



LOKAL KVÆLSTOFDEPOSITION OG KVÆLSTOFINDHOLD I LAV

Faglig rapport fra DMU nr. 732 2009



DANMARKS MILJØUNDERSØGELSER
AARHUS UNIVERSITET



[Tom side]

LOKAL KVÆLSTOFDEPOSITION OG KVÆLSTOFINDHOLD I LAV

Faglig rapport fra DMU nr. 732 2009

Helle Vibeke Andersen¹⁾
Knud Erik Nielsen¹⁾
Hans Jørgen Degn²⁾
Camilla Geels¹⁾
Per Løfstrøm¹⁾
Christian Damgaard¹⁾
Jesper H. Christensen¹⁾

¹⁾ Danmarks Miljøundersøgelser

²⁾ Ringkøbing Amt



[Tom side]

Datablad

Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 732
Titel:	Lokal kvælstofdeposition og kvælstofindhold i lav
Forfatter(e):	Helle Vibeke Andersen ¹ , Knud Erik Nielsen ² , Hans Jørgen Degn ³ , Camilla Geels ¹ , Per Løfstrøm ¹ , Christian Damgaard ² og Jesper H. Christensen ¹
Institution(er), afdeling(er):	¹ Afdeling for Atmosfærisk Miljø, DMU; ² Afdeling for Terrestrisk Økologi, DMU; ³ Ringkøbing Amt
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser© Aarhus Universitet
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsesår:	Juli måned 2009
Faglig kommentering:	Thomas Ellermann
Finansiell støtte:	NOVANA tværgående midler
Bedes citeret:	Andersen, H.V., Nielsen, K.E., Degn, H.J., Geels, C., Løfstrøm, P., Damgaard, C. & Christensen, J.H. 2009: Lokal kvælstofdeposition og kvælstofindhold i lav. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 46S. – Faglig rapport fra DMU nr. 732. http://www.dmu.dk/Pub/FR732.pdf .
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	I en étårig periode er den geografiske og sæsonmæssige variation i kvælstofindhold i rensdyrlav (<i>Cladonia portentosa</i>) samt ammoniakindholdet i luften undersøgt på to indlandsheder og en klithede beliggende med en indbyrdes afstand på ca. 50 km. Lokalvariationen indenfor to af naturområderne er undersøgt ved at måle med få kilometers afstand. Analysen af kvælstofindholdet i lav tyder ikke på markant sæsonvariation, hvorimod der var en variation på lokalskala. Lokaltiteterne er intensive terrestriske NOVANA lokaliteter og de indsamlede data stemmer godt overens med målingerne foretaget i forbindelse med overvågningsprogrammet. Kvælstofindholdet i lav viser en god korrelation til ammoniakkoncentrationen på lokaliteterne, både på årsbasis og i sæsonen april til november. Kvælstofindholdet i lav synes derfor at være en egnet indikator for lokale forskelle i belastningen af ammoniak. Den ensartede baggrundsbelastning på de undersøgte lokaliteter gør det vanskeligt at skelne, hvorvidt andre kvælstofbelastninger end ammoniak afspejles i kvælstofindholdet i laverne. Der er gennemført en vegetationsanalyse og som direkte indikator for den atmosfæriske kvælstofbelastning er det konkluderet, at denne indikator ikke er velvalgt, da artssammensætningen afhænger af mange andre forhold end kvælstofdepositionen.
Emneord:	Kvælstof, rensdyrlav, deposition, ammoniak, <i>Cladonia portentosa</i> , vegetationsanalyse
Layout:	Majbritt Ulrich
ISBN:	978-87-7073-114-0
ISSN (elektronisk):	1600-0048
Sideantal:	46
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) på DMU's hjemmeside http://www.dmu.dk/Pub/FR732.pdf

Indhold

Forord 5

Sammenfatning 6

Summary 7

1 Indledning 8

- 1.1 Baggrund 9
- 1.2 Laver 11

2 Metoder og lokaliteter 13

- 2.1 Lokalitetsbeskrivelse 13
- 2.2 Atmosfæriske ammoniakmålinger 17
- 2.3 Kvælstof i lav 18

3 Resultater 19

- 3.1 Ammoniakmålinger og depositioner 19
- 3.2 Kvælstofindhold i lav 25
- 3.3 Resultater af vegetationsanalysen 26
- 3.4 Kvælstofindhold i lav i forhold til ammoniakkoncentrationer og depositioner 27

4 Diskussion 30

- 4.1 Ammoniakmålinger 30
- 4.2 Kvælstofindhold i lav 31
- 4.3 Indikator for atmosfærisk N-belastning 32

5 Konklusioner 35

- 5.1 Ammoniakmålinger 35
- 5.2 Prøveindsamlingsstrategi for lav (tid/sted) 35
- 5.3 Indikatorer for N-belastning (Kvælstofindhold i lav, vegetationsanalyse) 35

Referencer 36

Bilag 1 De målte ammoniakkoncentrationer på de fem lokaliteter 39

Bilag 2 Total kvælstofindhold i lav 40

Bilag 3 Statistisk analyse af N i lav og ammoniakkoncentrationer 41

Bilag 4 Pin-point analyse 44

Bilag 5 Målte og modellerede ammoniakkoncentrationer 45

Danmarks Miljøundersøgelser

Faglige rapporter fra DMU

Forord

Nærværende rapportering omhandler et projekt, der sammenkobler delprogrammet for "Baggrundsovervågning af luftkvalitet og atmosfærisk deposition" og "Arter og terrestriske naturtyper" under det nationale overvågningsprogram NOVANA. Formålet har været at finde en forholdsvis simpel biologisk indikator for kvælstofbelastningen, der kan anvendes i monitoringssammenhæng. Projektet er finansieret af den tværgående pulje under NOVANA.

Sammenfatning

I perioden april 2006 til april 2007 er den geografiske og sæsonmæssige variation i kvælstofindhold i hede-rendyr (*Cladonia portentosa*) undersøgt på to indlandsheder og en klithede, beliggende i det tidligere Ringkøbing Amt. Hederne ligger med en indbyrdes afstand på ca. 50 km. På den ene indlandshede samt på klitheden er lokalvariationen indenfor selve naturområdet undersøgt ved at måle på to lokaliteter med få km afstand. Sideløbende er der lavet koncentrationsmålinger af luftens ammoniak på de i alt fem lokaliteter. Analysen af kvælstofindholdet i lav tyder ikke på markant sæsonvariation, hvorimod der var en koncentrationsvariation på lokalskala, også indenfor få kilometer. Lokaliteterne er en del af NOVANAs terrestriske intensive overvågningslokaliteter og de indsamlede data stemmer godt overens med målingerne foretaget i forbindelse med overvågningsprogrammet. Kvælstofindholdet i lav viser en god korrelation til årsmiddelværdien af ammoniakkoncentrationen på lokaliteterne. Den øvrige kvælstofbelastning er opgjort v.h.a. modelberegninger. På grund af den ensartede baggrundsbelastning lokaliteterne imellem tyder undersøgelsen på, at variationerne afspejler forskelle i ammoniakbelastning. Kvælstofindholdet i lav synes derfor at være en egnet indikator for lokale forskelle i belastningen af ammoniak. Den ensartede baggrundsbelastning gør det vanskeligt at skelne, hvorvidt andre kvælstofbelastninger end ammoniak afspejles i kvælstofindholdet i laverne. Der er gennemført en vegetationsanalyse og som direkte indikator for den atmosfæriske kvælstofbelastning er det konkluderet, at denne indikator ikke er velvalgt, da artssammensætningen afhænger af mange andre forhold end kvælstofdepositionen.

Summary

For a one year period, lasting from April 2006 to April 2007, the geographical and seasonal variation in nitrogen content in lichen (*Cladonia portentosa*) and ammonia concentrations in air were measured at several locations. The region covered a triangle with approximately 50 km between the locations, two inland heaths and one dune heath. At one of the heaths and on the dune heath samples were taken to investigate the local variation within at distance of a few kilometers. The seasonal variation in the nitrogen content of the lichen was small and a local variation was detectable, even at the few kilometer scale. Nitrogen content in the lichen is a parameter monitored in the surveillance program and these data compared well to the data obtained in this investigation. The seasonal variation of the concentration of ammonia in air is very similar at the different locations, though with a clear difference in absolute values. The nitrogen content in the lichen shows a good correlation to the yearly mean value of the measured ammonia concentration in air at the different locations. The total nitrogen deposition was calculated by use of models and apart from ammonia these results show very similar deposition loads at the investigated locations. Considering uncertainties in modeling, only the modeled deposition of ammonia has a good correlation to the nitrogen content in the lichens. At locations with similar background deposition of nitrogen compounds the nitrogen content in the lichen (*Cladonia portentosa*) seems to be a good indicator to detect local differences in ammonia concentrations and ammonia depositions. It is not unambiguous whether the nitrogen content of the lichens also relates to the nitrogen deposition as a whole. Vegetation analysis has been performed and showed relatively high cover of grass species at the inland heaths. The vegetation analysis is not regarded as a suitable indicator for nitrogen deposition, since other factors have an influence on the diversity of species.

1 Indledning

I Habitatdirektivet er målsætningen at opnå gunstig bevaringsstatus for naturtyper og arter såvel nationalt som på de enkelte lokaliteter. På baggrund af et sæt af indikatorer for hver naturtype og art defineres gunstig bevaringsstatus, hvor der tages højde for de vigtigste påvirkningsfaktorer og dermed de parametre, der skal overvåges. Det terrestriske måleprogram under det nationale overvågningsprogram NOVANA omfatter både intensive og ekstensive stationer. Formålet med de intensive stationer er at beskrive udviklingstendenser og sammenhænge mellem påvirkninger, tilstand og udvikling. Den ekstensive overvågning skal give et repræsentativt billede af tilstand og udvikling i naturtyperne på nationalt niveau. Begge stationstyper omfatter nogenlunde de samme måleparametre, der som udgangspunkt måles årligt på de intensive stationer og hvert sjette år på de ekstensive stationer. De intensive stationer placeres udelukkende i Habitatområderne, mens en begrænset del af de ekstensive stationer kan placeres udenfor.

Den atmosfæriske kvælstofbelastning er en vigtig påvirkningsfaktor på mange terrestriske habitater og kvantificering af kvælstofbelastningen er en vigtig del af vurderingen af naturområdernes tilstand og udvikling. Det er af stor interesse at få optimeret anvendelsen af kvælstofindholdet i planter som biologisk monitoring for kvælstofbelastningen, idet denne parameter på relativ simpel vis kan analyseres og anvendes på et stort antal lokaliteter.

Kvælstofdepositionen udgøres af en nogenlunde ligelig fordeling af reduceret og oxideret kvælstof (Ellermann et al., 2007). Depositionen består dels af en våddeposition, hvor forskellige stoffer tilføres overfladen med nedbør, dels af tørdepositionen, der består af afsætning af gasser og partikler, hvilket foregår hele tiden. Ses på den geografiske variation i kvælstofdepositionen er bl.a. nedbørsmængden med til at skabe en gradient over landet, men meget lokalt kan bidraget fra tørdepositionen af ammoniak skabe store variationer i totaldepositionen. Det reducerede kvælstof stammer næsten udelukkende fra landbrugssektoren og et naturområdes kvælstofbelastning vil i visse regioner af Danmark være stærkt påvirket af tørdepositionsbidraget fra ammoniak fra regionens landbrugsaktiviteter. Det er vanskeligt at kvantificere tørdepositionen af ammoniak og oftest beregnes bidraget ud fra modeller. I NOVANA anvendes et modelsystem DAMOS, hvor regionalskalamodellen DEHM kobles til en nyudviklet lokalskala model OML-DEP til beregning af ammoniakdepositionen til en række udvalgte naturområder. DEHM anvendes til bestemmelse af belastningen fra andre kvælstofforbindelser samt input til OML-DEP modellen. DAMOS modellens formåen m.h.t. forudsigelse af ammoniakkoncentrationen er et vigtigt led i vurderingen af modellens resultater.

