skyldes, at der i nogle år forekommer forøget udvaskning fra mineralisering af nedpløjet efterafgrøde om foråret.

På kvægbruget udlægges den ekstra efterafgrøde også i vinterhvede, men på grund af en generel høj basis-mineralisering i dette sædskifte giver efterafgrøden væsentlig bedre effekt i denne situation.

Herudover afhænger kvælstofudnyttelsen i marken, og dermed kvælstofoverskuddet i efteråret, også af gødningsfordelingen i afgrøderne. Ved opsætningen af modellen udbringes husdyrgødningen i begyndelsen af april til vårafgrøder og i slutningen af april til vinterafgrøder. I praktisk landbrug vil disse tidspunkter variere fra år til år afhængig af vejrforhold, udbringningskapacitet m.m., hvilket kan have indflydelse på kvælstofudnyttelsen og dermed effekten af efterafgrøderne. En vurdering af en sådan variabilitet kunne foretages ved at gennemregne scenarierne med forskellig gødningsfordeling.

På baggrund af ovenstående forhold er det derfor vanskeligt at give nogle generelle retningslinier for, hvor meget en efterafgrøde vil reducere udvaskningen – bedømt over et samlet sædskifte. Effekten vil dog i nogen grad kunne vurderes/måles i form af et mindre markoverskud fra bedriften betinget af større kvælstofudbytter. I de præsenterede beregningseksempler øges kvælstofudbytterne således i både planteavlsbruget og kvægbruget ved introduktion af flere efterafgrøder.

Scenarierne med 10 % normreduktion medfører, at gødningstildelingen reduceres med 11 kg N/ha (8 %) på svinebruget, 17 kg N/ha på kvægbruget (8 %) og 14 kg N/ha (10 %) på planteavlsbruget, hvilket i beregningerne fører til, at udvaskningen reduceres med ca. 7 kg N/ha (8-10 %) på svinebruget, 7-10 kg N/ha (10-12 %) på kvægbruget og 9-10 kg N/ha (12-16 %) på planteavlsbruget. Kvælstofudbytterne reduceres tilsvarende med 3-4 kg N/ha (3-4 %) på svinebruget, 4-7 kg N/ha (ca. 3 %) på kvægbruget og 3-5 kg N/ha (4-5 %) på planteavlsbruget. Normnedsættelse har således i disse beregningseksempler større effekt på nitratudvaskningen end på kvælstofudbytterne.

Derudover er der meget stor forskel på effekten af normnedsættelse i de enkelte beregningsår, idet der er større effekt på kvælstofhøsten i år, hvor der ikke er for lange perioder med vandbegrænsende klimatiske forhold end i tørre år. Tilsvarende er der stor effekt på nitratudvaskningen i år, hvor der kommer større mængder nedbør i forårsperioden, som kan medføre udvaskning af tilført gødning før afgrøderne har haft mulighed for at optage det.

Herudover fremgår det af beregningseksemplerne, at en kombination af 10 % normnedsættelse og ekstra efterafgrøder i grundsædskifterne (scenarie 5) giver en næsten additiv effekt på kvælstofudvaskningen. Desuden medvirker efterafgrøderne til i nogen grad at kompensere for den reducerede gødningstilførsel ved at holde på mere af overskudskvælstoffet.

Omlægning af sædskifterne efter optimale muligheder for efterafgrøder, så der primært dyrkes vårafgrøder med efterfølgende efterafgrøder i stedet for vinterkorn (scenarie 3), giver generelt lige så stor effekt eller større effekt på udvaskningen som kombinationen af normnedsættelse og ekstra efterafgrøder. En del af effekten kan tilskrives, at der tilføres mindre gødning til de ændrede sædskifter. Gødningsforbruget reduceres således med 7-9 kg N/ha (5-6 %) på svinebruget, 6-7 kg N/ha (ca. 3 %) på kvægbruget og 14-16 kg N/ha (10-12 %) på planteavlsbruget. Sædskifteændringerne medfører dog også en generel bedre kvælstofudnyttelse, idet effekten på udvaskningen på alle brugstyperne er større end reduktionen i gødningstilførslen. Dette giver særligt udslag på kvægbruget og planteavlsbruget, hvor udvaskningsreduktionen ligger i størrelsesordenen 20-40 %. Beregningerne illustrerer således, at der kan opnås en forbedret kvælstofbalance i marken under de gældende gødningsnormer, såfremt sædskiftet tilpasses en bedre kvælstofudnyttelse.

Afslutningsvis bør det bemærkes, at der generelt beregnes store forskelle på effekten af de gennemregnede virkemidler i de enkelte beregningsår på grund af klimavariationens store indflydelse på såvel kvælstofoptagelse i vækstsæsonen, udvaskningen i forårsperioden og udvaskningen i vinterperioden. Opgørelsen af gennemsnitlige effekter på udvaskningen kan derfor afhænge meget af den tidsperiode (klimaperiode), der anvendes i beregningerne.

7 Referencer

Allerup, P., H. Madsen & F. Vejen (1998). Standardværdier (1961-1990) af nedbørskorrektioner. Teknisk rapport nr. 89-10 fra DMI.

Kristensen, I.S. & T. Kristensen (2002). Indirekte beregning af N-fiksering. Temadag arrangeret af Afd. for Jordbrugssystemer 24. april 2002. Forskningscenter Foulum. Intern rapport, 157, 31-39.

Styczen, M., S. Hansen, L.S. Jensen, H. Svendsen, P. Abrahamsen, C.D. Børgesen, C. Thirup & H.S. Østergaard (2003). Standardopstillinger til Daisy-modellen. Vejledning og baggrund. Teknisk rapport finansieret af Miljøstyrelsen, Fyns Amt, Århus Amt, Nordjyllands Amt, Sønderjyllands Amt samt Landbrugets Rådgivningscenter.

Bilag 1

Græs i efteråret er markeret med grøn farve.

