



Vegetationsudvikling og nitratudvaskning ved ændret arealanvendelse - eng, overdrev og skovrejsning i Drastrupprojektet 1998-2005

Gundersen, Per; Buttenschøn, Rita

Publication date:
2005

Document version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):
Gundersen, P., & Buttenschøn, R. (2005). *Vegetationsudvikling og nitratudvaskning ved ændret arealanvendelse - eng, overdrev og skovrejsning i Drastrupprojektet 1998-2005*. Hørsholm: Center for Skov, Landskab og Planlægning/Københavns Universitet.



Skov & Landskab

Center for Skov,
Landskab og
Planlægning • KVL

Vegetationsudvikling og nitratud- vaskning ved ændret arealanvendelse

*- eng, overdrev og skovrejsning i
Drastrupprojektet 1998-2005*

Per Gundersen & Rita M. Buttenschøn

Arbejdsrapport Skov & Landskab nr. 24-2005

Rapportens titel

Vegetationsudvikling og nitratudvaskning ved ændret arealanvendelse – eng, overdrev og skovrejsning i Drastrupprojektet 1998-2005

Forfattere

Per Gundersen & Rita M. Buttenschøn

Bedes citeret

Per Gundersen og Rita M. Buttenschøn (2005): Vegetationsudvikling og nitratudvaskning ved ændret arealanvendelse – eng, overdrev og skovrejsning i Drastrupprojektet 1998-2005, Aalborg Kommune og *Skov & Landskab, Arbejdsrapporter Skov & Landskab Nr.: 24*, 2005. 52 sider.

Serie

Arbejdsrapport Skov & Landskab nr. 24-2005

Rapporten publiceres udelukkende elektronisk på www.SL.kvl.dk og kan desuden hentes på følgende hjemmesider:

<http://www.aalborg.dk/Borgerportal/Serviceomraader/Energi+og+Miljoe/Vand/Grundvandsbeskyttelse+i+Drastrup.htm>

<http://www.water4all.com/>

ISBN

ISBN-10 87-7903-271-0 (Internet)

ISBN-13 978-87-7903-271-0 (Internet)

Udgiver

Aalborg Kommune og

Skov & Landskab

Hørsholm Kongevej 11

2970 Hørsholm

Tlf. 3528 1500

E-post: sl@kvl.dk

Gengivelse er tilladt med tydelig kildeangivelse

I salgs- eller reklameøjemed er eftertryk og citering af rapporten samt anvendelse af navnet *Skov & Landskab* kun tilladt efter skriftlig tilladelse

Skov & Landskab er et selvstændigt center for forskning, undervisning, formidling og rådgivning vedr. skov, landskab og planlægning ved Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole (KVL)

Forord

Grundvandsbeskyttelse ved ekstensiv arealanvendelse (skov, hede, enge eller overdrev) påkalder sig stigende interesse. Der findes imidlertid kun begrænset dokumentation af virkningen af ændret arealanvendelse på grundvandet.

Aalborg Kommunes har i en årrække arbejdet med at sikre grundvandsressourcen i kildeområdet ved Drastrup mod forurening med pesticider og nitrat, derfor er arealanvendelsen i store dele af området blevet ændret fra intensivt landbrug til skov og vedvarende græs gennem en langsigtet plan for området. I tidligere projekter blev der etableret indsamlingsudstyr til overvågning af nitratudvaskningen efter ekstensivering af driften.

Denne rapport er et led i EU-projektet '**Sustainable Groundwater Management**' (**Water4all**) i Interreg IIIb programmet. I dette projekt blev der dels etableret nye undersøgelser af græsningstrykrets betydning for vegetationsudviklingen og for nitratudvaskningen på en græseng, dels fulgt op på undersøgelserne fra tidligere projekter.

Park og Natur, Aalborg Kommune har haft ansvar for driften af arealerne, har indgået græsningsaftaler om afgræsning med kvæg og haft kontrol med græsningen på arealerne. Målinger af planteproduktionen og dens næringsværdi er foretaget i samarbejde med *Lisbeth Nielsen Natur & Landbrug APS*. En del af vegetationsregistreringerne er foretaget af *Thorkild Arnfred*. Installationen af nyt indsamlingsudstyr på græsengen er udført af *Skov & Landskab, KVL*. Vandforsyningen, Aalborg Kommune har foretaget den løbende prøveindsamling og Eurofins Danmark har udført de kemiske analyser af jordvandet. Prøveindsamling og analyse af nitrat i jorden hen over engarealet i november 2005 blev udført i samarbejde med en gruppe studerende fra Aalborg Universitet (*Mikkel Stokholm-Bjerregaard, Marie Louise Rask Wiwel, Alice Østergaard, Emil Dietz Fuglsang, Debora Diniz Viana Moura Claësson, Anders Ring, Anders Hansen*).

Rapporten er udarbejdet af *Skov & Landskab* på grundlag af data modtaget fra Aalborg Kommune.

En følgegruppe fra Aalborg Kommune har bestået af vandforsyningschef *Klaus Kolind-Hansen* og civilingeniør *Per Grønvald* fra Vandforsyningen og landskabsarkitekt *Gitte Ramhøj* og *Lars Delfs Mortensen* fra Park og Natur og *Christina Zink Folman* fra EU-kontoret.

Per Gundersen
Seniorforsker, *Skov & Landskab, KVL*

December 2005

Sammenfatning

Rapporten er et led i et EU-projekt om 'Bæredygtig forvaltning af grundvand' (Water4all) og udvider og bygger videre på tidligere undersøgelser af nitratbelastningen af grundvandet ved Drastrup i Aalborg Kommune. Et vigtigt formål med arbejdet i Drastrup er at demonstrere virkningen af ændret arealanvendelse på nitratudvaskningen fra tidligere landbrugsjord. Til dette formål blev der i 1998/99 etableret overvågningsudstyr til jordvand på tre arealer i Drastrup (to med skovrejsning og et udlagt til vedvarende græs med kreaturgræsning). I dette projekt er der yderligere etableret overvågningsudstyr i 2003 på en græseng, hvor der er fokuseret på græsningsintensitetens (græsningstryks) mulige påvirkning af nitratudvaskningen.

Rapporten indeholder grundoplysninger om engarealet med hensyn til jordbund, vegetations-sammensætning, planteproduktion, græsningsdrift og overvågningsmetoder. Der præsenteres vegetationsdata og data fra indsamlinger af jordvand der omfatter tre græsningssæsoner (frem til november 2005) ved de to græsningstryk.

Med dette og de tidligere projekter er vegetationsudvikling og nitratudvaskning på de øvrige græsarealer blevet fulgt sammenlagt over otte år efter omlægning. Nitratudvaskningen fra skovrejsning er blevet målt i seks år efter tilplantning.

Græsningstryk

Der er tidligere blevet rejst spørgsmål om græsningsintensitetens effekt på vegetationsudvikling og mulige påvirkning af nitratudvaskningen. Derfor blev græsengen udvalgt til et forsøg med sammenligning af et lavt græsningstryk (0,5 dyreenheder per hektar som hidtil praktiseret) mod et højt græsningstryk (dobbelt så højt eller mere) i to fenner. På grund af periodevis høj vandstand på dele af arealet er det vanskeligt at bedømme det reelle græsningstryk på det for dyrene tilgængelige græsareal i fenerne. Det kan dog konstateres, at der ikke har været den planlagte konstante forskel i græsningstryk mellem de to fenner. I 2005 var højt vs lavt græsningstryk således ombyttet i forhold til 2003 og 2004.

Registreringen af vegetationsudviklingen på græsengen er vanskelig at tolke i forhold til græsningstryk, når dette ikke har været konstant. På basis af målinger af primær produktion og foderkvalitet på arealet kan det dog konstateres at arealet kan bære et større græsningstryk end praktiseret tidligere. Produktionen er på 6-7 t tørstof per hektar, hvilket skulle kunne bære op mod 2 dyreenheder per hektar, men på grund af den høje vandstand vurderes engen at kunne bære op til 1 dyreenheder per hektar målt på bruttoarealet. Da produktionen er størst først på sæsonen kan græsningstrykket med fordel tilpasses foderproduktionen over sæsonen.

Løbende målinger af nitrat i jordvand over 3 år på et mindre areal i fenerne viste ingen effekt af græsningstrykket. Det kan ikke udlukkes at den manglende effekt skyldes denitrifikation ved høj vandstand på arealet eller at jordvand blandes med trykvand fra dybere jordlag. Derimod viste en undersøgelse af større dele af arealet og udvalgte steder med oprædningsskader, urinpletter med mere i november 2005 en væsentlig forøgelse af nitrat i jordprofilen ved det høje græsningstryk. Øget græsningstryk kan således medføre en målelig forøgelse af nitratudvaskningen. Bedømt ud fra denne undersøgelse kan selv begrænsede områder med stærk påvirkning fra græsningsdyrene (hovedsagelig p.g.a. koncentreret kvælstoftilførsel i urin) forøge udvaskningen omkring 50% på hele arealet, men hvis udvaskningen blot er nogle få kg N/ha/år vil betydningen være begrænset. I en tidligere undersøgelse i Mols Bjerge blev effek-

ten ved moderat græsning vurderet til at bidrage med op til 3 kg N/ha/år. Selv ved et højere græsningstryk vurderer vi at udvaskningen vil være mindre end 5-10 kg N/ha/år, især hvis græsningen er tilpasset foderproduktionen på arealet. Det afgørende for at opretholde lav udvaskning er, at vegetationsdækket er intakt, dvs. at kreaturerne ikke optrænger græspelsen på større dele af arealet.

Vedvarende græs (retablerede overdrev)

Vegetationsudviklingen mod mere naturpræget vegetation går langsomt på de retablerede overdrev. I første omgang er der sket en tilpasning til græsning, der giver en stabil og slidstærk vegetation. Tilstanden er stadig stærkt N-påvirket.

Målinger i det øvre grundvand i Drastrup tyder på, at nedsivningsvand ved den tidligere landbrugsdrift på højbundsjordene har indeholdt omkring 120 mg nitrat/l. Ved braklægning eller etablering af vedvarende græsarealer skete der en kraftig reduktion i nitratkoncentration og – udvaskning efterhånden som tilgængelige kvælstof blev udvasket eller fastlagt i urter og græs. Efter to til tre vækstsæsoner udenfor omdrift var nitratkoncentrationen tæt på nul, og nitratudvaskningen 1-2 kg N/ha/år eller mindre i det meste af perioden juli 1999 – oktober 2005. Dette selv om der ved en fejl var blevet indsået kløver (der samler kvælstof fra luften) på arealet. En undtagelse var en kortere periode i begyndelsen af 2004 med koncentrationer på op mod 20 mg nitrat/l, hvilket var en effekt af slåning (uden fjernelse af hø) i stedet for afgræsning i 2003.

Skovrejsning

Tilplantningen i Drastrupområdet giver mulighed for at undersøge skovrejsning med tre forskellige jordbearbejdningsmetoder: kulegravede huller, landbrugspløjning og dybdepløjning (reolpløjning). Træernes overlevelse har været god efter alle tre behandlinger, men tilvæksten har været minimal på en del af arealet med kulegravede huller. Det skyldes, at denne del har højtliggende kridt, der giver tørkeproblemer samtidig med at der forekommer bidning (græsning) fra harer og rådyr.

Ved plantning i kulegravede huller, der er den mest ekstensive af de undersøgte jordbehandlingsmetoder, var der ikke noget måleligt udslag i nitratkoncentration, idet plantedækket blev bevaret stort set intakt. Nitratudvaskning har været minimal <1 kg N/ha/år i alle 6 år efter tilplantning. Målestationen ligger dog i området med højtliggende kalk og dårlig tilvækst.

Efter både dybdepløjning og landbrugspløjning steg nitratkoncentrationen kraftigt og nåede niveauer på 100-200 mg nitrat/l, hvilket også er observeret på andre lokaliteter. I de første fire år efter tilplantning var nitratkoncentrationen højere på det dybdepløjede areal end på det landbrugspløjede, mens koncentrationen har være omtrent ens (25 mg nitrat/l) de seneste to år.

Kvælstofudvaskning kunne beregnes for 4 af de 6 år efter tilplantning og har i gennemsnit været 27 og 64 kg N/ha/år fra henholdsvis det landbrugspløjede og det dybdepløjede areal. Dette er forskelligt fra resultaterne fra et tilsvarende forsøg ved Nørager i Himmerland. Her var nitratudvaskningen godt nok også størst fra det dybdepløjede areal de første to år, men den blev efterhånden størst fra det landbrugspløjede areal. Dette havde således i gennemsnit over 6 år en udvaskning på 46 kg N/ha/år, mod 33 kg N/ha/år fra det dybdepløjede areal.

Selv om nitratudvaskning kan være stor (svarende til landbrugsdrift) umiddelbart efter tilplantningen, viser de øvrige danske undersøgelser af skovrejsningsarealer på tidligere landbrugsjord, at udvaskningen falder til under 5-10 kg N/ha/år i løbet af 3-5 år uanset jordbear-

bejdningmetode. Ofte var udvaskningen endog mindre end 1 kg N/ha/år, når vegetationsdækket var veletableret. Reduktionen i nitratudvaskning på arealet i Drastrup synes at gå lidt langsommere end gennemsnittet af de øvrige undersøgelser i Danmark. På grund af kvælstofbidraget fra luftforurening er der dog risiko for, at udvaskningen stiger igen, når skoven bliver ældre end ca. 20 år og træernes kvælstofbehov falder. Udvasningen på lang sigt kan blive til i størrelsesordenen 5-15 kg N/ha/år, hvilket er væsentligt lavere end ved den landbrugsmæssige omdrift. Plantning af skov, der bliver fredskov, giver endvidere arealet en god sikring mod fremtidige ændringer i arealanvendelsen.

English Summary

This report is a contribution to the project on 'Sustainable Groundwater Management' (Water4all). It continues and adds on to previous investigations of nitrate leaching to groundwater at Drastrup in Aalborg Kommune, Denmark. An important aim was to demonstrate the effects of land use change on nitrate leaching on former agricultural land. Systems for monitoring soil water composition below the main rooting zone were set up at three sites in Drastrup in 1998/99 (two in afforested fields and one left to develop as grassland grazed by cattle). In this project an additional monitoring system was installed on a meadow in 2003 to study effects of grazing intensity on nitrate leaching.

The report contains basic information on the meadow site such as soil conditions, vegetation, primary production, grazing pressure and monitoring methods. For the other sites this information is available in previous reports. Results from the meadow site on vegetation development and soil water chemistry are presented from three successive grazing seasons up to November 2005. Continuing on from previous project the vegetation development and nitrate leaching is reported for eight years after re-establishing permanent grass and for six years after planting forest.

Grazing pressure

The question whether grazing intensity has a significant effect on vegetation development and on nitrate leaching was investigated on a meadow split in two fences grazed at a low pressure (0,5 animal units per hectare as currently practised in Drastrup) and a high pressure (double or more of the low pressure). Due to periodically high water level at this particular site it is difficult to estimate the real grazing pressure at the area available to the grazing cattle in each of the two fences. It was, however, found that the difference in grazing pressure between the fences was not constant and not as high as planned. In 2005 high vs low grazing was even shifted between the fences compared to 2003 and 2004.

Analyses of the vegetation development on the meadow were difficult to interpret when the grazing pressure was varying and shifting. Based on measurements of primary production and fodder quality on the area it was found that the meadow could sustain a higher grazing pressure than previously practised. With a production of 6-7 t dry matter per hectare it should be able to sustain up to 2 animal units per hectare, but considering the high water level on parts of the area it is suggested that only 1 animal units per hectare (measured on the gross area) can be sustained. Since the plant production is highest early in the season, the grazing pressure may be varied according to fodder production to improve the development of natural species composition on the meadow.

Continuous measurements of nitrate in soil water over three years on a small area around the fence splitting the meadow in a low and a high grassing pressure treatments showed no effect of the grazing pressure. It cannot be excluded that the missing effect was related to denitrification at high water level on the area or that soil water was mixed with groundwater upwelling from deeper layers. However, a short-term investigation in Nov. 2005 covering a larger part of the meadow as well as of sub-areas with vegetation damage and with urine patches showed a significant increase of nitrate in the soil profile with the increase in grazing pressure. From this investigation a 50% increase in nitrate leaching from the whole area was esti-

mated due to the limited areas considerably influenced by the grazing animals (mainly due to concentrated nitrogen input in urine). But if nitrate leaching generally is just a few kg N/ha/yr, a 50% increase has a limited impact. In a previous investigation at another more dry site the effect of urine patches at moderate grazing was estimated to contribute up to 3 kg N/ha/yr. Even with a higher grazing pressure we guesstimate the leaching to be less than 5-10 N/ha/yr, especially if grazing pressure is adjusted to the fodder production on the particular area. The crucial point in keeping nitrate leaching low is that the vegetation cover is kept intact, i.e. that the cattle are not poaching the vegetation on a larger part of the area.

Permanent grass covers

The vegetation development towards a natural species composition is slow on the re-established pastures. As a first phase the vegetation has adjusted to the grazing giving a stable and robust vegetation layer. The species assemblage is still strongly nutrient affiliated.

Measurements in the uppermost groundwater in Drastrup indicate that water leaving the root zone contained approximately 120 mg nitrate/l during the recent agricultural use. A sharp reduction in nitrate concentration and leaching occurred after fallowing or establishment of grass, as the available soil nitrogen was effectively immobilised when a vegetation cover of grass and herbs were established. After two to three growing seasons out of rotation nitrate concentration was near the detection limit and nitrate leaching was estimated to 1-2 kg N/ha/yr or less during the period July 1999 to October 2005. This even though the field by mistake was seeded with clover (a nitrogen fixer). An exception was a short period in the beginning of 2004 with concentrations up to 20 mg nitrat/l, which was an effect of cutting of the grass (without removal of hay) instead of grazing in 2003.

Afforestation

With the planting of forests in Drastrup it is possible to compare afforestation using three different soil preparation methods: deep trenched planting holes, deep ploughing and conventional ploughing. Tree survival was good for all three preparation methods, but the increment was minimal on the part of the area with trenched planting holes. This was because this part has limestone close to the surface, which causes drought problems. At the same time hares and deer browsed on the trees.

Planting in deep trenched planting holes, the most lenient soil preparation method used, did not cause any measurable increase in nitrate concentration and leaching, since the vegetation cover was kept almost intact in this treatment. Nitrate leaching was minimal (<1 kg N/ha/yr) in all six years after planting. The measurements are however from the area with limestone close to the surface and poor tree increment.

After both deep and conventional ploughing the nitrate concentration increased dramatically and reached 100-200 mg nitrate/l as also observed at other afforestation sites. In the first four years after planting the nitrate concentration was higher on the deep ploughed area than on the conventional ploughed while the concentrations were similar (25 mg nitrat/l) in year 5 and 6.

Nitrate leaching could be calculated for 4 out of the 6 years after planting and was on average 27 and 64 kg N/ha/yr for conventional and deep ploughing, respectively. This is different from the results of a similar afforestation project at Nørager, Denmark, where nitrate leaching was highest from deep ploughing only for the first two years. With time the conventional ploughing became highest and over the 6 yrs of study nitrate leaching was on average 46 kg

N/ha/yr and 33 kg N/ha/yr for conventional and deep ploughing, respectively.

Although nitrate leaching can be large (comparable to conventional agriculture) in the first years after planting, other Danish studies of forests established on former agricultural soils show that nitrate leaching is less than 5-10 kg N/ha/yr (often even less than 1 kg N/ha/yr) within 3-5 years after planting, irrespectively of the soil preparation method applied. The reduction in nitrate leaching after planting in Drastrup takes more time than usually observed in other afforestations.

Due to the nitrogen load from air pollution there is a risk that nitrate leaching in the new forest can increase again when the forest gets older than c. 20 years and trees demand for nitrogen decrease. Nitrate leaching in the long-term may be in the order of 5-15 kg N/ha/yr, which is still significantly lower than during the agricultural use. Furthermore, planted forests that come under the concept of 'fredskov' in Danish law will be legally protected against future changes in land use.

Indhold

1	INDLEDNING	1
2	FORSØGSOMRÅDER OG METODER	4
2.1	Arealer med overvågning af jordvand	4
2.2	Græsningstryk	6
2.3	Vegetationsundersøgelser	7
2.3.1	Måling af vegetationsdække og -produktion	7
2.4	Overvågningsudstyr og kemiske analyser	10
2.4.1	Jordvand	10
2.4.2	Kampagneundersøgelse: Nitrat i jordvand bestemt ved ekstraktion	11
2.4.3	Nedbør og deposition	12
2.4.4	Jord	12
2.4.5	Udvaskningsberegninger	13
3	RESULTATER	14
3.1	Vegetationsudvikling, primær produktion og foderkvalitet	14
3.1.1	Vegetationsudvikling	14
3.1.2	Primær produktion og foderværdi	17
3.2	Nitrat i jordvand	20
3.2.1	Græsningstryk (og våde enge)	20
3.2.2	Braklægning og græsning	26
3.2.3	Tilplantningsmetoder	27
4	DISKUSSION	32
4.1	Effekten af græsningstryk på vegetation (våde enge)	32
4.2	Artssammensætning på retablerede overdrev	33
4.3	Effekten af forskellige græsningstryk på nitratudvaskning	34
4.4	Nitratudvaskning ved braklægning og omdannelse til græsningsoverdrev	35
4.5	Kvælstofbalance for ekstensive græsarealer	36
4.6	Skovrejsningsmetoder	38
4.7	Nitratudvaskning ved forskellige jordbearbejdningsmetoder	38
4.8	Virksomheden af ændret arealanvendelse i Drastrup (konklusion)	40
4.9	Overvejelser/Anbefalinger i forhold til dyrkningsdeklarationer for græsarealer	40

5	REFERENCER	42
6	BILAG	44
6.1	Forslag til fortsættelse af jordvands- og vegetationsundersøgelserne	44
6.2	Tekstur	46
6.3	Jordbundskemi	47
6.4	Opgørelse af græsning	48
6.5	Højde og produktionsmåling på engarealet	49
6.6	Foderstofanalyser	50

1 Indledning

Problemstilling

Aalborg Kommune vedtog i 1992 en grundvandsstrategi, der indebærer at vandforsyningen på sigt skulle baseres på velegnede grundvandsoplande udenfor byen og at grundvandet i disse oplande skulle beskyttes med de nødvendige virkemidler. Drastrupområdet mellem Frejlev og Skalborg udgør et af disse oplande (figur 1). Der er i 2001 vedtaget en såkaldt 'Delindsatsplan' for grundvandsbeskyttelse i Drastrup. Aalborg Kommune, Vandforsyningen (AKV) forventer, at vandindvindingen fra kildepladserne ved Drastrup skal med tiden dække 1/3 af byens vandforbrug (ca. 3 mill. m³/år). Vandindvindingsoplandet er på ca. 870 ha, hvoraf en stor del tidligere har været i almindelig landbrugsdrift.

Det øvre grundvandsmagasin har et højt nitratindhold på 120 mg/l, mens det dybe og væsentligt ældre grundvand stadig har et lavt nitratindhold på ca. 15 mg/l. Grundvandsmagasinet ligger i kalkaflejringer uden væsentlig reduktionskapacitet (lav nitratfjernelse), hvorfor nitratindholdet i det dybe grundvand efterhånden må forventes at nærme sig indholdet i det øvre magasin, hvis landbrugsbelastningen ikke bliver reduceret. Der er desuden gjort fund af pesticidrester i det øvre grundvand i to af AKVs indvindingsboringer samt i flere overvågningsboringer i Drastrup.