Nærværende projekt har til formål at danne baggrund for udvælgelse af egnede plantearter og prøvetagningstidspunkt såvel som repræsentativitet m.h.t. biologisk monitoring af kvælstofindhold i løv. Yderligere undersøges om vegetationsanalyse er egnet som indikator for atmosfærisk kvælstofbelastning. Som led i vurdering af kvælstofbelastningen er luftens indhold af ammoniak målt. Det er valgt at måle ammoniakkoncen-

trationen, da denne parameter må formodes at have den dominerende lokale variation i forhold til andre kvælstofforbindelser i det udvalgte område. Projektet har også til formål at anvende koncentrationsmålingerne af ammoniak til validering af modelberegninger på lokalskalniveau. Dette er rapporteret i en særskilt rapport.

Undersøgelsen tager udgangspunkt i en række intensive overvågningsstationer beliggende i det tidligere Ringkøbing Amt. I perioden april 2006 til april 2007 er den lokale geografiske og sæsonmæssige variation af kvælstofindholdet blevet undersøgt i hede-rendyrlav (*Cladonia portentosa*) på to indlandsheder og en klithede. På den ene hede og på klitheden er lokalvariationen belyst ved at måle to steder med få kilometers mellemrum. Sideløbende er der lavet koncentrationsmålinger af luftens ammoniak på de i alt fem lokaliteter.

1.1 Baggrund

Kvælstofindholdet i løvet på mos, lav og årsskud hos dværgbuske er veldokumenteret som indikator for kvælstofbelastningen (Söchting and Johnsen 1990, Pitcairn et al. 1998, Bragazza et al. 2004) og disse plantearter er derfor anvendt som bioindikatorer på de naturtyper (f.eks. klithede, hede og moser), hvor de forekommer. Løvkemiske analyser af laver er publiceret i et utal af artikler og opsummeret af Söchting (1995). Løvkemiske kvælstofanalyser fortæller først og fremmest noget om næringsstatus og dermed også om den relative belastning på lokaliteten. Det er blevet demonstreret, at en del lavararter er meget effektive absorbanter af kvælstofforbindelser (Söchting, 1995) og Söchting introducerede en metode, hvor laver anvendes som monitører for kvælstofdepositionen. Undersøgelser af transplantation af laver og tørvemosser mellem forskellige områder har vist, at absorptionen er en meget hurtig proces og at indholdet af kvælstof i thallus reflekterer den umiddelbare deposition (Bragazza et al., 2004).

Kvælstofindholdet i mos har ligeledes vist sig at afspejle det atmosfæriske optag af kvælstofforbindelser (Pitcairn et al., 2006). Undersøgelser af 20-35 år gamle *Racomitrium*-mosser på en række engelske og skotske heder har vist en øgning af kvælstofindholdet på op mod 60%. Over samme periode har overvågning af disse hedetyper vist en voldsom tilbagegang af disse mosser og en tilsvarende fremgang for græsser (Pearce et al., 2003). I habitatområderne er det sjældent, at kvælstofindholdet i mos er højere end 2%, hvorimod indholdet i det åbne landbrugsland må forventes at være noget højere. På grund af en større udbredelse er mos formentlig en bedre indikator for kvælstofbelastning end lav, da tilstedeværelsen af lav er begrænset til relativt få naturtyper og er mere sjælden i de centrale dele af landet (Degn og Söchting, 2008). Hollandske undersøgelser viser, at der optræder skader på lav ved et kvælstofindhold over 1,3% (Magnusson, 1983). Tolerancegrænsen for kvælstofindholdet i mos er noget bredere og kan dække de fleste depositions niveauer som realistisk kan forekomme.

Der findes kun sparsomme oplysninger i litteraturen, hvor der er anvendt andre plantegrupper som urter og græsser. Karakteristisk for disse grupper er en meget høj sæsonvariation, hvilket ikke er hensigtsmæssigt i en overvågning som den danske NOVANA-overvågning, hvor der kun foretages én dataindsamling om året og hvor prøvetagningen af ressour-

cemæssige begrænsninger må udstrækkes over hele sommerhalvåret. I et specialeprojekt har Vilsholm (2006) målt luftens ammoniakkoncentrationer og totalt kvælstofindhold samt isotopen N-15 i forskellige planter samt jord langs transekter fra to svinebedrifter i Jylland. En af konklusionerne var, at forskellige plantearter reagerer forskelligt på kvælstofbelastningen og mos, lav og Sandstar (*Carex arenaria*) var de bedste indikatorarter i forhold til merbelastningen med ammoniak.

Vilsholm (2006) fandt faldende gradienter af h.h.v. målte ammoniakkoncentrationer og kvælstofindhold i rensdyrlav langs et transekt væk fra en svineproduktion tæt ved kysten i Vestjylland. På årsbasis var der høj korrelation mellem ammoniakgradienten og gradienten i kvælstofindhold i rensdyrlav. Et tilsvarende transekt få kilometer nord for lokaliteten og uden lokale husdyrbrug, viste ingen gradienter og her blev målt en årsmiddelværdi på 0,6 ug NH₃-N m⁻³ i perioden juni 2004-juni 2005. Da begge lokaliteter må forventes at have modtaget samme baggrundsdeposition, syntes rensdyrlaven at respondere specifikt på den forhøjede ammoniakkoncentration og -deposition.

På Hjelm hede i Jylland undersøgte Nielsen (2006) i sit speciale responsen på hedelyng (*Calluna vulgaris*) og revling (*Empetrum nigrum*), der fik tilført ekstra kvælstof gennem vanding svarende til en merdeposition på 37 kg N ha⁻¹ år⁻¹. Undersøgelsen viste bl.a., at planterne var i stand til at udnytte det ekstra bidrag af kvælstof. Ekstratilførslen resulterede således i, at biomassen steg, mens der ikke var forskel på totalkvælstof i berigede og kontrol planter. Det var således ikke muligt at se den større depositionsbelastning på planteanalyserne af kvælstof, fordi planterne havde "fortyndet" optaget gennem øget vækst. Lignende resultater blev i et gødningeksperiment opnået af Uren et al. (1997) som gør opmærksom på, at et øget indhold af kvælstof i årsskudene formentlig opstår som resultat af en langvarig påvirkning. En positiv sammenhæng mellem kvælstofindholdet i lyng og depositionen er fundet af Pitcairn et al. (1995).

Ud fra ovennævnte blev det vurderet, at lav er en mere følsom indikator for kvælstofpåvirkning end mos. Endvidere er lavernes hyppighed den mest iøjnefaldende indikator på, at vegetationens sammensætning er ændret drastisk på hederne. På tre af de valgte lokaliteter er der en meget stor dækning med lav som ligeledes forekom i fritliggende puder. Dette var ikke tilfældet med mos som stort set kun forekom som et nederste vegetationslag, d.v.s. under løvtaget fra de øvre vegetationslag. Der er foretaget indsamlinger af lavprøver gennem en hel sæson og dermed har det været muligt at belyse de usikkerheder, som relaterer sig til en eventuel sæsonvariation i forhold til den årlige indsamling, der foregår i den terrestriske overvågning.

1.2 Laver

Nedenstående er angivet forskellige argumenter for, at lav er valgt som indikator for kvælstofbelastning i denne undersøgelse.

1.2.1 Forekomst i historisk perspektiv

Ændringer i lavernes hyppighed er den mest iøjnefaldende indikator på, at vegetationens sammensætning er ændret drastisk på hederne. Laverne (især *Cladonia*-arterne) var tidligere et meget mere iøjnefaldende element i indlandshedernes vegetation. Enkelte citater kan belyse dette:

I en undersøgelse af Borris Hede fra 1906 skriver Galløe & Jessen (1906) således: *"Karakterplanterne er Lyng og Rensdyrlav (Cladonia rangiferina), der giver Heden en meleret rødbrun Farvetone."* - - - *"Lyng og Rensdyrlav dominerer alt og præger alle Hedelandskaber paa tør Bund."* En af Danmarks mest kendte botanikere, C. Raunkiær, er født på en vestjysk hedegård mellem Varde og Skjern i 1860. I sine efterladte erindringer (Skodshøj 1964) om drengsårene der beskrives gårdens hede således: *"Paa den høje, tørre Hede bestod Plantevæksten især af lavt Lyng med tæt Rensdyrlav i Bunden, hist og her store eller mindre graahvide Pletter alene af Rensdyrlav."* Raunkiær har ikke på videnskabeligt grundlag beskæftiget sig meget med hederne. En beskrivelse af et noget større hedeområde, nemlig på Ådum-Varde bakkeø, giver dog samme billede (Raunkiær 1909): *"Hedelyngen hersker alene, idet mindste set paa Afstand; Mosserne aftager og kun Rensdyrlav dominerer mellem Lyngtuerne."* Denne beskrivelse findes i en afhandling, som argumenterer for at udtrykke hyppighed ved hjælp af tal, og ikke som tidligere ved subjektive skøn. Afhandlingen afsluttes med nogle lyriske bemærkninger om, at *"Tal er Videnskabens Versefødder"*, o.s.v. Desværre medtog han ikke lav i sine analyser, så et præcist mål for forholdet mellem lyng og lav giver han ikke. De tre ovenstående citater beskriver ganske godt forholdene på indlandshederne for omkring 100 år siden og op til omkring midten af det 20. århundrede.

Mange andre brikker i puslespillet understøtter det overordnede udsagn: *"Tidligere var der meget mere lav på hederne"*. Tilstanden har ændret sig. Hvor lyngvegetationen forynges gennem naturpleje bliver de nye lyngbuske hurtigt så høje og sammenhængende, at de langsomt voksende laver slet ikke kan følge med, og derfor skygges væk. Hvor heden ikke plejes, dør lyngen af alderdom, og dens plads overtages af revling, græsserne bølget bunke og Blåtop, og til sidst trævækst. Her kan laverne heller ikke klare sig i konkurrencen.

Dette udtrykkes mere præcist gennem NOVANA-overvågningens resultater (Bruus et al. 2007). For indlandslokaliteterne Ovstrup Hede og Lønborg Hede (to stationer), som er indgået i denne undersøgelse, er pinpoint værdierne for lav henholdsvis 1, 2 og 3. Disse små tal kan illustreres på følgende måde: De er fremkommet ved at man 6 gange har placeret sin analyseramme på 0,5x0,5 m og hver gang har stukket pinden ned i vegetationen 16 gange fordelt over hele rammen. Herved har man kun ramt en lav 1, 2 eller 3 gange.

1.2.2 Laver optager kun næring fra luften

Laverne har ikke nogen form for rødder. Nogle har rhizoider, men som det danske navn hæftetråde viser, er deres funktion kun at fastholde laven, ikke at opsuge hverken næringsstoffer eller vand. Laverne har nemlig heller ikke nogen form for ledningsvæv eller kar, som i givet fald kunne være transportveje rundt i organismen.

Uafhængigheden af at kunne udnytte stoffer i substratet gør, at laverne kan gro på sterile underlag som sand, bark og endda sten og nøgne klipper. I relation til den nærværende undersøgelse betyder det, at man ved analyse af lavernes sammensætning helt undgår den fejlkilde, der kunne have ligget i, at laverne optog forskellige mængder af stoffer fra jordbunden, afhængigt af jordbundens indhold af næringsstoffer. De optager simpelthen ingenting fra substratet.

