

Kvælstofudvaskning fra græsmarker

På kvægbrug udgør græs ofte en stor andel af sædskiftet, og græsmarkerne har derfor stor betydning for den samlede udvaskning fra et kvægbrugssædskifte.

- [Sammendrag](#)
- [Baggrund](#)
- [Kvælstofoverskud og opbygning af frugtbarhed i græsmarker](#)
- [Udvaskningsniveauer i græsmarker](#)
- [Reduktion ved at gå fra afgræsning til slæt ifølge virkemiddelkatalog](#)
- [Udvaskning ved ompløjning af græsmarker](#)
- [Konklusioner](#)
- [Litteratur](#)

Promilleafgiftsfonden for landbrug



Den Europæiske Union ved Den Europæiske Fond for Udvikling af Landdistrikter og Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri har deltaget i finansieringen af projektet.

Denne gennemgang af litteratur, forsøg og modelberegninger belyser kvælstofbalancer og -udvaskningsniveauer for græsmarker med fokus på:

- Forskellen mellem græsmarker og kløvergræsmarker
- Forskellen mellem udvaskning fra slætgræsmarker og afgræsningsmarker.
- Betydning af omlægningstidspunktet

Sammendrag

På kvægbrug udgør græs ofte en betydelig andel af sædskiftet. Derfor påvirker udvaskningen fra græsmarker den samlede udvaskning fra et kvægbrugssædskifte betydeligt. Udvaskningen fra græsmarker er mest påvirket af græsmarkens benyttelse (slæt eller afgræsning) og omlægningstidspunktet af græsmarken.

Med udgangspunkt i nedenstående angivelser vurderes udvaskningen på sandjord ved ren afgræsning af kløvergræs frem for slæt at være 50-100 kg kvælstof pr. ha højere end for slæt. Udvaskningen fra afgræsningsmarker vil dog være særdeles afhængigt af management.

Forsøg på Foulum har vist, at afgræsning af kløvergræs forøger udvaskningen af kvælstof i forhold til slætgræs med 68 kg kvælstof pr. ha, når afgræsningsmarken tilføres gylle og udelukkende anvendes til afgræsning. Ved at undlade at tilføre gylle til afgræsningsmarken reduceredes merudvaskningen ved afgræsning til kun 6 kg pr. ha, mens en kombination af afgræsning + slæt + tilførsel af gylle gav en merudvaskning i forhold til ren slæt på 10 kg kvælstof pr. ha. Udvaskningen ved afgræsningsmarker tilført gylle var 80 kg kvælstof pr. ha.

Modelberegninger med N-les3 viser en forøgelse af kvælstofudvaskning ved afgræsning frem for slæt på 31 kg på sandjord og 23 kg kvælstof pr. ha på lerjord. I den såkaldte "Virkemiddelrapport" (Schou et. al. 2007) er angivet en merudvaskning ved ren afgræsning frem for slæt på 108 kg på sandjord og 26 kg kvælstof pr. ha på lerjord.

Konsekvensen af omlægningstidspunktet for græsmarker afhænger af græsmarkens benyttelse og sammensætning og af jordtypen. Ved tidlig ompløjning af kløvergræsmarker (både slæt og afgræsning) og af afgræsningsmarker med rent græs med efterfølgende etablering af vintersæd bliver udvaskningen af kvælstof forøget med skønsmæssigt 50 kg på sandjord og 30 kg kvælstof pr. ha på lerjord. Pløjning af rent græs til slæt om efteråret frem for om foråret vil øge udvaskningen, men udvaskningen vil ikke blive større end udvaskningen fra vintersæd med andre forfrugter.

Forsøg på Jyndevad (JB 1) og Foulum (JB 4) viste en forøgelse på i gennemsnit 40 kg kvælstof pr. ha ved pløjning efterår frem for forår.

[Til top](#)

Baggrund

I flerårige afgræsningsmarker sker en betydelig opbygning af jordens indhold af organisk kvælstof. Det skyldes for det første, at fraværet af jordbehandling reducerer nedbrydningen af jordens organiske pulje og for det andet, at der er betydeligt kvælstofoverskud i specielt afgræsningsmarker. Årsagen er, at en betydelig del af det kvælstof, køerne indtager, tilbageføres til marken i form af urin og fæces, samtidig med at der sker en stor tilførsel af kvælstof gennem gødsningen.

Akkumuleringen af kvælstof og kulstof i græsmarkerne sker hurtigt efter etablering og aftager med tiden, efterhånden som puljerne vokser. Det præcise forløb afhænger af bl.a. gødningstilførsel, antal dyr, afgræsningsperioden og af sammensætningen af græsmarkerne.

Ompløjning af afgræsningsmarker betyder, at kvælstof i de opbyggede puljer frigives og resulterer i en betydelig eftervirkning i de efterfølgende afgrøder, men kan også betyde en stor nitratudvaskning. Risikoen for nitratudvaskning er derfor ofte meget stor efter ompløjning af specielt afgræsningsmarker. Dyrkningsmæssige tiltag med det formål at reducere nitratudvaskningen omfatter udsættelse af pløjningen til sen vinter eller forår, anvendelse af effektive efterafgrøder og reduceret kvælstoftilførsel til de følgende afgrøder.

I slætgræsmarker og specielt i slætgræsmarker, der kun er gødsket med handelsgødning, er udnyttelsen af kvælstof sædvanligvis stor og eftervirkning og nitratudvaskning efter ompløjning derfor lav.