1. Grundopsætning: Svinebrug 1.4 DE/ha, græsefterafgrøde 1 af 7 år							
Sædskifte	Gødskning JB 1			Gødskning JB 4			Halm
	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	
Vinterraps	157	48	155	168	50	155	Efterlades
Vinterhvede	124	0	155	128	0	155	Efterlades
Markært	0	0	0	0	0	0	Efterlades
Vinterhvede	124	0	155	128	0	155	Efterlades
Vårbyg m. udl.	118	0	155	114	0	155	Bjerges
Vårbyg	118	0	155	114	0	155	Bjerges
Vinterbyg	151	42	155	142	42	155	Bjerges
Gennemsnit	113	13	133	113	13	133	
2. Svinebrug 1.4 DE/ha, + efterafgrøder udlagt i 2 x vinterhvede (i alt 3 af 7 år)							
Sædskifte	Gødskning JB 1			Gødskning JB 4			Halm
	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	
Vinterraps	157	48	155	168	50	155	Efterlades
Vinterhvede m udlæg	124	0	155	128	0	155	Efterlades
Markært	0	0	0	0	0	0	Efterlades
Vinterhvede m udlæg	124	0	155	128	0	155	Efterlades
Vårbyg m. udl.	118	0	155	114	0	155	Bjerges
Vårbyg	118	0	155	114	0	155	Bjerges
Vinterbyg	151	42	155	142	42	155	Bjerges
Gennemsnit	113	13	133	113	13	133	
3. Svinebrug (1.4 DE/ha) + vinterhvede -> vårbyg m. græsefterafgrøde, desuden spildraps efter vinterraps (efterafgrøder 5 af 7 år).							
Sædskifte	Gødskning JB 1			Gødskning JB 4			Halm
	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	
Vinterraps m. spildraps	157	22	185	168	17	185	Efterlades
Vårbyg m. udl.	101	0	132	98	0	132	Bjerges
Markært udlæg	0	0	0	0	0	0	Efterlades
Vårbyg m. udl.	101	0	132	98	0	132	Bjerges
Vårbyg m. udl.	118	0	153	114	0	153	Bjerges
Vårbyg	118	0	153	114	0	153	Efterlades
Vinterbyg	151	22	174	142	16	174	Efterlades
Gennemsnit	107	6	133	105	5	133	
4. Som 1. med 10 % reduceres kvælstofnorm							
Sædskifte	Gødskning JB 1			Gødskning JB 4			Halm
	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	
Vinterraps	141	11	155	151	13	155	Efterlades
Vinterhvede	112	0	155	115	0	155	Efterlades
Markært	0	0	0	0	0	0	Efterlades
Vinterhvede	112	0	155	115	0	155	Efterlades
Vårbyg m. udl.	106	0	155	103	0	155	Bjerges
Vårbyg	106	0	155	103	0	155	Bjerges
Vinterbyg	136	0	155	128	0	155	Bjerges
Gennemsnit	102	2	133	102	2	133	

5. Som 2. med 10 % reduceres kvælstofnorm							
Sædskiye	Gødskning JB 1			Gødskning JB 4			Halm
	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	
Vinterraps	141	11	155	151	13	155	Efterlades
Vinterhvede m udlæg	112	0	155	115	0	155	Efterlades
Markært	0	0	0	0	0	0	Efterlades
Vinterhvede m udlæg	112	0	155	115	0	155	Efterlades
Vårbyg m. udl.	106	0	155	103	0	155	Bjerges
Vårbyg	106	0	155	103	0	155	Bjerges
Vinterbyg	136	0	155	128	0	155	Bjerges
Gennemsnit	102	2	133	102	2	133	
Svinebrug 0 DE/ha							
Sædskiye	Gødskning JB 1			Gødskning JB 4			Halm
	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	
Vinterraps	157	156	0	168	159	0	Efterlades
Vinterhvede	124	124	0	128	124	0	Efterlades
Markært	0	0	0	0	0	0	Efterlades
Vinterhvede	124	124	0	128	124	0	Efterlades
Vårbyg m. udl.	118	118	0	114	118	0	Bjerges
Vårbyg	118	113	0	114	113	0	Bjerges
Vinterbyg	151	152	0	142	152	0	Bjerges
Gennemsnit	113	112	0	113	113	0	
Svinebrug 0.4 DE/ha (33 kg husdyrgødnings-N pr. ha)							
Sædskiye	Gødskning JB 1			Gødskning JB 4			Halm
	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	
Vinterraps	157	158	0	168	159	0	Efterlades
Vinterhvede	124	37	116	128	37	116	Efterlades
Markært	0	0	0	0	0	0	Efterlades
Vinterhvede	124	37	116	128	37	116	Efterlades
Vårbyg m. udl.	118	118	0	114	118	0	Bjerges
Vårbyg	118	113	0	114	113	0	Bjerges
Vinterbyg	151	152	0	142	152	0	Bjerges
Gennemsnit	113	88	33	113	88	33	
Svinebrug 0.6 DE/ha (57 kg husdyrgødnings-N pr. ha)							
Sædskiye	Gødskning JB 1			Gødskning JB 4			Halm
	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	
Vinterraps	157	152	0	168	153	0	Efterlades
Vinterhvede	124	37	116	128	37	116	Efterlades
Markært	0	0	0	0	0	0	Efterlades
Vinterhvede	124	37	116	128	37	116	Efterlades
Vårbyg m. udl.	118	118	0	114	118	0	Bjerges
Vårbyg	118	0	164	114	0	164	Bjerges
Vinterbyg	151	147	0	142	147	0	Bjerges
Gennemsnit	113	70	57	113	70	57	