1.2.3 Laver er følsomme overfor kvælstofdeposition

En svensk undersøgelse (Hallingbäck 1991) har vist, at nedfald af kvælstof i form af nitrat og ammonium skader stofskiftet alvorligt hos de laver, som indeholder blågrønalger. Som en konsekvens heraf blev det beskrevet, hvordan denne gruppe laver udviser en særlig kraftig tilbagegang.

Den indirekte virkning består i, at øget kvælstofdeposition forringer lavernes voksebetingelser. Mange laver kræver meget lys og de dør, hvis de bliver udskygget af hurtigt voksende planter. Selv vokser laverne jo ganske langsomt, eftersom de skal leve og gro af, hvad de optager fra luften. Før i tiden var mange plantesamfund langt mere næringsfattige end i dag og lavernes konkurrenter voksede derfor ikke så hurtigt. Meget tyder på, at det i mange plantesamfund endda var kvælstoffet, som var den begrænsende faktor. Det var det, der var "i underskud". Tidligere havde laverne også den fordel, at mange plantesamfund blev holdt lysåbne af græssende husdyr. I moderne tid er arealer med en meget lille produktion oftest uinteressante til afgræsning, idet dyrene kan tabe vægt på sådanne arealer.

2 Metoder og lokaliteter

2.1 Lokalitetsbeskrivelse

Det har været hensigten at finde steder, der kunne forventes at have forskellige niveauer af ammoniakkoncentrationer og dermed også en antagelse om, at dette vil føre til forskellig belastning med atmosfærisk kvælstof. Den del af kvælstofbelastningen, som ikke hidrører direkte fra den atmosfæriske ammoniak, må formodes at have en relativ lille variation i det udvalgte område. Dog er tørdeposition af nitrat med havsalt en undtagelse, hvor lokaliteterne i Husby Klit er mere belastet end de andre lokaliteter. Ud fra variationerne i totalkvælstof i planter fundet af Vilsholm (2006), blev det inden igangsættelsen af projektet konkluderet, at meget lokale variationer næppe ville være mulige at detektere. Lokalaspektet er således søgt afspejlet på en skala af få kilometer. Lokaliteter med lave koncentrationer er opnået ved at vælge to kystnære steder i Husby Klit. Lokaliteter med en forventning om højere ammoniakkoncentrationer og kvælstofbelastning er valgt sydøst for Ringkøbing Fjord (Lønborg Hede) og nordøst for Herning (Ovstrup Hede). Figur 3.3 – 3.5 viser kort med stationernes placering.

Lokaliteterne er placeret i NOVANA intensiv lokalitet-områder, dog er stationen på Ovstrup hede af praktiske grunde placeret få hundrede meter øst for selve NOVANA lokaliteten.

I beskrivelsen af lokaliteterne er angivet nogle "pin point" værdier for forskellige planter/lav. Pinpoint værdier er NOVANA tal og "pin point" metoden er beskrevet i bilag 4.

2.1.1 Husby Klit

Der er undersøgt to lokaliteter i Husby Klit, en "Nord" og en "Syd". "Nord"-stationen ligger 6 km nord for "Syd"-stationen.

Husby Klit Nord

Denne station ligger i kystklitterne langs Vesterhavet, ca. 450 m fra havet. Husby Klitplantage ligger som et af de ganske få steder på en længere kyststrækning, hvor sandflugten har formet et klitlandskab op til 3-4 km fra kysten. Det kan dog være svært at se, eftersom det meste nu er dækket af nåletræer.

Omgivelserne er domineret af to hovedelementer. Mod vest Vesterhavet, mod øst ligger indtil en afstand af ca. 3 km Husby Klitplantage og det store sommerhusområde Husby Sommerland. I større afstand fra stationen er landskabet præget af landbrugsdrift og spredt bebyggelse. De nærmeste større husdyrbrug ligger i en afstand af ca. 4 km. Emissionen af ammoniak i området (16 km x 16 km omkring punktet for ammoniakmålingerne og indsamling af lav) er 5 kg N ha⁻¹ år⁻¹.

En af de mest karakteristiske egenskaber ved klitternes vegetation er den mosaikagtige struktur. Inden for få hundrede meter fra stationen er der

hvid klit (naturtype 2120) længst ude mod havet. Bag disse klitter findes såvel stabile kystklitter med urteagtig vegetation (grå klit og grønsværsklit, naturtype 2130) som kystklitter med dværgbuskvegetation (klithede, naturtype 2140). Ganske små arealer af disse typer findes mellem hinanden i en kompliceret mosaik. Yderligere bidragende til det brogede billede er forskellige successionsstadier i forhold til vindbrud og sandaflejring, samt en udtalt forskel i vegetationen i forhold til eksponeringen (f.eks. om det er en syd- eller nordeksposteret skråning). Meget af klitheden har en stor procentdel af revling, hvilket tyder på en gammel vegetation. I forhold til stationen Husby Klit Syd er her endvidere fugtige klitlavninger (naturtype 2190), som tidvis kan være vanddækkede.

I forbindelse med NOVANA-overvågningen er der i området nær målepunktet for ammoniakmålingen og lavindsamlingen fundet følgende værdier i pin-point analysen for de tre dominerende arter: Sand-hjælme (*Ammophila arenaria*) 31, revling 28, bølget bunke (*Deschampsia flexuosa*) 21. Laver og mosser er ikke medtaget, da en ukendt del af disse står i dyb skygge inde under de større hedeplanter. Dækningen af rensdyrlaver opnåede på Husby Klit Nord en langt højere værdi end på nogen af de andre stationer, nemlig 40.

Stationen ligger i habitatområde nr. 197, Husby Klit. Området er ikke fredet, men omfattet af den udvidede strandbeskyttelseslinie efter naturbeskyttelseslovens § 15. Det er statsejet og administreres af Klosterheden Statsskovdistrikt.

Husby Klit Syd

Denne station ligger i kystklitterne langs Vesterhavet, blot 200 m fra havet. Dette bælte er under 1 km bredt og dermed langt smallere end for eksempel klithederne i Thy. Øst for denne klitrække lå indtil 1863 et større vandområde, Vest Stadil Fjord. Da blev vandstanden sænket kunstigt ved udpumpning.

Omgivelserne domineres af to hovedelementer. Mod vest Vesterhavet, mod øst et ca. 2 km bredt afsnit af Vest Stadil Fjord. De nærmeste dele er omfattet af et naturgenopretningsprojekt, som hævede vandstanden til -0,5 m D. N. N. (d.v.s. 0,5 meter under det gennemsnitlige niveau i de danske farvande). I forbindelse hermed blev de tidligere marker omdannet til naturområder samt ekstensivt drevne enge og græsmarker. Længere inde i land anvendes arealerne til intensivt landbrug, men de nærmeste større husdyrbrug ligger 4 km væk. Emissionen af ammoniak i området (16 km x 16 km omkring punktet for ammoniakmålingerne og indsamling af lav) er 7 kg N ha⁻¹ år⁻¹.

Klitternes vegetation og den mosaikagtige struktur er som Husby Klit Nord, der er beskrevet ovenfor for.

På den nærmest liggende station i NOVANA-overvågningen er fundet følgende værdier i pin-point analysen for de 3 dominerende arter: Revling 25, sand-star (*Carex arenaria*) 22, hedelyng 16. Rensdyrlaver opnåede kun værdien 8.

Stationen ligger i habitatområde nr. 197, Husby Klit. Området er ikke fredet, men omfattet af den udvidede strandbeskyttelseslinie i henhold til naturbeskyttelseslovens § 15. Området er privatejet.

2.1.2 Lønborg Hede

På Lønborg hede er der både en lokalitet på vestsiden og østsiden. Den vestlige lokalitet ligger 2,5 km nordvest for den østlige.

Lønborg Hede Vest

Overfladen er præget af sandflugt, eftersom der findes en række lave, langstrakte klitsystemer. Imellem dem er der fugtige lavninger eller end-og moser og søer.

I de nære omgivelser findes en del plantage og naturarealer. Omegnen er ellers typisk landbrugsområde med temmelig spredt bebyggelse. Mod nordvest ligger to større husdyrbrug i en afstand af 2-2,5 km. Der er ca. 5 km til Ringkøbing Fjord. Emissionen af ammoniak i området (16 km x 16 km omkring punktet for ammoniakmålingerne og indsamling af lav) er 17 kg N ha⁻¹ år⁻¹.

Vegetationen har karakter af en mosaik, men i større skala end i klitterne langs Vesterhavet. Klitformationerne er først og fremmest dækket af vegetation af naturtypen 2320, indlandsklitter med lyng og revling. Men som det også er omtalt i nøglen til identifikation af danske naturtyper på habitatdirektivet (<http://www.sns.dk/udgivelser/2001/87-7279-400-3/app01.htm>), vil en adskillelse af denne type og naturtype 2310, indlandsklitter med lyng og visse i mange tilfælde ikke være praktisk mulig. Der er desuden våde dværgbusksamfund med klokkelyg (4010) samt brunvandede søer og vandhuller (naturtype 3160).

På den nærmest liggende station i NOVANA-overvågningen er fundet følgende værdier i pin-point analysen for de tre dominerende arter: Revling 38, Blåtop (*Molinia caerulea*) 30, klokkelyg (*Erica tetralix*) 27. Rensdyrlaver opnåede her blot værdien 2.

På de tørre naturtyper domineret af lyng og revling er der gennem en år-række udført naturpleje: fjernelse af selvsåede nåletræer og afslåning af vegetationen inkluderende fjernelse af materialet.

Stationen ligger i habitatområde nr. 196, Lønborg Hede. Dette habitatområde omfatter udelukkende statsejede arealer, der administreres af Oxbøl Statsskovdistrikt. Området er endvidere fredet i henhold til kendelse fra Overfredningsnævnet.

Lønborg Hede Øst

Stationen ligger på et højedrag med en smuk udsigt over det lavere terræn mod vest. Det er en bakkeø, som her har en markant udløber mod vest.

Inden for 1-2 km fra stationen er den østlige halvcirkel domineret af nåletræsplantage, mens den vestlige halvcirkel domineres af naturområdet Lønborg Hede, som består af hede og kær. I en afstand af blot 2 km mod øst ligger en af landets allerstørste svineproduktioner (Brosbølgård) og 2-2,5 km mod syd endnu to. Egnen er et udpræget landbrugsområde med spredt bebyggelse. Emissionen af ammoniak i området (16 km x 16 km omkring punktet for ammoniakmålingerne og lavindsamling) er 19 kg N ha⁻¹ år⁻¹.

Vegetationen i stationens omgivelser er domineret af hedelyng og er af naturtype 4030, tørre dværgbusksamfund (heder). Der kan dog iagttages et stadig stigende islæt af græsarten Blåtop. Dette ville for 20 eller 50 år siden have været meget overraskende, for Blåtop gror (eller rettere groede) i de fugtige dele af heden. Disse klassiske forhold ses i de lavere liggende dele af Lønborg Hede. Her er et decideret plantesamfund karakteriseret af Blåtop og pors (*Myrica gale*). Det findes typisk i et endnu lavere terrænniveau end den fugtige klokkelyst-hede (naturtype 4010).

På den nærmest liggende station i NOVANA-overvågningen er fundet følgende værdier i pin-point analysen for de tre dominerende arter: Blåtop 25, lyng 25, revling 13. Rensdyrlaver opnåede her kun værdien 1; det er tæt på at være fraværende.

Der er inden for de senere år udført naturpleje på den højtliggende bakke, langt størstedelen har været som afslåning og fjernelse af vegetationen.

Stationen ligger i habitatområde nr. 196, Lønborg Hede. Dette habitatområde omfatter udelukkende statsejede arealer, der administreres af Oxbøl Statsskovdistrikt. Området er endvidere fredet i henhold til kendelse fra Overfredningsnævnet.