[Til top](#)

Kvælstofoverskud og opbygning af frugtbarhed i græsmarker

Kvælstofoverskuddet i græsmarker i omdrift afhænger af anvendelse og græsmarkens sammensætning og overskuddet er betydeligt i græsmarker, der afgræsses af malkekvæg. Årlige kvælstofbalancer målt i 6 forskellige græsmarkssystemer vist i tabel 1 (Eriksen et al. 2010) demonstrerer, at der blev målt meget store kvælstofoverskud i afgræsningsmarkerne, mens kvælstofoverskuddene i slætgræsmarkerne var små.

Det bemærkes, at kvælstoffikseringen muligvis er underestimeret i slætgræsmarken. Konsekvensen af de store kvælstofoverskud i afgræsningsmarkerne er undersøgt i de efterfølgende kornafgrøder.

Første år var eftervirkningen af afgræsningsmarkerne så stor, at der ikke var behov yderligere kvælstoftilførsel, men i de efterfølgende år steg behovet for yderligere kvælstoftilførsel. Eftervirkningen af den afgræssede kløvergræsmark erstattede en gødningstilførsel på mindst 115 kg N pr. ha. Eftervirkningen af den afgræssede rajgræsmark var 90-100 kg N pr. ha. Eftervirkningen af slætgræsmarken var kun 25 kg N pr. ha, mens eftervirkningen kløvergræsmarken til slæt var stort set ligeså stor som efter afgræsning. Andet år efter ompløjning var eftervirkningen af afgræsset kløvergræs 60 kg N pr. ha og 40 kg N pr. ha efter afgræsset rajgræs. Efter slætgræsmarken af rajgræs var eftervirkningen negativ eller 0. Tredje år efter ompløjning var eftervirkningen ubetydelig.

Eftervirkningen var en kombination af kvælstof – og ikke-kvælstofeffekter. Den rene kvælstofeffekt af kløvergræsmarken var 50-70 kg N pr. ha.

Tabel 1. Årlig kvælstofbalance i seks forskellige græsmarker (kg N pr. ha pr. år). Tallene er gennemsnit af år 1-3 (Eriksen et al. 2010). En detaljeret beskrivelse af foderoptag, fremgangsmåde ved beregning af kvælstoffiksering mm. er beskrevet i (Søgaard et al. 2001).

		Rajgræs			Kløvergræs		
		Slæt	Afgræsset ⁴⁾ Kvælstofniveau		Slæt ³⁾	Afgræsset ⁴⁾ Kvælstofniveau	
			Lavt ¹⁾	Højt ²⁾	Lavt ¹⁾	Højt ²⁾	
Input	N i handelsg.	300	300	300	0	0	0
	N ₂ -fix	0	0	0	300	258	266
	N i Husdyrg.	0	222	320	0	240	326
Output	Afgrøde	287	240	292	288	271	342
Balance		13	282	328	12	227	250

¹⁾ 140 g N/døgn i tilskudsfoder (i den lave ende af normalniveauet)

²⁾ 310 g N/døgn i tilskudsfoder (meget højt niveau) ³⁾ Kvælstoffikseringen er målt ved ¹⁵N-fortyndingsmetoden. Kvælstoffikseringen er muligvis underestimeret i slætgræsmarken. ⁴⁾ Både dag- og natafgræsning. I gennemsnit har dyrene været på græs 17 timer pr. døgn. Dyrene har optaget ca. 10 FE pr. døgn.

[Til top](#)

Udvaskningsniveauer i græsmarker

Udvaskningsniveauer baseret på litteratur/forsøg

I unge græsmarker er nitratudvaskningen lav, fordi der akkumuleres store kvælstofmængder, men over tid afhænger tabene af ligevægten mellem input og den organiske kvælstofpulje. Ligevægten nås ikke de første år og nås senere i kløvergræsmarken end i den rene græsmark pga. kløverens selvregulerende evne.

Nitratudvaskningen er langt mindre, end kvælstofbalancerne antyder. Udvaskningen afhænger primært af management mht. afgræsning og input. I tabel 2 er vist den målte nitratudvaskning fra kløvergræsmarker med forskellig behandling (Eriksen et al. 2010). Nitratudvaskningen er lavest i slætgræsmarkerne, men et system der kombinerer slæt og afgræsning er bedre end et rent afgræsningssystem.

Fordelen ved det kombinerede system er mindre tilførsel af urin og fæces og et mindre kvælstofoverskud, fordi der fjernes kvælstof ved slæt af afgrøden. Begge dele reducerer udvaskningen. I en dansk undersøgelse havde afgræsningsmarker, der blev tilført gylle en markant højere nitratudvaskning end andre systemer. Årsagen er formentlig at arealer med urin og fæces har en lille kvælstoffiksering, mens gylle blev tilført over hele arealet. Tilførsel af gylle oveni arealer, hvor urin og fæces er afsat, får på denne måde et stort input, hvilket forårsager en stor nitratudvaskning.

Tabel 2. Nitratudvaskning fra kløvergræsmarker med forskellig behandling. afgræsningsmarken blev tilført 100 kg total N i kvæggylle om foråret. I slætgræsmarken blev tilført yderligere 100 kg N efter første slæt. Udvaskningstallene er gennemsnit af 4 år.