Aalborg Kommune (AAK) gennemførte i 1998 til 2001 et demonstrationsprojekt om 'Bæredygtig arealanvendelse i et grundvandsområde' ('Drastrupprojektet'), med støtte fra EUs LIFE-program. Ideen i 'Drastrupprojektet' var (og er stadig) at beskytte grundvandet mod yderligere forurening gennem skovrejsning og udlæg af ekstensive græsningsarealer på den tidligere landbrugsjord. Samtidig er det målet at øge adgangen til friluftsoplevelser og at give mere plads til naturlig flora og fauna i området.

Som en del af Drastrupprojektet blev der installeret overvågningsudstyr på 3 arealer i området for at dokumentere udviklingen i nitratnedsivning til grundvandet som følge af ændret arealanvendelse (figur 1). Med dette udstyr indsamles jordvand i en meters dybde til løbende kemisk analyse. Undersøgelserne omfattede sammenligninger af forskellige plantnings- og jordbearbejdningsmetoder med henblik på at vurdere, hvilke metoder der er bedst egnede i forhold til grundvandsbeskyttelse. Desuden indgik undersøgelser af floraudviklingen på de retablete græsningsarealer. Resultaterne fra de første års målinger er rapporteret i '*Nitratudvaskning fra skovrejsning og vedvarende græsarealer 1998-2001 – Drastrup projektet*' (Gundersen m.fl. 2001). Aspekter vedrørende friluftsliv, natur med mere er rapporteret i '*Evaluering af alternative metoder til skovrejsning og vedvarende græsarealer i Drastrup*' (Hansen m.fl., 2001).

Nyt projekt

Disse tidligere undersøgelser gav resultater til sammenligning af plantnings- og jordbearbejdningsmetoder på kort sigt, men gav ikke mulighed for at vurdere, hvilke metoder der er bedst egnede i forhold til grundvandsbeskyttelse på lidt længere sigt. I forbindelse med høringen omkring Delindsatsplanen blev der desuden rejst spørgsmål om sammenhængen mellem nitratnedsivning og græsningstryk (dvs. hvor mange dyr der græsser per hektar og hvor længe).

For bl.a. at svare på disse spørgsmål to AAK initiativ til nærværende projekt, der kom til at indgå som en del af EU-projektet '**Sustainable Groundwater Management**' (**Water4all**) i

Interreg IIIb programmet. I dette projekt blev de hidtidige undersøgelser suppleret med et nyt forsøg til at belyse spørgsmål om græsningstrykkets betydning for florausvikling og nitratudvaskning.

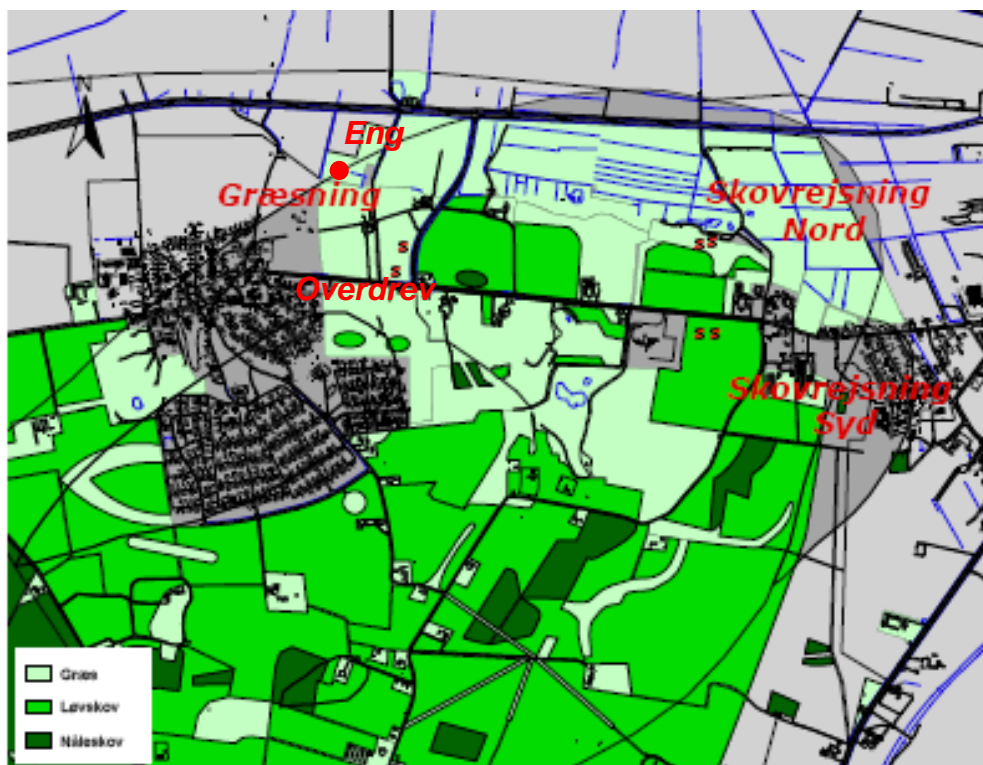
Formålet med undersøgelserne i nærværende projekt var således:

- At undersøge nitratnedsivningen ved forskelligt græsningstryk.
- At dokumentere udviklingen i vegetation og produktion på de udlagte græsenge og overdrev samt at undersøge udviklingen i forhold til græsningstryk.
- At opbygge et videngrundlag for at kunne tilpasse græsningstrykket i forhold til ønsket om lav nitratnedsivning og samtidig hensynet til tilstrækkelig foderproduktionen til græsningdyrerne.
- At dokumentere om nitratnedsivningen falder efter at arealanvendelsen i Drastrup er ændret fra landbrugsmæssig omdrift til skovrejsning og vedvarende græs.
- At undersøge betydning af forskellige etableringsmetoder for udviklingen i nitratnedsivningen op til 6 år efter etablering (især betydningen af jordbearbejdning: dybdepløjning i f.t. alm. landbrugspløjning).

Vores forventninger (hypoteser) til resultaterne var at

- Øget græsningstryk vil medføre større omsætning af den tilgængelig biomasse (mere gødning og urin), øget optrampning af vegetationen i nogle områder og dermed give forøget nitratnedsivning fra dele af arealet.
- Nitratnedsivningen fra skovrejsningsarealerne vil falde gennem undersøgelseperioden og være mindre end 15 mg/l på alle arealer uanset etableringsmetode i år 2004.

Resultaterne fra Drastrupprojektet er af interesse for arbejdet med grundvandsbeskyttelse i andre indvindingsoplande ved Aalborg såvel som i resten af landet. Erfaringerne fra Drastrup har bevågenhed i det omfattende arbejde som pågår med 'indsatsplanlægning' (i f.t. grundvandsbeskyttelse) over hele landet. Endvidere har Folketinget vedtaget en målsætning om at fordoble skovarealet over en trægeneration, hvor især bynær skov er højt prioriteret. Med vedtagelsen af Vandmiljøplan III indgår grundvandsbeskyttelse ved skovrejsning også som et virkemiddel for fortsat reduktion af kvælstofudledningen til vandmiljøet. Der findes imidlertid kun begrænset dokumentation af, hvordan skovrejsning påvirker grundvandet på det lidt længere sigt. Resultaterne fra Drastrup kan derfor bidrage til et bedre grundlag for planlægning og gennemførelse af skovrejsningsprojekter i fremtiden.



Figur 1: Projektområdet ved Drastrup, Aalborg Kommune. Placeringen af overvågningsstationer til jordvand: de tre hidtidige sæt af stationer er markeret med røde kassesignaturer og den nye jordvandstation på engarealet er med en •. To arealer er udlagt til skov og to arealer er udlagt til vedvarende græs (overdrev og eng). Se også tabel 1.

Figure 1: The project area at Drastrup, Aalborg. Location of the soil water monitoring stations: three set of old stations are marked with red boxes and a red dot mark the new station on the meadow. The light green areas are grasslands and the green and dark green areas are planned to be forests.

Rapporten

I denne rapport er hovedvægten lagt på at beskrive forsøget, hvor der sker afgræsning med forskelligt antal dyr pr hektar. Det udvalgte forsøgsområde på græsningsengen og de anvendte målemetoder bliver beskrevet. Resultaterne fra vegetationsundersøgelser over tre vækstsæsoner med forskelligt græsningstryk bliver præsenteret sammen med registreringer af vegetationsudviklingen på andre undersøgte arealer i området. Herefter følger resultaterne af prøveindsamling af jordvand på græsningsengen, der også omfatter tre sæsoner. Resultaterne for nitratudvaskning fra de øvrige arealer i området bliver kortfattet præsenteret med vægt på udviklingen i nitratudvaskningen fra 2002 til 2005. I diskussionen bliver resultaterne fra hele Drastrupområdet sammenlignet med andre resultater fra ind- og udland.

2 Forsøgsområder og metoder

2.1 Arealer med overvågning af jordvand

I foråret 2003 blev der udpeget et engareal mellem Ny Nibevej og naturstien ved den gamle kystskrænt lidt NØ for Frejlev by (figur 1) til forsøget med afgræsning ved højt og lavt græsningstryk. Det var vanskeligt at finde et ensartet areal af en størrelse, der gav mulighed for den nødvendige opdeling i to græsningsområder (fenner). Det udvalgte areal har nogle forholdsvis våde områder op mod Ny Nibevej, men med et areal på 7,5 ha var det muligt at lave to fenner med plads til henholdsvis en lille og en lidt større flok kvier (figur 2).

Anvendelsen af arealet indtil Aalborg Kommunes overtagelse i 1999 er ikke helt klarlagt. Engen har været omlagt og gødet indtil anlægget af Ny Nibevej, hvilket betød at der blev en opstuvning af vand. Dette nødvendiggjorde en mere ekstensiv drift. Derefter har arealet formentligt været anvendt til græsning og evt. høslæt på de tørre dele af arealet. Efter Aalborg Kommunes overtagelse har afgræsning har foregået fra og med sommeren 1999 med kreaturer (tabel 2).



Figur 2: Opdelingen af græsningsengen ved Ny Nibevej i to græsningsfenner (Fenne 1, 4,4 ha og Fenne 2, 3,1 ha) og placeringen overvågnings udstyret på hver side af hegnet i den sydlige ende; se detaljer vedrørende placering af opsamlerne i figur 5 .

Figure 2: The split up of the meadow in two areas (Fencing 1, 4,4 ha and Fencing 2, 3,1 ha) and the location of the monitoring equipment mirrored on both side of the fence in the southern part. For details see Figure 5.

Tabel 1: Arealer ved Drastrup med overvågning af jordvand.

Arealbetegnelse	Placering	Sidste om-drift	Overvågning in-stalleret (første måling)	Tilplantning/afgræsning start	Sammenligning og demonstration
Græsning (eng)	På engen foran litorina-skrænten NØ for Frejlev by	Se tekst (overtaget 01.04.1999)	Maj 2003 (Juni 2003)	Sommer 2003	Græsningstryk, højt vs lavt
Græsning (overdrev)	Nibevej/ Kærved-gårdsvej	1996 (overtaget 01.02.1997)	Januar 1998 (April 1998)	Sommer 1998	Brak vs brak inkl. Indsåning af græs
Skovrejsning Nord	Umiddelbart syd for AKVs Vandværk	1996 (overtaget 01.02.1997)	Januar 1998 (April 1998)	Efterår 1999	Kulegravede huller vs brak med såning af eg
Skovrejsning Syd	Drastrup Hedevej/ Nibevej, tidligere Taurus	1998 (overtaget 01.02.1999)	Juni 1999 (Juli 1999)	Efterår 1999	Landbrugspløjning vs dybdepløjning

De øvrige arealer med jordvandsundersøgelser fremgår af tabel 1. Disse arealer er beskrevet i Gundersen et al. (2001).

Oplysninger om arealanvendelsen dvs. afgrødevalg, gødskning m.m. tre år forud for overdragelsen til Aalborg Kommune er blevet indsamlet fra de tidligere ejere ved hjælp af spørgeskemaer. Hovedpunkter fra disse oplysninger er samlet i tabel 2 for alle arealerne med jordvandsstationer.

Tabel 2: Arealanvendelse på de tre arealer i Drastrup. Landbrugsanvendelse vist med grå baggrund.

Areal	1996	1997	1998	1999	2000-2002	2003-2005
Græsning (eng)	Ukendt	Ukendt	Ukendt	Afgræsning, 0,5 DE	Afgræsning, 0,5 DE	Afgræsning, med højt og lavt tryk
Græsning (overdrev)	Korn, gødet, sprøjtet	Brak (stubmark)	Urter/græs etableret, afgræsning startet	Afgræsning	Afgræsning og slåning 1-2 gange	Afgræsning og slåning uden fjernelse
Skovrejsning Nord	Vårbyg m/græsudlæg, gødet, sprøjtet	Brak på basis af græsudlæg fra '96	Brak, tæt græs, et høslæt	Brak, et høslæt Efterår: Tilplantning	Skovkultur	Skovkultur
Skovrejsning Syd	-	Grovfoder, gødet, sprøjtet	Grovfoder, gødet, sprøjtet	Tilsæt med græs inkl. kløver, et høslæt Efterår: Tilplantning	Skovkultur	Skovkultur

2.2 Græsningstryk

Græsningstryk bliver normalt angivet som antal dyreenheder (DE) per /ha (se tekstboks med definition). Græsningstrykket på arealer i det primære vandindvindingsområde i Drastrup har været på 0,5 DE/ha. Dette blev oprindeligt fastlagt ud fra en vurdering af hvor stor en produktion af tilgængeligt plantefoder, der kunne forventes efter ophørt gødskning og omlægning. Da der er tale om en ekstensiv græsningsdrift uden tilskudsfoder sætter produktionen af tilgængeligt foder en grænse for hvor højt græsningstrykket kan være uden at dyrene mistrives. Ved fastsættelse af græsningstrykket blev der også lagt vægt på at det skulle være så lavt, at der ikke ville opstå overgræsning med blottet mineraljord og optrampning til følge, og dermed fare for udvaskning af kvælstof (Gundersen m.fl. 1998).

Som udgangspunkt for undersøgelsen af effekten af forskelligt græsningstryk blev græsningstrykket sat til henholdsvis et uændret tryk på 0,5 DE/ha (Fenne 1), og et ca. dobbelt så højt græsningstryk på >1,0 DE/ha (Fenne 2), hvis foderproduktionen var tilstrækkelig..

Opdeling i to selvstændige fenner blev foretaget i maj 2003, hvorefter græsningen med forskelligt græsningstryk blev påbegyndt. AAK indgik en græsningsaftale for arealet med en landmand og førte tilsyn med at græsningen foregik som aftalt. Udbinding og hjemtagning m.m. blev registreret af græsningslejeren i en logbog. Disse data er sammenstillet i bilag 6.4.

Ud fra de opgivne græsningsdata (bilag 6.4) har græsningstrykket på det lave niveau svaret til det forudsatte på ca. 0,5 DE/ha, men forskellen mellem de to fenner har været mindre end den planlagte forskel (tabel 3). Desuden er der i løbet af forsøget byttet rundt på fennen med det høje græsningstryk, således at trykket var højest i Fenne 2 i 2003 og 2004, mens det var højest

Græsningstryk – definition af en dyreenhed (DE)

Dyreenheder er defineret i Miljøministeriets bekendtgørelse om erhvervmæssigt dyrehold, husdyrgødning, ensilage, mv. Beregningen er baseret på de forskellige dyrs energiomsætning med 1 malkeko af Jersey race som enhed (1 dyr lig 1 enhed), 1 malkeko af tung race svarer til 1,18 dyreenhed.

Kvier og stude af tung race kræver 2,9 dyr for at svare til 1 dyreenhed - det vil sige at der på et areal på 4 ha (som er den omtrentlige størrelse på de to forsøgshegn) kan der gå 4x0,5x2,9 kvier - dvs. 5-6 kvier afhængigt af størrelse - hvis det er Jersey kvier er tallet 4 kvier pr. dyreenhed - det vil give 4x0,5x4kvier - dvs. 8 - hvis vi skal have et græsningstryk på 0,5 dyreenhed på de 2x ca. 4 ha.

Græsningssæson fastsættes af amterne i forbindelse med MVJ. Nordjyllands Amt har MVJ foranstaltning vedr. græsningspleje - hvor man giver tilskud til græsning med krav om græsningstryk på 0,5 dyreenhed - i aftalerne defineret som 0,5 dyreenhed i gennemsnit over udbindingsperioden (dvs. normal græsningssæson - der afhængig af naturtype er fra ca. maj-sept/okt).

I praksis administrer AAK græsningstryk i græsningsaftaler som et maksimalt græsningstryk. Dvs., at græsningen igennem hele græsningssæsonen ikke må overstige det aftalte græsningstryk.

i Fenne 1 i 2005 (tabel 3), der har således ikke været en konstant påvirkning med henholdsvis lavt og højt græsningstryk. I perioder har de to fenner været samgræsset og hegnene har været løbet ned i en periode i 2003.

Græsningstrykket har dog målt som antal dyr (DE) x græsningsdage været nogenlunde konstant i Fenne 2, mens det i Fenne 1 er mere end fordoblet i 2005 i forhold til de forrige år. Der kan være forskel på størrelsen af dyr i de to fenner, der betyder at græsningstrykket kan være anderledes end det beregnede, ligesom der kan være forskel på størrelsen af vandlidende arealer, der ikke kunne græsses i de to fenner, og dermed et andet areal tilgængeligt for dyrene end det der ligger til grund for opgørelsen i tabel 3.

Tabel 3: Opgørelse af antal dyreenheder x græsningsdage i de to fenner, samt forholdet mellem de to græsningstryk. Høj vandstand har betydet at dele af fennerne ikke har været tilgængelige for dyrene i perioder, og specielt i 2003 blev kun de mest tørre dele af fennerne græsset.

	Fenne 1 (øst) ”lavt tryk” DE-dage/ha	Fenne 2 (vest) ”højt tryk” DE-dage/ha	Faktor Fenne 2/Fenne 1 (planlagt faktor = 2)
2003	100	155	1,6
2004	120	170	1,4
2005	220	175	0,8

2.3 Vegetationsundersøgelser

Der er foretaget vegetationsundersøgelser på de to græsningsarealer med jordvandsstationer eng og overdrev (tabel 1 og tabel 2). Desuden er tidligere registreringen i permanente felter fortsat på et engareal øst for Kærvedgårdsvej og på et overdrev syd for Gl. Nibevej (figur 1 og tabel 4). Overdrevet består af en skråning med et gammelt overdrev og et fladt areal, der har været omlagt og gødsket.. Resultater fra 1999-2001 og yderligere beskrivelse af arealerne findes i Hansen m.fl. (2001). De fortsatte vegetationsregistreringer er foretaget af Thorkild Arnfred.

Undersøgelse af primær produktion og foderkvalitet er foretaget på engarealet i forbindelse med forsøget med græsningstryk.

2.3.1 Måling af vegetationsdække og -produktion

Analyse af vegetations sammensætning og –udvikling er målt gennem årlige frekvensanalyser i permanent udlagte felter på 20x20 meter. I hvert felt er der lavet 50 analyser. På engarealet er der udlagt 3 permanent afmærkede prøvelfelter i hver af de to græssede fenner samt et felt i ugræsset kontrolområde i forbindelse med jordvandsstationen (se figur x). På overdrevet er analyser af vegetation fortsat i de felter, der blev udlagt i 1999 (Hansen m.fl. 2001).

Tabel 4: *Vegetationsanalyser og produktionsmålinger på græsarealer i Drastrup.*

Areal/lokalitet	Drift	Årlige vegetationsanalyser	Produktionsmåling
Eng (tabel 1 og 2)	To fenner med forskelligt græsningstryk	Fra 2003	2003 og 2005
Eng øst for Kærvedgårdsvej	Omlægning/gødskning ophørt i 1996	Fra 1999	-
A: Overdrev (tabel 1 og 2)	Brak 1997, herefter græsning og slæt	Fra 1999	-
O: Overdrev gl. Nibevej	Ikke omlagt skrænt,	Fra 1999	-
U: Udlæg gl. Nibevej	Omlægning/gødskning ophørt i 1996	Fra 1999	-

Måling af primær produktion og foderkvalitet er foretaget i 2003 og igen i 2005 i de to fenner på engen (figur 2). Princippet i målingerne af primær produktion er, at der udføres højdemålinger i hele folden ved afgræsningssæsonens start (50 stk.) og slutning (100 stk. – mere heterogene forhold sidst på sæson), kombineret med måling af tilvækst i små indhegninger, der sættes op og flyttes i løbet af sæsonen, således at man får et nyafgræsset areal hver gang. Der blev i 2005 benyttet træstolper rundt om de små indhegninger (figur 3), da der havde været problemer med at opretholde de mindre kraftige hegn der blev anvendt i 2003. Der blev opstillet 3 små indhegninger i hver af de to fenner, og der blev målt tilvækst i tre perioder. I 2003 Der er udført målinger: 23. maj, 17. juli, 30. august og 8. december. Sidste måling blev foretaget sent, idet dyrene var sent ude på arealerne. I 2005 er der udført målinger: 3. maj, 16. juni, 17. august og 3. november. Sidste måling blev foretaget umiddelbart efter at dyrene var hentet hjem fra afgræsning.



Figur 3: *Midlertidig frahegning til klipning af prøver til bestemmelse af planteproduktion og foderindhold i de to fenner med forskelligt græsningstryk (Foto: Lisbeth Nielsen).*

Figure 3: *Small temporary exclosures where the vegetation will be cut for estimation of plant production and fodder quality. The two adjacent exclosures are exclosed from either side of the fence-line dividing the meadow into a low, respectively high grazing pressure fencing.*

Højdemålingerne udføres ved hjælp af ”pladeløfter-metoden”, dvs. en aluminiumsplade sænkes ned over vegetationen indtil den netop bæres oppe, og her måles højden. Planteprov er fra små klip er kombineret til fælles tørstofmåling og analyse af foderværdi. Artssammensætning blev bestemt ved at sortere delprøver, der svarer til prøver til analyse af foderkvalitet. Prøverne blev sorteret i enkeltarter og dødt materiale. Tørstof procent blev bestemt for de arter, der forekom i betydeligt omfang. For øvrige arter, der kun forekom sporadisk, blev der benyttet samme tørstof procent per gruppe ud fra analyserne af de væsentligste arter.