2.1.3 Ovstrup hede

Stationen ligger på en af de fladeste heder i det tidligere Ringkøbing Amt. Den ligger på det, som geologisk kaldes en hedeslette, det vil sige sand aflejret under den sidste istid af smeltevandet, der fra israndslinien i Midtjylland strømmede vestpå.

Inden for 2-3 kilometers afstand findes flere mindre nåletræsplantager, men ellers er omegnen præget af landbrugsmæssig udnyttelse. Gårdene er spredte og der er en del større bedrifter. Da landskabet er så fladt, og jorden består af smeltevandsaflejret sand uden sten, er den velegnet til avl af kartofler. I den nærmeste omegn er en del af landbrugene baseret primært på planteavl. Emissionen af ammoniak i området (16 km x 16 km omkring punktet for ammoniakmålingerne og lavindsamling) er 18 kg N ha⁻¹ år⁻¹.

Ovstrup Hedes vegetation er de fleste steder domineret af hedelyng, og er af naturtype 4030, tørre dværgbusksamfund (heder). Den gunstige status skyldes blandt andet, at det tidligere Ringkøbing Amt i de senere år udførte en del naturpleje, især fjernelse af selvsåede nåletræer samt afbrænding og afslåning (med fjernelse) af den senile vegetation.

Vegetationen på Ovstrup Hede udmærker sig ved, at der mange steder er en høj andel af klokkelyst, endda så meget, at det kan karakteriseres som naturtype 4010, våde dværgbusksamfund med klokkelyst. Det er en langt sjældnere naturtype end den tørre hede. Den er afhængig af en høj grundvandsstand, og en medvirkende forklaring på dens forekomst på Ovstrup Hede kan være, at denne hede aldrig har været opdyrket. Herved har man undgået, at et eventuelt vandstandsende allag er blevet brudt.

På den nærmest liggende station i NOVANA-overvågningen er fundet følgende værdier i pin-point analysen for de tre dominerende arter: He-

delyng 43, bølget bunke 33, revling 23. Rensdyrlaver opnåede kun værdien 3.

Stationen ligger i habitatområde nr. 249, Ovstrup Hede med Røjen Bæk. Området er privatejet (Aage V. Jensens Fonde) og er fredet i henhold til kendelse fra Fredningsnævnet.

2.2 Atmosfæriske ammoniakmålinger

Der er anvendt passive diffusionsopsamlere til bestemmelsen af luftens indhold af ammoniak. De passive diffusionsopsamlere er testet i et tidligere projekt og fundet velegnede til måling af ammoniakkoncentrationen (Andersen et al., 2009). En passiv diffusionsopsamler fungerer ved, at den molekylære diffusion bevæger gassen en kendt længde til et kendt absorberende areal. Diffusionsvejen skal være turbulensfri, d.v.s. stillestående luft. Ud fra den opsamlede mængde stof og ved brug af Fick's lov for molekylær diffusion, kan koncentrationen i atmosfæren således bestemmes. Metoden kræver ikke aktivt sug, d.v.s. den er uafhængig af en strømkilde og dermed meget velegnet til afsidesliggende lokaliteter. Den her anvendte type af passive diffusionsopsamlere er "ALPHA" (Adapted Low-cost Passive High Absorption), som kommer fra "Center of Ecology and Hydrology" (CEH) i England (Tang & Sutton, 2003).

Det er valgt at måle med en tidsopløsning på en halv måned, men af ressourcemæssige årsager blev dette sat op til månedsmidler i den sidste del af måleperioden (december til april). For vintermånedernes vedkommende betyder dette ikke så meget, idet landbrugsaktiviteten er lav i denne periode.

2.2.1 Ammoniak prøveopsamler

En ALPHA passiv diffusionsopsamler består af en 27 mm lang polyethylencylinder (27 mm i diameter), der er åben i den ene ende. 6 mm fra holderens åbning er indstøbt en kant, der støtter et ammoniakabsorberende filter (Schleicher & Schuell, papirfilter 604, 23,8 mm i diameter). Filtret er imprægneret med 50 µl citronsyre (13% w/v) i methanol. Plant med holderens åbning er placeret et teflonfilter (Schleicher & Schuell, TE 38 membranfilter, 5 µm, 27 mm i diameter), der dækker åbningen. Teflonfiltrets funktion er at forhindre turbulens inde i selve holderen således, at opsamlingshastigheden kun afhænger af diffusion og at diffusionsvejen er konstant, d.v.s. afstanden mellem de to filtre (6 mm). En eksponering begynder, når opsamlere sættes op og et beskyttelseslåg fjernes. Opsamlere er eksponeret i en højde af 1,8-1,9 m, hvor der placeres tre opsamlere under en frise. Efter endt eksponering fjernes teflonfiltret, der sættes låg på opsamlere og den returneres til laboratoriet. Umiddelbart før analyse ekstraheres det ammoniakabsorberende filter i 3 ml deioniseret vand og ekstraktets ammoniumindhold bestemmes v.h.a. ionkromatografi. En middelværdi for luftens indhold af ammoniak i eksponeringsperioden beregnes ud fra den opsamlede mængde, korrigeret for blindværdi, arealet af det absorberende filter, diffusionslængden, den molekylære diffusionshastighed for ammoniak og eksponeringstiden. Selve målingen er foretaget med tre parallelle opsamlere og varierer oftest med en præcision på mindre end 10-15% (se figur 1 i bilag 1). De passive diffusionsopsamlere har været sammenlignet med en refe-

rencemetode (denuder) på en række danske lokaliteter og disse resultater viste, at ALPHA'erne målte omkring 20% mere end referencen (Andersen et al., 2009). ALPHA'erne er korrigeret efter resultaterne af denne undersøgelse og denne korrektion introducerer en usikkerhed således, at målingerne vurderes at have en usikkerhed på op til 20%. Middelværdier under $0,2 \mu\text{g NH}_3\text{-N m}^{-3}$ forventes at have en større usikkerhed, da blindkorrektionens usikkerhed bliver betydende ved de lave niveauer.

2.3 Kvælstof i lav

På de intensive stationer i den terrestriske overvågning udtages hvert år prøver til bestemmelse af kvælstofindhold i lav. Prøvetagningen i overvågningen er tilfældig fordelt ud over et større areal (3-15 ha). Prøvefeltene lokaliseres via en GPS, hvor tilfældige punkter på forhånd er indlagt. Antallet af planteprøver er oftest 10. I nærværende undersøgelse er formålet blandt andet at belyse sammenhængen mellem koncentrationen af ammoniak i luften og kvælstofindholdet i lav. Prøvetagningen i undersøgelsen her er lokaliseret omkring stedet med de passive opsamlere til ammoniakbestemmelser og prøvetagningen af lav (*Cladonia portentosa*) er foretaget som 20 delprøver, taget i en afstand af ca. 30 meter rundt om opsamlerne.

2.3.1 Metode til bestemmelse af N i lav

Prøven tages af levende materiale og kun de yderste 2 cm af laven indsamles. Afklipningen foretages i felten. Til en prøve indgår ca. 10 delprøver. Ved hjemkomst tørres prøverne ved 55 grader i et døgn, hvorefter det nedknuses i en stålmorter. Prøverne analyseres i en C/N-analysator. Prøverne er håndteret efter teknisk anvisning (Fredshavn et al., 2007). Datoer for prøveindsamling fremgår af bilag 2 tabel 2.

3 Resultater

Resultaterne for h.h.v. ammoniakmålinger i luften, analyse af kvælstofindhold i lav og kvælstofdepositioner er præsenteret nedenstående.

3.1 Ammoniakmålinger og depositioner

Depositionerne er estimeret v.h.a. modelberegninger. Lokalskalamodellen fokuserer på ammoniakklender og deres afledede deposition i mindre områder, men da den samlede deposition i området også har et bidrag fra kilder i større afstand, er det nødvendigt at koble til en storskalamodel. Til bestemmelse af den samlede kvælstofbelastning modelleres således i NOVANA sammenhæng på stor skala med DEHM-modellen (10 km – 1000 km) og lokal skala med OML-DEP-modellen (op til 16 km x 16 km). Tilsammen kaldes modelkomplekset DAMOS og det er nærmere beskrevet i Ellermann et al. (2006).

3.1.1 Koncentrationsniveauer

Tabel 3.1. viser middelværdien af ammoniakkoncentrationen i måleperioden fra april 2006 til april 2007 på de fem lokaliteter. Det ses, at Husby Klit Nord har den laveste middelsoncentration på 0,5 µg NH₃-N m⁻³, derefter Husby Klit Syd en anelse højere med 0,7 µg NH₃-N m⁻³. Ovstrup Hede viser en middelsoncentration på 1,0 µg NH₃-N m⁻³, mens Lønborg Hede Vest ligger på 0,9 µg NH₃-N m⁻³ og Lønborg Hede Øst ligger højest med 1,3 µg NH₃-N m⁻³. Fordelingen af disse niveauer indbyrdes følger fordelingen i styrken af emissionerne i de pågældende områder (jf. lokalitetsbeskrivelserne samt tabel 3.1.).

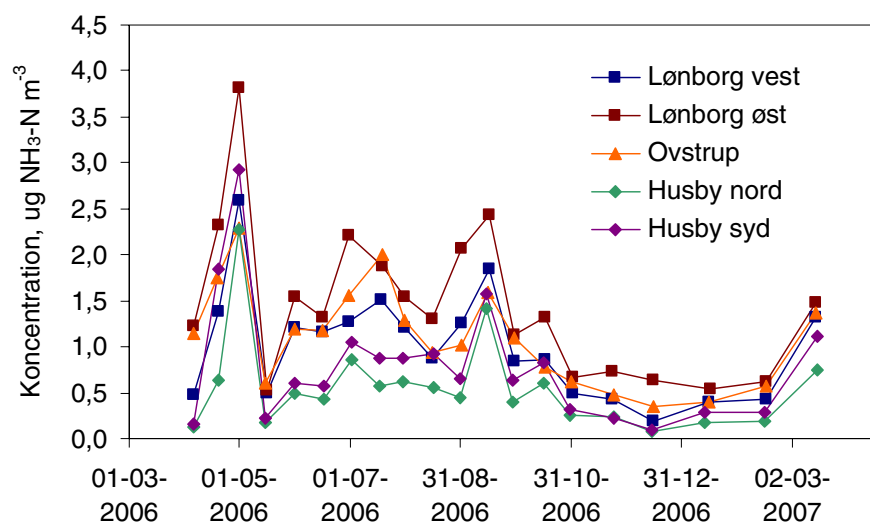
Tabel 3.1. Middelværdien af ammoniakkoncentrationen i luften i måleperioden fra april 2006 til april 2007 på de fem lokaliteter.

Tabel 3.1 Middelværdien af ammoniakkoncentrationen i luften i måleperioden fra april 2006 til april 2007 på de fem lokaliteter.