	Management				
Afgræsset	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej
Slæt	Nej	Nej	Ja	Ja	
Gylle	ja	Nej	Ja	ja	Nej
Nitratudvaskning, kg N pr. ha	80	28	32	22	18

Udvaskningsberegninger baseret på N-LES-3/Kalkule Mark

I Kalkule Mark version 1.4 (Hvid 2010) er udvaskningen fra græsmarker beregnet ved hjælp af N-LES-3-modellen. Resultaterne af beregningen ses i tabel 3. Udvaskningen er beregnet for henholdsvis kløvergræs og rent græs, og i begge tilfælde for henholdsvis rent slæt (4 slæt) og for 100 % af husdyrgødningen afsat ved afgræsning.

Kvælstofudvaskningen er beregnet for en situation med 1,7 DE/ha, hvor der suppleres op med handelsgødning til normen. Desuden er der for afgræsset kløvergræs simuleret en økologisk situation, hvor der er 1,4 DE/ha, og hvor der ikke tildeles handelsgødning. De angivne udvaskninger skal ses som den gennemsnitlige udvaskning over 2 år (1. års- og 2. års græs) fra en græsmark, der indgår i et sædskifte med vårbyg (græs -> græs -> vårbyg -> vårbyg).

Alle beregninger er lavet for sand (JB1) og ler (JB6) og for henholdsvis et tørt klima (4230 Skælskør) og et vådt klima (7190 Billund). Når tildelingen af husdyrgødning er større end 170 kg N/ha (se tabel 3, nr. 1-4), skyldes det at der i Kalkule Mark er lavet en fordeling af husdyrgødningen ud fra hele sædskiftet.

Tabel 3. Udvaskning fra græsmarker (gennemsnit over to år) beregnet ved hjælp af N-LES-3-modellen i Kalkule Mark version 1.4. 'Tørt' og 'Vådt' angiver henholdsvis et tørt klima (4230 Skælskør) og et vådt klima (7190 Billund).

		Husdyrgødning (kg total-N pr. ha)	Handelsgødning Kvælstofudvaskning fra rodzonen (kg N pr. ha)						
			(kg N pr. ha for JB1/JB6)	JB1			JB6		
				Tørt	Vådt	Gns.	Tørt	Vådt	Gns.
1	Kløvergræs 100 % afgræsning	262	46/52	45	72	59	28	56	42
2	Kløvergræs 4 slæt	262	46/52	22	34	28	13	26	19
3	Græs 100 % afgræsning	256	129/145	32	49	40	19	38	29
4	Græs 4 slæt	256	129/145	23	35	29	13	27	20

5 Kløvergræs 100 % afgræsning	140	-	24	37	30	14	28	21
6 Kløvergræs 4 slæt	140	-	18	28	23	11	21	16

Sammenlignes kløvergræs og græs, ser man, at anvendelsen (slæt eller afgræsning) har stor betydning for udvaskningen. Udvasningen ved slæt er stort set ens fra græs (nr. 4) og kløvergræs (nr. 2), mens udvaskningen under afgræsning af kløvergræs (nr. 1) i gennemsnit er 19 kg højere på sandjord og 13 kg højere på lerjord end udvaskningen ved afgræsning på rent græs (nr. 3).

Sammenlignes afgræsning med slæt, ser vi for kløvergræs en gennemsnitlig merudvaskning ved afgræsning på 31 kg på sandjord og 23 kg på lerjord. For rent græs er udvaskningen ved afgræsning i forhold til slæt henholdsvis 11 og 9 kg større på sand og ler.

For den 'økologiske' kløvergræsmark uden tildeling af handelsgødning og med en lavere tildeling af husdyrgødning, er udvaskningen under afgræsning (nr. 5) væsentligt lavere end fra kløvergræsmarken med en tildeling af kvælstof, svarende til normen (nr. 1). Desuden er forskellen mellem udvaskningen ved slæt (nr. 6) og afgræsning (nr. 5) mindre.

Problemer/usikkerheder ved beregninger med N-LES-3/Kalkule Mark:

- Ved beregningerne i Kalkule Mark indgår den model for beregning af kvælstoffikseringen, som er beskrevet i Hvid (2004) på baggrund af Kristensen og Kristensen (2002). Modellen estimerer fikseringen som en funktion af udbytte og kvælstoftilførsel (i handelsgødning og udbragt husdyrgødning). Det vurderes på baggrund af balancebetragtninger, at modellen undervurderer kvælstoffikseringen ved en lav kvælstoftilførsel i handelsgødning og udbragt husdyrgødning. Dette kan betyde, at fikseringen ikke øges tilstrækkeligt, når kvælstoftildelingen mindskes. Derfor er resultaterne især usikre ved beregninger på 'økologiske' scenarier med en meget lav kvælstoftildeling, hvor fikseringen må forventes at have en forholdsvis stor betydning for det samlede N-input. Denne problematik kan være en medvirkende årsag til det ret lave udvaskningsniveau, der ses for det økologiske scenarie i.
- I N-les3-modellen indgår græs, kløvergræs og frøgræs som samme afgrødeggruppe ved beregning af udvaskningen. Dermed skelnes der altså ikke mellem kløvergræs og græs. Det er årsagen til, at den beregnede udvaskning er stort set den samme under kløvergræs til slæt (nr. 2) og græs til slæt (nr. 4). Når der så til gengæld er en ret stor forskel mellem afgræsset kløvergræs (nr. 1) og afgræsset græs (nr. 3), så skyldes det sandsynligvis, at beregningen af kvælstoffikseringen i kløvergræsset ikke tager højde for mængden af husdyrgødning, som er afsat under afgræsning. Dermed bliver fikseringen stor og kan bidrage til en højere udvaskning end der ses fra græsmarken.