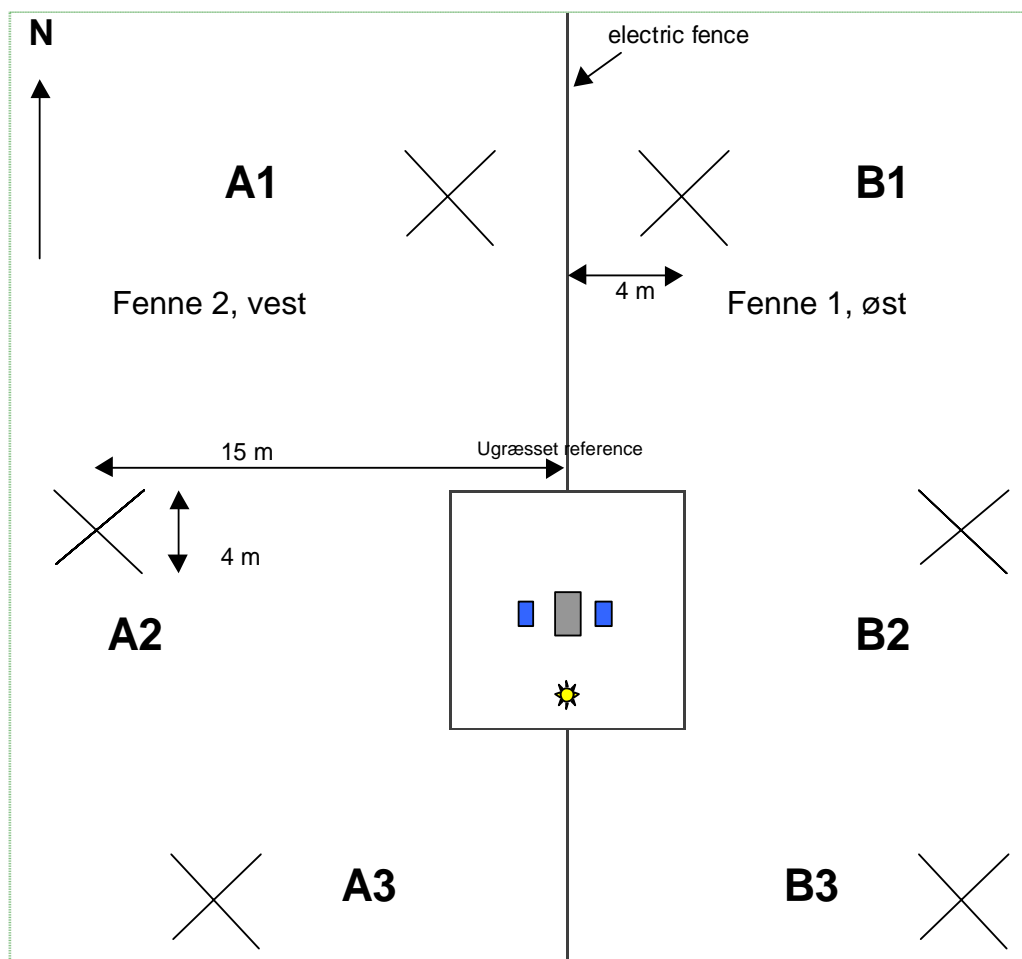
Figur 4: Jordvandsstationen på engarealet er placeret på en lille banke, der ligger lidt højere en størstedelen af engen. Hver gentagelse á 4 sugeceller er placeret i kvadrater (hvide kasser) op til 15 m fra opsamlingsenheden.

Figure 4: The soil water monitoring station on the meadow was placed on a small area slightly elevated above the rest of the meadow. Each replicated sampling plot (white square) with 4 samplers is up to 15 m away from the central insulated boxes containing the sampling flasks.

2.4 Overvågningsudstyr og kemiske analyser

2.4.1 Jordvand

Overvågningsudstyret er i princippet opbygget ens på de fire arealer. På hvert areal er udstyret installeret på to felter A og B, og hvert felt består af tre gentagelser. Dette design giver mulighed for to behandlingen (eller gentagelse i to blokke, som på overdrevarsarealet). Placeringen af gentagelserne på engarealet fremgår af figur 5. Her er de to felter A og B placeret på hver af hegnet mellem de to fener. På de øvrige arealer er der større afstand mellem felterne som beskrevet i Gundersen m.fl. (2001).



Figur 5: Placering af de tre gentagelser for jordvandsopsamling på hver side af hegnet i den sydlige ende af engarealet i Drastrup. Hver gentagelse er monteret med fire sugeceller placeret i enderne af de markerede kryds. Sugelangerne fra de fire celler samles til en ude i jorden og føres til opsamlingsenheden i frahegningen i midten. En del af frahegningen anvendes som ugræsset reference i forbindelse med vegetationmålingerne.

Figure 5: Location of soil water samplers in three replicates on each side of the fence on the meadow in Drastrup. Each replicate consists of four suction cells (placed at the ends of the large marked X). The four cells are connected to one suction tube, which goes to the sampling unit in the central small fencing. Part of this small fencing is used as an ungrazed reference for the vegetation measurements.

Opsamling af jordvand sker med teflon/glas sugeceller fra PRENART Equipment Aps. I opsamlingsperioden sørger et pumpesystem for et konstant vakuum i sugecellerne således at cellen løbende giver vand. Den integrerede prøve repræsenterer jordvandets sammensætning i indsamlingsperioden (typisk en måned). Systemet er forsynet med en overløbskontrol, der afbryder pumpesystemet ved for store mængder vand for at undgå skader på pumpesystemet. Systemets vakuum kan reguleres i forhold til den aktuelle jordfugtighed så sugecellerne giver en passende prøvemængde (1-2 liter) i indsamlingsperioden. Udstyret på begge felter forsynes med vakuum fra et pumpesystem. Strømforsyningen til pumpesystemet består af en akkumulator og en solcelleenhed.

På hvert felt er installeret 12 sugeceller, placeret i 3 grupper á 4 sugeceller. Hver gruppe er koblet til en opsamlingsflaske. Indenfor hver gruppe er sugecellerne placeret i et kvadrat med ca. 4 m afstand (figur 5). Prøven fra en gruppe repræsenterer derfor jordvandet fra et areal på ca. 25 m². Installationen blev foretaget i ca. 60 cm dybe (mod 100 cm på øvrige arealer). Denne dybde blev valgt på grund af højt grundvand og tegn på iltfrie (reducerende) forhold dybere i profilet. Sugecellerne blev installeret lidt skråt for at sikre uforstyrret jord over opsamlingen. Sugecellen blev placeret i bunden af et hul fra et jordspyd med samme diameter som sugecellen. For at forbedre den hydrauliske kontakt med jorden er cellen installeret i en opslemning af kvartsmel. Sugeslangerne fra de 4 celler er ude i jorden samlet til en slange, der føres til opsamlingsenheden. Der bliver således 3 prøver for hvert felt pr opsamling. De tre grupper er spejlet omkring hegnet mellem de to felter (figur 5).

For at sikre funktion så stor en del af året som muligt og for at undgå skader fra kvæg og andre dyr er vakuum- og sugeslager nedgravet i ca. 25 cm dybde. Slangestykket mellem opsamlingsenheden og gruppe-samlepunktet er dobbeltslange, for at reducerer sandsynligheden for beskadigelse. Opsamlingsenhederne er slagfaste termokasser nedgravet til terræn, hvilket holder prøveflaskerne kolde om sommeren og reducerer risikoen for frostsprængninger om vinteren. Om vinteren dækkes termokasserne yderligere med isoleringsmåtter. Prøveflaskerne er 2 liter Pyrex glasflasker.

Afhentning af prøver foregår normalt hver måned. Prøverne bringes straks til laboratoriet, hvor de opbevares under 5°C indtil analyse. Prøver analyseres efter standardiserede metoder med hensyn til nitrat og klorid (D/05;1).

Laboratoriet er certificeret til de udførte analyser. Datamaterialet fra vandanalyserne er blevet tjekket for mulige fejl fra indsamling, indskrivning mv. ved at gennemgå diagrammer med tidsserierne for samtlige målte parametre.

Enkelte manglende værdier i måleserierne for jordvæske er estimeret ved interpolation mellem måling før og efter den manglende værdi. Dette er gjort for at undgå at manglende værdier påvirker gennemsnit og/eller udregningen af udvaskning.

2.4.2 Kampagneundersøgelse: Nitrat i jordvand bestemt ved ekstraktion

For at bedømme om området ved jordvandsstationen er repræsentativt for arealerne inden for felterne, og for at undersøge i hvor høj grad skader på vegetationen, dyrenes foretrukne opholdssteder og urinpletter påvirker nitratudvaskningen blev der den 21. november 2005 udtaget prøver med jordspyd ned til 1 m dybde til ekstraktion med KCl og efterfølgende nitratmåling. Nitratindholdet i ekstraktionsvæsken omregnes ved hjælp af det oprindelige vandindhold til en koncentration i jordvand.

I området ved jordvandsstationen blev der taget en samleprøve af 3 stik ud for hver af de 6 grupper af sugeceller. Prøverne blev opdelt i 0-25 cm, 25-50 cm, 50-75 cm og 75-100 cm. Der

blev dernæst udtaget 5 tilfældige stik fra følgende arealtyper: a) langs en linie hen over de ikke vandlidende græsarealer i den sydlige ende af fenerne for at repræsentere hver fenne generelt; b) områder med bar jord ved vandingstrug i begge fener; c) hvileområder tæt ved vandingstrug med intakt vegetation i begge fener; og 5) urinpletter, der tydeligt kunne identificeres som mørkere vegetation. For disse prøver blev dybdeinddelingen foretaget mere detaljeret (10 cm eller lidt større intervaller) i de øverste 50 cm.

2.4.3 Nedbør og deposition

På Græsning (overdrev) og Skovrejsning Nord indsamles nedbør ved felt A i en regntragt (diameter 12 cm) med 10 cm høj kant. Opsamlingsflasken af polyetylen er nedgravet og beskyttet mod varme og sollys. Indsamlingen sker parallelt med jordvandet og prøverne behandles som beskrevet for jordvand og der måles volumen for at kunne beregne nedbørsmængden. De kemiske analyser suppleres med analyse af koncentrationen af ammonium (DS224;1). En del data fra nedbørsprøver blev kasseret på grund af tegn på forurening fra fugleklatte eller lignende. Estimatet for kvælstofdepositionen er usikkert på grund af manglende prøver og behov for interpolation for at kunne dække hele perioden. I 2002/03 var der ikke blevet målt volumen.

Kvælstofdepositionen med nedbøren kunne beregnes for perioden januar 2004 til oktober 2005 og var i gennemsnit 9,8 kg N/ha/år fordelt på 3,2 kg nitrat-N/ha/år og 6,6 kg ammonium-N/ha/år. For perioden 1999 til 2001 var depositionen 9,9 kg N/ha/år (Gundersen m.fl. 2001). Ud over nedfaldet med nedbøren på 10 kg N/ha/år er der et mindre bidrag som tørdeposition. Totalt er depositionen formentlig i størrelsesordenen 15 kg N/ha/år. Dette er lavere end den beregnede total deposition for Aalborg Kommune på 20 kg N/ha/år, der anvendes ved vurdering af husdyrbrug (Skov- og Naturstyrelsen, 2003). Dette kan hænge sammen med Drastrupområdet ikke har væsentlige lokale ammoniak-kilder (store husdyrbrug) og at oplandet i den fremherskende vindretning udgøres for en stor del af Limfjorden.

2.4.4 Jord

Jordprøver er udtaget på hvert af de to felter A og B som en blandingsprøve fra 12 stik med jordbor umiddelbart udenfor området, hvor sugecellerne er placeret. Prøverne er opdelt i 3 dybder (0-30, 30-50/60, 50/60-100) dog reguleret i forhold til jordbundsprofilet. Der er foretaget teksturbestemmelse på prøverne (Bilag 6.2) og kemiske analyser af pH(CaCl₂), opløselig P i svag svovlsyre, ombyttelige kationer samt total C og total N (Bilag 6.3).

Hovedresultaterne vedrørende jorden fra engarealet er sammenlignet med resultaterne fra de øvrige arealer i tabel 5. Engjorden er en typisk lavbundsjord med et højt indhold af organisk materiale og adskiller sig derfor fra de øvrige. Kvælstofpuljen i de øverste 30 cm er flere gange større end på de øvrige arealer på grund af det høje indhold af organisk stof. Fosforindholdet (Bilag 6.3) tyder at arealet kan have været gødsket. Under 60 cm er pH over 7 og grågrønne farver tyder på reducerende forhold under denne dybde.

Table 5: Jordbund, udvalgte karakteristika for pløjelaget (0-30 cm) på de fire forsøgsarealer (græsengen har dog formentlig ikke været pløjet, men alene gødet).

Areal	Felt	pH (CaCl ₂)	lerindhold (%)	C/N-forhold	N i pløjelag (t/ha)	Under pløjelag
Græsning (eng)	A	5,6	4,2	9,1	49	sand m/tørv
	B	5,6	4,0	8,9	47	sand m/tørv
Græsning (overdrev)	A	7,1	8,6	8,8	10	kridt ¹
	B	5,6	7,9	7,8	7	sand m/sten
Skovrejsning Nord	A	7,6	7,6	15	5	kridt
	B	7,6	6,1	13,7	4	kridt
Skovrejsning Syd	A/B	6,0 ± 0,5	5,3	10,4 ± 0,3	5,3 ± 0,3	sand

1: højtliggende kridt ved 2 af gentagelserne (1 & 3).

2.4.5 Udvaskningsberegninger

Der er ikke foretaget vandbalance modellering for de undersøgte arealer i dette projekt, da dette ville kræve en væsentligt større indsat inklusive månedlige jordfugtighedsmålinger (TDR-målinger) til kalibrering af modellen. Dette blev udført for de undersøgte arealer for 1998-2001 i det tidligere projekt (Gundersen m.fl., 2001).

For at få et estimat for nedsivningen på Skovrejsning Syd har vi anvendt den beregnede daglige nedsivning fra et skovrejsningsareal ved Nørager ca. 40 km syd for Drastrup (Pedersen m.fl. 2005). På dette areal er vandbalancen blevet modelleret for perioden 1998-2004. De to lokaliteter har samme jordtype, blev tilplantet omtrent samtidigt. Der blev desuden fundet en rimelig overensstemmelse mellem den beregnede nedsivning på de to lokaliteter for den overlappende periode 1998-2001, hvor der findes vandmodellering på begge lokaliteter.

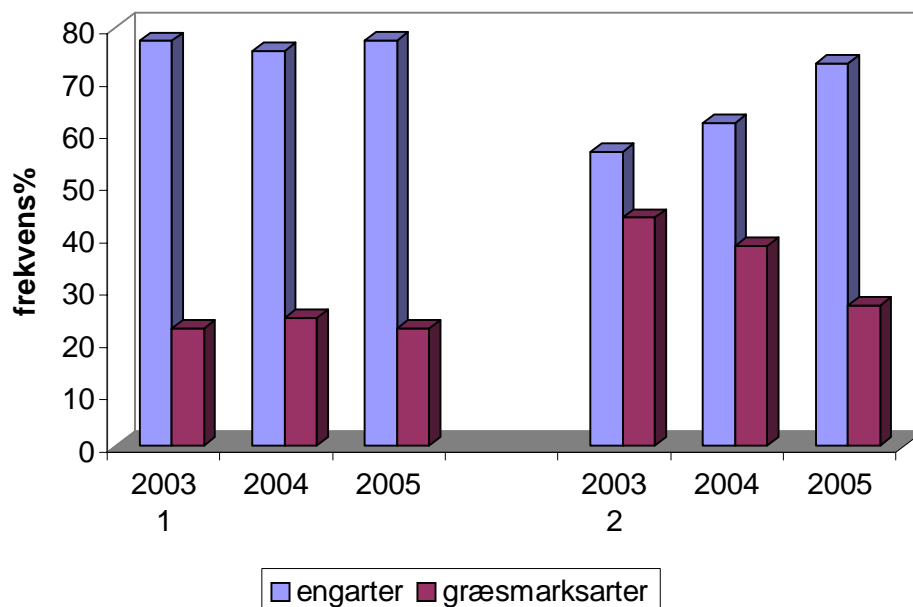
Kvælstofudvaskningen bliver beregnet ved at summere den modellerede daglige nedsivning for hver indsamlingsperiode og multiplicere med den målte N-koncentration i indsamlingsperioden. Den beregnede N-udvaskning er igen summeret for hvert år, her fra juli 2002 til juni 2003 og fra juli 2003 til juni 2004. Vandmodellen er endnu ikke kalibreret for 2004/05.

3 Resultater

3.1 Vegetationsudvikling, primær produktion og foderkvalitet

3.1.1 Vegetationsudvikling

Der er ikke konstateret en større udvikling i vegetationssammensætning på engen med to græsningstryk i løbet af de tre år, forsøget er foregået, men der er dog nogen forskel mellem vegetationsudviklingen i de to fenner (figur 6). Ved at bruge en grov opdeling i græsmarksarter og engarter er der fundet en signifikant forskel i frekvens af forekomster fra 2003 til 2005 ($p < 0,05$ ved en χ^2 -test) ved det lave græsningstryk i Fenne 2, men ikke ved det høje i Fenne 1. Som udgangspunkt har fennen med det høje græsningstryk dog mere engpræg end den med det lave – forskellen mellem udgangspunktet i de to fenner er også signifikant.

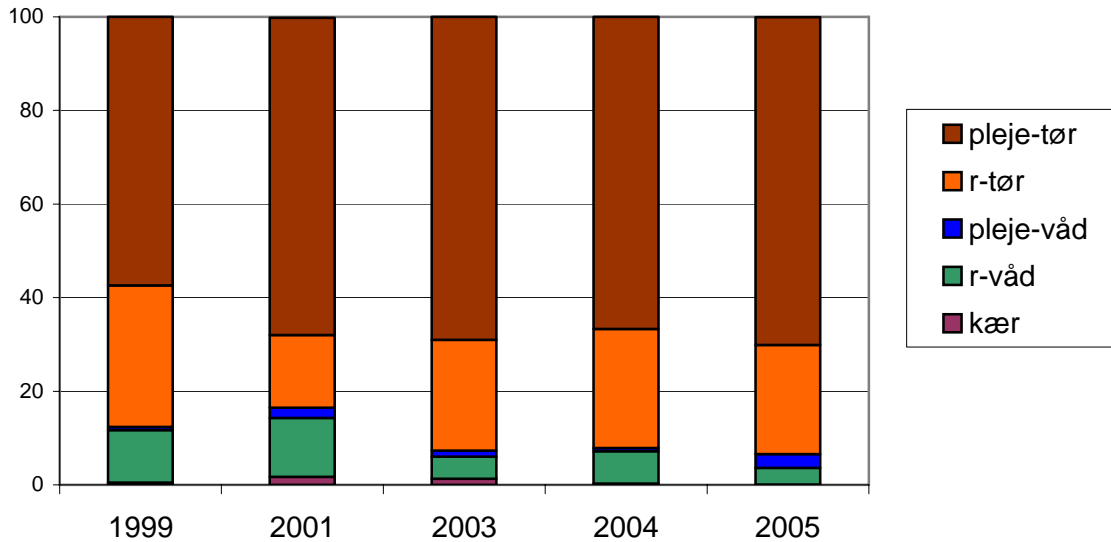


Figur 6: Udvikling i fordeling af engarter og græsmarksarter i Fenne 1 (venstre figur) og 2 (højre figur).

Figure 6: Development of meadow species (light colour) and of relayed pastures species in Fencing 1 (left) and Fencing 2 (right).

Græsmarksarterne omfatter kulturgræsser dvs. arter, som også forekommer i udsædsblandinger. For arterne på engen er det græsserne: alm. rajgræs, alm. rapgræs, eng rapgræs og eng svingel samt hvidkløver. Der er ikke sket ændringer i artsantallet i de to fenner i perioden 2003-2005. Med hensyn til ændring i sammensætning hen over sæsonen, så var der en signifikant større mængde dødt materiale ved sidste prøvetidspunkt i august måned sammenlignet med de to første prøvetidspunkter (se figur 11 i afsnittet om foderkvalitet). Dette forhold gjorde sig gældende for begge fenner.

Engen øst for Kærvedgårdsvej er i høj grad præget af tidligere gødskning. Den er ret artsfattig og præget af N-tålende arter. I figur 7 er artsammensætningen opdelt i egentlige kærarter, plejeassocierede arter på hhv. tør og fugtig bund og forstyrrelseskrævende arter på hhv. tør og fugtig bund. Andelen af forstyrrelseskrævende arter falder, mens de plejeassocierede stiger (tabel 6). Der sker ikke nogen ændring af kærarternes bidrag til vegetationssammensætningen i undersøgelsesperioden – deres bidrag forbliver meget lille.



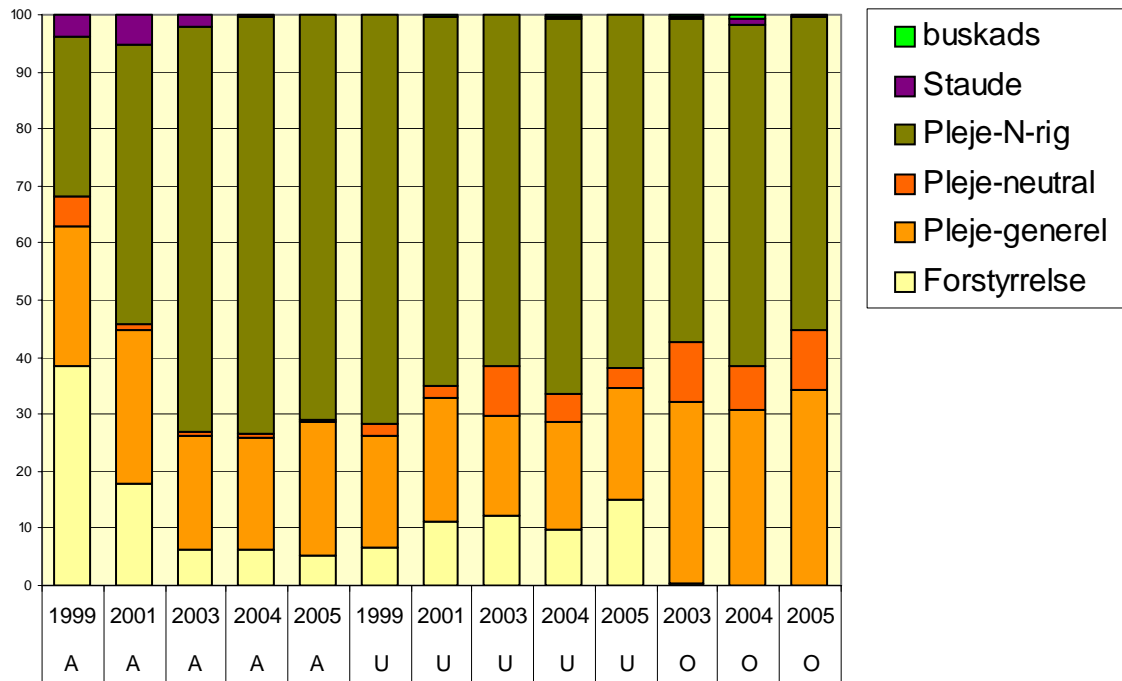
Figur 7: Vegetationsudvikling på engen øst for Kærvedgårdsvej. Angivelserne er procent af frekvens. Artsgrupper: pleje-tør = plejeassocierede på tør bund, r-tør = ruderales (forstyrrelsesassocierede) på tør bund, pleje-våd = plejeassocierede på våd bund, r-våd = ruderales på våd bund og kær = kærarter.

Figure 7: Vegetation development on another meadow in Drastrup after cease of fertiliser application. The species groups are: brown = management dependent species of dry land, orange = disturbance dependent species of dry land, blue = management dependent species of wet land, green = disturbance dependent species of wet land and purple = true meadow or mire species.

Tabel 6: Udviklingstendens indenfor de artsgrupper, der er registreret på engen (Figur 7). Kun de signifikante tendenser er sikre. Signifikansen er baseret på χ^2 -tests på data fra start- og slutår.