Lokalitet	Middelsoncentration µg NH ₃ -N m ⁻³	Emission, 16 x 16 km ² , kg N ha ⁻¹ år ⁻¹
Husby Klit nord	0,5	5
syd	0,7	7
Lønborg hede vest	0,9	17
øst	1,3	19
Ovstrup hede	1,0	18

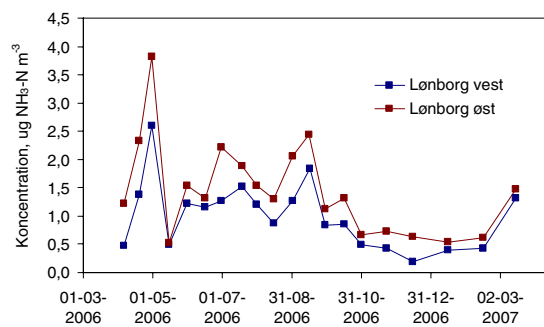
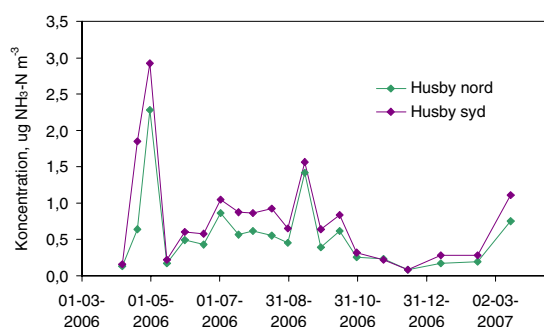
Figur 3.1 viser målingerne fra de fem lokaliteter. Det ses, at maksimum falder i forårsperioden som også er perioden for gylleudbringning. I denne periode var der øget hyppighed af sydøstlige og østlige vindretninger (Ellermann et al., 2007), hvilket må have givet anledning til de høje niveauer i Husby Klit, der ellers ligger meget beskyttet for ammoniakklender p.g.a. den kystnære beliggenhed mod vest. Det bratte dyk i koncentrationer i sidste halvdel af maj 2006 må formodes at hænge sammen med vejret, idet det regnede meget i perioden. Dette har måske forårsaget forsinkelser i udbringningen af gødning og dermed forskudt noget af

emissionen. Der ses også forhøjede niveauer hen over sommeren og i perioden sidst i september. De laveste koncentrationer ses om vinteren. I perioden 15. marts til 15. april 2007 øges koncentrationen igen, formentlig p.g.a. begyndende forårsudbringning af gylle. Lokalteterne har stort set samme forløb over året, men der ses forskel på de absolutte niveauer. De tre indlandslokaliteter i landbrugsområder ligger næsten altid højest, mens klitlokaliteterne ved Husby ligger lavt.



Figur 3.1 Ammoniakkoncentrationer i luften på de fem lokaliteter, målt som ½-månedsmiddel fra april til december 2006, derefter månedsmiddel. Målingerne er angivet ved startdatoen for måleperioden.

Figur 3.2 viser målingerne parvis fra h.h.v. Husby Klit Nord og Syd samt Lønborg Hede Øst og Vest. Selvom målingerne antages at have en usikkerhed på 20%, ses en tydelig tendens til, at Husby Klit Nord og Lønborg Hede Vest er systematisk lavere end h.h.v. Husby Klit Syd og Lønborg Hede Øst. Det betyder, at Husby Klit Syd er mere påvirket af landbrugsaktiviteter inde i landet end lokaliteten mod nord, der har et stort plantageareal beliggende øst for. Lønborg Hede Øst er ligeledes påvirket af kilder, der ikke synes at påvirke Lønborg Hede Vest.



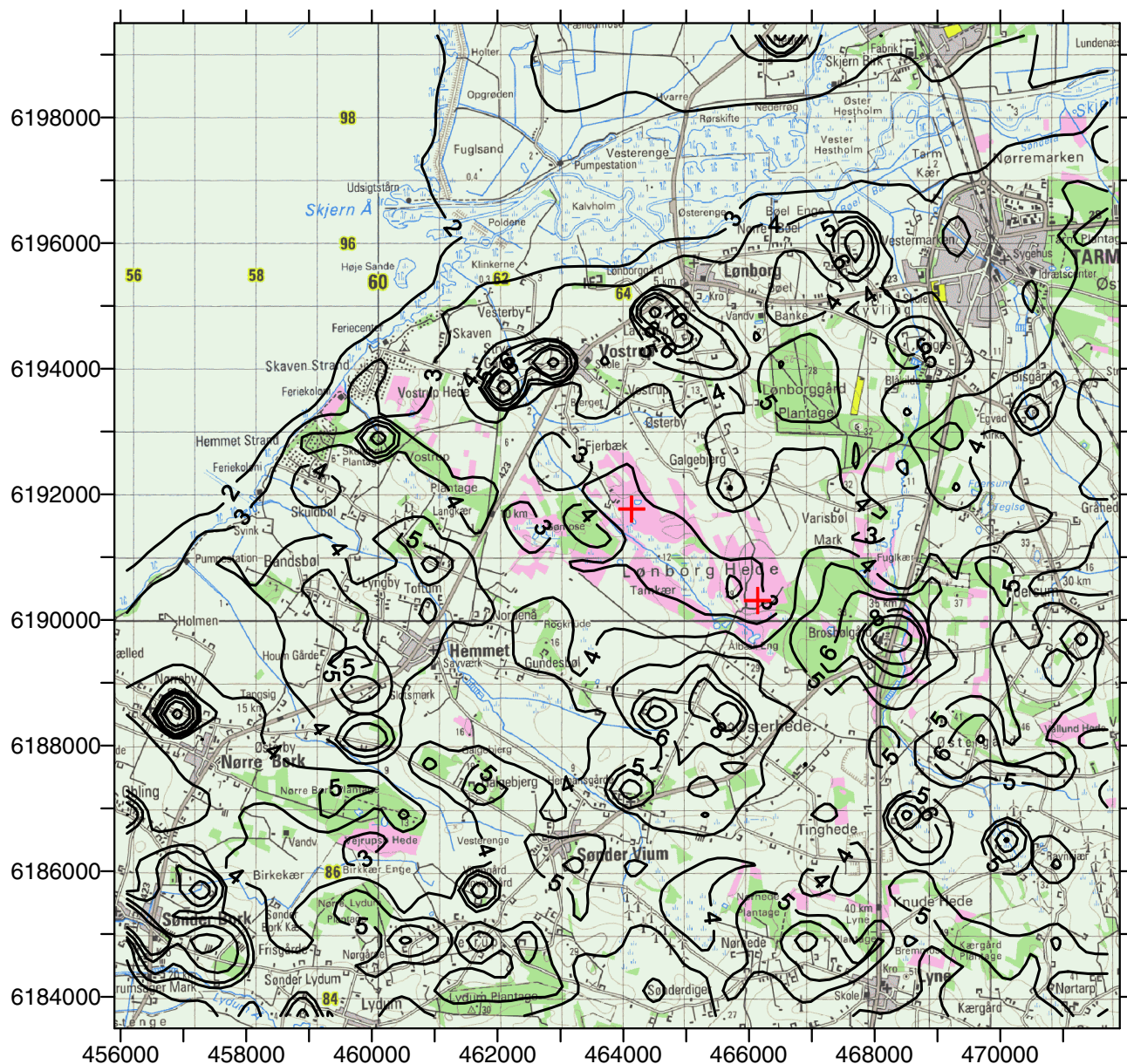
Figur 3.2 Ammoniakkoncentrationer i luften på Husby Klit, h.h.v. nordlig og sydlig lokalitet samt Lønborg Hede, h.h.v. vestlig og østlig lokalitet. Koncentrationerne er målt som ½-månedsmiddel fra april til december 2006, derefter månedsmiddel. Målingerne er angivet ved startdatoen for måleperioden.

3.1.2 Tørdeposition af ammoniak

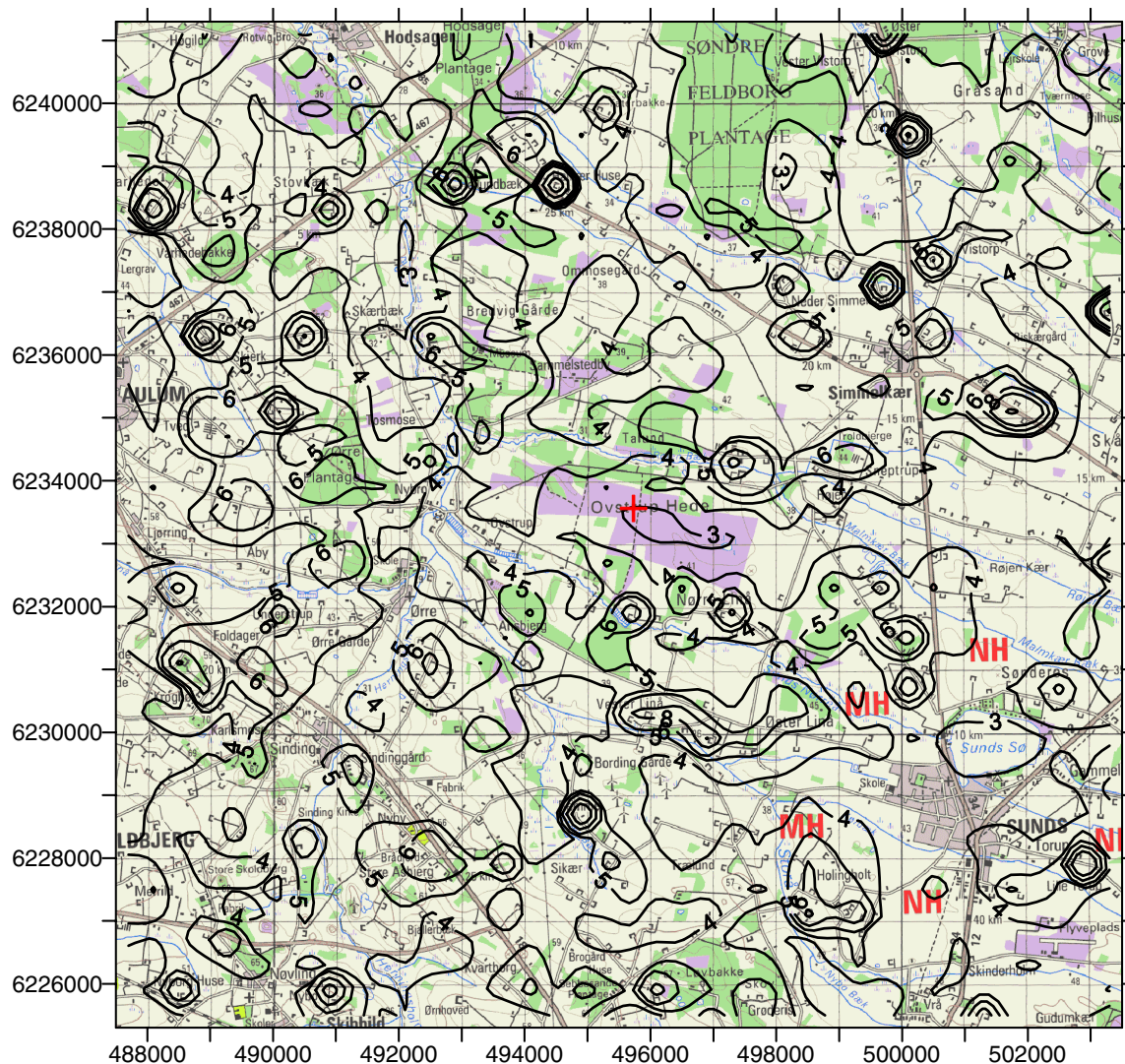
Tørdepositionen af ammoniak beregnes modelmæssigt som produktet af en modelleret koncentration og en modelleret depositions-hastighed. Bi-

Figur 3.3, 3.4 og 3.5 viser tørdepositionen af ammoniak beregnet med DAMOS på Husby Klit, Lønborg Hede og Ovstrup Hede. Tallene er beregnet for året 2006. I perioden april 2006 til medio april 2007 er tørdepositionen af ammoniak beregnet til 3,0 kg NH₃-N ha⁻¹ for Lønborg Hede Vest, 3,4 kg NH₃-N ha⁻¹ for Lønborg Hede Øst, 3,2 kg NH₃-N ha⁻¹ for Ovstrup Hede, mens Husby Klit beregnes til 1,2 kg NH₃-N ha⁻¹ for den nordlige lokalitet og 1,8 kg NH₃-N ha⁻¹ for den sydlige.