[Til top](#)

Reduktion ved at gå fra afgræsning til slæt ifølge virkemiddelkatalog

DMU et al. (2009) angiver effekten ved at gå fra 100 pct. afgræsning til 100 pct. slæt til at være en reduktion i kvælstof udledt til overfladevand på hhv. 21 kg, 22 kg og 35 kg for vest-, midt- og øst-Danmark (se tabel 4).

Disse effekter er fremkommet ud fra de effekter ved at gå fra afgræsning til slæt, som kan beregnes ud fra angivelserne i Schou et al. (2007). Her er fuld afgræsning beskrevet til at give anledning til en udvaskning på 155 kg N pr. ha på sandjord og 37 kg N pr. ha på lerjord, mens der for rent slæt regnes med en udvaskning på 47 kg N pr. ha på sandjord og 11 kg N pr. ha på lerjord. Dermed bliver reduktionen ved en ændring fra fuld afgræsning til rent slæt henholdsvis 108 og 26 kg N pr. ha på sand og ler. Disse effekter er i DMU et al. (2009) kombineret med en skønnet arealfordeling, samt gennemsnitlige N-retentioner, for at beregne reduktionen i udledt kvælstof i de tre områder. Der er regnet med gennemsnitlige N-retentioner på hhv. 78 pct., 68 pct. og 49 pct. for de tre områder.

Tabel 4. Effekt af ændring fra afgræsning til slæt som angivet i DMU et al. (2009). Effekten på udvaskningen er beregnet ud fra jordfordelingen og en effekt på sand og ler på hhv. 108 og 26 kg pr. ha. Jordtypefordelingen er angivet som et gennemsnit for oplandet, dog med maksimalt 50 pct. ler. Definition af områder: Vest: Vestjylland (det område syd for Limfjorden, der afvander til Vesterhavet). Midt: Det øvrige Jylland + Fyn. Øst: Området øst for Storebælt inkl. Bornholm.

	Vest	Midt	Øst
Jordtypefordeling (pct. sand/ler)	85/15	50/50	50/50
Effekt på udvaskning fra rodzonen	104	65,7	67,5
N-retention (pct.)	78	68	49
Effekt på N udledt til overfladevand	21	22	35

Angivelserne i Schou et al. (2007), som ligger til grund for beskrivelsen i DMU et al. (2009) er baseret på målte værdier udtrukket fra databasen bag N-LES-modellen.

[Til top](#)

Udvaskning ved ompløjning af græsmarker

Effekt af efterafgrøder

Udskydelse af ompløjning af græsmarkerne til sen vinter eller forår reducerer nitratudvaskningen især på sandjord og hvor der er stor nedbørsmængde tidligt efterår og vinter. Omkostningen er, at omlægning af græsmarker sent efterår eller om foråret udelukker, at der kan etableres vintersæd efter græs. Dette kan give et økonomisk tab svarende til forskellen i dækningsbidrag mellem vintersæd og vårsæd. Mekanisk bearbejdning af græsset f. eks. med en rotorharve før nedpløjning kan medvirke til at græsset omsættes hurtigere, hvorved frigivelsen af kvælstof synkroniseres bedre med afgrødens kvælstofoptagelse, hvis græsset ompløjes om foråret (Eriksen et al. 2010).

Efterafgrøder er effektive til at reducere nitratudvaskningen. I tabel 5 (Eriksen et al. 2010) er vist målt nitratudvaskning på en grovsandet jord efter ompløjning af hhv. en 3 år og en 5 år gammel kløvergræsmark. Græsmarkerne blev ompløjet om foråret. Efterafgrøderne har reduceret udvaskningen med 64-81 pct. Ved dyrkning af vårbyg til modenhed. Ved dyrkning af grønbyg med efterafgrøde af italiensk rajgræs blev udvaskningen reduceret med mere end 90 pct. Høst af vårbyg til grønbyg giver efterafgrøden bedre mulighed for at udvikle sig end ved høst af vårbyg til modenhed.

Tabel 5. Nitratudvaskning i den første vinter efter forårsompløjning af hhv. en 3 år og en 5 år gammel kløvergræsmark efterfulgt af grønbyg eller byg til modenhed med og uden efterafgrøde, grovsandet jord (Eriksen et al. 2010).

Management	Nitratudvaskning, kg N pr. ha			
Afgrøde	Efterafgrøde	Kg N pr. ha	3 år gml. Kløvergræs	5 år gml. kløvergræs
Grønbyg	Ital. Rajgr.	0	17	9
Grønbyg	Ital. Rajgr.	120	17	9
Byg til modenhed	Alm. Rajgr.	0	33	85
Byg til modenhed	Nej	0	171	237

Byg til modenhed Nej 120 304 323

[Til top](#)

Udvaskning efter forårsompløjning af græsmarker (afgræsning/slæt og græs/kløvergræs)

I tabel 6 og tabel 7 er vist målt nitratudvaskning i gennemsnit af 3 år efter forårsompløjning af henholdsvis en rajgræsmark (6) og en kløvergræsmark (7) på en lerblandet sandjord ved Forskningscenter Foulum i 1997, 1998 og 1999 (Eriksen 2001). Afgrødefølgen efter ompløjning af græsmarkerne var vårbyg, vårhvede og vårbyg alle med udlæg af rajgræs som efterafgrøde. Efter rajgræs til slæt var nitratudvaskningen lavere end efter afgræsningsmarker og efter kløvergræs til slæt. Nitratudvaskningen steg med stigende kvælstoftilførsel til kornafgrøderne, formentlig fordi forfrugtsvirkningen af græsmarkerne var så stor, at yderligere kvælstoftilførsel fik mængden af plantetilgængeligt kvælstof til at overstige afgrødernes kvælstofbehov.