	Tendens	Signifikans
Pleje, alle	stigende	p < 0,05
Forstyrrelse, alle	faldende	p < 0,05
Pleje tør	stigende	ikke signifikant
Pleje våd	stigende	ikke signifikant
Forstyrrelse, tør	faldende	ikke signifikant
Forstyrrelse, våd	faldende	p < 0,05
Kærarter	svingende	ikke signifikant

Vegetationsudvikling i undersøgelsens to overdrev er sammenstillet i figur 8. De gamle overdrevsfragmenter (O), der ligger syd for Gl. Nibevej har karakter af neutralbundsoverdrev, men de er mere eller mindre gødskningspåvirkede fra den tidligere græsmarksdrift. De indeholder således ud over karakterplanter for neutralt overdrev væsentlige dele af kvælstofkrævende, plejefafhængige arter og plejekrævende generalister.



Figur 8: Vegetationsudvikling på A = (braklagt ager) retableret overdrevet med jordvandsstationen, U = udlægsmark og O = gammelt overdrev syd for Gl. Nibevej.

Figure 8: Vegetation development on (A) a re-established common (fallow after barley and then grazed), (U) a sown pasture, and (O) a disturbed but old common. The plant groups are: light green = scrubland species, purple = large perennial herbs, olive = management and nitrogen dependent species, orange = management dependent species of neutral grassland, light orange = management dependent generalist species and light yellow = disturbance dependent species.

I såvel retableret overdrev (A) som i udlægsmark (U) ses islet af forstyrrelsesassocierede arter. I udlægsmark ligger disse omkring 10% af frekvensen af alle arter, mens de i brakmarken i begyndelsen udgør 40%. Deres andel falder brat over de første år, hvor arealet dels er blevet græsset, dels er blevet ”trimmet/slået”. Disse arter findes kun sporadisk på det egentlige overdrev (O). Andelen af plejefafhængige planter er stor i alle forsøgsområderne, men de egentlige overdrevsarter har et meget svingende bidrag i de unge græsmarker og et forholdsvist lavt bidrag (< 10%) i overdrevet. Indenfor undersøgelsesperioden 1999 til 2005 er det kun brakmarken (A), der har en signifikant forskydning af vegetationen, et vigende ruderalsamfund giver plads til N-associeret græsmarkssamfund.

Ser man på Ellenberg N-indikatorværdier for de tre samfund er der en tydelig forskel mellem de tre samfund (tabel 7). Det gamle overdrev har en N-værdi på 4 – 4,5, mens de to unge græsmarkssamfund, A og U, ligger omkring 6. Der ses en svag – dog endnu ikke signifikant – tendens til fald i N-værdi på den braklagte ager (A), hvor der udover græsning er sket en slåning af vegetationen 2-3 gange.

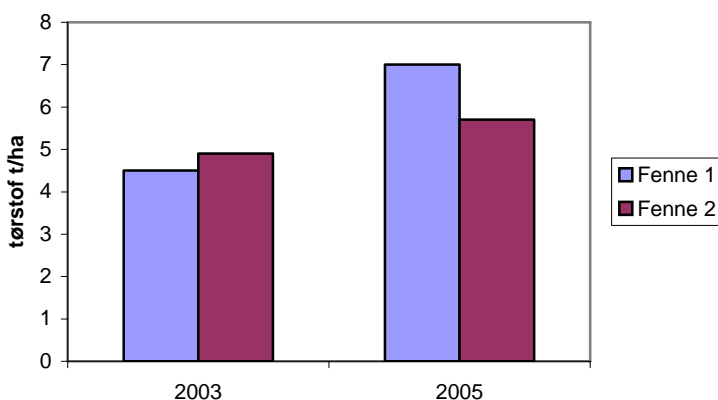
Tabel 7: Udvikling i Ellenberg N-værdi på retableret og gammelt overdrev

	1999	2001	2003	2004	2005
A: Braklagt ager (overdrev med jordvandsst.)	6,1	6,1	6,3	6,0	5,8
U: Udlægsmark	6,2	6,3	6,2	6,2	6,3
O: Gammelt overdrev (syd for Gl. Nibevej)	4,3	4,3	4,3	4,3	4,5

3.1.2 Primær produktion og foderværdi

Fra højdemålinger af vegetationen og klip af små felter (0,25m²) er der fundet en relation mellem højde og tørstof (Bilag 6.5), hvorefter tilvæksten er beregnet for hver af indhegningerne i afgræsningsperioden (figur 9). Til vurdering af, hvor meget der er fjernet med de græssende dyr, er der justeret for forskel i højden ved afgræsningsperiodens begyndelse og slutning i hele folden. Der var dog ikke ved slutningen af sæsonen væsentlige forskelle i højderne mellem Fenne 1 og Fenne 2 i de frahegnede målefelter, selv om der ved måling ud over hele folden var højere vegetation i Fenne 1 end i Fenne 2 (Bilag 6.5). Dette tyder på at græsningen har været mere koncentreret i området med målefelterne.

Tilvækst i tons tørstof per ha produceret i afgræsningsperioden blev beregnet til 7 t tørstof/ha i Fenne 1 og 5,7 t tørstof/ha i Fenne 2. Primær produktionen er højere i begge fenner i 2005 end den var i 2003, med særlig stor forskel i Fenne 1 (figur 9).



Figur 9: Primær produktion målt som tons tørstof per ha i Fenne 1 og 2 i 2003 og 2005.

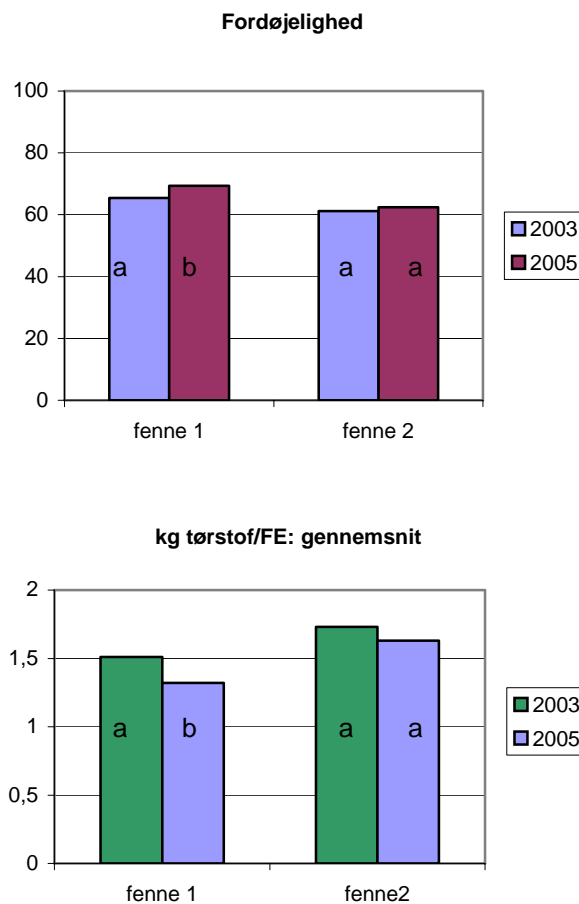
Figure 9: Primary production measured in tons of dry matter per ha in Fencing 1 and 2 in 2003 and 2005..

Mængden af tørstof optaget af de græssende dyr er vurderet ved at justere for højdeforskelle i hele folden ved start og slutning af afgræsningsperioden. Her var der samme resultat for de to folde - både Fenne 1 og 2, nemlig 6,4 t tørstof/ha indtaget under afgræsning i 2005. I 2003 var de tilsvarende værdier henholdsvis 3,6 t tørstof/ha i Fenne 1 og 5,5 t tørstof/ha i Fenne 2.

Over tre perioder i hver af årene 2003 og 2005 er der foretaget analyser af foderkvaliteten af det planteudbud der er til rådighed for de græssende dyr (Bilag 6.6). Ud fra disse data er pro-

duktionen i foderenheder vurderet til ca. 5500 og 3900 FE/ha i henholdsvis Fenne 1 og Fenne 2. Den største del af produktionen ligger i første halvdel af græsningsperioden.

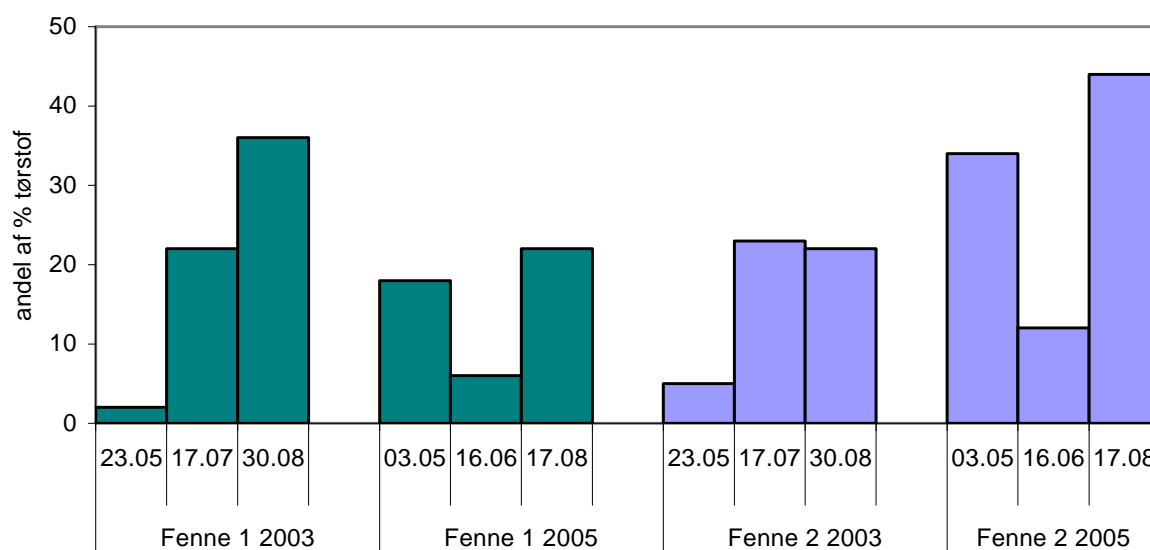
Der er udført sammenligninger mellem Fenne 1 og Fenne 2 på foderstofdata fra 2003 og 2005 og fundet signifikante forskelle for udvalgte variable (Bilag 6.6). I Fenne 1 steg fordøjeligheden af planteproduktionen (figur 10) fra 2003 til 2005, mens der ikke var forskel i Fenne 2. Tilsvarende var der også en lille men signifikant stigning i fiberindholdet i Fenne 1 (Bilag 6.6).



Figur 10: Fordøjelighed (øverst) angivet som procent af organisk stof og tørstof per foderenhed (nederst) i Fenne 1 og Fenne 2 i 2003 og 2005. Forskellig bogstav indikerer signifikante forskelle mellem år.

Figure 10: Digestibility in percent of organic matter (upper panel) and kg of dry matter per Scandinavian fodder unit (FE) (lower panel). Different letters on bars indicate significant differences between years.

Foderkvaliteten i Fenne 1 var som gennemsnitsbetragtning blevet bedre fra 2003 til 2005 (et fald i tørstof per foderenhed), hvorimod der ikke var signifikant forskel mellem år 2003 og 2005 for kvaliteten i Fenne 2 (figur 10, nederst). Kvaliteten var for begge fenner bedst ved første prøvetagning i maj (se Bilag 6.6). For Fenne 1 var der ikke signifikant forskel på kvaliteten senere på året, mens kvaliteten i Fenne 2 faldt signifikant hen over sommeren; sidst på sæsonen skulle der 2 kilo tørstof til en foderenhed (Bilag 6.6).



Figur 11: *Andel af dødt plantemateriale i planteprøver fra de to fencer i hhv. 2003 og 2005. Plantematerialet betegnes som dødt når mere end halvdelen af planten har karakter af dødt plantevæv.*

Figure 11: *Fraction of dead plant material in samples from the two fencings in 2003 and 2005, respectively. Plant material was defined as dead when more than half the plant had the characteristics of dead plant tissue.*

Andelen af dødt plantemateriale har stor betydning for foderkvaliteten og er i høj grad påvirket af det aktuelle græsningstryk i forhold til plantevæksten. Græsningstrykket har været forskellig i de to fencer, men forskellen var lidt mindre end planlagt (tabel 3). I løbet af forsøget har der været byttet rundt på fennen med det høje græsningstryk, således at trykket var højest i Fenne 2 i 2003 og 2004, mens det var højest i Fenne 1 i 2005 (tabel 3), så forskellen ikke har været konstant. I 2003 var engen meget våd og et relativt koldt forår betød, at plantevæksten var længe om at komme i gang. Trods den sene start var der for få dyr i Fenne 1 til at de kunne følge med plantevæksten. En stor del af plantevæksten blev ikke græsset ned og dermed ikke vedligeholdt i en frisk tilstand. I Fenne 1 var således op mod 40% af plantematerialet vissent i august (figur 11). Det betød en forringet foderkvalitet og vanskeligheder med at holde kvæget inde i fennen. I 2005 er det især Fenne 2, der generelt og specielt i august har en meget høj andel af vissent plantemateriale. Selvom græsningstrykket er lidt højere i Fenne 2 i 2005 end i de to foregående år, er det ikke nok til at kvæget kan vedligeholde plantevæksten i frisk tilstand.

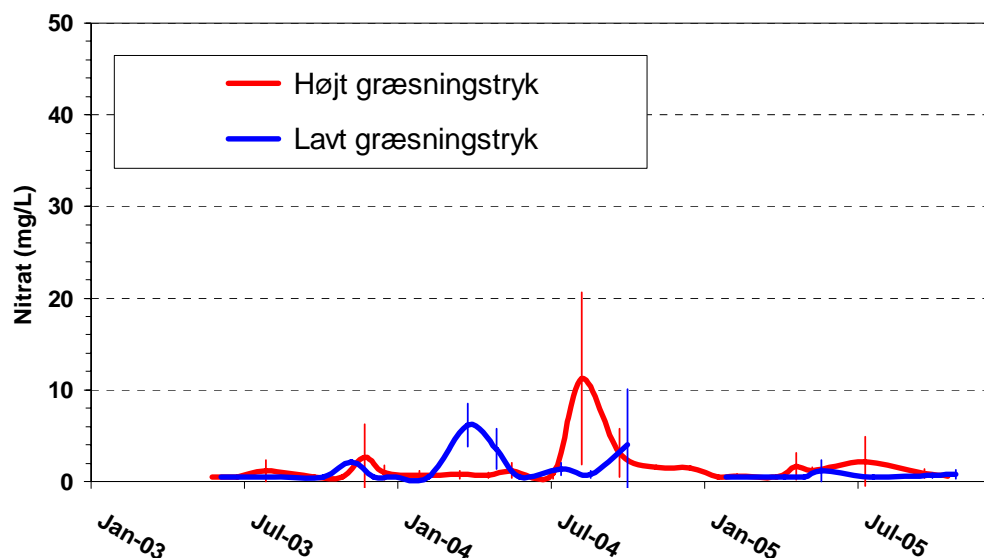
3.2 Nitrat i jordvand

Der blev ikke foretaget målinger af nitrat i jordvand i Drastrup-området mens arealerne var i traditionel landbrugsmæssig omdrift. Vi kender således ikke udgangspunktet for nitratkoncentrationen, da arealerne blev omlagt. Men ved målinger i det øvre grundvand i området var nitratkoncentrationen 120 mg/l, hvilket kan ses som et gennemsnit for højbundsarealerne under landbrugsdrift. Koncentrationerne har således været betydeligt over kravet til drikkevand (se boks). Kvælstofudvaskningen har været i størrelsesordenen 80-100 kg N/ha/år. Situationen på lavbundsarealerne vil være anderledes og mere gunstige på grund af en væsentlig denitrifikation.

Kvalitetskrav til drikkevand - nitrat
Højeste tilladte koncentration er 50 mg nitrat pr liter

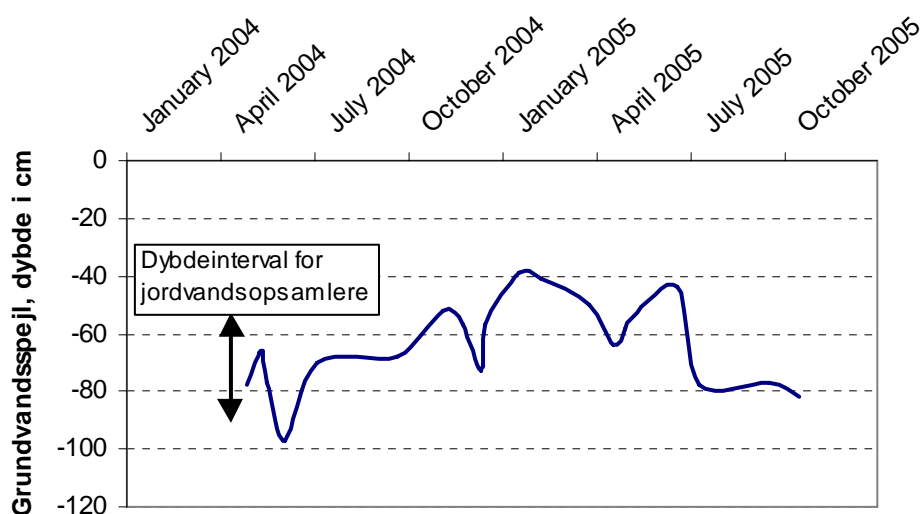
3.2.1 Græsningstryk (og våde enge)

Målingerne af nitrat i jordvand gennem 3 sæsoner på engarealet viste lave koncentrationer ofte under 1 mg nitrat/l, med enkelte episoder med koncentrationer op til 10-20 mg nitrat/l (figur 12). Der kan ikke påvises nogen effekt af græsningstrykket på nitratudvaskningen, da koncentrationerne er lave ved begge græsningstryk. Opsamlingsudstyret blev placeret på en lille banke midt på arealet. Dyrene har hverken ved lavt eller højt græsningstryk haft speciel forkærlighed for dette område. Det har derfor intakt vegetation på begge sider af hegnet og fremstår ens ved de to græsningstryk. Nitratudvaskningen har således været meget lav (ca. 1 kg N/ha/år) fra dette engareal.



Figur 12: Nitratkoncentrationen (middelværdi \pm standardafvigelse, $n=3$) på engarealet ved lavt og højt græsningstryk på hver side af et hegn (i 2005 havde lavt og højt græsningstryk skiftet side).

Vandstanden på arealet viste sig generelt at være væsentligt højere end observeret på det tidspunkt, hvor arealet blev udvalgt efter den tørre vinter/forår i 2003. Afdræningen mod nord ved Ny Nibevej viste sig at være tilstoppet, hvilket blev udbedret i foråret og der blev opsat et pejlerør til overvågning af grundvandsspejlet ved jordvandsstationen. Grundvandsspejlet viste sig ofte at ligge omkring dybden for jordvandsopsamlerne (figur 14). Dybden for opsamlerne i forhold til grundvandsspejlet varierer fordi opsamlerne er placeret delvis på en lidt højere bank (2 sæt for hver behandling) og delvist på et lidt lavere vandlidende område (1 sæt for hver behandling). Med den høje grundvandsstand og det høje indhold af organisk stof i jorden er det sandsynligt at der forekommer denitrifikation, der kan have reduceret nitratkoncentrationerne i jordvandet.



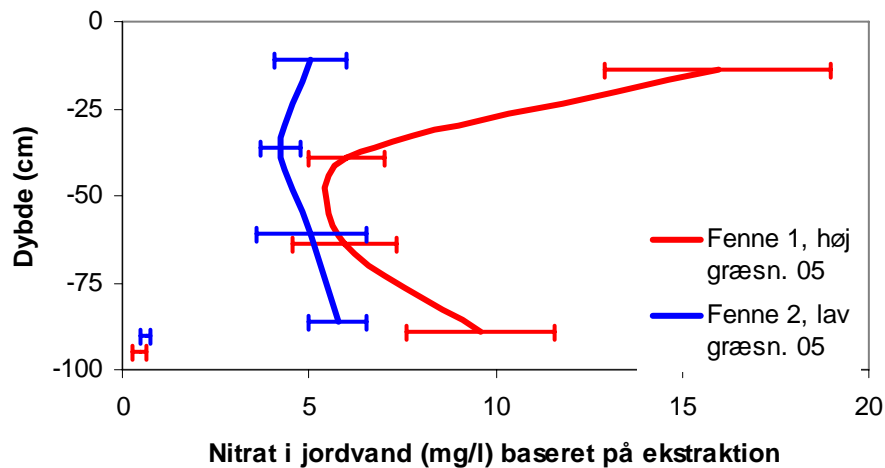
Figur 14: Dybde til grundvandet på området med jordvandsopsamlere.

Figure 14: Groundwater depth on the area with soil water sampling. The arrow indicates the depth interval of the samplers.

Samtidig med indsamlingen af vandprøver fra jordvandsstationen i november 2005, blev der udtaget en samleprøve af tre stik ud for hver af de 2 x 3 sæt af jordvandsopsamlere. Efter ekstraktion med en KCl saltopløsning og nitratanalyse kan der beregnes en nitrat koncentration i jordvand ned gennem jordprofilen (afsnit 2.4.2.). Med denne metode er der højere nitratkoncentration på Fenne 1 (højt græsningstryk i 2005) end på Fenne 2, især øverst i jorden (figur 15). De let stigende koncentrationer mod bunden af profilet, modsiger antagelsen om betydelig denitrifikation i den ofte vandmættede zone.

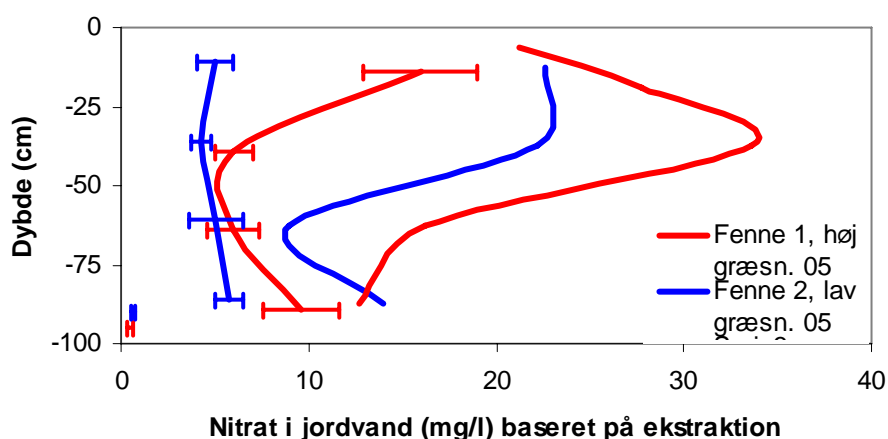
De målte nitratkoncentrationer i jordvand fra sugecellerne (nederst i figur 15) er meget lavere end koncentrationerne målt ved ekstraktion. Forskellen kan skyldes at sugeceller måler på nitrat i vand, der bevæger i profilen, mens ekstraktionen også medtager nitrat i vand i mikroporer samt nitrat adsorberet til jordpartiklerne, hvilket giver en stor forskel i denne organiske jord. Koncentrationerne målt med ekstraktions metoden kan således ikke bruges direkte til beregninger af nitratudvaskning fra denne jord, men kan alene bruges til at bedømme relative forskelle.