Svinebrug 0.8 DE/ha (75 kg husdyrgødning-N pr. ha)							
Sædskilde	Gødskning JB 1			Gødskning JB 4			Halm
	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	
Vinterraps	157	161	0	168	162	0	Efterlades
Vinterhvede	124	37	116	128	37	116	Efterlades
Markært	0	0	0	0	0	0	Efterlades
Vinterhvede	124	37	116	128	37	116	Efterlades
Vårbyg m. udl.	118	0	148	114	0	148	Bjerges
Vårbyg	118	0	148	114	0	148	Bjerges
Vinterbyg	151	157	0	142	157	0	Bjerges
Gennemsnit	113	56	75	113	56	75	
Svinebrug 1 DE/ha (95 kg husdyrgødning-N pr. ha)							
Sædskilde	Gødskning JB 1			Gødskning JB 4			Halm
	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	
Vinterraps	157	166	0	168	167	0	Efterlades
Vinterhvede	124	37	116	128	37	116	Efterlades
Markært	0	0	0	0	0	0	Efterlades
Vinterhvede	124	37	116	128	37	116	Efterlades
Vårbyg m. udl.	118	0	148	114	0	148	Bjerges
Vårbyg	118	0	148	114	0	148	Bjerges
Vinterbyg	151	48	137	142	49	137	Bjerges
Gennemsnit	113	41	95	113	41	95	
Svinebrug 1.2 DE/ha (114 kg husdyrgødning-N pr. ha)							
Sædskilde	Gødskning JB 1			Gødskning JB 4			Halm
	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	
Vinterraps	157	67	132	168	69	132	Efterlades
Vinterhvede	124	37	116	128	37	116	Efterlades
Markært	0	0	0	0	0	0	Efterlades
Vinterhvede	124	37	116	128	37	116	Efterlades
Vårbyg m. udl.	118	0	148	114	0	148	Bjerges
Vårbyg	118	0	148	114	0	148	Bjerges
Vinterbyg	151	48	137	142	48	137	Bjerges
Gennemsnit	113	27	114	113	27	114	

1. Grundopsætning: Kvægbrug 1.7 DE/ha, 1. års kløvergræs vandes, 172 kg kvæggylle afsættes ved græsning (græs i efteråret på 3/6 af arealet)

Sædskiye	Gødskning JB 1				Gødskning JB 4				Halm
	N-norm	Fixering	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Fixering	Handelsg.	Husdyrg.	
Vårbyg, helsæd m. udlæg	123		36	87	117		36	87	
Udlægget	81	42		87	81	42		87	
Kløvergræs, afgræsning	254	104	48	261	254	104	48	261	
Kløvergræs, afgræsning	227	88	96	173	231	88	96	173	
Vårbyg	51		0	87	48		0	87	Bjerges
Vinterhvede	154		84	175	157		68	175	Efterlades
Kontinuert silomajs	157		50	174	143		50	174	
Gennemsnit	175	39	52	174	172	39	50	174	

2. Grundopsætning med græsefterafgrøde i vinterhveden (græs i efteråret på 4/6 af arealet)

Sædskiye	Gødskning JB 1				Gødskning JB 4				Halm
	N-norm	Fixering	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Fixering	Handelsg.	Husdyrg.	
Vårbyg, helsæd m. udlæg	123		36	87	117		36	87	
Udlægget	81	42		87	81	42		87	
Kløvergræs, afgræsning	254	104	48	261	254	104	48	261	
Kløvergræs, afgræsning	227	88	96	173	231	88	96	173	
Vårbyg	51		0	87	48		0	87	Bjerges
Vinterhvede m. udlæg	154		84	175	157		68	175	Efterlades
Kontinuert silomajs	157		50	174	143		50	174	
Gennemsnit	175	39	52	174	172	39	50	174	

3. Grundopsætning med vårbyg og vinterhvede skiftet ud med vårbyg m. græsudlæg (græs i efteråret på 5/6 af arealet)

Sædskiye	Gødskning JB 1				Gødskning JB 4				Halm
	N-norm	Fixering	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Fixering	Handelsg.	Husdyrg.	
Vårbyg, helsæd m. udlæg	123		36	87	117		32	87	
Udlægget	81	42		87	81	42		87	
Kløvergræs, afgræsning	254	93	72	261	254	93	67	261	
Kløvergræs, afgræsning	227	80	120	173	231	80	105	173	
Vårbyg m. udlæg	51		0	87	48		0	87	Bjerges
Vårbyg m. udlæg	118		0	175	114		0	175	Efterlades
Kontinuert silomajs	157		50	174	143		50	174	
Gennemsnit	169	36	46	174	165	36	42	174	

4. Som 1. med 10 % nedsættelse af kvælstofnormen									
Sædskiye	Gødskning JB 1				Gødskning JB 4				Halm
	N-norm	Fixering	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Fixering	Handelsg.	Husdyrg.	
Vårbyg, helsæd m. udlæg	111		19	87	105		19	87	
Udlægget	73	42		87	73	42		87	
Kløvergræs, afgræsning	229	111	30	261	229	111	29	261	
Kløvergræs, afgræsning	204	93	80	173	208	93	72	173	
Vårbyg	46		0	87	43		0	87	Bjerges
Vinterhvede	139		48	175	141		43	175	Efterlades
Kontinuert silomajs	157		33	174	157		33	174	
Gennemsnit	160	41	35	174	159	41	33	174	
5. Som 2. med 10 % nedsættelse af kvælstofnormen									
Sædskiye	Gødskning JB 1				Gødskning JB 4				Halm
	N-norm	Fixering	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Fixering	Handelsg.	Husdyrg.	
Vårbyg, helsæd m. udlæg	111		19	87	105		19	87	
Udlægget	73	42		87	73	42		87	
Kløvergræs, afgræsning	229	111	30	261	229	111	28	261	
Kløvergræs, afgræsning	204	93	80	173	208	93	72	173	
Vårbyg	46		0	87	43		0	87	Bjerges
Vinterhvede m. udlæg	139		48	175	141		43	175	Efterlades
Kontinuert silomajs	157		33	174	157		33	174	
Gennemsnit	160	41	35	174	159	41	33	174	
Kvægbrug 1 DE/ha, 1. års kløvergræs vandes, 172 kg Husdyrgødning-N afsættes ved græsning, græs i efteråret på 4/10 af arealet									
Sædskiye	Gødskning JB 1				Gødskning JB 4				Halm
	N-norm	Fixering	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Fixering	Handelsg.	Husdyrg.	
Vårbyg, helsæd m. udlæg	123		58	87	117		56	87	
Udlægget	81	42		87	81	42		87	
Kløvergræs, afgræsning	254	104	48	261	254	104	46	261	
Kløvergræs, afgræsning	227	88	96	173	231	88	92	173	
Vårbyg	51		0	87	48		0	87	Bjerges
Vinterhvede	154		156	0	157		152	0	Efterlades
Vårbyg	118		56	87	114		54	87	Bjerges
Markært	0		0	0	0		0	0	Efterlades
Vinterhvede	124		127	0	128		127	0	Efterlades
Vårbyg m. udlæg	118		58	87	114		55	87	Bjerges
Udlægget	31		29	0	31		29	0	
Kontinuert silomajs	157		50	175	143		47	175	
Gennemsnit	144	23	68	104	142	23	66	104	
Kvægbrug 2.3 DE/ha, 1. års kløvergræs vandes, 268 kg husdyrgødning-N afsættes ved græsning, græs i efteråret på 5/7 af arealet									
Sædskiye	Gødskning JB 1				Gødskning JB 4				Halm
	N-norm	Fixering	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Fixering	Handelsg.	Husdyrg.	