Tabel 6. Udvaskningen i korn med efterafgrøde af rajgræs som gennemsnit af tre år efter ompløjning af en rajgræsmark. Baseret på resultater fra Eriksen (2001). Kg N pr. ha.

	Rajgræs	
	Slæt	Afgræsset
N i suppleringsfoder til græssende køer	- 140	300
N i gylle (total-N) til efterfølgende afgrøder	0 115 230 0	115 230 0 115 230
Udvaskning som gennemsnit af tre år (kg N pr ha)	7 16 28 13 34	50 23 29 66

Tabel 7. Udvaskningen i korn med efterafgrøde af rajgræs som gennemsnit af tre år efter ompløjning af kløvergræsmark. Baseret på resultater fra Eriksen (2001).

	Kløvergræs	
	Slæt	Afgræsset
N i suppleringsfoder til græssende køer	- 140	300
N i gylle (total-N) til efterfølgende afgrøder	0 115 230 0	115 230 0 115 230
Udvaskning som gennemsnit af tre år (kg N pr ha)	18 30 40 21 46	51 14 33 54

Betydning af ompløjningstidspunkt – beregnet ved hjælp af N-LES-4

I tabel 8 er vist resultaterne af udvaskningsberegninger med N-LES-4. Modelberegningerne er gennemført for en grovsandet jord og en sandblandet lerjord i hhv. Vestjylland og Østdanmark. N-les-4 modellen skelner ikke mellem slætgræs og afgræsningsgræs og resultaterne afspejler derfor en blanding i det omfang de to typer indgår i datagrundlaget for modellen. Modelberegningerne viser en betydelig merudvaskning ved nedpløjning af græsafrøden forud for såning af vintersæd sammenholdt med en forårsplojning.

Tabel 8. Resultater af udvaskningsberegninger i N-LES-4 på en grovsandet jord og en sandblandet lerjord i hhv. Vestjylland og Østdanmark

Jordtype	JB 1 og 3		JB 5-6	
Geografi	Vestjylland		Fyn	
Afgrøde	Rent græs-	rent græs-vintersæd	Rent græs-	rent græs-vintersæd
Handelg.	150	150	150	150
Husdg., total-N	140	140	140	140
N-fiksering	2	2	2	2
N-udvaskning, kg pr. ha	43	172	23	94

Betydning af ompløjningstidspunkt – baseret på litteratur/forsøg

I forsøg (Djurhuus og Olsen 1997) er ompløjningstidspunktets betydning for nitratudvaskningen målt i 2 forsøg på Jyndevad (grovсандet jord) og et forsøg på Foulum (sandblandet lerjord) ved ompløjning af en 1 år gammel kløvergræsmark anvendt til slæt. Pløjningerne blev foretaget enten tidligt efterår (september), sent efterår (november) eller forår (marts).

Ved den tidlige efterårsplojning var den efterfølgende afgrøde en vinterhvede, mens de øvrige ompløjninger blev efterfulgt af vårbyg. Afgrøder i 2. år efter ompløjning fremgår af tabel 9. Der blev tildelt kvælstof efter 'landbrugsmæssige' anbefalinger, hvilket til kløvergræsmarkerne betød tildeling af 250, 150 og 166 kg N pr. ha i handelsgødning til henholdsvis Jyndevad 1989-92, Jyndevad 1991-94 og Foulum 1992-95. Udvaskningen blev målt i tre vintre efter ompløjningen (for det forårsplojede forsøgsled er første måling sket i vinteren før ompløjningen). Udvaskning for de enkelte vintre, samt samlet udvaskning og gennemsnit ses i tabel 9.

Tabel 9. Nitratudvaskning (kg N pr. ha) målt i to forsøg på Jyndevad og et på Foulum. Resultater fra Djurhuus og Olsen (1997).



Der var ingen signifikante forskelle mellem afstrømningen for de forskellige forsøgsled, så variationerne i nitratudvaskningen er kun påvirket af ompløjningstidspunktet og forskellene i efterfølgende afgrøder.

I to af forsøgene (Jyndevad 1991-94 og Foulum 1992-95) ses en stor reduktion i udvaskningen i første år ved at udskyde pløjningen fra tidligt efterår (led 1 og 2) til sent efterår (led 3 og 4). Denne reduktion ses ikke på Jyndevad 1989-92, hvilket kan forklares med en meget lav nedbør i efteråret 1989. I alle forsøgene blev udvaskningen reduceret kraftigt i første år, når ompløjningen skete forår (led 5) efterfulgt af vårbyg i stedet for ompløjning efterår efterfulgt af vintersæd (led 1 og 2).

I tabel 10 er udelukkende angivet forskellen mellem led 1 og 5, dvs. forskellen mellem efterårsplojning efterfulgt af to års vintersæd og forårsplojning efterfulgt af vårsæd i første år og vintersæd i andet år. Det fremgår, at udvaskningen ved forårsplojning frem for tidlig i

efterårspløjning efterfulgt af 2 års vintersæd i gennemsnit over årene har været 6 kg pr. ha lavere i Jyndeved 89-92 og 15 kg lavere i Jyndeved 91-94. På lerjorden i Foulum har udvaskningen i gennemsnit været 20 kg N pr. ha lavere ved forårspløjning.