Resultaterne fra jordstik fra området med sugeceller kan sammenlignes med tilfældige stik fra hver af de to græsningsområders sydlige ende (figur 16). Området med sugecellerne har lavere koncentrationer end generelt i fenneerne, hvor der igen er lidt højere koncentrationer i Fenne 1, der havde det højeste græsningstryk i 2005. Området med sugeceller må derfor antages at underestimere nitratudvaskningen fra arealet generelt. Der var som nævnt ovenfor heller ikke tegn på 'skader' på vegetationen som følge af afgræsning ved sugecellerne, hvilket der var på området generelt.



Figur 15: Nitratprofiler (21/11-2005) ved jordvandsstationen på engarealet på hver side af et hegn med henholdsvis højt (Fenne 1) og lavt (Fenne 2) græsningstryk (middelværdi \pm standardafvigelse, $n=3$). Nitratkoncentrationerne i jordvand fra sugeceller er lagt ind i bunden af profilet til sammenligning.

Figure 15: Nitrate profiles on Nov. 11, 2005 sampled close to the locations of the soil water samplers on each side of the fence with high (Fencing 1) and low (Fencing 2) grazing pressure (mean \pm std, $n=3$). Nitrate measured by extraction with a KCl-solution and back calculated to original water content.



Figur 16: Nitratprofiler (21/11-2005) ved jordvandsstationen (figur 15) sammenlignet med profiler baseret på 5 tilfældige stik hen over hver af fenneerne.

Figure 16: Nitrate profiles on Nov. 21, 2005 as above in Figure 15 compared to profiles based on 5 random samples across the two fences.

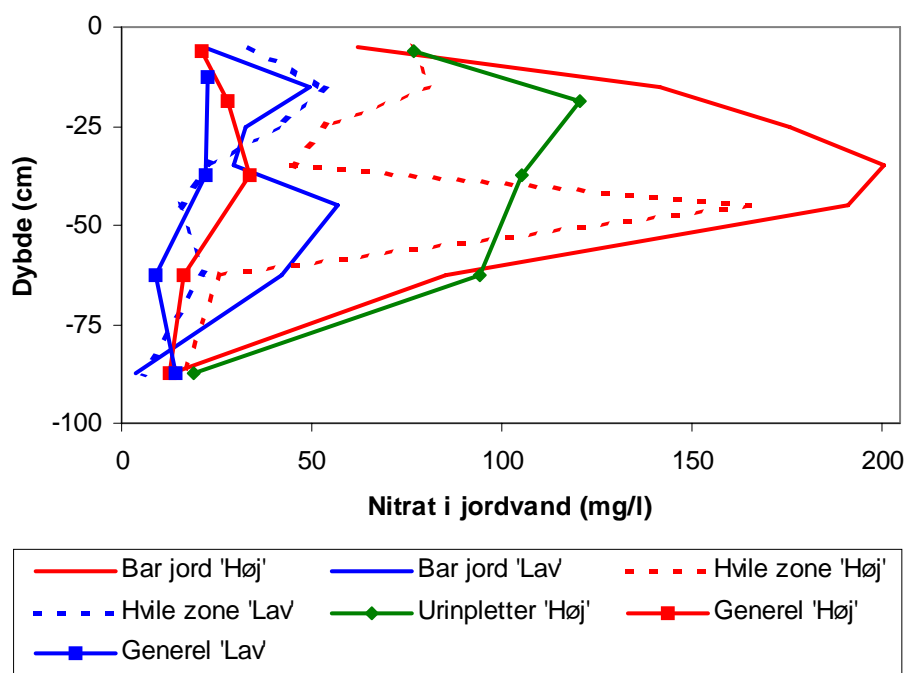


Figur 17: Udtagning af jordstik 21/11-2005: a) i bar jord ved vandingstrug i Fenne 2 (øverst) og b) i urinplet identificeret på grund af mørkegrøn vegetation inden for et velafgrænset lille område (nederst).

Figure 17: Sampling of soil Nov. 21, 2005 a) on bare soil close to the watering station (top) and b) in a urine patch identified as dark green vegetation in a limited area (bottom).

For yderligere at belyse om forskelle i græsningstryk kan påvirke nitratudvaskningen blev der taget jordprøver på områder med forskellig synlig påvirkning fra dyrene (optrampning, ”urinpletter”, opholdsarealer) til sammenligning med prøverne taget tilfældigt hen over fenerne (figur 17 og figur 18). Der er en dramatisk effekt af optrampning (bar jord) ved vandingstrug (op til 200 mg/l) og i hvileområderne med intakt vegetation uden for det optrampede (op til 150 mg/l) i Fenne 1 med det høje græsningstryk i 2005, mens effekten er mindre i Fenne 2 (op til 50 mg/l). De høje koncentrationer i områderne hvor dyrene opholder sig meget (fx ved vandingstrug) skyldes især afsætning og omsætning af urin. Afgrænsede urinpletter havde koncentrationer op til 100 mg/l (figur 18).

De ’pukkel’-formede koncentrationsprofiler (figur 18) kan tolkes som en nitratfront fra 2005-sæsonen, der nu bevæger sig ned gennem jorden med overskudsnedbøren. Det dramatiske fald fra høje koncentrationer omkring 50 cm dybde til relativt ens og lave koncentrationer i den dybeste måling kan til en vis grad også skyldes denitrifikation i vandmættet jorden under ca. 75 cm dybde på dette engareal.



Figur 18: Nitratprofiler baseret på 5 tilfældige stik (21/11-2005) i forskellige arealklasser i fener med henholdsvis lavt (blå) og højt (rød) græsningstryk på eng.

Figure 18: Nitrate profiles on Nov. 21, 2005 based on 5 random soil samples on bare soil (Figure 17a), in rest areas close to the bare soil areas, and randomly at high (red, Fencing 1) and low (blue, Fencing 2) grazing pressure. Further urine patches (Figure 17b) were sampled (green).

De meget høje koncentrationer forekommer i afgrænsede områder. For at vurdere den samlede betydning af disse områder for nitratudvaskningen på hele arealet har vi udført en risikoberegning (tabel 8) for hver af de to fener ud fra et overslag over dækningen af de undersøgte

arealklasser og maksimalkoncentrationen i figur 18. Disse overslag viser at nitratkoncentrationen er 56% højere på Fenne 1 (39 mg/l) med højt græsningstryk i 2005 end på Fenne 2 (25 mg/l). Områder med synlig påvirkning fra dyrene gav en forøgelse på 54% og 24% i henholdsvis Fenne 1 og Fenne 2. Bedømt ud fra et sæt måling af nitratprofiler på engarealet efter græsnings sæsonens ophør i 2005 har forskelle i græsningstryk således en målelig effekt på nitratudvaskningen.

Tabel 8: Overslag over fennernes gennemsnitskoncentration af nitrat og betydningen af områder med forskellig synlig påvirkning fra dyrenes græsning og ophold på basis af koncentrationerne målt 21. november 2005 for hver arealklasse (figur 18).

Arealklasse	Fenne 1, højt græsningstryk i 2005			Fenne 2, lavt græsningstryk i 2005		
	Andel af areal	Nitrat (mg/l)	Andel af nitratudv.%	Andel af areal	Nitrat (mg/l)	Andel af nitratudv.%
Bar jord	2	200	10	1	50	2
Hvileområde	5	150	19	4	50	8
Urinpletter	5	100	13	4	100	16
Generelt niveau	88	25	57	91	20	74
Hele arealet	100	39		100	25	
Forøgelse fra områder med høj nitrat		14	54 %		5	24 %

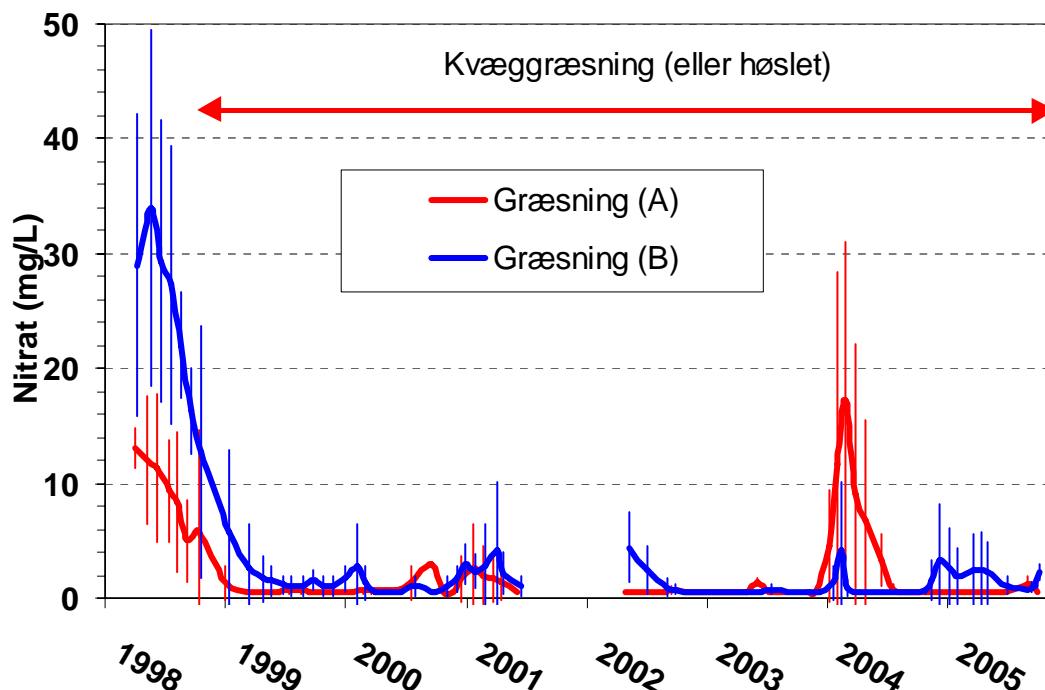


Jordvandsstation på retableret overdrev ved Kærvedgårdsvej og Nibevej

Soil water samplers on a re-established pasture at Kærvedgårdsvej/Nibevej

3.2.2 Braklægning og græsning

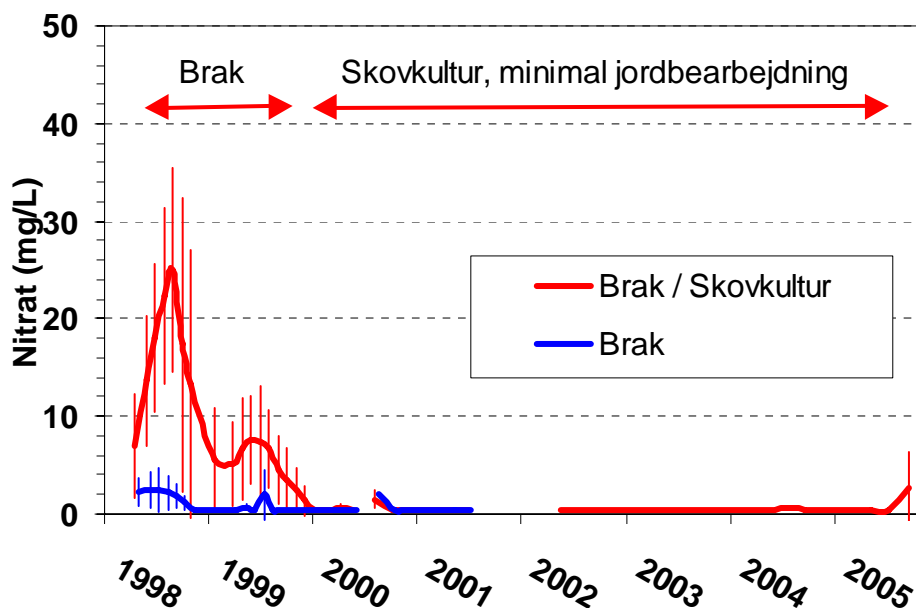
Ved de første målinger på græsningsarealet i foråret 1998 var nitratkoncentrationen i jordvand mellem 10 og 50 mg/l efter en vækstsæson som brakmark (figur 19). Efter endnu en vækstsæson (1998), hvor der blev etableret kreaturgræsning, faldt nitratkoncentrationen under 5 mg/l og var ofte under 1 mg/l (figur 19). Nitratkoncentrationen har holdt sig på dette lave niveau over resten af måleperioden bortset fra en top på op til 30 mg/l vinteren 2003/04 (figur 19). Denne top er en effekt af slæt (uden fjernelse af hø) i 2003. Med denne kortvarige forøgelse af nitratkoncentrationen er udvaskning fra arealet i 2003/04 kun vurderet til 3 kg N/ha/år, mod normalt under 1-2 kg N/ha/år de senere år efter græsdækket blev veletableret (Tabel 9). Udvasningen er lav selv om der er en del kløver på dette areal.



Figur 19: Udviklingen i nitratkoncentrationen (middelværdi \pm standardafvigelse, $n=3$) på arealet ved Nibevej/Kærvedgårdsvej, der er udlagt til græsningsoverdrev.

Figure 19: Nitrate concentrations (mean \pm std, $n=3$) at 1 m depth on the re-established pasture at Nibevej/Kærvedgårdsvej.

Arealet ved AKVs vandværk, Skovrejsning Nord, blev ligesom græsningsarealet braklagt i 1997 før der blev taget stilling til skovrejsningens konkrete udførelse. Behandlingen på dette areal (et høslæt i 1998 og i 1999) svarede stort set til behandlingen på græsningsarealet frem til efteråret 1999, hvor der blev tilplantet på felt A og sået agern på felt B. Da såningen ikke lykkedes, kan behandlingen på felt B bedst betegnes som braklægning for hele måleperioden. Nitratkoncentrationerne faldt ligeledes hurtigt efter omlægningen på disse felter (figur 20). Efter tredje vækstsæson som brak var koncentrationerne omkring detektionsgrænsen og udvasningen derfor under 1 kg N/ha/år.



Figur 20: Udviklingen i nitratkoncentrationen (middelværdi \pm standardafvigelse, $n=3$) på arealet ved AKV's vandværk (Skovrejsning Nord), hvor en del af arealet efter 3 års brak blev tilplantet i efteråret 1999. Tilplantningen skete i kulegravede plantehuller (A). Målingerne på den del af arealet der ikke blev tilplantet (brak, B) sluttede i 2001.

Figure 20: Nitrate concentrations (mean \pm std, $n=3$) at 1 m depth on the area afforested in 1999 by trenching plant holes after 3 years of fallow (red) and on an area still fallow (blue, measurements terminated in 2001).

3.2.3 Tilplantningsmetoder

Da dybdepløjning ikke kunne anvendes på Skovrejsning Nord på grund af fund af fortidsminder, valgte man at afprøve en metode med begrænset jordbearbejdning i form af kulegravede plantehuller (svarende til 'punktvis' dybdepløjning), hvor kun 5% af arealets overflade blev bearbejdet. Tilplantningen af felt A med denne metode i efteråret 1999 gav ikke anledning til ændret udvaskning af nitrat. Nitratkoncentrationen var tæt ved eller under detektionsgrænsen frem til de seneste målinger i 2005 (figur 20). Udvasningen har siden tilplantning været 1 kg N/ha/år eller mindre (tabel 9).

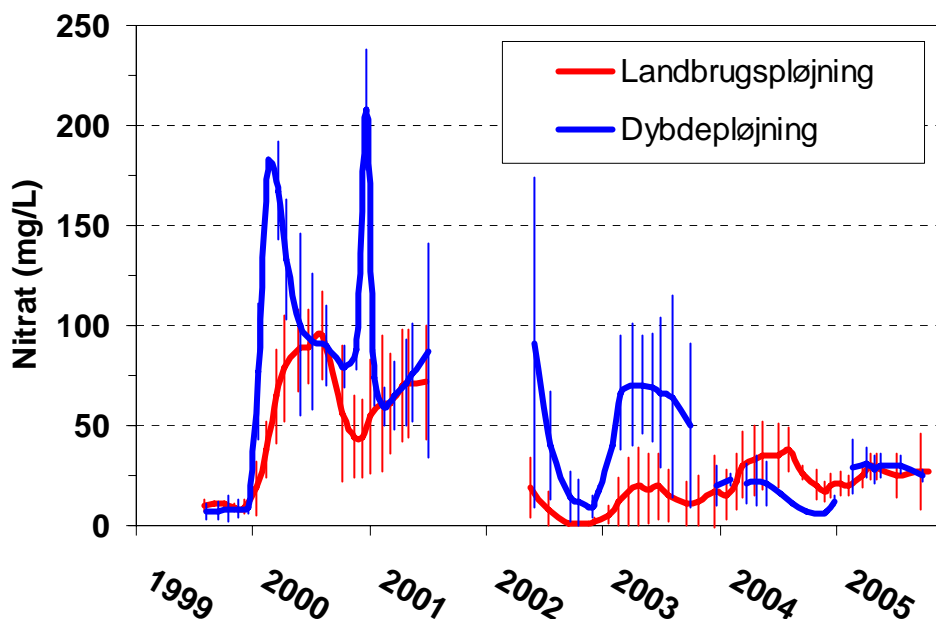
På grund af højtliggende kalk (30 cm dybde) på området med felt A vokser træerne meget lidt. De lider af tørke i det tynde lag dækjord og bliver bidt af harer og rådyr (figur 21).



Figur 21: Tilplantningen i kulegravede plantehuller med stor planteafstand på arealet ved AKV's vandværk (Skovrejsning Nord) er vellykket på den del af arealet hvor kalken ligger dybt (øverst). Her er træerne ca. 2 m høje, men den store planteafstand giver et åbent præg. Træer på områder med højtliggende kridt (nederst) vokser stort set ikke, selv om overlevelsesprocenten er høj.

Figure 21: Planting in trenched plant holes at large distance (2.5 x 2.5 m) was successful on that part of the field where limestone was below 1 m. Here the trees were about 2 m high but with the large planting distance the area still has an open look (top). Trees planted on parts of the field with limestone close to the surface were virtually not growing although most had survived (bottom).

Arealet Skovrejsning Syd blev tilplantet samtidig med Skovrejsning Nord, men efter fuld jordbearbejdning, henholdsvis landbrugspløjning (A) og dybdepløjning (B). Et græsudlæg havde tilsyneladende i vækstsæsonen 1999 reduceret nitratkoncentrationen til omkring 10 mg/l (figur 22). Et par måneder efter jordbearbejdningen steg nitratkoncentrationen i begge behandlinger. Dog mest drastisk til 180 mg/l på det dybdepløjede, mens koncentrationen på det landbrugspløjede felt A nåede op på 100 mg/l (figur 22). Igen i vinteren 2000/01 steg nitratkoncentrationen på det dybdepløjede en kort periode til over 200 mg/l. Koncentrationerne for den dybdepløjede behandling har herefter generelt været faldende, men højere end for landbrugspløjningen frem til 2004. Behandlingen med landbrugspløjning er steget lidt fra 2002 og frem og var således højere end dybdepløjningen i 2004, hvorefter koncentrationerne var ens (ca. 25 mg/l) for begge typer jordbearbejdning (figur 22).



Figur 22: Udviklingen i nitratkoncentrationen på arealet ved Drastrup Hedevej/Nibevej (Skovrejsning Syd), der blev tilplantet i efteråret 1999 efter to typer jordbearbejdning henholdsvis landbrugspløjning (rød; middelværdi \pm standardafvigelse, $n=3$) og dybdepløjning (blå; middelværdi \pm standardafvigelse, $n=2$).

Figure 22: Nitrate concentrations at 1 m depth following afforestation in autumn 1999 using two types of soil preparation: Conventional ploughing (red; mean \pm std, $n=3$) and deep ploughing to about 70 cm (blue; mean \pm std, $n=2$). Deep ploughing is a common used practice in afforestation on sandy soils in Denmark.

Med den betydelige dynamik i koncentrationerne er det svært at vurdere forskellene mellem behandlingerne. Forskellene bliver lettere at vurdere, når man ser på udvaskning af kvælstof (N). Samlet for det første år efter tilplantning er udvaskningen beregnet til 25 kg N/ha/år for landbrugspløjning og 80 kg N/ha/år for dybdepløjning (tabel 9). I det andet år 2000/01 var nedsvivningen højere og udvaskningen derfor større for begge typer jordbearbejdning. Udvasningen fra dybdepløjning i 2000/01 på 110 kg N/ha/år var dobbelt så høj som fra landbrugspløjning. Forskellen beror stort set på udvaskningen fra en måned i november-december 2000, hvor nitratkoncentrationen var over 200 mg/l på det dybdepløjede felt (figur 22). Des-

værre blev undersøgelserne afbrudt i 2001 og frem til foråret 2002. Vi kan således kun beregne udvaskningen for 4. og 5. år, hvor den var blevet reduceret noget (tabel 9). I 2003/04 var udvaskningen omtrent ens for de to behandlinger, henholdsvis 18 og 24 kg N/ha/år. Samlet set over de fire år med data var N-udvaskning i gennemsnit mere end dobbelt så høj fra det dybdepløjede areal (64 kg N/ha/år) som fra det landbrugspløjede (27 kg N/ha/år).

Tabel 9: Nitratudvaskning (kg N /ha/år) beregnet for hydrologiske år (juli - juni) for areaerne i Drastrup. Usikkerheden på værdierne er vurderet til $\pm 25\%$. Nedbørmængden og den beregnede nedsivning i mm for de to perioder er angivet nederst. Data for 1998-2001 er fra Gundersen m.fl. (2001).

Areal	Felt	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2002/2003	2003/2004	Behandling
Græsning	A	3	<1	1	<1	3	Brak, Afgræsning
	B	9	1,5	2	<1	1	Brak, Afgræsning (+græsudlæg)
Skovrejsning Nord	A	8	1	<1	<1	<1	Brak, Kulegravede huller
	B	<1	<1	<1	<1	<1	Brak, (Såning)
Skovrejsning Syd	A	-	25	55	8	18	Landbrugspløjning
	B	-	80	110	40	24	Dybdepløjning
Nedbør (mm)	Alle	968	793	889			-
Nedsivning (mm)	Alle	459	376	486	471	394	-

Den anvendte jordbearbejdning ved tilpantningen i Drastrup kunne med hensyn til N-udvaskning på kort sigt rangordnes som følger: Dybdepløjning > Landbrugspløjning >> Kulegravede plantehuller (Gundersen m.fl. 2001). Denne rangordning gælder åbenbart også efter 5 år, mens dybde- og landbrugspløjning ser ud til at blive ens 6. år (figur 22). Den kumulerede N-udvaskning fra dybdepløjning er mere en dobbelt så stor som for landbrugspløjningen. Når de kulegravede plantehuller ikke har påviselig indvirkning på nitratudvaskning, har det naturligvis sammenhæng med den minimale jordbearbejdningen og at græsvegetationen derfor var stort set intakt.

Forskelle mellem dybde- og landbrugspløjning kan især bero på en højere kvælstofmineralisering i vintersæsonen efter dybdepløjning i det begravede pløjelag og et reduceret planteoptag på grund af lavt ukrudtstryk. Anvendelsen af rug som dækafgrøde har øget planteoptaget især på feltet med landbrugspløjning, hvor rugen (og ukrudt) var veletableret. Dette har formentlig reduceret udvaskningen fra denne behandling. Årsagen til den stigende nitrat koncentration (og udvaskning) fra landbrugspløjningen de seneste år (figur 22 og tabel 9) kan være bortskygningen af dette tætte bunddække.



Skovrejsningen på arealet ved Drastrup Hedevej/Nibevej (Skovrejsning Syd) fremstår i 2005 som vellykket med stor overlevelse og en god tilvækst. Her foto fra området der er tilplantet efter dybdepløjning i efteråret 1999.