Vårbyg, helsæd m. udlæg	123			174	117			174	
Udlægget	81	49			81	49			
Kløvergræs, afgræsning	254	96	72	253	254	96	62	253	
Kløvergræs, afgræsning	227	77	72	253	231	77	63	253	
Kløvergræs, afgræsning	227	85	48	253	231	85	38	253	
Vårbyg, helsæd m. udlæg	51			120	44			120	
Udlægget	112			106	115			106	
Kontinuert silomajs	157		15	242	143		13	242	
Kontinuert silomajs	157		15	242	143		13	242	
Gennemsnit	198	44	32	235	194	44	27	235	

1. Grundopsætning: Planteavl uden husdyrgødning. Kartofler vandes. Græs om efteråret 2 af 7 år							
Sædskitte	Gødskning JB 1			Gødskning JB 4			Halm
	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	
Vårbyg m . Frøgræsudlæg	118	118	0	114	118	0	Bjerges
Rajgræs til frø	127	127	0	127	127	0	Bjerges
Vårbyg	118	114	0	114	115	0	Bjerges
Kartoffel, fabrik	186	186	0	186	186	0	Efterlades
Vinterhvede	138	138	0	141	138	0	Efterlades
Vinterhvede	154	154	0	157	154	0	Efterlades
Vinterhvede	154	154	0	157	154	0	Efterlades
Gennemsnit	142	142	0	142	142	0	
2. Planteavl uden husdyrgødning: Som grundopsætning + græsefterafgrøde i vårbyg samt i vinterhvede før vårbyg. Græs om efteråret 4 af 7 år							
Sædskitte	Gødskning JB 1			Gødskning JB 4			Halm
	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	
Vårbyg m . Frøgræsudlæg	118	118	0	114	118	0	Bjerges
Rajgræs til frø	127	127	0	127	127	0	Bjerges
Vårbyg m. udlæg	118	114	0	114	115	0	Bjerges
Kartoffel, fabrik	186	186	0	186	186	0	Efterlades
Vinterhvede	138	138	0	141	138	0	Efterlades
Vinterhvede	154	154	0	157	154	0	Efterlades
Vinterhvede m udlæg	154	154	0	157	154	0	Efterlades
Gennemsnit	142	142	0	142	142	0	
3. Planteavl uden husdyrgødning: Som grundopsætning med vinterhvede skiftet ud med vårbyg med græsudlæg. Græsset nedpløjes i marts. Græs om efteråret 6 af 7 år							
Sædskitte	Gødskning JB 1			Gødskning JB 4			Halm
	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	
Vårbyg m . Frøgræsudlæg	118	118	0	114	110	0	Bjerges
Rajgræs til frø	127	127	0	127	127	0	Bjerges
Vårbyg m. udlæg	118	114	0	114	113	0	Bjerges
Kartoffel, fabrik	186	186	0	186	186	0	Efterlades
Vårbyg m. udlæg	114	114	0	112	114	0	Efterlades
Vårbyg m. udlæg	118	118	0	114	114	0	Efterlades
Vårbyg m. udlæg	118	118	0	114	114	0	Efterlades
Gennemsnit	128	128	0	126	125	0	
4. Som Grundopsætning men med 10% nedsættelse af kvælstofnormen							
Sædskitte	Gødskning JB 1			Gødskning JB 4			Halm
	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	
Vårbyg m . Frøgræsudlæg	106	106	0	103	106	0	Bjerges
Rajgræs til frø	114	114	0	114	114	0	Bjerges
Vårbyg	106	103	0	103	104	0	Bjerges
Kartoffel, fabrik	167	167	0	167	167	0	Efterlades
Vinterhvede	124	124	0	127	124	0	Efterlades
Vinterhvede	139	139	0	141	139	0	Efterlades
Vinterhvede	139	139	0	141	139	0	Efterlades
Gennemsnit	128	127	0	128	128	0	
5. Som 2. men med 10% nedsættelse af kvælstofnormen							
Sædskitte	Gødskning JB 1			Gødskning JB 4			Halm
	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	N-norm	Handelsg.	Husdyrg.	
Vårbyg m .	106	106	0	103	106	0	Bjerges

Frøgræsudlæg							
Rajgræs til frø	114	114	0	114	114	0	Bjerges
Vårbyg m. udlæg	106	103	0	103	104	0	Bjerges
Kartoffel, fabrik	167	167	0	167	167	0	Efterlades
Vinterhvede	124	124	0	127	124	0	Efterlades
Vinterhvede	139	139	0	141	139	0	Efterlades
Vinterhvede m udlæg	139	139	0	141	139	0	Efterlades
Gennemsnit	128	127	0	128	128	0	