Tabel 10. Reduktion i udvaskning (kg N pr. ha) ved ompløjning forår (led 5) frem for ompløjning efterår (led 1). Negativ reduktion betyder, at udvaskningen er højest i det forårspløjede led.



I forsøg af Seidel et al. (2009) blev der foretaget en omlægning af 8 år gamle slætgræsmarker på sandet jord i Nordvesttyskland. Omlægningen til nye græsmarker skete enten forår eller sensommer/tidligt efterår, og nitratudvaskningen blev bestemt i de to efterfølgende vintre. Gennemsnitlige resultater heraf fremgår af tabel 11. Der blev i den første vinter efter omlægningen fundet en signifikant lavere udvaskning ved omlægning om foråret end ved omlægning om efteråret. I andet år var der ikke nogen signifikant forskel på omlægningstiderne.

Det konkluderes, at ved omlægning af græsmarker til nye græsmarker bør omlægningen så vidt muligt ske om foråret for at minimere nitratudvaskningen i den følgende vinter. Hvis omlægningen sker om foråret har kvælstoftildelingen til græsmarken i årene forud ingen betydning. Sker omlægningen om efteråret, er nitratudvaskningen størst, hvor græsmarkerne er gødsket med kvælstof, end hvor de ikke er. Betydningen af omlægningstidspunktet ses kun i den første vinter efter omlægning.

Tabel 11. Nitratudvaskning (kg N pr. ha) i første og andet år efter omlægning af slætgræsmarker enten forår eller efterår. 0 N og 320 N angiver tildelingen af handelsgødning til markerne før omlægning. Baseret på Seidel et al. (2009).

	Omlægning forår		Omlægning efterår	
År efter omlægning	0 N	320 N	0 N	320 N
1. år	6	7	40	62
2. år	8	14	6	5

Linden og Wallgren (1993) har undersøgt effekten af ompløjningstidspunktet på mineraliseringen efter korn, græs, kløver og kløvergræs. I hver af de fire afgrøder blev der enten foretaget tidlig pløjning (august/september) efterfulgt af vinterhvede eller sen pløjning (oktober/november) efterfulgt af vårbyg. Jordens indhold af uorganisk kvælstof blev målt tre gange i løbet efteråret og foråret som angivet i tabel 12. Kornafgrøden var enten havre eller vinterhvede, som blev tilført hhv. 70 eller 125 kg N pr. ha i handelsgødning. Til græs og kløvergræs blev tilført 110 kg N pr. ha, mens der til kløveren ikke blev tildelt noget kvælstof. I forsøget indgik 11 forskellige lokaliteter, hvor ca. halvdelen var placeret på lette jorde med mindre end 10 % ler og den anden halvdel var placeret på mere lerede jorde.

Tabel 12. Uorganisk kvælstof (kg pr. ha) i jorden (0-90 cm) på tre forskellige tidspunkter (Tidligt efterår, sent efterår og tidligt forår) for henholdsvis tidligt pløjet jord (pløjet i august/september) og sent pløjet jord (pløjet i oktober/november). Målingen 'tidligt efterår' er foretaget før den tidlige pløjning og er således et gennemsnit af både tidligt pløjet og sent pløjet jord. Målingen 'sent efterår' er foretaget umiddelbart før den sene pløjning. Fra Linden og Wallgren (1993).

	Målt tidligt efterår		Målt tidligt forår	
	efterår	Tidlig pløjet jord	Sent pløjet jord	Tidlig pløjet jord
Havre el. vinterhvede	34	40	27	34
Græs	22	31	16	28
Kløver	29	58	27	41
Kløvergræs	25	44	17	35

Af forsøgets resultater fremgår at kornafgrøden har efterladt mest N i jorden efter høst og græsmarken mindst. For alle fire afgrødetyper ser man ud fra målingerne i det sene efterår, at den sene pløjning frem for den tidlige pløjning efterfulgt af vinterhvede har givet anledning til et væsentligt lavere indhold af uorganisk kvælstof i jorden, på gennemsnitligt 22 kg N/ha. Det ser altså ikke ud til at vinterhveden, som har efterfulgt den tidlige pløjning, har været i stand til at optage al den kvælstof, som er et resultat af den øgede mineralisering efter den tidlige pløjning. Der er dog stor forskel på de enkelte afgrøder. For græs er forskellen mellem den tidlige pløjning og den sene pløjning kun 14 kg pr. ha, men forskellen for den rene kløvermark er 31 kg pr. ha.

Med det højere indhold af uorganisk kvælstof i jorden efter den tidlige pløjning vil risikoen for udvaskning være større. Det er dog væsentligt at bemærke, at målingerne er taget før den sene pløjning. Målingerne i det tidlige forår viser en langt mindre forskel mellem tidlig og sen pløjning. N-min-indholdet efter den sene pløjning er større i foråret end før pløjningen i efteråret, hvilket må være et resultat af den øgede mineralisering, der er påbegyndt efter pløjningen i efteråret. N-min indholdet i foråret for de tidligt pløjede marker er en del lavere end i efteråret. Denne ændring må være en kombination af optag i vinterhvede og udvaskning.