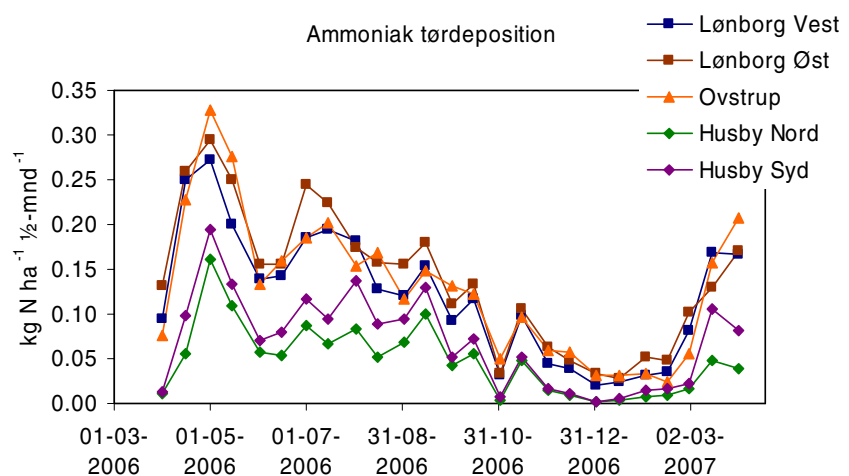


Figur 3.4 Tørdepositionen af ammoniak ($\text{kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$) for året 2006 beregnet med DAMOS på modeldomænet omkring lokaliteterne på Lønborg hede.



Figur 3.5 Tørdepositionen af ammoniak ($\text{kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$) for året 2006 beregnet med DAMOS på modelområdet omkring lokaliteten på Ovstrup hede.

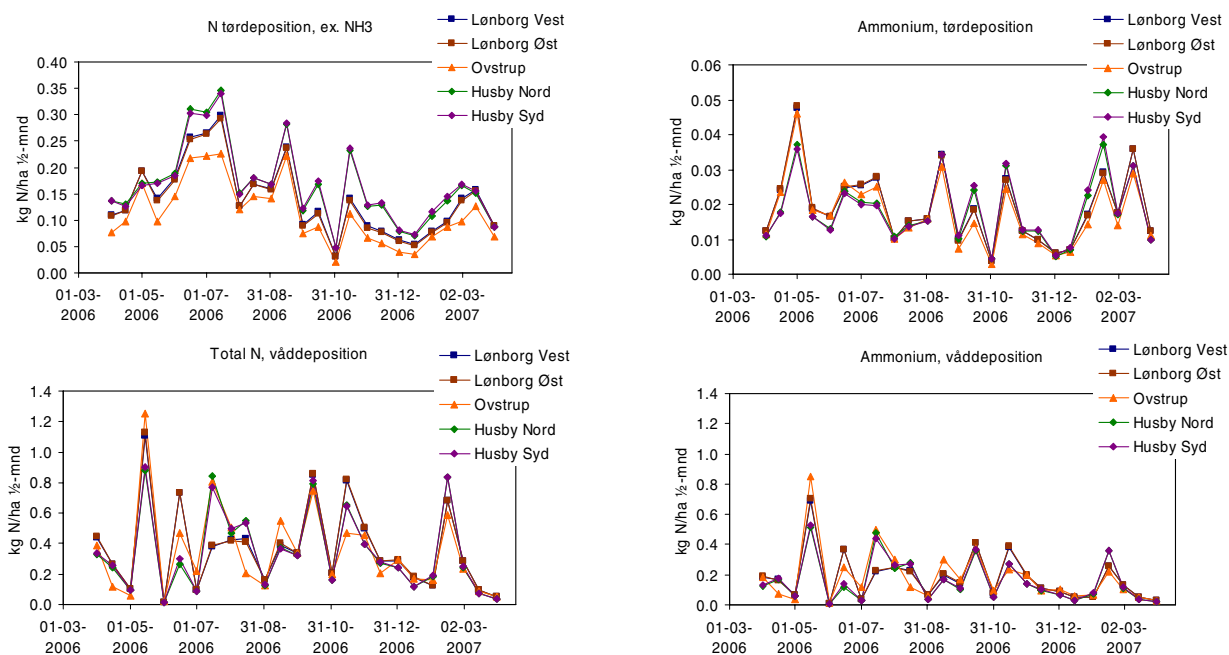
Figur 3.6 viser den beregnede tørdeposition af ammoniak på de fem lokaliteter som halvmånedsværdier i perioden for undersøgelsen. Depositionsmønstret over tid ligner meget forløbet for koncentrationerne.



Figur 3.6 Den beregnede tørdeposition af ammoniak (DAMOS) på de fem lokaliteter for halvmånedssperioder fra april 2006 til medio 2007.

3.1.3 Anden kvælstofdeposition

Ved brug af DEHM modellen er der beregnet halvmånedlige værdier for den del af tørdepositionen af kvælstof, der ikke hidrører fra ammoniak, samt våddepositionen af kvælstof (figur 3.7). Den tørdeposition af kvælstof, der ikke hidrører fra ammoniak, består primært af depositionen af gasserne kvælstofdioxid og salpetersyre samt partikulært ammonium og nitrat. Da rensdyrlav formodes aktivt at optage positive ioner, er der også udregnet tør- og våddeposition af reducerede kvælstofforbindelser, d.v.s. tørdeposition af partikulært ammonium og våddeposition af ammonium (figur 3.7).



Figur 3.7 Modelberegnete depositioner af kvælstof som halvmånedsværdier i perioden april 2006 til medio april 2007 på de fem lokaliteter. Øverst til venstre viser figuren den tørdeposition, der *ikke* hidrører fra ammoniak, d.v.s. depositionen af gasserne kvælstofdioxid og salpetersyre samt partikulært ammonium og nitrat. Øverst til højre ses tørdepositionen af partikulært ammonium. Nederst er den totale våddeposition (til højre) samt våddeposition af ammonium.

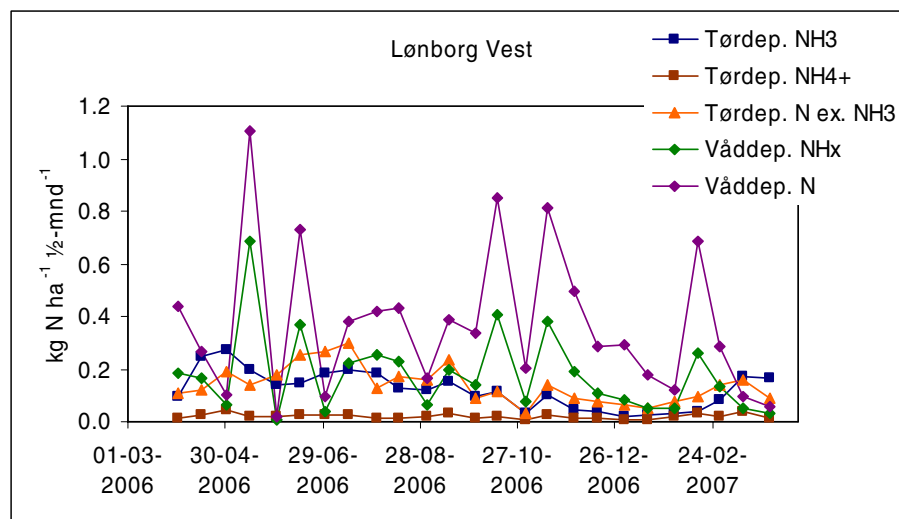
Der er en variation over tid i den del af tørdeposition, der ikke hidrører fra ammoniak, men variationen lokaliteterne imellem er forholdsvis lille (figur 3.7). Dog er niveauerne højere på Husby Klit, hvilket skyldes modellens estimat af tørdepositionen af partikulært nitrat tilført med havsalt. Disse estimater er forbundet med en vis usikkerhed i forhold til modelleringen af havsaltpartikler. Tørdepositionen af partikulært ammonium er en beskeden del af tørdepositionen (bemærk akseinddelingen) og variationen stationerne imellem er lille. Våddepositionen af den samlede mængde kvælstof er varierende, men den co-varierer lokaliteterne imellem og forskellen i absolutte værdier er lille (figur 3.7). Dette gælder også for våddepositionen af reduceret kvælstof, som udgør ca. halvdelen af kvælstofbelastningen med nedbøren (figur 3.7).

Tabel 3.2 viser bidraget fra tørdepositionen af ammoniak, den øvrige tørdeposition, den totale våddeposition og den samlede tør- og våddeposition til kvælstofdepositionen som årsmiddel i perioden april 2006 til april 2007 på de fem lokaliteter. Det ses, at tørdepositionsbidraget fra ammoniak beregnes til samme størrelsesorden som mængden af den øvrige tørdeposition af kvælstof på Lønborg Hede og Ovstrup Hede. De højere tal for øvrig tørdeposition på Husby skyldes et bidrag af partikulært nitrat tilført med havsalt.

Tabel 3.2 Tørdepositionen af ammoniak, den øvrige tørdeposition, den totale våddeposition og den samlede tør- og våddeposition på forskellige bidrag til kvælstofdepositionen som årsmiddel i perioden april 2006 til april 2007 på de fem lokaliteter (figurene indeholder også beregninger for første halvdel af april 2007).

	Tørdep, NH ₃	Øvrig tørdep, N uden NH ₃	Våddep, N total	Tør- og våddep, N total
	kg N ha ⁻¹ år ⁻¹	kg N ha ⁻¹ år ⁻¹	kg N ha ⁻¹ år ⁻¹	kg N ha ⁻¹ år ⁻¹
Lønborg Vest	2,8	3,4	9,2	15,4
Lønborg Øst	3,3	3,3	9,2	15,8
Ovstrup	3,0	2,8	8,7	14,4
Husby Nord	1,2	4,1	8,5	13,8
Husby Syd	1,6	4,1	8,6	14,3

Figur 3.8 viser de forskellige depositionsbidrag på halvmånedsbasis på Lønborg Hede Vest. Ud fra tabel 3.2 samt figur 3.7 og 3.8 ses, at våddepositionen bidrager med væsentligt mere kvælstof end tørdepositionen på lokaliteterne. Overordnet set beregnes lokaliteterne at modtage nogenlunde ens totaldeposition af kvælstof, idet den mindre ammoniakdeposition i Husby Klit suppleres med en tørdeposition af nitrat via havsalt.

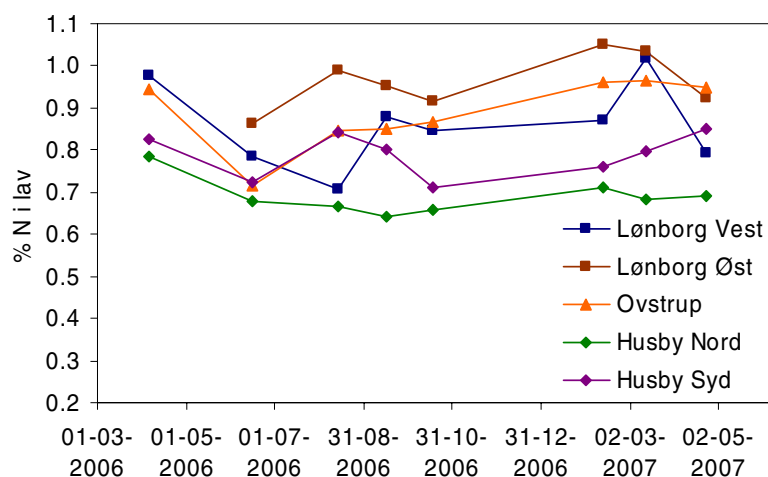


Figur 3.8 Forskellige bidrag til kvælstofdepositionen på Lønborg Hede Vest. Værdierne er beregnet som halvmånedssdepositioner i perioden april 2006 til medio april 2007.