Bilag 2

Scenarier for svinebrug JB 1 Kg N/ha pr.år	1: Svinebrug (1.4 DE/ha) Efterafgrøder 1 af 7 år			2: Svinebrug (1.4 DE/ha) Efterafgrøder 3 af 7 år			3: Svinebrug (1.4 DE/ha) Alt korn til vårbyg m. u. Efterafgrøder 5 af 7 år			4: som 1. - 10 % N-norm Efterafgrøder 1 af 7 år			5: som 2. - 10 % N-norm Efterafgrøder 3 af 7 år		
	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år
Opvarmingsperiode															
Gødning	146	146	146	146	146	146	139	139	139	135	135	135	135	135	135
Deposition	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
N fixsering	25	25	25	24	24	24	22	22	22	25	25	25	24	24	24
Såsåed	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5
Total N-input	194	194	194	194	194	194	185	185	185	183	183	183	183	183	183
NH3 fordampning	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
N-udvaskning	98	98	97	94	95	95	84	86	87	91	91	90	87	88	87
Denitrifikation	9	9	9	9	9	9	10	10	10	9	9	8	9	9	9
Høstet N	88	88	88	89	89	89	83	84	84	85	85	85	85	85	85
Total N-output	205	205	204	202	203	203	188	190	191	194	194	193	191	192	192
Overskud (N-gødning+N-fiksering-N-høst)	83	83	83	82	82	82	78	77	78	75	75	75	74	74	74
Ændring i organisk N	-10	-10	-9	-7	-8	-8	-1	-4	-4	-10	-10	-9	-8	-9	-8
Høstet N (PD/konsulent)	90/99			90/99			84/91			90/99			90/99		

JB 4 Kg N/ha pr.år	1: Svinebrug (1.4 DE/ha) Efterafgrøder 1 af 7 år			2: Svinebrug (1.4 DE/ha) Efterafgrøder 3 af 7 år			3: Svinebrug (1.4 DE/ha) Alt korn til vårbyg m. u. Efterafgrøder 5 af 7 år			4: som 1. - 10 % N-norm Efterafgrøder 1 af 7 år			5: som 2. - 10 % N-norm Efterafgrøder 3 af 7 år		
	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år
Opvarmingsperiode															
Gødning	146	146	146	146	146	146	138	138	138	135	135	135	135	135	135
Deposition	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
N fixsering	30	30	30	30	30	30	26	25	25	30	30	30	31	31	31
Såsåed	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5
Total N-input	199	199	199	200	200	200	188	187	187	188	188	188	189	189	189
NH3 fordampning	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
N-udvaskning	67	67	67	64	65	66	53	56	57	60	61	61	57	59	59
Denitrifikation	15	15	15	15	16	15	17	17	17	15	15	15	15	15	15
Høstet N	114	114	114	114	114	114	107	108	108	111	111	110	110	111	111
Total N-output	206	207	206	203	205	205	187	190	191	196	196	196	193	194	194
Overskud (N-gødning+N-fiksering-N-høst)	62	62	62	63	62	63	56	56	55	55	55	55	56	55	55
Ændring i organisk N	-7	-7	-7	-2	-4	-4	2	-1	-2	-7	-7	-7	-3	-5	-5
Høstet N (PD/konsulent)	103/112			103/112			94/102			103/112			103/112		

Effekter af husdyrtryk på svinebrug

JB 1 Kg N/ha pr.år	Svinebrug (0 DE)			Svinebrug (0.35 DE)			Svinebrug (0.6 DE)			Svinebrug (0.8 DE)			Svinebrug (1 DE)			Svinebrug (1.2 DE)			Svinebrug (1.4 DE)		
	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år
Opvarmingsperiode	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år
Husdyrgødning N	0	0	0	33	33	33	56	56	56	75	75	75	95	95	95	114	114	114	133	133	133
Gødning i alt	113	113	113	121	121	121	127	127	127	132	132	132	137	137	137	141	141	141	146	146	146
Deposition	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
N fixsering	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Såsåed	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Total N-input	160	160	161	169	169	169	175	175	175	180	180	180	184	184	184	189	189	189	194	194	194
NH3 fordampning	0	0	0	3	3	3	4	4	4	6	6	6	7	7	7	9	9	9	10	10	10
N udvaskning	84	82	80	88	86	85	89	88	87	90	90	89	92	92	91	94	94	94	98	98	97
Denitrifikation	7	6	6	7	7	7	8	7	7	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9
Høstet N	87	87	87	88	88	87	88	88	88	88	88	88	89	89	88	89	89	88	88	88	88
Total N-output	177	176	173	185	184	182	189	188	186	192	192	190	196	196	195	200	200	199	205	205	204
Markoverskud	50	50	51	58	58	59	64	64	64	68	68	69	73	73	73	77	77	78	83	83	83
Ændring org. N	-16	-14	-12	-15	-14	-11	-13	-12	-10	-11	-11	-9	-11	-11	-9	-10	-10	-9	-10	-10	-9
Høstet N (PD/konsul.)	90/99			90/99			90/99			90/99			90/99			90/99			90/99		

JB 4 Kg N/ha pr.år	Svinebrug (0 DE)			Svinebrug (0.35 DE)			Svinebrug (0.6 DE)			Svinebrug (0.8 DE)			Svinebrug (1 DE)			Svinebrug (1.2 DE)			Svinebrug (1.4 DE)		
	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år
Opvarmingsperiode	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år
Husdyrgødning N	0	0	0	33	33	33	56	56	56	75	75	75	95	95	95	114	114	114	133	133	133
Gødning i alt	113	113	113	121	121	121	127	127	127	132	132	132	137	137	137	142	142	142	146	146	146
Deposition	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
N fixsering	31	31	31	30	30	31	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Såsåed	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Total N-input	167	167	167	175	175	175	180	180	181	185	185	185	190	190	190	195	195	195	199	199	199
NH3 fordampning	0	0	0	3	3	3	4	4	4	6	6	6	7	7	7	9	9	9	10	10	10
N udvaskning	56	55	54	59	58	57	60	59	59	61	60	60	62	62	62	64	65	64	67	67	67
Denitrifikation	12	12	12	13	13	13	14	13	13	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15
Høstet N	112	112	111	113	113	113	113	113	113	114	114	114	115	115	114	115	115	114	114	114	114
Total N-output	181	179	177	188	186	185	191	191	189	194	194	193	198	198	198	202	203	202	206	207	206
Markoverskud	32	32	33	38	39	39	44	44	45	48	48	49	52	52	53	57	57	57	62	62	62
Ændring org. N	-14	-12	-10	-13	-11	-10	-10	-10	-9	-9	-9	-8	-8	-8	-7	-8	-8	-7	-7	-7	-7
Høstet N (PD/konsul.)	103/108			103/108			103/108			103/108			103/108			103/108			90/99		