Afforestation at an area (planted 1999 at Afforestation South) along Drastrup Hedevej/Nibevej . The photo shows the area, which was planted after deep ploughing. Six years later most trees were still alive and had a good growth rate.

4 Diskussion

I den første del af Drastrupprojektet repræsenterede de valgte arealer den 'tørre' højtliggende del af grundvandsoplandet, hvor der antageligt også har været den betydeligste belastning af grundvandet med nitrat. Med dette projekt er de våde lavtliggende engområder, blevet repræsenteret i både vegetations- og jordvandsundersøgelserne.

4.1 Effekten af græsningstryk på vegetation (våde enge)

Produktionstallene fra 2003 og 2005 tyder på at nedbør og vandstandsforhold har større effekt på planteproduktionen end antal år fra ophørt gødskning. Der er således ikke i projektperioden sket en udvikling i lighed med den der er fundet i forsøg med ophørt gødskning, hvor effekten har været en signifikant produktionsnedgang over en treårig periode (Nielsen 2001). Det uændrede eller endog stigende trofiniveau betyder, at græsningen har haft begrænset effekt i forhold til at udvikle en mere naturlig vegetation.

Produktionen nedsættes hvis et intensivt drevet areal overgår fra gødsket til ugødsket tilstand. Hvor meget produktionen reduceres afhænger af næringsstoffeserverne i jorden, om jorden udpines ved at tage slæt, eller om arealet afgræsses og en større andel af næringsstofferne recirkulerer på engen gennem de græssende dyr. Fra en række ældre danske undersøgelser på humusjord blev det vurderet, af udbyttet ved afgræsning på intensivt dyrket græs/kløvergræs var på 4-5000 foderenheder per ha og ved ekstensiv afgræsning på 800-1200 foderenheder per ha (Djurhus, 1987). Der må forventes en produktionsnedgang over de kommende år som tilpasning til ugødsket tilstand. Der er kun få undersøgelser af reableringshastigheden og de omfatter primært enge på sur, næringsfattig bund. Der er mange faktorer der spiller ind, som fx mineraliseringsraten, der igen er afhængig af pH, vandstandsforhold, jorden N-pulje, temperatur samt af driftsforhold. Det kan derfor ikke forudsiges hvor hurtigt og hvor stort faldet i planteproduktion vi blive.

Det er vanskeligt på baggrund af forsøget at udlede noget om effekten af forskellige græsningstryk fordi det ikke har været konstant over de tre år forsøget varede og fordi der i løbet af de enkelte år er løbende sket ændringer i det aktuelle græsningstryk med perioder med samgræsning af de fenner, der i nogen grad kan have 0-stillet en forskel i græsningen.

Der er nogle tegn på at det oprindelige græsningstryk på ca. 0,5 DE per ha har været for lavt til at vedligeholde vegetationen i frisk og næringsrig tilstand ved det nuværende trofiniveau og til at give en optimal udvikling mod en natureng. Med en årlig primær produktion på mellem 6,5 og 7 t/ha på de bedste dele af engen (med foder til op mod 2 DE/ha (Pehrsson, 2001)) burde engen kunne bære et højere græsningstryk end 0,5 DE/ha. Den høje vandstand på engen betyder dog, at kun en del af arealet er tilgængeligt, og store dele af plantevæksten på de mere våde dele består af planter, som ikke eller kun i begrænset omfang ædes af dyrene. Derfor skal en del af engen ikke indgå i beregningen af det aktuelle antal DE/ha. Der har dog været stor forskel på, hvor stor en del af engarealet kvæget har kunnet græsse i løbet af de tre år afhængigt af den aktuelle vandstand.

Der har specielt været tale om et for lavt græsningstryk i forårs- og forsommerperioden, hvor primærproduktionen er højest. Det betyder, at en del af græsserne og de øvrige planter ikke vedligeholdes i en vedvarende vækstfase, men får lov til at gennemløbe en udvikling med blomstring, frøsætning og nedvisning. Denne udvikling fører til en ændret sammensætning,

hvor andelen af ufordøjelige celluloseforbindelser øges og dens næringsværdi reduceres. I Fenne 2 er der målt op til 2 kg. tørstof per foderenhed. Ved et tørstofindhold på over 1,6 kg. per foderenhed er foderkvaliteten ved at være for ringe til at sikre dyrene en tilstrækkelig ernæring (Bossen & Nielsen 2003). For at undgå et fald i foderkvalitet til under det tilstrækkelige i forhold til dyrenes behov, skal græsningen kunne holde trit med planteproduktionen. En graduering af antallet af dyr over græsningssæsonen vil kunne give en væsentlig bedre afgræsning. Med de nuværende produktionsforhold vurderes engen at kunne bære op til omkring 1 DE/ha, forudsat at der sættes et højere antal dyr på mens væksten er højest og antallet så aftrappes hen over sæsonen. Et højt græsningstryk tidligt på sæsonen giver dog fare for at der opstår en oprædning, således som det skete på en del af arealet i Fenne 1 i 2005. For at kunne etablere en græsning afpasset i forhold til primærproduktion på engen er der behov for en regulering af vandstanden, der sikrer en tilstrækkelig lav vandstand om sommeren til at dyrene kan græsse uden at træde engen op. Det aktuelle græsningstryk bør fastsættes ud fra en konkret vurdering af vandstandsforholdene, der afgør hvor stor en del af engen, der er til rådighed, samt af mængden af frisk græs ved udbindingstidspunktet. Alternativt kan der anvendes kombination af afgræsning og høslæt, hvor dyrene i starten kun får afgang til en del af engen, mens resten bruges til høslæt. Høet kan evt. bruges som tilskudsfoder på arealet, hvis der opstår fodermangel hen på sæsonen.

Udviklingen i vegetationssammensætning i de to fenner viser ikke en entydig tendens i retning af en mere varieret og naturlig engvegetation. Ændring i vandstand, det forsat høje trofiniveau og den ujævne afgræsning i kombination med den korte tidsperiode på tre sæsoner kan være grunde til, at der ikke registreres en tydelig udviklingstendens. Forsøg med forskellig græsningssæson og – tryk på Mols viser, at en årlig græsning tilpasset foderproduktionen, hvor græsningstrykket løbende styres efter vegetationshøjde, giver den hurtigste udvikling i retning mod en naturlig vegetation, mens utilstrækkelig græsning, hvor en større del af vegetationen forbliver ugræsset, sætter udviklingen tilbage (Buttenschøn m.fl. 2001).

Vegetationsudviklingen på den eng, hvor der har været registreringer siden 1999, er gået mod mere driftsafhængige arter, dvs. at græsningen i første omgang tilpasser grønsværen til driften. Derimod ses der ingen udvikling mod veludviklet halvkultursamfund: kær. Dette hænger sammen med at det tager meget lang tid at nedbringe det høje næringsniveau, når der ikke slås og fjernes hø. Der er langs grøfterne i området en righoldig flora, der kan bidrage til den langsigtede udvikling mod natureng og kær. Udviklingen resulterer formentlig allerede mod stabilisering af grønsværen, og øger dens potentiale til at tilbageholde næringsstoffer

4.2 Artssammensætning på retablerede overdrev

Vegetationsudviklingen på overdrevparcellerne viser tendenser til en udvikling mod en mere naturpræget vegetation, om end udviklingen sker mere langsomt end den, der er registreret i forsøg på mere sandet og sur jordbund (Buttenschøn & Buttenschøn 2000, Buttenschøn m.fl. 2001).

I første omgang er udviklingen på overdrevet med jordvandstationen karakteriseret af en tilpasning til græsningen, hvilket resulterer i en mere stabil og slidstærk vegetation, der tillige må antages at bidrage til at begrænse nedsivning af næringsstoffer, da de tidlige ruderal samfund ikke i samme grad som en stabil sammenhængende grønsvær tilbageholder næringsstoffer uden for vækstsæsonen. På overdrevet syd for Gl. Nibevej går udviklingen ligeledes meget langsomt. Det umiddelbare udviklingsmål for de unge græsmarkssamfund er en udvikling mod større indhold af egentlige overdrevsarter. Men den nuværende tilstand er stadig ret stærkt N-påvirket, således som det fremgår af tabel 6 over Ellenberg-N værdier og vil kun langsom gennem fjernelse af næringsstoffer udvikle sig mod en andel på 30-60% karakterar-

ter, som vi typisk ser i ældre, ikke-kvælstofpåvirkede halvkultursamfund. De karakteristiske overdrevsarter har en Ellenberg N-værdi på mellem 2 og 3 (Ellenberg 1988), og kræver således et væsentligt lavere trofiniveau end de nuværende. Selv det gamle overdrev er noget påvirket af gødskning og for næringsrigt for mange karakteristiske overdrevsarter.

4.3 Effekten af forskellige græsningstryk på nitratudvaskning

De løbende målinger af nitrat i jordvand over 3 år på et mindre areal i fenerne viste ingen effekt af græsningstrykket og koncentrationerne var generelt lave i begge fener ofte nær detektionsgrænsen (figur 12). Det kan ikke udelukkes at de lave koncentrationer skyldes denitrifikation ved høj vandstand på arealet. Vandmætning (og dermed iltfattige forhold) samt et vist indhold af let tilgængeligt organisk stof er forhold der fremmer denitrifikation. Engjorden er tørveagtig og derfor vil organisk stof næppe være begrænsende for denitrifikationen. Målinger i laboratoriet viser, at der er et væsentligt potentiale for denitrifikation i jorden (Henriksen, upubliceret). Når grundvandet ofte står højere end jordvandsopsamlerne kan vi heller ikke udelukke at det opsamlede jordvand blandes med trykvand fra dybere jordlag med lavt nitratindhold. På denne baggrund er arealet ikke velvalgt til denne type undersøgelse med jordvandsopsamlere, selv om det blev forsøgt at tage højde for problemet ved ikke at placere opsamlerne for dybt og ved at forsøge at forbedre afvandingen. Valget blev taget efter en tør vinter og forår, hvor vandstanden var væsentligt lavere på arealet.

I modsætning til resultatet fra de permanente jordvandsopsamlere viste en kampagneundersøgelse af nitratprofiler i jorden ned til 1 m over en større dele af arealet i november 2005 at højt græsningstryk gav et lidt højere nitratindhold end ved lavt græsningstryk (figur 15). Undersøgelse af udvalgte steder med optrædningskader, hvileområder og urinpletter viste endvidere en ganske væsentlig forøgelse af nitrat i jordprofilen især ved det høje græsningstryk (figur 16). Øget græsningstryk kan således medføre en målelig forøgelse af nitratudvaskningen. Bedømt ud fra denne kampagneundersøgelse kan selv begrænsede områder med stærk påvirkning fra græsningsdyrene (hovedsagelig p.g.a. koncentreret kvælstoftilførsel i urin) forøge udvaskningen omkring 50% på hele arealet (tabel 8), men hvis udvaskningen blot er nogle få kg N/ha/år vil betydningen af en 50% forøgelse alligevel være begrænset.

Der findes meget få undersøgelser af sammenhæng mellem græsningstryk og udvaskning i Danmark så vel som internationalt. Ved søgning i internationale artikeldatabaser finder man nogle artikler om emnet, men disse omhandler gødede arealer under landbrugsmæssig om drift. Undersøgelser på ugødede arealer kan tælles på en hånd og omhandler overvejende sammenligninger af ugræsset mod græsset.

Græsningens betydning for kvælstofomsætningen har været undersøgt i naturlige økosystemer med store græssere som elg og bison i USA (Singer & Schoenecker, 2003, og referencer heri). En række kvælstofparametre målt i 30-40 år gamle ugræssede frahegninger blev sammenlignet med målinger fra græssede områder. Resultaterne var ikke entydige. Naturlig græsning kan både accelerere kvælstofomsætningen (øget mineralisering, høje N koncentrationer i vegetation, større primær produktion mv.) og reducere omsætningen (fx ved udpining). I en undersøgelse af effekten af afgræsning med kreaturer ved foden af Sierra Nevada bjergkæden i Californien fandt Jackson m.fl. (i tryk) lidt højere nitratkoncentrationer under frahegnede ugræsede felter end i græssede felter. Tilsvarende fandt man i en undersøgelse af fåregræsning fra Wales (Emmett m.fl. 2003) igen højere nitratkoncentrationer fra ugræssede end fra græssede områder, henholdsvis 1,1 til 0,4 mg nitrat/l. De foreløbige data tydede endvidere på en lille stigning fra 0,4 til 0,6 mg nitrat/l fra moderat til højt græsningstryk (Emmett m.fl. 2003).

I forbindelse med en række undersøgelser af kreaturgræsningens effekter på produktion, flora, fauna og miljø på engene ved Fussingø blev der foretaget en sammenligning af N-udvaskningen i dræn fra højt og lavt græsningstryk. Drænvandet indeholdt mellem 8 og 12 mg nitrat/l, men der kunne ikke påvises forskelle i nitratkoncentrationer eller -udvaskning, som kunne tilskrives den forskellige græsning (Hoffmann & Ovesen, 2003). Den hidtil mest omfattende undersøgelse af græsnings effekt på kvælstofudvaskning er fra Mols Bjerger på en sandet og næringsfattig jord (Pedersen m.fl., 2001). Man sammenlignede udvaskningen over tre år fra et ugræsset og et græsset gammelt overdrev med samme metoder som anvendt i Drastrup. Foderproduktionen er lav på Mols og græsningstrykket derfor tilsvarende lavt (0,3 – 0,4 DE pr ha). Udvasningen blev beregnet til henholdsvis 1,7 og 2,5 kg N/ha/år for det ugræsede og det græsede (Pedersen m.fl., 2001). Forskellen skyldtes en effekt af uriner, hvor der for en enkelt ud af ni opsamlere optrådte meget høje nitratkoncentrationer en kortere periode (helt op til 1000 mg nitrat/l). Samlet set gav dette dog kun en øget N udvaskning på 0,8 kg N/ha/år over de tre år. Tilsvarende undersøgelser af græsset og ugræsset egeskov (på Skovbjerg) viste i øvrigt heller ingen 'græsningseffekt' på nitratudvaskningen der var <0,5 kg N/ha/år fra begge behandlinger (Pedersen m.fl., 2001).

På baggrund af fundet af den ekstremt høje nitratkoncentration fra en sugecelle udførte man en kontrolleret undersøgelse af udvaskningen fra kokasser og uriner. Man tilførte kendte mængder N i form af gødning (som en kokasse) og urin til jorden over et antal sugeceller og fulgte udviklingen i nitrat og ammonium i jordvæsken (Pedersen et al. 2001). Fra 'kokassen' var udvaskningen af N helt ubetydelig, mens der for urin blev målt koncentrationer på 350 mg nitrat/l. Over godt et år blev der 'genfundet' ca. 50% af N-tilførslen som nitratudvaskning. Jorden på Mols er relativt grovsandet, hvilket kan have medvirket til at N-udvaskning fra urin var så forholdsvis høj. På baggrund af antallet af dyr på arealerne viste et overslag dog at udvaskningen fra urin kun ville bidrage med op til 3 kg N/ha/år (Pedersen et al. 2001). Hvis vi skal forsøge at overføre disse data til arealerne ved Drastrup må vi tage i betragtning, i) at jorden i Drastrup er sandet, men med en noget finere tekstur end på Mols, ii) at jorden er mere næringsrig og plante produktionen større, og iii) at Drastrupområdet derfor kan bære et større græsningstryk. Alt i alt vil udvaskningstabt fra en urinplet formentlig være mindre i Drastrup end på Mols (måske 20% af N indholdet), men antallet af dyr og dermed også antallet af urinpletter vil være større. Derfor vurderer vi at udvaskningen fra urinpletter kan være op til 10 kg N/ha/år (se tabel 10), mest sandsynligt i størrelsesordenen 5 kg N/ha/år.

4.4 Nitratudvaskning ved braklægning og omdannelse til græsningsoverdrev

Hvis det antages, at nedsvivningsvandet på højbundsarealerne ved afslutningen af perioden med landbrugsdrift indeholdt omkring 120 mg nitrat/l, svarende til målinger i det øvre grundvand, skete der en hurtig reduktion i nitratudvaskningen ved braklægning eller etablering af græs (figur 19 og 20) efterhånden som den tilgængelige mængde kvælstof blev immobiliseret ved etableringen af vegetationsdækket af urter og græs. Efter to til tre vækstsæsoner udenfor omdrift (1999) var nitratkoncentrationen ofte tæt på nul, og nitratudvaskningen var på 1-2 kg N/ha/år eller mindre. Lignende hurtig reduktion i nitratudvaskningen ved overgang til vedvarende græs er tidligere fundet på tre andre lokaliteter i Rabis bæk (Jylland), St. Lyngby (Sjælland) og på Tunø (Ernstsen, 1990; Thorling & Thomsen, 1994). Alle viste et hurtigt fald i nitratkoncentration 1-2 år efter tilsåning med græs.

Gennem resten af måleperioden frem til oktober 2005 forblev nitratkoncentrationen lav på brak og græsningsarealer. Dog undtaget en kortere periode i begyndelsen af 2004 på begge gentagelser fra græsningsarealet ved Kærvedgårdsvej, hvor koncentrationen toppede ved 20 mg nitrat/l (figur 19). Vi konkluderer, at dette må være en effekt af slåning uden fjernelse af

hø i sommeren 2003. Slåning reducerer planteoptaget en periode. Samtidigt øges jordtemperaturen og -fugtighed, når græsset ikke længere skygger og ikke transpirerer, hvilket igen øger kvælstofomsætningen i jorden. Når høet ikke fjernes er der desuden på en gang en stor mængde organisk materiale tilgængelig for nedbrydning og omsætning. Tilsammen har dette givet anledning til en nitrat puls øverst i jorden over sensommeren og efteråret, der så først i løbet af vinteren er nået ned til jordvandsopsamlerne i 1 m dybde. Nitratudvaskning i forbindelse med denne puls var dog kun omkring 2-3 kg N/ha/år (tabel 9).

Ved en fejl blev der indsået kløver på græsningsarealet ved Kærvedgårdsvej, der er således et vist indslag af kløver i vegetationen. Selv om kløver kan fiksere kvælstof fra luften gav dette ikke anledning til nitratudvaskning. På landbrugsjord i en længere græsomdrift baseret på en blanding af kløver og græs fandt Eriksen m.fl. (2002, 2004) en lav udvaskning på 6 kg N/ha/år ved græsning med malkekvæg. Dette selv om kvælstoffixeringen fra kløver var i størrelsesordenen 100 kgN/ha/år. På tilsvarende gødskede arealer med rajgræs var udvaskningen omkring 60 kg N/ha/år.

4.5 Kvælstofbalance for ekstensive græsarealer

For at få et bedre grundlag for at vurdere risikoen for udvaskning fra tidligere gødsket og evt. tidligere opdyrkede overdrev og enge som ved Drastrup kan vi opstille en kvælstofbalance for arealerne (tabel 10). Forudsætningerne er beskrevet i detaljer i tabellen. Når der ikke fodres eller forekommer kløver skal tilførslen fra deposition fordeles til gasformige tab fra dyrenes gødning (især ammoniak), til tilvækst i dyrene, og til udvaskning, hvis der ikke skal være væsentlige tages fra jordens store pulje af kvælstof. Estimaterne i tabel 10 tyder på, at der tages nogle få kg N/ha/år fra jordens N-pulje (lille udpining). Efter endt dyrkning kan der forekomme akkumulering af organisk stof i jorden således at man godt kan forestille sig der forekommer en stigning i jordens N pulje.

Dyrene mobiliserer en større mængde kvælstof gennem græsningen. Der er udviklet normtal for kvælstofudskillelsen fra forskellige kategorier af husdyr i forbindelse med arbejdet med landbrugets kvælstofbalancer, som kan anvendes her (Skov- og Naturstyrelsen, 2003). I størrelsesordenen 10% af kvælstoffet i gødning og urin bliver til ammoniak (8%) og frit kvælstof eller lattergas (2%). Pedersen m.fl. (2001) fandt at 50% af urinen kunne udvaskes på Mols, men som diskuteret i afsnit 4.3 skyldes dette relativt høje tab nok at jorden er grovsandet. Vi vurderer at udvaskningen nærmere vil være 20%.

Den kvælstofmængde, der fjernes som tilvækst fra ekstensive græsningsarealer er begrænset. Ved et græsningstryk på 0,3 DE/ha på næringsfattig, sur jordbund på Mols og en vægtforøgelse på 600 g/dag/dyr som gennemsnit er den årlige fjernelse af kvælstof i form af tilvækst i størrelsesordenen 1 kg./ha/år. Ved et græsningstryk på ca. 1 DE/ha kan der fjernes 3-5 kg N/ha afhængig af tilvækst. Ved intensiv drift med gødskning og omlægning er der målt en tilvækst svarende til 12 kg. N/ha/år (Benkel et al.1992). Det vil sige, at den mængde N der direkte kan fjernes med dyrene er begrænset. I forsøg på Fussingø er der ved høslæt fjernet mellem 90 og 100 kg N/ha (Nielsen m.fl. 2003)

Elementerne i N-balancen rummer stor usikkerhed og man kan derfor ikke uddrage håndfaste konklusioner. Dog viser størrelsesordenen af de stofstrømme, som anses for normale for et ekstensivt græsset område, at der ikke er væsentlig risiko for stor N-udvaskning fra disse arealer. Dette er under forudsætning af at der ikke er væsentlig tilskuds fodring og at vegetationen er intakt så den kan optage N frigjort fra urin (og kokasser).

Tabel 10: Kvælstofbalance for ekstensivt græsset overdrev eller eng i Drastrupområdet. *Ind = tilførsel, Oms = en intern omsætning, Ud = tab til omgivelserne, ΔJord = beregnet ændring i jordprofil. For balancen skal der gælde, at $In = Ud + \Delta Jord$.*

Balance	Proces	kg N/ha/år	Forudsætninger
Ind	Deposition	15	Se afsnit 2.4.3
Ind	Kvælstoffixering (kløver)	0 – ?	Som nævnt i afsnit 4.4 kan fixering bidrage med op til 100 kg N/ha/år, når kløver udnyttes i landbrug. I naturlige plantesamfund på eng og overdrev udgør kløver og andre bælgplanter normalt en mindre del af den samlede plantevækst end den gør i en sået græsblanding.
Ind	Tilskudsfoder	0	Der har ikke været tilskudsfodret. Med tilskudsfodring vil et areal kunne bære flere dyr, dermed bliver tabene til omgivelserne større, og vil især øges hvis optrampningen øges væsentligt.
Oms	Udskilte gødningsmængde	65	1 DE giver 108 kg N/år af dyr (Skov- og Naturstyrelsen, 2003). Tager vi udgangspunkt i græsningen i Fenne 1 i 2005 (tabel 3) på 220 DE dage/ha bliver der afsat 65 kg N/ha/år som gødning og urin
Ud	Ammoniakfordampning fra kokasser og urin	5	Emissionsfaktoren for dyr på græs er 8% af Oms (Skov- og Naturstyrelsen, 2003) dvs. 65×0.08 .
Ud	Ammoniakfordampning i øvrigt	0 – 0,5	Efterhånden som jorden bliver forsuret og lidt mere næringsfattig vil denne være nul.
Ud	Denitrifikation fra kokasser og urin	1,5	Emissionsfaktoren for dyr på græs er 2% af Oms (van Groeningen m.fl. 2005)
Ud	Denitrifikation i øvrigt	0 – (?)	På højbund vil denne være nær nul, mens den kan være betydelig på lavbund.
Ud	Tilvækst i græsningsdyr	3-5	Den mængde kvælstof, der fjernes som kødproduktion kan beregnes som (vægt ved indbinding – vægt ved udbinding/ha) \times 26,1g N (Sibbesen m.fl. 1995). Se også tekst ovenfor.
Ud	Udvaskning	1-10	Op til 10 kg N/ha kan være en effekt af koncentreret N tilførsel fra uriner. Se diskussionen ovenfor i afsnit 4.3. Overslag: Ud af Oms er 75% urin (Poulsen m.fl. 2001), hvoraf maks. 20% udvaskes ($65 \text{ kg N/ha/år} \times 75\% \times 20\% = 10 \text{ kg N/ha/år}$). Udvaskning fra græsarealerne er generelt minimal (1 kg N/ha/år), tabel 9.
ΔJord	Balance for jordprofil	-7 – +4	Beregnet ud fra: $In = Ud + \Delta Jord$.