3.2 Kvælstofindhold i lav

3.2.1 Koncentrationsniveauer

Indholdet af kvælstof i lav er vist i figur 3.9 samt i bilag 2. Gennem hovedparten af den undersøgte periode ligger de tre hedelokaliteter Lønborg Hede Øst og Vest samt Ovstrup Hede højere end de to klithedelokaliteter. De højeste værdier gennem hele sæsonen er Lønborg Hede Øst og de laveste er Husby Klit Nord. Det er ingen markant sæsonvariation. Tilsyneladende har Husby Klit Nord et mere jævnt niveau end de øvrige lokaliteter, hvor udsvingene er større. Tabellen i bilag 2 viser, at der generelt er en meget lille standardafvigelse for de analyserede data. En analyse af tal fra hele måleperioden viser, at der er en signifikant forskel på stationerne ($P < 0.0001$).



3.9 Procent totalkvælstof (% N) i lav på de fem lokaliteter, målingerne er markeret ved indsamlingsdatoen.

Tabel 3.3 viser middelværdien af de indsamlede lavprøver. I tabellen er også angivet resultaterne fra NOVANA-overvågningen, som viser samme overordnede billede, som undersøgelsen her. Spredningen på overvågningstallene (bilag 2) er en smule højere end i denne undersøgelse, hvilket formentlig skyldes, at prøvetagningen i overvågningen er tilfældig fordelt ud over et større areal (3-15 ha), hvorimod prøvetagningen i undersøgelsen er lokaliseret omkring stedet med de passive opsamlere til ammoniakbestemmelser. En parret t-test viser, at der ikke er signifikant forskel mellem de to undersøgelser ($P=0.14$).

Tabel 3.3 Middelværdi af kvælstofkoncentrationen (%N) i lav i de indsamlede prøver samt resultaterne fra NOVANA-overvågningen.

Lokalitet	Middel koncentration (apr06-apr07)	NOVANA data (aug/sep 06)
	% N	
Lønborg Hede Vest	0,86	0,95
Lønborg Hede Øst	0,96	1,17
Ovstrup Hede	0,89	0,97
Husby Klit Nord	0,69	0,63
Husby Klit Syd	0,79	0,76

3.3 Resultater af vegetationsanalysen

Resultaterne af analysen af vegetationens dækningsgrad fremgår af tabel 3.4. For alle lokaliteter gælder, at de er domineret af dværgbuske og Lønborg Hede Vest og Ovstrup Hede har den højeste dækning. Analysen viser, at pin-point værdierne varierer fra knap 100 (Lønborg Hede Øst) til 192% (Lønborg Hede Vest). "Pin-point" analyse er beskrevet i bilag 4. Disse lokaliteter har ligeledes det laveste og højeste antal af arter som er registreret i overvågningen. Det skal bemærkes, at der ikke er foretaget bestemmelse til art hos artsgrupperne mos og lav. De tre hedelokaliteter har en relativ høj dækningsgrad af græsserne Bølget Bunke eller Blåtop.

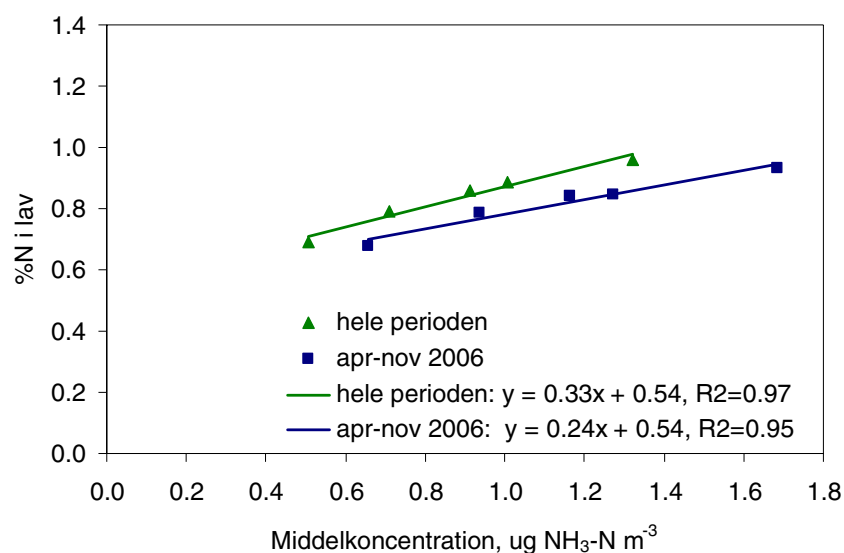
Tabel 3.4 Vegetationsanalyse for de fem lokaliteter.

Art	Pin point værdier (%)				
	Husby Nord	Husby Syd	Ovstrup	Lønborg Vest	Lønborg Øst
Revling	28	25	23	38	13
Hedelyng	16	16	43	22	25
Klokkelyng			3	27	
Tyttebær			1		
Pors				2	
Rosmarinlyng				1	
Sand-hjælme	31	15			
Bølget Bunke	21	1	33	1	2
Blåtop			1	30	25
Rød svingel	5	2			
Sand-star	16	22		4	
Alm. star			9	2	
Hirse-star			9		
Pille-star			1		
Smalbladet					
Kæruld				6	
Tue-kogleaks				9	
Alm. engel-sød	7	4			
Lav	40	8	3	2	1
Mos	16	27	45	48	33
Ialt	180	120	171	192	99

3.4 Kvælstofindhold i lav i forhold til ammoniakkoncentrationer og depositioner

3.4.1 Kvælstofindhold i lav og ammoniakkoncentrationer

Figur 3.10 viser middelsoncentrationer fra hele året (apr06-apr07) og sæsonen april til november 2006 af kvælstofindholdet i lav set i forhold til middelsoncentrationen af ammoniak målt i hele perioden h.h.v. april til november 2006 på de fem lokaliteter. Laverne må formodes at reflektere en respons fra tiden før april 2006, men det er der ikke taget hensyn til. Der ses en sammenhæng mellem kvælstofindholdet i lav og de målte ammoniakmiddelværdier.

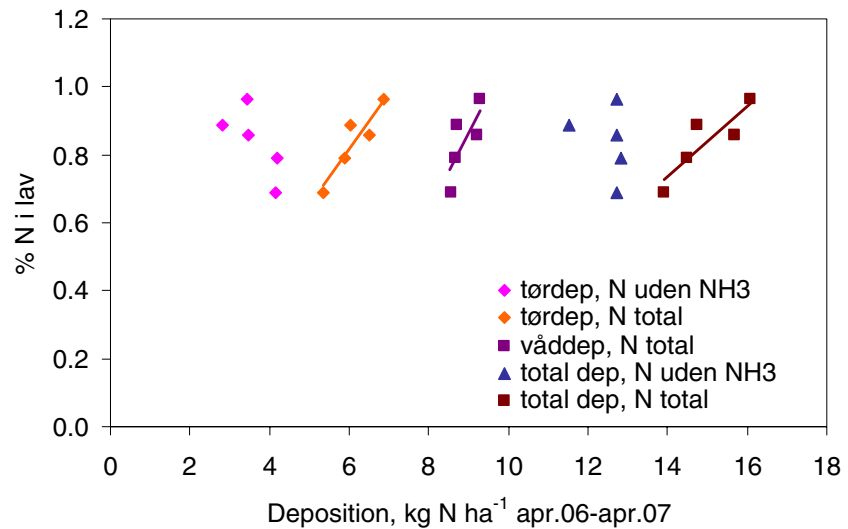


Figur 3.10 Middelkoncentrationer af kvælstofindholdet i lav (% N) i forhold til middelkoncentrationen af ammoniak målt i perioden april 2006 til april 2007 samt april til november 2006 på de fem lokaliteter.

En yderligere statistisk analyse af data er påbegyndt, se bilag 3. Optagelsesprocesserne hos laverne er ikke særlig velkendt. Det vides ikke, hvor lang en depositions historie, der afspejles i en måling af kvælstofindholdet i lav. Laven vil ikke "tæbe" kvælstof, fordi ammoniakdepositionen eksempelvis falder over en kortere periode. Der er en signifikant positiv sammenhæng når man sammenstiller de aktuelt målte ammoniakkoncentrationer fra vækstsæsonen (april til november) med det procentvise kvælstofindhold i laverne indsamlet i den samme periode (bilag 3). Det kunne indikere en relativ kort deponeringshistorie ("hukommelse") hos laverne, men kan også skyldes den positive ko-varians i ammoniakkoncentrationen indenfor en station i sommermånederne. Hvis man antager, at % N i lav afspejler ammoniakkoncentrationen kan denne estimeres ud fra % N målinger i lav (bilag 3). For eksempel, hvis % N i lav er målt i ti prøver med et gennemsnit på 0.8%, så vil dette gennemsnit med 95% sikkerhed svare til en ammoniakkoncentration på mellem 0.04-0.33 $\mu\text{g NH}_3\text{-N m}^{-3}$ med en medianværdi (mest sandsynlig værdi) på 0.09 $\mu\text{g NH}_3\text{-N m}^{-3}$.

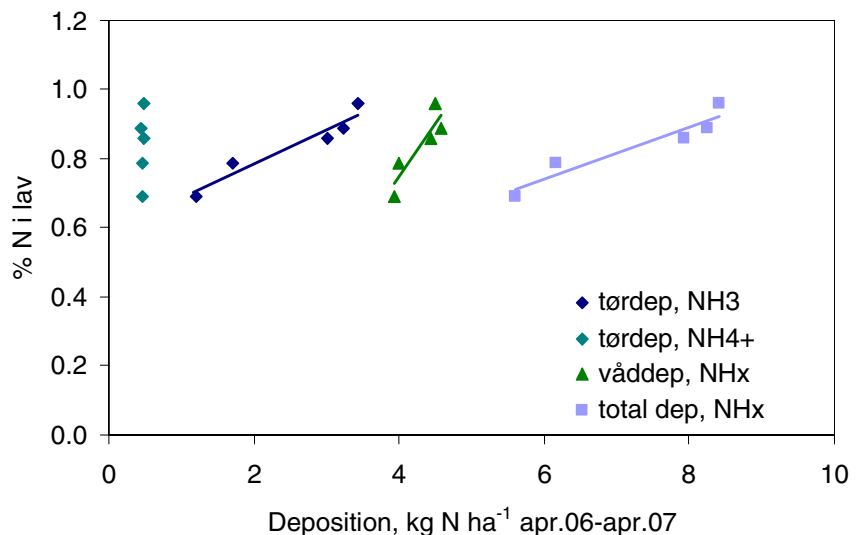
3.4.2 Kvælstofindhold i lav og depositioner

Figur 3.11 viser middelkoncentrationer af kvælstofindholdet i lav (%N) i forhold til modelberegnete depositioner (DAMOS). Der er afbildet tørdeposition med og uden bidraget fra ammoniak (NH_3), den totale mængde kvælstof tilført med våddepositionen samt total deposition, både tør og våd, af alle kvælstofforbindelser med/uden tørdepositionsbidraget fra ammoniak. Den mest markante sammenhæng ses mellem kvælstofindholdet i lav og den modellerede tørdeposition af ammoniak. Der ses en vis sammenhæng mellem både tørdepositionen og total depositionen af kvælstof og kvælstofindholdet i lav, men fjernes tørdepositionsbidraget af ammoniak forsvinder denne sammenhæng, jf. figur 3.11.



Figur 3.11 Middelkoncentrationer af kvælstofindholdet i lav (%N) i forhold til modelbereg-nede depositioner (DAMOS): tørdeposition med/uden bidraget fra ammoniak (NH_3), våd-depositionen af alle kvælstofforbindelser samt total deposition (tør og våd) af alle kvæl-stofforbindelser med/uden bidraget fra ammoniak. Modelberegningerne dækker perioden april 2006 til medio april 2007. De lineære regressionslinier er indtegnet.