I en række forsøg landet over er der målt kvælstofudvaskning i forskellige sædskifter (Olsen 1995). Resultaterne fra forsøgene indgår i databasen bag N-LES3-modellen. I tabel 13 og tabel 14 er udtaget to eksempler fra henholdsvis Jyndeved (Tabel 13) og Silstrup (Tabel 14), hvor der indgår kløvergræs i sædskiftet, og hvor ompløjningen af kløvergræsmarken er sket enten forår efterfulgt af vårbyg eller efterår efterfulgt af vinterhvede. Udvasningen fra selve kløvergræsmarkerne ligger forholdsvis lavt, men i begge tilfælde ses en stor udvaskning året efter ompløjningen. For Jyndeved er udvaskningen på 201 kg N pr. ha fra vårbyggen, der efterfølger kløvergræsset, og for Silstrup har vinterhvede efter kløvergræs givet anledning til en udvaskning på 136 kg N pr. ha. Det skal nævnes, at afstrømningen har været forskellig i de enkelte år, og at udvaskningsmængderne derfor ikke er direkte sammenlignelige årene imellem. Den meget store udvaskning fra vårbyg efter kløvergræs på Jyndeved skal således ses i lyset af en meget stor afstrømning i 1993-94 i forhold til de øvrige år.

Tabel 13. Kvælstofudvaskning i et sædskifte på Jyndeved (JB1). Baseret på Olsen (1995).

År	Afgrøde	Handelsgødning total-N (kg pr. ha)	Husdyrgødning total-N (kg pr ha)	Udvasket nitrat-N (kg pr ha)
1990-91 Majs	52	168	134	
1991-92 Vårbyg	36	91	49	
1992-93 Kløvergræs	0	146	31	
1993-94 Vårbyg	0	77	201	

Tabel 14. Kvælstofudvaskning i et sædskifte på Silstrup (JB 6). Baseret på Olsen (1995).

År	Afgrøde	Handelsgødning total-N (kg pr. ha)	Husdyrgødning total-N (kg pr ha)	Udvasket nitrat-N (kg pr ha)
1988-89 Vårbyg	88	0	38	

1989-90 Kløvergræs	193	0	54
1990-91 Vinterhvede	165	0	136
1991-92 Bederoer	90	276	66
1992-93 Vårbyg	124	208	123
1993-94 Kløvergræs	0	100	13

[Til top](#)

Konklusioner

Kvælstofoverskuddet i slætgræsmarker af rent græs gødsket med handelsgødning er meget mindre end kvælstofoverskuddet i afgræsningsmarker. Derfor er det sandsynligt, at nitratudvaskningen ved ompløjning af slætgræsmarker af rent græs er væsentligt mindre end efter ompløjning af afgræsningsmarker. Dette understøttes af svenske undersøgelser, som viser, at efterårspøjning af rene slætgræsmarker giver anledning til samme stigning i N-min indholdet i det sene efterår, som efterårspøjning efter kornafgrøder. Det vurderes, at udvaskningen fra vinterhvede efter ompløjning af en slætgræsmark af rent græs ikke vil være større end udvaskningen fra vinterhvede efter vinterraps.

Afgræsningsmarker og herunder ompløjning af afgræsningsmarker og kløvergræsmarker kan give anledning til en forøgelse af nitratudvaskningen i de efterfølgende 2 vinterhalvår. Nitratudvaskningen kan imidlertid reduceres ved en dyrkningspraksis, som omfatter begrænsning af græsningsperioden, ingen eller begrænset gylletilførsel til afgræsningsmarkerne, reduceret kvælstoftilførsel til de første afgrøder efter ompløjning, forårspøjning og anvendelse af effektive efterafgrøder i 2 år efter ompløjning.

Generelt vurderes udvaskningen at være større ved ompløjning efterår efterfulgt af vintersæd end ved ompløjning forår efterfulgt af vårsæd. Dette er både gældende i det første år efter ompløjning og ud fra en gennemsnitsbetragtning over 2-3 år efter ompløjning. Ved efterårspøjning kan udvaskningen dog reduceres med 6-15 kg, hvis jorden er bevokset i de to efterfølgende vintre. Ved forårspøjning reduceres udvaskningen meget effektivt ved dyrkning af en efterafgrøde i en efterfølgende vinter.

Kvælstofbalancer (tabel 1)

- I gns. af 3 år blev målt kvælstofoverskud på 12-13 kg N pr. ha i både græs og kløvergræs til slæt.
- I gns. af 3 år blev målt kvælstofoverskud på 282 og 227 kg pr. ha i hhv. græs og kløvergræs til afgræsning ved 140 g N/døgn i tilskudsfoder
- I gns. af 3 år blev målt kvælstofoverskud på 328 og 250 kg pr. ha i hhv. græs og kløvergræs til afgræsning ved 310 g N/døgn i tilskudsfoder
- I slætgræsmarker var der ikke forskel mellem græs og kløvergræs
- I afgræsningsmarker var kvælstofoverskuddet større i græsmarker end i kløvergræsmarker, især ved høje niveauer af tilskudsfoder.