4.6 Skovrejsningsmetoder

Tilplantningsmetoden på arealet ved Vandværket, kulegravede huller, blev afprøvet som et alternativ til dybdepløjning, da der var fortidsminder på arealet. Træerne har overlevet fint og på de dele af arealet hvor kridt ligger dybere end 1 m har tilvæksten været rimelig om end der synes at have været en vis bidning (figur 21). På jordtypen med højtliggende kridt, der formentlig kun er udbredt i et bælte over den gamle kystskrænt (omtrent mellem kote 5 og 10), har træerne overlevet men stort set uden tilvækst (figur 21). De lider af tørke i det tynde lag dækjerd, hvilket også begrænser den øvrige vegetation så de små planter bliver ikke overgroet af græs (figur 21). De ser til gengæld ud til at blive bidt af harer og rådyr. Træerne kan desuden lide af jern- og mangan-mangel i den kalkholdige jord.

På grund af den store planteafstand 2,5 x 2,5 m har selv de dele af arealet hvor skovrejsningen er lykkedes et meget åbent præg. Ved fremtidige ønsker om skovrejsninger på denne type arealer bør man nok satse på naturlig tilgroning eventuelt med indplantning af mindre grupper af træer for hurtigere at skabe skovpræg og som frøkilder (dog ikke hvor der er kridt indenfor den første meter).

Mindre intensive og billigere metoder baseret på såning eller kombinationer af tilplantning og naturlig succession er en mulighed, hvis man kan vente lidt længere på at få etableret skoven. Anvendelsen af alternative kulturmetoder med lidt eller ingen jordbearbejdning er meget lidt udbredte. Skal de bruges mere, er der behov for udvikling og demonstration med hensyn til teknik, økonomi, overlevelse, skovbillede, naturindhold, N-udvaskning mv.

På arealet, hvor landbrugspløjning og dybdepløjning (reolpløjning) er sammenlignet, er overlevelse og tilvækst umiddelbart bedømt ens for de to typer jordbearbejdning. Dybdepløjning er meget udbredt i forbindelse med skovrejsning, da den giver stor sikkerhed i kulturfasen, dvs. at man får en væsentlig bedre overlevelse i forbindelse med tørke i løbet de første år efter plantning. Når afgang af træer synes at have været minimal i Drastrup uanset jordbearbejdningsmetode, hænger det formentlig sammen med den forholdsvis jævne fordeling af sommernedbøren de første år efter tilplantning.

4.7 Nitratudvaskning ved forskellige jordbearbejdningsmetoder

Plantning i kulegravede huller ved Vandværket (Skovrejsning Nord) gav ikke noget måleligt udslag i nitratkoncentration og udvaskning (figur 20), idet plantedækket blev bevaret stort set intakt. Det kan dog ikke udelukkes at dette resultat også har sammenhæng med de specielle jordbundsforhold på netop dette areal, som diskuteret ovenfor. Nitratkoncentrationen steg derimod kraftigt på Skovrejsning Syd efter både dybdepløjning og landbrugspløjning og efterfølgende plantning i efteråret 1999. Koncentrationerne nåede niveauer på 100-200 mg/l og for dybdepløjningen faldet koncentrationen først under drikkevandskravet på 50 mg/l efter 4 år (figur 22). I 2005 var koncentrationen ca. 25 mg/l på begge arealer.

Den beregnede udvaskning var over de første to år 95 kg N/ha/år efter dybdepløjning og knap halvdelen 40 kg N/ha/år efter landbrugspløjning. For den samlede periode er forskellen mellem behandlingerne stadig godt og vel en faktor to, med 64 og 27 kg N/ha/år for henholdsvis dybde- og landbrugspløjning.

Hidtil har der stort set ikke været viden om udvaskningen i forbindelse med de forskellige jordbearbejdningsmetoder, der anvendes ved skovrejsning. Sideløbende med undersøgelserne i Drastrup har der været målt nitrat i jordvand på et skovrejsningsareal ved Nørager i Him-

merland, der blev tilplantet i foråret 1999 (Pedersen m.fl., 2000). Her blev landbrugspløjning med og uden renholdelse sammenlignet med dybdepløjning. Målingerne kørte kontinuerligt over 6 år således har det været muligt at beregne den akkumulerede udvaskning over hele perioden (Pedersen m.fl., 2005a,b).

I den første udvaskningssæson 1999/00 var nitratkoncentrationen omkring 40 mg/l for landbrugspløjningen uden renholdelse og 100 mg/l for dybdepløjning. Udvasningen blev anslået til henholdsvis 30-40 og 90-130 kg N/ha/år for de to jordbehandlinger (Pedersen m.fl., 2000). Forskellen i udvaskning mellem de to jordbearbejdningsmetoder lå således på nogenlunde samme niveau i både Drastrup og Nørager i det første år efter plantning. Men i Nørager blev udvasningen fra dybdepløjning allerede lavere end fra landbrugspløjning det andet år. Hvorimod dybdepløjningen i Drastrup først efter 4 år faldt til niveauet for landbrugspløjning.

Renholdelse med pesticider på det landbrugspløjede areal i Nørager gav kun en lille forøgelse i udvasningen af nitrat i forhold til uden renholdelse det første år, mens udvasningen ved mekanisk renholdelse (krydsrensning) efter landbrugspløjning var i størrelsesordenen 200 kg N/ha/år (Pedersen m.fl., 2000). Det andet år havde pesticidbehandlingen dog nitratkoncentrationer på op mod 150 mg/l, hvilket havde sammenhæng med effektiv bekæmpelse af et kløverdække, der havde udviklet sig det første år.

Efter 5 år var nitratkoncentrationerne ubetydelige fra alle behandlinger. Samlet set over de 5 første år var udvasningen i gennemsnit lavest for reolpløjning med 33 kg N/ha/år, mens landbrugspløjning uden renholdelse (som i Drastrup) havde 46 kg N/ha/år. Udvasningen ved renholdelse med pesticid blev 48 kg N/ha/år og ved mekanisk renholdelse 57 kg N/ha/år (Pedersen m.fl., 2005a,b).

På baggrund af resultaterne fra Drastrup og Nørager på kort sigt (de første 2 år efter plantning) blev tilplantningsmetoder i Gundersen m.fl. (2001) rangordnet med hensyn til N-udvaskning som følger: Kullegravede huller (1 kg N/ha/år) << Landbrugspløjning, ingen renholdelse (40 kg N/ha/år) = Landbrugspløjning, moderat renholdelse med pesticid < Dybdepløjning (50-100kg N/ha/år) = Landbrugspløjning, intens renholdelse med pesticid = Alm. landbrugsdrift < Landbrugspløjning, intens mekanisk renholdelse (>100 kg N/ha/år).

Med de ny resultater både fra Drastrup og Nørager over de første 5 år kan vi sammenligne de forskellige etableringsmetoder for hele kulturfasen. Resultaterne er dog ikke så entydige som på det korte sigt. Rangordnet med hensyn til N-udvaskning som følger:

- Kullegravede huller eller andre ekstensive etableringsmetoder (1 kg N/ha/år)
- < Landbrugspløjning, ingen renholdelse eller pesticid (25-50 kg N/ha/år)
- = Dybdepløjning (30-65 kg N/ha/år) med pesticid
- < Landbrugspløjning, intens mekanisk renholdelse (60 kg N/ha/år).
- = Alm. landbrugsdrift (66 kg N/ha/år, gns for DK).

Det er især intensiteten af jordbearbejdningsmetoden, der har betydning på kort sigt. Ved ønske om skovrejsning på arealer, hvor grundvandsbeskyttelse har høj prioritet, kan man overveje en mere ekstensiv etableringsmetode. En mulighed kan være kullegravede huller, men hvis man har tålmodighed med hensyn til skovens etablering kan man overveje metoder der helt eller delvist bygger på naturlig succession.

De øvrige hidtil tilgængelige undersøgelser viser samstemmende lige som i Nørager at udvasningen fra skovrejsningsarealer falder til et lavt niveau (<5-10 kg N/ha/år) i løbet af 3-5 år uanset jordbearbejdnings- tilplantnings- og renholdelsesmetoder (Gundersen m.fl., 2003).

Dette fald er en konsekvens af landbrugsdriftens ophør. Når træer, græs og urtevegetation er i god vækst falder nitratudvaskningen hurtigt til et lavt niveau, ofte til mindre end 1 kg N/ha/år. På et areal i Vestskoven ved København faldt nitratkoncentrationen fx fra 25 mg/l til nær nul i løbet af den vækstsæson, hvor den mekaniske renholdelse ophørte (Gundersen & Hansen, upublicerede resultater). Uanset den valgte fremgangsmåde ved skovrejsning opnår man således en lidt forsinket men kraftig reduktion i N-udvaskningen. Undersøgelsen i Drastrup er en undtagelse hvor koncentrationen efter 6 år stadig er 25 mg nitrat/l (figur 22).

I den fase, hvor træerne vokser hurtigt og især udvikler de små dele i kronen (ca. 5. til 20. år), er kvælstofoptaget stort og udvaskningen vil derfor være lav. På lidt længere sigt når træernes kvælstofbehov bliver mindre, kan udvaskningen blive forøget igen på grund af kvælstoftilførslen fra luftforurening (Gundersen m.fl., 2003). Samtidig har skov en højere fordampning og dermed lavere nedsivning end åbent land (Bastrup-Birk m.fl., 2003). Undersøgelser af ældre skovrejsninger på gammel landbrugsjord i Vestskoven viste at nitratniveauet var på ca. 25 mg/l i bevoksninger ældre end 20 år, dog op til 50 mg/l under en randbevoksning med høj kvælstofbelastning fra luften (Gundersen m.fl. 2003). Data fra en mere sandet skovrejsningslokalitet ved Geilvang tæt på israndslinien i Jylland viser en væsentligt bedre kvælstoftilbageholdelse i bevoksninger ældre end 20 år (Hansen m.fl. 2005).

4.8 Virkningen af ændret arealanvendelse i Drastrup (konklusion)

Med de hidtil opnåede resultater fra jordvandsstationerne er det muligt i store træk at vurdere resultaterne af ændringerne i arealanvendelse af grundvandsoplandet ved Drastrup med hensyn til nitratudvaskning. På arealer omlagt til græsningsoverdrev og lignende (inkl. ekstensiv skovtilplantning i kulegravede plantehuller) faldt nitratudvaskningen til <1 kg N/ha/år i løbet af 1-3 år (gælder ca. 65 ha). På de lavtliggende engarealer er nitratudvaskningen ligeledes lav. Med de hidtidige resultater vedrørende græsningstryk må vi forvente at græsarealerne vil være robuste med hensyn til lav udvaskning også ved et øget græsningstryk, blot det afbalanceres med foderproduktionen og væsentlig optrampning undgås. Ved skovtilplantning efter landbrugspløjning uden renholdelse (gælder 6 ha) var nitratudvaskningen i gennemsnit over 6 år 27 kg N/ha/år, men forventes at fald yderligere. Ved skovtilplantning efter dybdepløjning (gælder 22 ha kommunal skovrejsning og ca. 200 ha statslig skovrejsning i grundvandsoplandets ydre zone) svarede N-udvaskningen de første 2-3 år til niveauet ved landbrugsdrift, derefter faldt udvaskningen noget; i gennemsnit over de første 6 år var nitratudvaskningen 64 kg N/ha/år. Forløbet af reduktionen i N-udvaskning efter dybde- og landbrugspløjning er længere end forventet fra andre undersøgelser. Det er derfor væsentligt at undersøgelserne af N-udvaskning i forhold til forskellig jordbearbejdning fortsætter i Drastrup (se forslag i Bilag 6.1).

Vedvarende græs og ekstensiv skovrejsning gav på kort sigt den bedste grundvandsbeskyttelse, mens skovrejsning efterhånden resulterede i en moderat nitratudvaskning selv om reduktionen forløber langsommere end vi havde forventet. Set i et længere perspektiv vil alle skovrejsningsarealer dog også beskytte grundvandet. Ved at opnå status som fredskov vil tilplantede arealer være sikret mod fremtidige ændringer i arealanvendelsen og dermed mod genoptagelse af den landbrugsmæssige omdrift.

4.9 Overvejelser i forhold til dyrkningsdeklarationer for græsarealer

Den hidtidige moderate græsning (0,5 DE/ha) blev oprindeligt fastlagt/anbefalet ud fra et for-

sigtighedsprincip, dels ud fra en vurdering om at fodermængden efter ophørt gødskning ville falde dels for at sikre udviklingen af et slidstærkt vegetationsdække på de vedvarende græsarealer efter braklægning. Produktionsmålinger på engen viser, at der forsat er en ret høj planteproduktion, der kan bære et højere græsningstryk end 0,5 DE/ha.

På baggrund af produktionsmålingerne og den fænologiske udvikling i vegetation hen over græsningssæsonen (hvor en større del af plantevæksten har været ugræsset og derfor fået lov til at blomstre og visne) vurderes det at et græsningstryk i størrelsesordenen 1 DE/ha vil give en bedre afgræsning, der sikrer udviklingen af en tæt græssværd og en bedre foderkvalitet hen over græsningssæsonen. Det aktuelle græsningstryk bør dog løbende tilpasses den aktuelle plantevækst og grad af afdræning for dels at sikre, at græsningen kan følge med plantevæksten samtidig med at den er tilstrækkelig til at dække dyrenes behov og dels for at sikre at der ikke sker for meget optrædning jf. nedenstående forslag. Høslæt på en del af engen vil dels fremme udviklingen mod natureng og dels kunne bruges til at regulere plantevæksten i forhold til græsning.

Som indikator for en ekstensiv drift tilpasset den aktuelle plantevækst kan der i stedet for græsningstryk fastsættes et mål for vegetationshøjde ved indbinding. På enge med tuet vegetation anbefaler Ekstam og Forshed (1996) en gennemsnitlig højde på maks. 7 cm. På tør bund (overdrevslokaliteterne) anbefales en gennemsnitlig græshøjde på maks. 3 cm.

Der er der ingen sikker viden, om hvor højt et græsningstryk sådanne ugødskede overdrev kan klare før udvaskningen begynder at stige væsentligt. Det afgørende for fortsat at have en lav udvaskning fra de nyetablerede græsningsoverdrev i Drastrup er, at vegetationsdækket (græspelsen) bevares intakt. Dvs. at græsningen skal tilrettelægges således at der ikke opstår huller i vegetationen på grund af slidpåvirkning. Mindre lokale områder med optrampning på dyrenes hovedstier og omkring drikkestedet kan dog ikke undgås.

Når græsningen er tilpasset foderproduktionen, forventer vi at udvaskningen vil være mindre end 5-10 kgN/ha/år (10 kgN/ha/år giver ved 300-400 mm nedsivning en nitrat koncentration på 11-15 mg nitrat/l). Græsningen tilpasset foderproduktionen indebærer, at der ikke foregår nogen egentlig tilskudsfodring på arealet og at der dermed ikke bliver tilført kvælstof til arealet ud over deposition og evt. kvælstoffiksering fra kløver og lign.

Øget udvaskning på grund af græsning kommer fra dyrenes urinering. Specielt høje koncentrationer vil forekomme der, hvor dyrene foretrækker at opholde sig, dels fordi effekten af urin bliver koncentreret så vegetationen ikke kan nå at optage det tilgængelige kvælstof, dels på grund af skader på vegetationen fra slid, der på mindre områder medfører bar jord.

For at reducere effekten heraf kan man stille krav om at andelen af bar jord skal være minimal og mindre end fx 5 promille (50 m²/ha). Eller man kan stille krav om at vandingstrug flyttes et par gange gennem en sæson for at sprede belastningen fra dyrene til nye områder, hvor vegetation bedre kan optage det kvælstof der bliver frigivet fra urinen.

5 Referencer

- Bastrup-Birk, A., Gundersen, P., Hansen, K., 2003: Nedsivning til grundvand under skove - I: Raulund-Rasmussen, K. & Hansen, K. (ed.) Grundvand fra skove - muligheder og problemer. Skovbrugsserien nr. 34-2003. *Skov & Landskab*, Hørsholm. pp. 13-30.
- Benke, M., Kornher, A. & Taube, F. 1992. Nitrate leaching from cut and grazed swards influenced by nitrogen fertilization. Proceedings of the 14th General Meeting of the European Grassland Federation, Finland, 184-188.
- Bossen, D. & Nielsen, L. 2003. Græskvaliteten på græsarealer, der afgræsses af ammekvæg. Landbrugets Rådgivningscenter, Kvæginform nr. 1101.
- Buttenschøn, R.M., Buttenschøn, J., 2000: Retablering af ferske plantesamfund ved ekstensiv græsning belyst ved eksempler fra Mols Bjerge. *Flora og Fauna*, 106. årgang, hæfte 3+4, s.63-78.
- Buttenschøn, R.M., Buttenschøn, J., 2001: Einfluss der Rinderbeweidung auf verschiedene Grünlandtypen in Dänemark pp 83-114. I. Bauschann & Schmidt (eds.) Wenn der Bock zum Gärtner wird. Akademie-Berichte 2, Naturschutz-Zentrum Hessen
- Buttenschøn, R.M. & Buttenschøn, J. 2001. Effekten af husdyrgræsning på vegetation, pp. 69-90. I: Pedersen, L.B., Buttenschøn, R. M., Jensen, T.S., 2001. Græsning på ekstensivt drevne naturarealer – Effekter på stofkredsløb og naturindhold. Park- og Landskabsserien nr. 34, *Skov & Landskab*, Hørsholm.
- Djurhus, J. 1987. Landbrugsmæssig udnyttelse af vandløbsnære arealer. Afgrøder og sædskifter – forudsætninger og konsekvenser. Miljøstyrelsen, Teknikerrapport nr. 23.
- Ekstam, U. & Forshed, N. 1997: Åldre fodermarker. Naturvårdsverket Förlag
- Ellenberg, H. 1988: *Vegetation Ecology of Central Europe*, 4th edn. Cambridge University Press. Cambridge.
- Emmett, B.A., Gordon, C., Wildig, J. Williams, D., 2003. A N budget for an upland acid grassland and the modifying effect of N addition and grazing pressure. Abstract.
- Eriksen, J. & Vinther, F.P., 2002. Nitrate leaching in grazed grasslands of different composition, and age. *Grassland Science in Europe*. Vol 7.
- Eriksen, J., Vinther, F.P. & Søgaard, K., 2004. Nitrate leaching and N₂-fixation in grasslands of different composition, age and management. *J. Agric. Sci.* 142: 141-151.
- Ernstsen, V., 1990. Arealanvendelse og udvaskningsmønster for næringsalte. Undersøgelse af den umættede zone i sandjordsarealer med forskellige dyrkningsformer. Danmarks Geologiske Undersøgelser, Intern rapport nr. 43-1990, 58 sider + bilag.
- Gundersen, P. (red.), Matthesen, P., Buttenschøn, R.M., Jensen, F.S., Riis-Nielsen, T., Callesen, I., Vesterdal, L. & Ramhøj, G., 1999. Skovrejsning og vedvarende græsarealer - Drastrup projektet. Aalborg Kommune & Forskningscentret for Skov og Landskab, 68 sider.
- Gundersen, P., Friis, E. & Hansen, K., 2001: Nitratudvaskning fra skovrejsning og vedvarende græsarealer 1998 - 2001. Drastrup projektet. Ålborg Kommune og Forskningscentret for Skov & Landskab, Hørsholm. 30 pp.

- Gundersen, P., Schmidt, I. K., Hansen, K., Pedersen, L.B., Vesterdal, L., 2003: Nitrat i vand under skove - I: Raulund-Rasmussen, K. & Hansen, K. (ed.) Grundvand under skove - muligheder og problemer. Skovbrugsserien nr. 34-2003. *Skov & Landskab*, Hørsholm. pp. 31-60.
- Hansen, K. (red.), Gundersen, P., Buttenschøn, R.M., Matthesen, P., Jensen, F.S. & Ramhøj, G., 2001. Evaluering af alternative metoder til skovrejsning og vedvarende græsarealer i Drastrup. Aalborg Kommune & Forskningscentret for Skov og Landskab, 47 sider.
- Henriksen, K. 2004. Frejlev Meadows, Notat om denitrifikation fra Aalborg Universitet, upubliceret.
- Hoffmann, C.C. & Ovesen, N.B., 2003. Næringsstofomsætning og -tab ved ekstensiv afgræsning på lavbundsarealerne ved Fussingø. DJF rapport, markbrug nr. 91, 85-101.
- Jackson R.D., Allen-Diaz, B., Oates, L.G. & Tate, K.W., i tryk. Spring-water nitrate increased with removal of livestock grazing in a California oak savanna. *Ecosystems* 9:xxx-yyy.
- Nielsen, L., Hald, A.B. & Badsberg, J.H. 2003. Vegetation og planteproduktion på humusjord – effekt af øget jordfugtighed. DJF rapport, markbrug nr. 91, 131-156.
- Pehrsson, I.2001: Bete och Betesdjur. Jordbruksverket. Falköping
- Pedersen, L.B., Riis-Nielsen, T., Ravn, H.P., Dreyer, T., Krag, M., Nielsen, A.O., Matkowski, A. & Sunde, P.B., 2000. Alternativer til pesticidesprøjtning i skovkulturer. *SKOVEN* 8/2000: 355-359.
- Pedersen, L.B., Buttenschøn, R. M., Jensen, T.S., 2001. Græsning på ekstensivt drevne naturarealer – Effekter på stofkredsløb og naturindhold. Park- og Landskabsserien nr. 34, *Skov & Landskab*, Hørsholm.
- Pedersen, L.B., Riis-Nielsen, T., & Raulund-Rasmussen, K., 2005a. Skovrejsning ved Nørager - natur- og miljøeffekter. *DanskVAND*, 3: 190-195.
- Pedersen, L.B., Riis-Nielsen, T., & Raulund-Rasmussen, K., 2005b. Skovrejsning ved Nørager – hensyn til træer, floraudvikling og miljø. *Dansk Skovforenings Tidsskrift (DST)*, 90: 437-41.
- Sibbesen, E., Skjøth, F. & Christensen, B.T., 1995. Soil and substance movement between plots in long-term field experiments. I: "The Askov Long-Term Experiments on Animal Manure and Mineral Fertilizers: 100th Anni-versary Workshop". Red. B.T. Christensen & U. Trente-møller, SP-report no. 29 (3), 136-153
- Singer, F.J. & Schoenecker, K.A., 2003. Do ungulates accelerate or decelerate nitrogen cycling? *Forest Ecology and Management* 181: 189-204.
- Skov- og Naturstyrelsen, 2003. Manual vedr. vurdering af de lokale miljøeffekter som følge af luftbårent kvælstof ved udvidelse og etablering af større husdyrbrug
- Thorling, L. & Thomsen, R., 1994. Tunø, statusrapport 1994. Århus Amt, Natur og Miljø, 20 sider.
- Van Groenigen et al. 2005. Seasonal variation in N₂O emissions from urine patches: Effects of urine concentration, soil compaction and dung. *Plant & Soil* 273: 15-27.