Scenarier på kvægbrug med 1,7 DE/ha, Kontinueret majs på 1/6 af arealet

JB 1 Kg N/ha pr.år	1: Kvægbrug (1.7 DE/ha) Græs i efteråret 3 af 6 år			2: Kvægbrug (1.7 DE/ha) 1 ekstra efterafgrøde Græs i efteråret 4 af 6 år			3: Kvægbrug (1.7 DE/ha) Alt korn til vårbyg m. udl. Græs i efteråret 5 af 6 år			4: som 1. - 10 % N-norm Græs i efteråret 3 af 6 år			5: som 2. - 10 % N-norm Græs i efteråret 4 af 6 år		
	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år
Opvarmningsperiode	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år
Husdyrgødning N	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174
Gødning i alt	227	227	227	227	227	227	221	221	221	210	210	210	210	210	210
Deposition	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
N fixering (tilført som handelsg.)	39	39	39	39	39	39	36	36	36	41	41	41	41	41	41
Såsæd	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Total N-input	288	288	288	288	288	288	279	279	279	273	273	273	273	273	273
NH3 fordampning	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
N udvaskning	97	100	100	91	94	94	73	75	75	87	90	90	82	84	84
Denitrifikation	12	12	12	13	13	13	13	13	13	12	12	12	12	12	12
Høstet N	171	171	171	178	178	178	187	188	188	166	166	167	173	173	173
Total N-output	291	294	294	292	295	295	283	286	286	276	279	279	277	280	280
Markoverskud	95	95	95	88	88	88	70	69	69	85	84	84	78	78	78
Ændring org. N	-3	-5	-6	-3	-6	-6	-2	-5	-5	-3	-6	-6	-3	-6	-6
Høstet N (PD/konsul.)	162/180			168/185			171/185			162/180			168/185		
JB 4 Kg N/ha pr.år	1: Kvægbrug (1.7 DE/ha) Græs i efteråret 3 af 6 år			2: Kvægbrug (1.7 DE/ha) 1 ekstra efterafgrøde Græs i efteråret 4 af 6 år			3: Kvægbrug (1.7 DE/ha) Alt korn til vårbyg m. udl. Græs i efteråret 5 af 6 år			4: som 1. - 10 % N-norm Græs i efteråret 3 af 6 år			5: som 2. - 10 % N-norm Græs i efteråret 4 af 6 år		
	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år
Opvarmningsperiode	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år
Husdyrgødning N	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174
Gødning i alt	224	224	224	224	224	224	217	217	217	207	207	207	207	207	207
Deposition	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
N fixering (tilført som handelsg.)	39	39	39	39	39	39	36	36	36	41	41	41	41	41	41
Såsæd	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Total N-input	285	285	285	285	285	285	275	275	275	270	270	270	270	270	270
NH3 fordampning	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
N udvaskning	58	60	60	50	52	51	35	36	36	51	52	52	43	45	44
Denitrifikation	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Høstet N	200	200	201	209	209	210	214	215	215	194	194	194	202	202	203
Total N-output	287	289	289	288	290	290	277	279	280	273	275	275	273	275	275
Markoverskud	63	63	63	54	54	53	39	38	38	55	54	54	47	46	46
Ændring org. N	-2	-3	-4	-2	-4	-4	-1	-3	-3	-2	-4	-4	-2	-4	-4
Høstet N (PD/konsul.)	180/190			186/195			187/195			180/190			180/190		

Kvægbrugssædskifter ved henholdsvis 1, 1,7 og 2,3 DE/ha.

JB 1 Kg N/ha pr.år	1: Kvægbrug (1.7 DE/ha) Græs i efteråret 3 af 6 år Majs på 1/6 af arealet			Kvægbrug (1 DE/ha) Græs i efteråret 4 af 10 år Majs på 1/10 af arealet			Kvægbrug (2.3 DE/ha) Græs i efteråret 5 af 7 år Majs på 2/7 af arealet			Kontinuert majs Indgår som en del af Kvægbrug (1 + 1.7 DE/ha)			Kontinuert majs Indgår som en del af Kvægbrug (2.3 DE/ha)		
	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år
Opvarmningsperiode															
Husdyrgødning N	174	174	174	104	104	104	235	235	235	174	174	174	242	242	242
Gødning i alt	227	227	227	171	171	171	267	267	267	225	225	225	258	258	258
Deposition	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
N fixering (Handelsg. + ærter)	39	39	39	41	41	41	44	44	44	0	0	0	0	0	0
Såsæd	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Total N-input	288	288	288	234	234	234	332	332	332	246	246	246	279	279	279
NH3 fordampning	10	10	10	6	6	10	14	14	14	10	10	10	15	15	15
N udvaskning	97	100	100	87	87	87	87	92	93	106	108	106	123	127	127
Denitrifikation	12	12	12	10	10	10	14	15	15	11	11	11	12	12	13
Høstet N	171	171	171	141	140	140	212	213	214	126	126	126	128	127	128
Total N-output	291	294	294	243	244	247	328	334	335	254	255	254	277	281	282
Markoverskud	95	95	95	71	71	71	98	98	97	98	99	99	130	131	130
Ændring org. N	-3	-5	-6	-9	-10	-9	5	0	-2	-8	-9	-8	2	-2	-3
Høstet N (PD/konsul.)	162/180			140/154			204/222			123/177			123/177		
JB 4 Kg N/ha pr.år	1: Kvægbrug (1.7 DE/ha) Græs i efteråret 3 af 6 år Majs på 1/6 af arealet			Kvægbrug (1 DE/ha) Græs i efteråret 4 af 10 år Majs på 1/10 af arealet			Kvægbrug (2.3 DE/ha) Græs i efteråret 5 af 7 år Majs på 2/7 af arealet			Kontinuert majs Indgår som en del af Kvægbrug (1 + 1.7 DE/ha)			Kontinuert majs Indgår som en del af Kvægbrug (2.3 DE/ha)		
	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år
Opvarmningsperiode															
Husdyrgødning N	174	174	174	104	104	104	235	235	235	174	174	174	242	242	242
Gødning i alt	224	224	224	169	169	169	262	262	262	225	225	225	256	256	256
Deposition	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
N fixering (Handelsg. + ærter)	39	39	39	44	44	44	44	44	44	0	0	0	0	0	0
Såsæd	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Total N-input	285	285	285	235	235	235	327	327	327	246	246	246	277	277	277
NH3 fordampning	10	10	10	6	6	6	14	14	14	10	10	10	15	15	15
N udvaskning	58	60	60	52	53	53	47	50	51	57	58	58	71	75	76
Denitrifikation	18	18	18	16	15	15	20	20	20	17	17	17	19	19	19
Høstet N	200	200	201	168	168	168	242	243	243	166	166	166	167	167	167
Total N-output	287	289	289	241	242	242	323	327	328	250	251	251	271	275	277
Markoverskud	63	63	63	45	45	45	64	63	63	59	59	59	89	89	89
Ændring org. N	-1	-3	-3	-6	-7	-6	5	1	0	-6	-6	-6	4	0	-2
Høstet N (PD/konsul.)	180/190			155/166			214/225			164/186			164/186		