Kvælstofudvaskning i græsmarker

- Nitratudvaskningen i forsøg på Foulum (gns. af 4 år) var 68 kg kvælstof pr. ha lavere i slætgræsmarker end i afgræsningsmarker af kløvergræs, når afgræsningsmarken var tilført gylle (tabel 2).
- Nitratudvaskningen (gns. af 4 år) i marker med kombination af slæt og afgræsning var mindre end i rene afgræsningsmarker (tabel 2).
- Afgræsningsmarker tilført gylle havde en markant højere nitratudvaskning (gns. af 4 år) end andre systemer (tabel 2).
- Modelberegninger af udvaskningen (N-les3) viser, at udvaskningen er større fra afgræsningsmarker end fra slætgræsmarker. I kløvergræsmarker beregnes udvaskningen i afgræsningsmarker og slætgræsmarker til hhv. 59 og 28 kg N pr. ha. I græsmarker beregnes nitratudvaskningen i afgræsningsmarker og slætgræsmarker til hhv. 40 og 29 kg N pr. ha (tabel 3).
- Modelberegninger med N-les3 kan ikke skelne mellem græs og kløvergræs, da de er samme afgrødetype i modellen.
- Ved at erstatte afgræsningsmarker med slætgræsmarker angives af Schou et al.(2007) en reduktion i udvaskningen med 68 og 104 kg N pr. ha i hhv. Øst- og Vestdanmark (Målte værdier fra databasen bag N-les-modellen) (tabel 4).

Udvaskning ved ompløjning af græsmarker

- Ved ompløjning af en kløvergræsmark blev nitratudvaskningen reduceret ved at udsætte ompløjningen fra tidligt efterår (før såning af vintersæd) til sent efterår eller forår (før såning af vårbyg). Udvasningen blev reduceret mest ved at udsætte ompløjningen til om foråret (tabel 9).
- Ved omlægning af græsmarker var nitratudvaskningen mindre, når omlægningen skete om foråret end når den skete om efteråret (tabel 11).
- Ompløjning af korn, græs, kløver og kløvergræs i august/september medfører en stigning i jordens N-min indhold i november sammenlignet med ikke-pløjning. Forøgelsen rubriceredes Kløver>kløvergræs>græs>korn, men forøgelsen efter græs og korn var næsten ens (tabel 12).
- Efter forårspøjning af græsmarker var nitratudvaskningen lavere efter slætgræsmarker af rent græs end efter slætgræsmarker af kløvergræs (tabel 6 og 7)
- Det er vigtigt, at jorden er bevokset de følgende 2 vintre efter ompløjning af en kløvergræsmark (tabel 9).
- Ved dyrkning af vårbyg til modenhed efter forårspøjning af 3 og 5 år gamle kløvergræsmarker reducerede efterafgrøder af alm. rajgræs nitratudvaskningen med hhv. 81 og 64 pct. (tabel 5).
- Ved dyrkning af grønbyg med efterafgrøde af italiensk rajgræs blev nitratudvaskningen reduceret med mere end 90 pct. (tabel 5).

[Til top](#)

Litteratur

Cuttle, S. P. and Scholefield, D. (1995): Management options to limit nitrate leaching from grassland. *Journal of Contaminant Hydrology* 20, pp. 299-312.

DMU, DJF og FOI (2009): Notat vedr. virkemidler og omkostninger til implementering af vandrammedirektivet.

Eriksen, J. (2001): Nitrate leaching and growth of cereal crops following cultivation of contrasting temporary grasslands. *Journal of Agricultural Science* 136, pp. 271-281.

Eriksen, J., Vinther, F.P. og Søegaard, K. (2004): Nitrate leaching and N₂-fixation in grasslands of different composition, age and management. *Journal of Agricultural Science*, 142: 141-151.

Eriksen, J., Søegaard, K., Askegaard, M. og Hansen, E.M. (2010): Forage legume impact on soil fertility and N balance. *NJF report 6 (3)*, pp. 61-65.

Francis, G.S. (1995): Management practices for minimizing nitrate leaching after ploughing temporary leguminous pastures in Canterbury, New Zealand. *Journal of contaminant Hydrology* 20, pp. 313-327.

Hvid, S.K. (2004): Beregning af kvælstoffiksering. *Planteavlssorientering* nr. 07-497. Landscentret Planteavl.

Hvid, S.K. (2010): Regnearket Kalkule Mark. Videncentret for Landbrug, Planteproduktion. Version 1.04.

Kristensen, K., Jørgensen, U. og Grant, R. (2003): Baggrundsnotat til Vandmiljøplan II – slutevaluering. Genberegning af modellen N-LES. Miljøministeriet, Danmarks Jordbrugsforskning og Danmarks Miljøundersøgelser.

Kristensen, I.B. og Kristensen, T. (2002): Indirekte beregning af N-fiksering. Intern rapport, Danmarks JordbrugsForskning 157, 31-40.

Lindén, B. og Wallgren, B. (1993): Nitrogen mineralization after Leys Ploughed in Early or Late Autumn. Swedish Journal of Agricultural Research 23: pp. 77-89.

Olsen, P. (1995): Nitratudvaskning fra landbrugsjorde i relation til dyrkning, klima og jord. SP rapport nr. 15. Landbrugs- og fiskeriministeriet, Statens Planteavlsvforsøg.

Olsen, P. og Djurhuus, J. (1997): Nitrate leaching after cut grass/clover leys as affected by time of ploughing. Soil Use Management 13, pp. 61-67.

Schou et al. (2007): Virkemidler til realisering af målene i EU's vandrammedirektiv. DMU rapport nr. 625.

Seidel et al. (2009): The effect of grassland renovation on soil mineral nitrogen and on nitrate leaching during winter. J. Plant Nutr. Soil Sci. 272: pp. 512-519.

Søgaard, K., Lund, P., Vinther, F., Petersen, S. O. & Aaes, O. (2001): Afgræsning med malkekøer Betydningen af kløveriblanding, PBV- og AAT-niveau i kraftfoder, slæt/afgræsning, ammoniakfordampning og N₂-fiksering for udbytter og N-balancer. Århus Universitet, DJF-rapport nr. 51 Markbrug.

[Til top](#)