6 Bilag

6.1 Forslag til fortsættelse af jordvands- og vegetationsundersøgelserne

Som nævnt i kapitel 5 vil det være relevant at fortsætte undersøgelserne af jordvand i Drastrup, dels for at få mere viden om hvor stort græsningstrykket kan være før det medfører væsentlig og målelig forøgelse af udvaskningen, dels for at følge nitratudvaskning fra henholdsvis landbrugspløjning og dybdepløjning ved skovrejsning over længere tid. De følgende forslag er til en ekstensiv overvågning, der bevare kvaliteterne i undersøgelserne. Det vil sige forslaget er en ”minimumsmodel”.

Kommentarer til *jordvandsundersøgelserne* på de enkelte arealer:

- Undersøgelsen på græsengen indeholder for mange usikkerhedsmomenter på grund af den høje vandstand. Det kan ikke udlukkes at evt. forskelle mellem de to græsningstryk vil blive udvisket på grund denitrifikation i jordprofilen over jordvæskeopsamleren. Det kan derfor ikke anbefales at videreføre jordvandsstationen. Derimod kan det være relevant at fortsætte forsøget med græsningstryk (så man kan bedømme om der er en kumulativ effekt) og videreføre målingerne på vegetationen og tage N-min prøver til bedømmelse af virkningen på nitratudvaskningen.
- Sammenligningen af landbrugspløjning og dybdepløjning på Skovrejsning Syd (Taurus) bør fortsætte indtil udvaskningen er faldet til et lavt niveau. Det ser ud til at nedsvingningen tager lidt længere tid end vi har set på andre lokaliteter, formentlig 1-2 år endnu.
- Undersøgelserne på græsningsarealet kan fortsættes med henblik på at undersøge ændringer i græsningstrykket. Designet giver mulighed for at sammenligne to niveauer af græsningstryk, men arealet er for lille til rent praktisk at kunne gøre dette. Derimod kan man øge græsningstrykket så meget som muligt set if.t. græsproduktionen og se om der kommer et udslag på nitratudvaskningen fx over to år. Hvis ikke kan man gå videre og øge græsningstrykket yderligere og give tilskudsfoder og se hvornår der kommer en væsentlig effekt. Reaktionen på slåning i 2003/04 viser at arealet er sensitivt i forhold til forstyrrelser, derfor vil det være egnet til en sådan ’afprøvning’ af græsningstryk.
- Undersøgelserne på Skovrejsning Nord ved AKVs vandværk kan stoppes, da koncentrationen har været konstant under 5 mg nitrat/l de seneste 6 år.

Med henblik på at fortsætte undersøgelserne bør *prøveindsamlingen* stadig foregå efter følgende punkter:

- Prøveindsamlinger i perioden oktober til maj, hvor udvaskningen foregår, med en frekvens på mindst en gang pr måned. Indsamlingen om sommeren kan have lidt længere interval, med mindre nedbøren er usædvanlig høj.
- Opsamlingen af nedbør skal forbedres med hensyn til rengøring af opsamlerne eller det kan overvejes at nedlægge denne opsamling. Der er forholdsvis mange problemer med insekter og fugleklatter, der kontaminerer prøverne og giver mange udfald i måleserien. Formentlig er opsamleren en attraktivt ’siddepind’ på de åbne arealer. Hvis opsamlingen fortsættes skal der indarbejdes en procedure med ombytning og rengøring af trakte og opsamlingsflasker.
- Prøverne analyseres alene for nitrat, klorid og evt. sulfat.

Registreringen af *vegetationsudviklingen* på de permanente felter på alle arealer bør fortsættes, men frekvensen kan reduceres til hvert andet år, da ændringerne forgår langsomt. For at kunne tolke resultaterne fra vegetationsregistreringerne og fremskrive udviklingen er der behov for en præcis registrering af den årlige drift.

Vejning af græsningsdyrene ved ud- og indbinding vil sammen med måling af vegetationshøjde, f.eks. 3 gange i løbet af vækstsæsonen, give oplysninger om produktionsforhold og sammen med vegetationsanalyser give et bedre beslutningsgrundlag med hensyn til fremtidig ekstensiv drift af vedvarende græsarealer med grundvandsinteresser.

6.2 Tekstur

Jordens tekstur på nyt forsøgsområder i Drastrup til undersøgelse af græsningstryk. Jordprøver blev udtaget i maj 2003 i forbindelse med installation af jordvæske opsamlere. Bestemmelsen er foretaget af KVL.

		CaCO ₃	Ler	Silt	Finsand	Grovsand	Texturklasse
Felt	Profil		<2 µm	2-20 µm	20-200 µm	200-2000 µm	
Græsning A	0-30 cm	-	4,2	6,4	28,7	60,8	sandjord
	30-60 cm	-	6,2	6,8	30,8	56,2	lerblandetsand- jord
	60-100 cm	-	2,2	4,8	28,6	64,4	sandjord
Græsning B	0-30 cm	-	4,0	3,0	25,1	67,9	sandjord
	30-60 cm	-	4,0	3,0	32,2	60,8	sandjord
	60-100 cm	-	4,2	7,2	31,6	57,0	sandjord

6.3 Jordbundskemi

Kemiske jordbundsparametre for forsøgsområdet til undersøgelse af græsningstryk i Drastrup. Jordprøverne er udtaget til analyse i maj 2003. De kemiske analyser er udført af *Skov & Landskab*.

Græsningstryk		Kemiske analyser													N pulje		
		CaCl ₂	0,1M H ₂ SO ₄	ekstraheret i 1 M ammoniumnitrat												horisont	profil
Våd-eng	Profil	pH	P	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	S	C	N	C/N	kg N/ha	t N/ha	
				mg/kg										%	%		
Felt A	0-30 cm	5,6	103	10	4974	9,7	67	169	7,2	70	219	1,34	0,15	9,1	48900		
	30-60 cm	5,9	125	5	2461	5,4	31	74	5,9	35	118	0,81	0,07	12,2	22000		
	60-100 cm	7,3	137	1	3680	<2	32	42	2,7	16	108	0,29	0,02	13,5	9300	80	
Felt B	0-30 cm	5,6	102	9	4378	9,7	52	133	7,7	66	182	1,26	0,14	8,9	46800		
	30-60 cm	6,1	109	2	5305	3,1	51	102	5,4	37	185	0,61	0,05	12,8	15800		
	60-100 cm	7,3	139	<2	4211	<2	41	54	3,2	15	155	0,33	0,02	13,7	10500	73	
Standardafvigelse, felt A	0-30 cm	0,3	10									0,03	0,01	0,6	3700		
	30-60 cm	0,4	5									0,12	0,01	0,3	2900		
Standardafvigelse, felt B	0-30 cm	0,1	3									0,29	0,01	0,5	4800		
	30-60 cm	0,4	16									0,11	0,01	1,0	2800		

6.4 Opgørelse af græsning

Data fra Aalborg Kommune (Lars Delfs Mortensen), som oplyst af græsningslejer

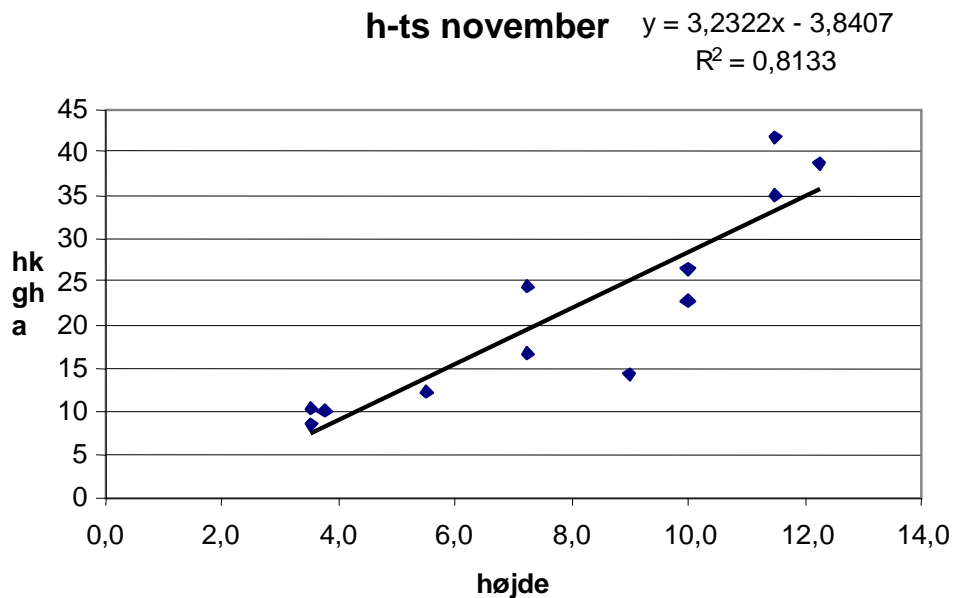
År	Udbinding	Flytning oa.	fenne 1 - køret NØ 0,5 DEH	fenne 2 - køret NV 1,0 DEH	fenne 3 - marken v. nibevej op til 1,7 DEH	Hjemtagning	
2003	30. maj		5 stk. 2års tyre	6 stk. 2års tyre	slet	6. sep	
	30. maj					6. sep.	
		20. juni					
	26. juni					6. sep	
	26. juni						
		29. juni					
2004	26. maj		5 ammekøer	5 ammekøer	5 ammekøer	8. sep	
	26. maj					8. sep	
	26. maj					8. sep	
2005	26. maj		16 kvier (ca. 20 mnd.)	7 kalvkvier (ca. 34 mnd.) ind alle 7 hjemtages til kælvning > 15 kvier ind < 15 kvier ud	5 kalvkvier (ca. 34 mnd.) ind 1 stk. ud 4 kalvkvier hjem		
	26. maj					14. juli	
	9. juni					14. juli	
		23. juli					
		23. juli					
		23. juli					
		30. aug.					
		30. aug.					
		8. okt.				15 kvier ind < hegnet åbnes og dyrene, går frit på begge arealer resterende dyr tages hjem	30. sep.
							9. nov.

Højde og produktionsmåling på engarealet

Højdemålinger i de små frahegninger i hhv. Fenne 1 (A) og Fenne 2 (B). Der blev udført 20 højdemålinger i hver af de små hegn A.1,A.2,... B.3.

		Fenne 1 hele fold	Fenne 2 hele fold	A.1	A.2	A.3	B.1	B.2	B.3
3. maj	Beg	9,2	7,9	7,9	5,3	5,4	8,5	6,9	3,7
16. juni	Slut			35,4	29,2	33,7	30,7	25,2	27,5
16. juni	Beg			12,4	18,3	21,8	14,5	15,4	28,1
17. aug	Slut			21,3	20,1	18,9	20,3	16,8	19,5
17. aug	Beg			5,8	8,8	5,5	4,6	3,9	6,3
3. nov	Slut	10,7	5,7	14,1	11,2	7,4	9,9	9,1	8,0
3. nov	"Beg"			5,3	3,9	3,6	3,7	3,6	3,9

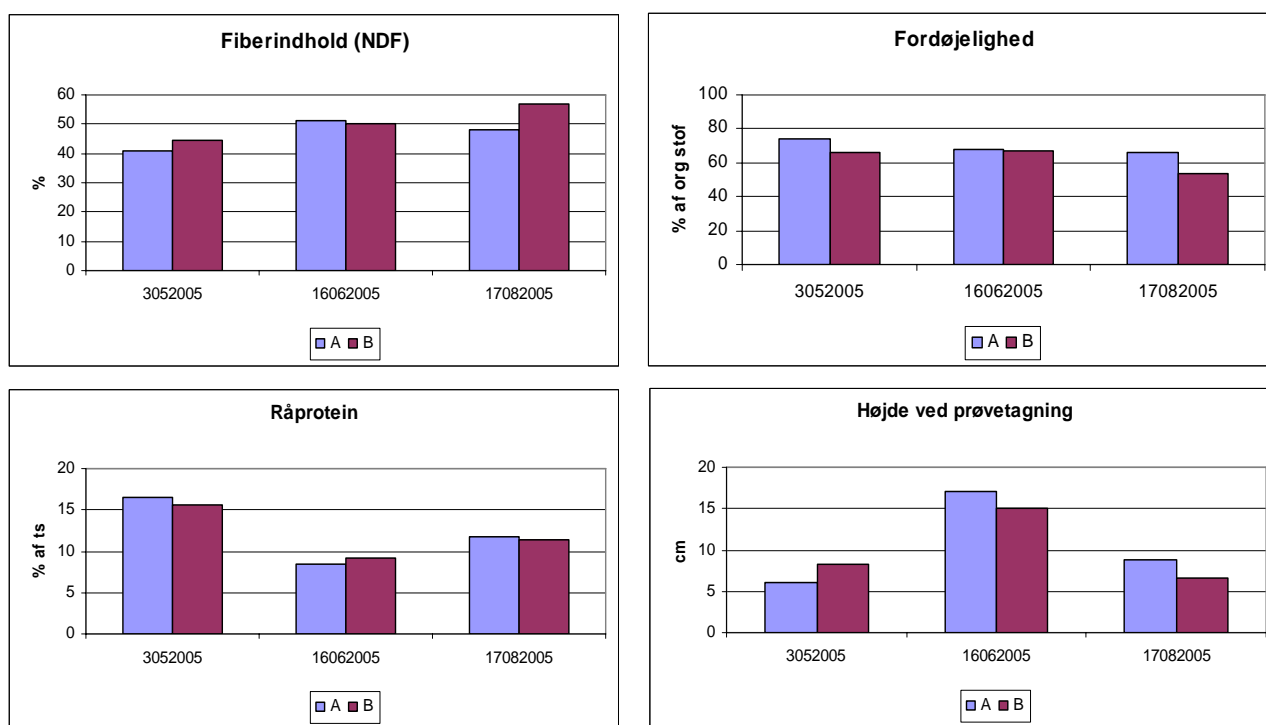
Fra højdemålinger af vegetationen og på klip af små felter ($0,25\text{m}^2$), er der fundet en relation mellem højde og tørstof (eksempel i figur 6.1), hvorefter tilvæksten er beregnet for hver af indhegningerne i afgræsningsperioden.



Figur 6.1: Eksempel på højde-tørstof relation fra november 2005

6.5 Foderstofanalyser

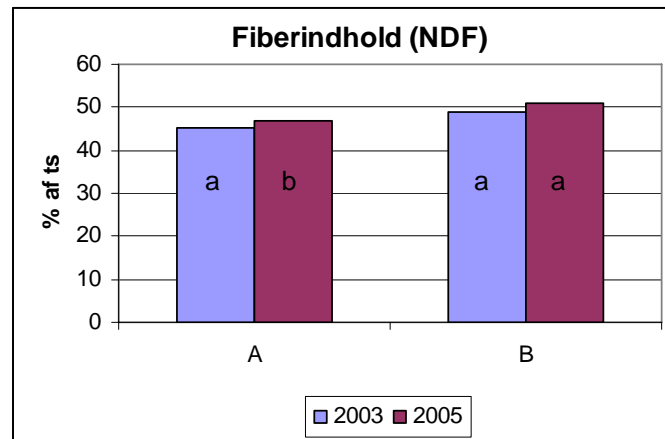
Over tre perioder i 2003 og 2005 er foderkvaliteten af planteudbudet analyseret. Data fra 2005 er vist i figur 6.2. Her er angivet højde af de prøver, der er udtaget til foderanalyser. Da der er en god korrelation mellem højde og afgrødemængde viser disse højder at foderanalyserne er baseret på en større afgrødemængde ved udtagning i juni måned end i maj og august. Da fordøjelighed og proteinindhold generelt er højere ved en lille afgrødemængde er det væsentligt at kende afgrødemængden på udtagningstidspunktet. Netop med hensyn til afgrødemængde på udtagningstidspunktet er 2005 forskellig fra 2003 idet afgræsningen er startet tidligere i 2005, og derfor er prøveudtagningen startet tidligere med en lavere afgrødemængde først på sæsonen sammenlignet med det næste måletidspunkt. Selv om afgrødemængden var lidt højere i A (Fenne 1) end B (Fenne 2) ved anden og tredje prøvetagning var fordøjeligheden i prøver fra A alligevel på niveau eller lidt højere end i B. En forklaring på disse forhold kan være at der i prøverne fra B var mere dødt materiale, muligvis på grund af en større andel af vegetationen ikke blev vedligeholdt i en vækstfase. Produktionen i foderenheder er vurderet til ca. 5500 og 3900 FE/ha i henholdsvis A (Fenne 1) og B (Fenne 2). Den største del af produktionen ligger i første halvdel af græsningsperioden.



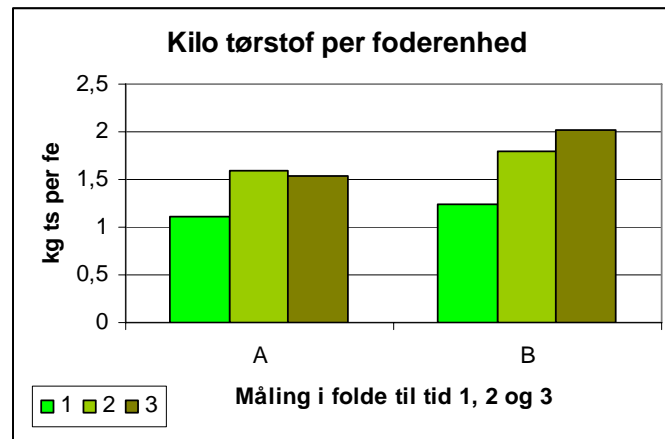
Figur 6.2: Foderanalyser over 3 perioder i 2005 fra Fenne 1 (A) og Fenne 2 (B).

Der er udført sammenligninger mellem Fenne1 og Fenne 2 på foderstofdata fra 2003 og 2005 og fundet signifikante forskelle for udvalgte variable (fordøjelighed, fiberindhold, foderkvalitet) hen over sæsonen og år. Sammenligning mellem fennerne er baseret på to analyser per fenne per prøvetagning i hvert af de analyserede år. Sammenligningerne er på baggrund af analysedata uden at tage højde for, hvor stor en andel af produktionen, det givne resultat repræsenterer. Ved første og anden prøvetagning var de vigtigste arter/grupper knæbojet rævehale, almindelig rajgræs, dødt materiale, almindelig rapgræs og manna sødgræs. Ved tredje prøve-

tagning var de vigtigste arter/grupper almindelig rajgræs, dødt materiale, knæbøjet rævehale, almindelig rapgræs, manna sødgræs og lav ranunkel.

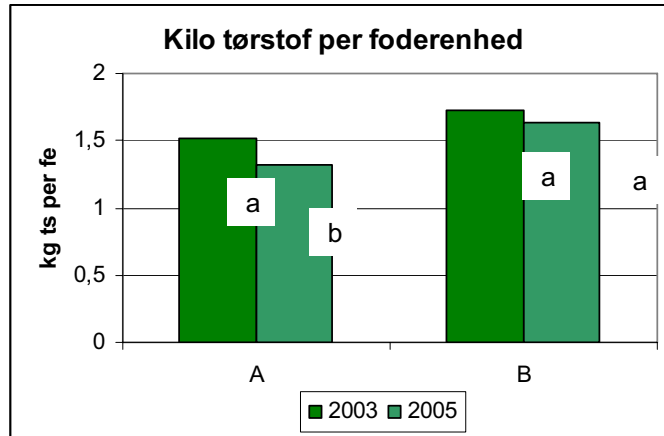


Figur 6.3: Fiberindhold angivet som procentandel af tørstof i Fenne 1 (A) og Fenne 2 (B) i 2003 og 2005.



Figur 6.4: Foderkvalitet vist som kilo tørstof per foderenhed og som gennemsnit for 2003 og 2005 i Fenne 1 (A) og Fenne 2 (B).

Foderkvaliteten var for begge fenner bedst ved første prøvetagning i maj (figur 3.2.9). For Fenne 1 var der ikke signifikant forskel på kvaliteten de to sidste måletidspunkter. For Fenne 2 faldt kvaliteten signifikant fra det ene måletidspunkt til det næste, og sidst på sæsonen skulle der 2 kilo tørstof til en foderenhed (figur 3.2.10).



Figur 6.5: Kg tørstof per foderenhed i Fenne 1 (A) og 2 (B) i 2003 og 2005.

Kvaliteten i Fenne 1 var som gennemsnitsbetragtning blevet bedre fra 2003 til 2005, hvorimod der ikke var signifikant forskel mellem år 2003 og 2005 for kvaliteten i Fenne 2.

Arbejdsrapporter Skov & Landskab

- Nr. 1 · 2004 Etablering af løvtræ på marginale landbrugsjorder
- Nr. 2 · 2004 Sekventiel udbringning af gødning til nordmannsgran juletræer
- Nr. 3 · 2004 Metroens effekt på ansattes transportadfærd
- Nr. 4 · 2004 Æstetisk sansning og naturvidenskabelig naturforståelse
- Nr. 5 · 2004 Data om friluftsliv og turisme i regionplanlægningen og amternes forvaltning
- Nr. 6 · 2005 Status og anbefalinger for friluftsliv i forbindelse med Nationalpark Nordsjælland
- Nr. 7 · 2005 Recirkulering af aske i skove
- Nr. 8 · 2005 Biomasse til energiformål
- Nr. 9 · 2005 Forsøg på bekæmpelse af Blåtop på Randbøl Hede
- Nr. 10 · 2005 Kommunale udbud af grønne driftopgaver 1997-2003
- Nr. 11 · 2005 Genetablering af skov på stormfaldsarealer ved naturlig foryngelse
- Nr. 12 · 2005 Vorsø Skov VI
- Nr. 13 · 2005 Skærmstilling og underbeplantning af rødgran i Gludsted Plantage
- Nr. 14 · 2005 Værdisætning af de danske lyngheder
- Nr. 15 · 2005 Pesticidfri vejdrift - Forsøg på hellearealer
- Nr. 16 · 2005 Pesticidfri vejdrift - Forsøg med cykelstikanter
- Nr. 17 · 2005 Pesticidfri vejdrift - Forsøg langs kantsten
- Nr. 18 · 2005 Pesticidfri vejdrift - Forsøg i nødspor på den sønderjyske motorvej
- Nr. 19 · 2005 endnu ikke udgivet
- Nr. 20 · 2005 Landskabskaraktermetoden - et kompendium
- Nr. 21 · 2005 Kommuners og pendlerregioners sårbarhed over for outsourcing
- Nr. 22 · 2005 endnu ikke udgivet
- Nr. 23 · 2005 ESPON og NERP i Danmark. Dansk planlægning i et europæisk og nordisk perspektiv
- Nr. 24 · 2005 Vegetationsudvikling og nitratudvaskning ved ændret arealanvendelse – eng, overdrev og skovrejsning i Drastrupprojektet 1998-2005