Scenarier for planteavlssædskifterne

JB 1 Kg N/ha pr.år	1: Planteavl			2: Planteavl 2 ekstra efterafgrøder			3: Planteavl Alt korn til vårbyg m. u.			4: som 1. - 10 % N-norm			5: som 2. - 10 % N-norm		
	Efterafgrøder 2 af 7 år			Efterafgrøder 4 af 7 år			Efterafgrøder 6 af 7 år			Efterafgrøder 2 af 7 år			Efterafgrøder 4 af 7 år		
Opvarmningsperiode	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år
Gødning	142	142	142	142	142	142	128	128	128	127	127	127	127	127	127
Deposition	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
N fixering	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Såsåed	3	3	3	4	4	4	5	5	5	3	3	3	4	4	4
Total N-input	164	164	164	165	165	165	151	151	151	150	150	150	150	150	150
NH3 fordampning	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N udvaskning	89	88	85	82	81	79	72	70	68	79	78	75	71	71	69
Denitrifikation	8	8	7	8	8	8	8	8	8	7	7	7	8	8	8
Høstet N	86	85	85	89	88	88	89	89	88	82	81	81	85	85	85
Total N-output	183	180	177	179	178	176	170	167	164	169	166	163	165	164	162
Markoverskud	56	57	57	53	53	53	38	39	40	45	46	46	42	43	43
Ændring org. N	-18	-15	-13	-13	-13	-11	-17	-14	-11	-18	-15	-13	-14	-13	-11
Høstet N (PD/konsul.)	90/102			90/102			82/91			90/102			90/102		

JB4 Kg N/ha pr.år	1: Planteavl			2: Planteavl 2 ekstra efterafgrøder			3: Planteavl Alt korn til vårbyg m. u.			4: som 1. - 10 % N-norm			5: som 2. - 10 % N-norm		
	Efterafgrøder 2 af 7 år			Efterafgrøder 4 af 7 år			Efterafgrøder 6 af 7 år			Efterafgrøder 2 af 7 år			Efterafgrøder 4 af 7 år		
Opvarmningsperiode	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år	11 år	33 år	55 år
Gødning	142	142	142	142	142	142	125	125	125	128	128	128	128	128	128
Deposition	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
N fixering	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Såsåed	3	3	3	4	4	4	5	5	5	3	3	3	4	4	4
Total N-input	164	164	164	165	165	165	149	149	149	150	150	150	151	151	151
NH3 fordampning	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N udvaskning	58	57	54	50	51	49	39	37	36	49	48	46	42	42	41
Denitrifikation	13	13	13	14	14	14	13	13	13	13	13	12	13	13	13
Høstet N	109	108	108	111	111	111	115	114	113	105	103	103	106	106	105
Total N-output	180	178	176	175	175	173	167	164	162	166	164	161	161	161	160
Markoverskud	32	33	34	30	31	31	11	11	12	23	24	24	22	22	22
Ændring org. N	-16	-14	-11	-10	-11	-9	-17	-15	-12	-16	-14	-11	-11	-11	-9
Høstet N (PD/konsul.)	102/112			102/112			89/98			102/112			102/112		

Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljøministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning indenfor natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser
Frederiksborgvej 399
Postboks 358
4000 Roskilde
Tlf.: 46 30 12 00
Fax: 46 30 11 14

*Direktion
Personale- og Økonomisekretariat
Forsknings, Overvågnings- og Rådgivningssekretariat
Afd. for Systemanalyse
Afd. for Atmosfærisk Miljø
Afd. for Marin Økologi
Afd. for Miljøkemi og Mikrobiologi
Afd. for Arktisk Miljø*

Danmarks Miljøundersøgelser
Vejsøvej 25
Postboks 314
8600 Silkeborg
Tlf.: 89 20 14 00
Fax: 89 20 14 14

*Forsknings, Overvågnings- og Rådgivningssekretariat
Afd. for Marin Økologi
Afd. for Terrestrisk Økologi
Afd. for Ferskvandsøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser
Grenåvej 12-14, Kalø
8410 Rønde
Tlf.: 89 20 17 00
Fax: 89 20 15 15

*Afd. for Vildtbiologi og Biodiversitet
Afd. for Systemanalyse*

Publikationer:

DMU udgiver populærfaglige bøger ("MiljøBiblioteket"), faglige rapporter, tekniske anvisninger, samt års-rapporter. Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web. I årsrapporten findes en oversigt over det pågældende års publikationer.

Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

2003

- Nr. 468: Landovervågningsoplande 2002. NOVA 2003. Af Grant, R. et al. 131 s. (elektronisk)
- Nr. 469: Søer 2002. NOVA 2003. Af Jensen, J.P. et al. 63 s. (elektronisk)
- Nr. 470: Vandløb 2002. NOVA 2003. Af Bøgestrand, J. (red.) 76 s. (elektronisk)
- Nr. 471: Vandmiljø 2003. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning. Af Andersen, J.M. et al. 157 s., 100,00 kr.
- Nr. 472: Overvågning af Vandmiljøplan II - Vådområder 2003. Af Hoffmann, C.C. et al. 83 s. (elektronisk)
- Nr. 473: Korrektion for manglende indberetninger til vildtudbyttestatistikken. Af Asferg, T. & Lindhard, B.J. 28 s. (elektronisk)
- Nr. 474: Miljøundersøgelser ved Mestervig 2001. Af Aastrup, P., Tamsfort, M. & Asmund, G. 47 s. (elektronisk)
- Nr. 475: Vandrammedirektivet og danske søer. Del 1: Søtyper, referencetilstand og økologiske kvalitetsklasser. Af Søndergaard, M. (red.) et al. 140 s. (elektronisk)
- Nr. 476: Vandrammedirektivet og danske søer. Del 2: Palæoøkologiske undersøgelser. Af Amsinck, S.L. et al. 118 s. (elektronisk)
- Nr. 477: Emissions of Greenhouse Gasses and Long-Range Transboundary Air Pollution in the Faroe Islands 1990-2001. By Lastein, L. & Winther, M. 59 pp. (electronic)
- Nr. 478: Evaluering af Københavns Amts prioriteringssystem. Stofspecifik prioritering af punktkilder. Af Jensen, T.S. & Sørensen, P.B. 79 s. (elektronisk)
- Nr. 479: Order Theory in Environmental Sciences. Integrative approaches. The 5th workshop - held at the National Environmental Research Institute (NERI), Roskilde, Denmark, November 2002. By Sørensen, P.B. et al. 159 pp. (electronic)
- Nr. 480: Danske søer - fosfortilførsel og opfyldelse af målsætninger. VMP III, Fase II. Af Søndergaard, M. et al. 37 s. (elektronisk)
- Nr. 481: Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Sewage Sludge and Wastewater. Method Development and validation. By Christensen, J.H. et al. 28 pp. (electronic)

2004

- Nr. 482: Background Studies in Nuussuaq and Disko, West Greenland. By Boertmann, D. (ed.) 57 pp. (electronic)
- Nr. 483: A Model Set-Up for an Oxygen and Nutrient Flux Model for Århus Bay (Denmark). By Fossing, H. et al. 65 pp., 100,00 DDK.
- Nr. 484: Satellitsporing af marsvin i danske og tilstødende farvande. Af Teilmann, J. et al. 86 s. (elektronisk)
- Nr. 485: Odense Fjord. Scenarier for reduktion af næringsstoffer. Af Nielsen, K. et al. 274 s. (elektronisk)
- Nr. 486: Dioxin in Danish Soil. A Field Study of Selected Urban and Rural Locations. The Danish Dioxin Monitoring Programme I. By Vikelsøe, J. (electronic)
- Nr. 487: Effekt på akvatiske miljøer af randzoner langs målsatte vandløb. Pesticidhandlingsplan II. Af Ravn, H.W. & Friberg, N. 43 s. (elektronisk)
- Nr. 488: Tools to assess the conservation status of marine habitats in special areas of conservation. Phase 1: Identification of potential indicators and available data. By Dahl, K. et al. 94 pp., 100,00 DKK
- Nr. 489: Overvågning af bæver Castor fiber i Flynder å, 1999-2003. Af Elmeros, M., Berthelsen, J.P. & Madsen, A.B. 92 s. (elektronisk)
- Nr. 490: Reservatnetværk for trækkende vandfugle. En gennemgang af udvalgte arters antal og fordeling i Danmark 1994-2001. Af Clausen, P. et al. 142 s., 150,00 kr.
- Nr. 491: Vildtudbyttet i Danmark i jagtsæsonen 2002/2003. Af Asferg, T. 24 s. (elektronisk)
- Nr. 492: Contaminants in the traditional Greenland diet. By Johansen, P. et al. 72 pp. (electronic)
- Nr. 493: Environmental Oil Spill Sensitivity Atlas for the South Greenland Coasatl Zone. By Mosbech, A. et al. 611 pp. (electronic)
- Nr. 494: Environmental Oil Spill Sensitivity Atlas for the West Greenland (68°-72° N) Coasatl Zone. By Mosbech, A. et al. 798 pp. (electronic)
- Nr. 495: NOVANA. Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse - del 1. Af Danmarks Miljøundersøgelser. 45 s., 60,00 kr.
- Nr. 496: Velfærdsøkonomiske forvriddingsomkostninger ved finansiering af offentlige projekter. Af Møller, F. & Jensen, D.B. 136 s. (elektronisk)
- Nr. 497: Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2003. By Kemp, K. & Palmgren, F. 36 pp. (electronic)
- Nr. 498: Analyse af højt NO₂ niveau i København og prognose for 2010. Af Berkowicz, R. et al. 30 s. (elektronisk)
- Nr. 499: Anvendelse af Vandrammedirektivet i danske vandløb. Af Baattrup-Pedersen, A. et al. 145 s. (elektronisk)
- Nr. 500: Aquatic Environment 2003. State and Trends - technical summary. By Andersen, J.M. et al. 50 pp., 100,00 DDK
- Nr. 501: EUDANA - EUtrofiering af Dansk Natur. Videnbehov, modeller og perspektiver. Af Bak, J.L. & Ejrnæs, R. 49 s. (elektronisk)
- Nr. 502: Samfundsøkonomiske analyser af ammoniakbufferzoner. Udredning for Skov- og Naturstyrelsen. Af Schou, J.S., Gyldenkerne, S. & Bak, J.L. 36 s. (elektronisk)

[Tom side]

I rapporten modelberegnes kvælstofudvaskning for tre brugstyper med Daisy for at belyse effekten på kvælstofudvaskningen ved forskellige ændringer i landbrugspraksis i oplandet til Mariager Fjord. Beregningerne viser, at der er 40-60 % større kvælstofudvaskning fra sandjord (JB 1) end fra lerblandet sandjord (JB 4), som er de to jordtyper, der stort set repræsenterer oplandet. Desuden opnås den største nedgang i udvaskning, hvis vårkorn med udlæg dyrkes i stedet for vinterkorn. Nedsættelse af gødningsnormen i kombination med efterafgrøder medfører også en væsentlig reduktion i udvaskningen. Beregningerne er eksempler og kan ikke skalleres op til at dække hele oplandet.