Figur 3.12 viser forskellige depositionsbidrag af reduceret kvælstof (NH_x): tørdepositionsbidraget af ammoniak (NH_3), partikulært ammoni-um (NH_4^+) samt våddepositionen og total depositionen (tør og våd) af reduceret kvælstof (NH_x). Modelberegningerne dækker perioden april 2006 til medio april 2007. Der ses en tendens til sammenhæng mellem kvælstofindholdet i lav og våddepositionen, både for alle kvælstoffor-bindelser (figur 3.11) og for det reducerede kvælstof (figur 3.12). Må-ske er denne sammenhæng reel, men det skal samtidig bemærkes, at der er tale om meget små variationer i disse depositioner stationerne imel-lem og her spiller usikkerheden på modelberegningerne ind.



Figur 3.12 Middelkoncentrationer af kvælstofindholdet i lav (%N) i forhold til modelbereg-nede depositioner af reduceret N (DAMOS): tørdeposition af ammoniak (NH_3) og ammo-nium (NH_4^+) samt våddeposition og total deposition (tør og våd) af reduceret kvælstof (NH_x). Modelberegningerne dækker perioden april 2006 til medio april 2007. De lineære regressionslinier er indtegnet

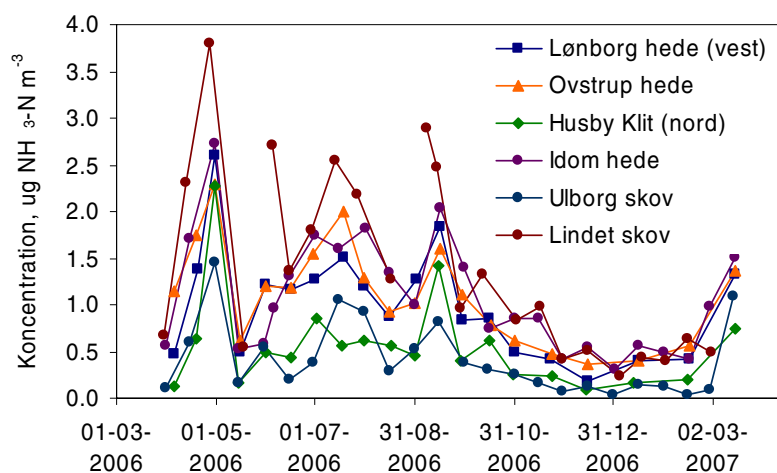
4 Diskussion

4.1 Ammoniakmålinger

Koncentrationsniveauerne af ammoniak afspejler de forventede forskelle i forhold til emissionen i områderne, også de forholdsvis små forskelle mellem Husby Klit nord og syd samt Lønborg Hede Vest og Øst.

4.1.1 Koncentrationsniveauer i forhold til andre lokaliteter

Forløbet af koncentrationsmålingerne af ammoniak på lokaliteterne er meget lig det, der ses på de øvrige stationer i NOVANA's luftovervågning for 2006 (Ellermann et al., 2007). Figur 4.1 viser ammoniakkoncentrationer målt på forskellige af NOVANA overvågningsstationer til sammenligning med nærværende undersøgelse. Idom Hede, beliggende sydøst for Holstebro og omtrentlig midtvejs mellem Husby Klit og Ovstrup Hede, har samme forløb og niveau som Ovstrup og Lønborg Hede. Målingerne ligger under niveauet på den sydligere lokalitet i Lindet skovdistrikt i Sønderjylland. Målingerne i Husby ligger på niveau med målingerne over Ulborg skov, hvilket er lidt overraskende, da emissionen i området er lavere. Forårsperioden 2006 var præget af vinde fra syd til øst og i denne periode ligger koncentrationen i Husby Klit over Ulborg skov (Ellermann et al., 2007). Dette skyldes formentlig en kildepåvirkning fra sydøst på Husby, mens der på lokaliteten i Ulborg er meget langt til kildeområder i denne retning.



Figur 4.1 Ammoniakkoncentrationer målt på forskellige af NOVANA overvågningsstationer samt Lønborg Hede, Ovstrup Hede og Husby Klit.

4.2 Kvælstofindhold i lav

4.2.1 Niveauer

Løvkemiske målinger af laver er publiceret i et utal af artikler og opsummeret af Søchting (1995). Søchting undersøgte kvælstofindholdet hos laver indsamlet i Skandinavien. I 1987 var det laveste indhold omkring 0,5% i det nordligste Jylland. I det centrale og sydligste Jylland var indholdet generelt større end 0,8%. I de nordligste egne af Skandinavien ligger målingerne på 0,2-0,3%. Et indhold på 0,2-0,4% synes derfor at være det naturlige indhold i områder uden lokale kilder. Kriteriet for indhold af kvælstof i lav ift gunstig bevaringsstatus er sat til 0,6% ud fra de tidligere nationale undersøgelser. Kriteriet er fastsat ud fra en ekspertvurdering. Denne værdi er overskredet på alle de her undersøgte lokaliteter gennem hele sæsonen. I Holland tyder målinger på, at der indtræder direkte skadelige effekter ved indhold over 1,3% (Magnusson, 1983).

Denne undersøgelse tyder på, at variationen i % kvælstof i laverne relaterer sig til koncentrationer og tørdepositioner af ammoniak. Da undersøgelsen er foretaget på lokaliteter i en afstand af max. 50 km, er den øvrige deposition, både tør og våd, som laverne udsættes for, forholdsvis ensartet lokaliteterne imellem. Hvor meget denne "anden baggrund" bidrager til kvælstofindholdet i laverne egner denne undersøgelse sig ikke til at besvare.

4.2.2 Indsamlingsstrategi i forhold til NOVANAs metode – sammenligning af resultater

Resultaterne fra NOVANA-overvågningen viser samme overordnede billede som undersøgelsen her. Spredningen på overvågningstallene (bilag 2) er en smule højere end i denne undersøgelse, hvilket måske kan skyldes, at prøvetagningen i overvågningen er tilfældig fordelt ud over et større areal (3-15 ha), hvorimod prøvetagningen i undersøgelsen her er lokaliseret omkring masten med de passive opsamlere til ammoniakbestemmelser.

Det kunne forventes, at der ville være nogen sæsonvariation i kvælstofindholdet i lav, idet væksten går i gang i forårmånederne og der dermed kunne optræde fortyndingseffekter. Det er dog samtidig den periode, hvor ammoniakkoncentrationen stiger og dermed udlignes forbruget til vækst måske gennem et øget optag. Nærværende undersøgelse tyder ikke på større sæsonudsving, men det vil formentlig kræve flere års målinger at undersøge, om der er en mere tydelig sammenhæng. Indsamlingstidspunktet i august-september, der er fastsat i den tekniske anvisning for overvågning af naturtyper (Fredshavn et al., 2007) er velvalgt, da denne periode falder efter vækstsæsonens begyndelse.

4.3 Indikator for atmosfærisk N-belastning

4.3.1 Kvælstofindhold i lav som indikator

Der ses en tydelig sammenhæng mellem de midlede værdier for kvælstofindholdet i lav og målte ammoniakkoncentrationer samt beregnet tørdeposition af ammoniak. At tørdepositionen af ammoniak viser en vis sammenhæng afspejler formentlig en vis korrelation til de målte/modellerede ammoniakkoncentrationer. Jones et al. (2007) har eksponeret bl.a. rensdyrlav med ammoniak i kammerforsøg. De finder en nærmest konstant sammenhæng mellem koncentration og flux ved lave koncentrationer ($< 20 \mu\text{g NH}_3 \text{ m}^{-3}$), mens fluxen ved højere koncentrationer bliver relativ mindre, jo højere koncentrationen er.

Undersøgelsen er tilrettelagt således, at depositionen fra andet end ammoniak forventes at bidrage relativt ensartet på de undersøgte lokaliteter. Der ses da heller ikke en sammenhæng mellem den beregnede tørdeposition af de øvrige N-forbindelser og kvælstofindholdet i lav og sammenhængen til våddepositionen er meget svag. Ses på totaldepositionen ses en vis relation, men det skyldes hovedsagligt bidraget fra tørdeposition af ammoniak. Det er vanskeligt at skelne, hvorvidt den totale kvælstofbelastning afspejles i kvælstofindholdet i laverne. Baggrundsbelastningen bidrager formentlig med noget af kvælstofindholdet, men det er forskellene i ammoniakkoncentrationer og -depositioner, der afspejles i laverne. Dette må også være tilfældet i undersøgelsen af Vilsholm (2006), hvor belastede og kontrolindsamlede laver må formodes at have modtaget samme baggrunddeposition. Fra resultaterne i nærværende undersøgelse kan det ikke afgøres, hvilken indflydelse baggrundsbelastningen har på kvælstofindholdet i rensdyrlav. Således kunne en egn i landet med en anden baggrundsdeposition betyde andre absolutte tal for det procentvise kvælstofindhold i rensdyrlav. Indtil yderligere undersøgelser er gennemført, kan man således ikke forvente, at indikatoren dækker over områder, hvor baggrundsbelastningen varierer væsentligt.

Modelberegningerne viser en betragteligt tørdeposition af kvælstof som nitrat bundet i havsalt på lokaliteterne i Husby. Disse estimater er forbundet med usikkerhed i forhold til modelleringen af havsalt og dennes deposition. Er depositionen reel, må det konstateres, at laverne tilsyneladende ikke reagerer på den megen nitrat fra havsalt i Husby Klit. Måske har laverne sværere ved at optage de negativt ladede ioner. Kvælstofoptagelse hos lav foregår som på andre planteoverflader som en ionbytning typisk af ammonium mod en kation, som ofte er kalium. Adsorberet ammoniak vil momentant reagere og ligeledes ende som ammonium.

Resultaterne fra denne undersøgelse tyder på, at kvælstofindholdet i rensdyrlav er en god indikator for variationen i ammoniakbelastningen på lokal skala, også ved relativt små forskelle i ammoniakkoncentrationen. En sammenhæng mellem luftkoncentration, optag og kvælstofindhold i lav vil formentlig variere med faktorer som årstid, midlingstider og måske vejrforhold og den fundne relation repræsenterer formentlig nogle forskelle i ammoniakdeposition, der har foregået over en årrække.

4.3.2 Vegetationsanalyse som indikator for kvælstofbelastning

Vegetationsanalysen viser, at de tre hedelokaliteter har en relativ høj dækningsgrad af græsserne Bølget Bunke eller Blåtop. Blåtop er en indikator for øget næringsstoftilførsel. Blåtoppens andel i hedevegetationen er stigende, som det er demonstreret for Randbøl Hede af Degn (2006). Nogle har ment, at dette kun gjaldt heder i den østlige del af Jylland. Men der er snarere tale om, at udviklingen der er tidsmæssigt lidt foran den, der ses på vestjyske heder. Her er blåtoppen også på fremmarch, selv på højtliggende heder på bakkeøer (Degn, pers. obs.). Det ses f.eks. på tallene fra Lønborg Hede (tabel 3.4.). Den findes ganske vist endnu ikke i nævneværdigt omfang på Ovstrup Hede, men den skal nok ekspandere i løbet af en årrække.

Det har hidtil været almindeligt anerkendt, at blåtop er knyttet til de våde dele af heden (Hansen 1981, Christiansen 1970, Frederiksen et al., 2006). Men den findes i dag også på tørre biotoper, f.eks. på de ovennævnte bakkeøer samt på klitter inde i landet. Det er bemærkelsesværdigt, at forekomsten på tørre biotoper tidligere kun er beskrevet af Böcher (1941) fra Randbøl Hede. Her fandtes den på tidligere dyrkede marker, måske et par hundrede år gamle. Dette støtter, at den kan gro tørt, når jordens indhold af næringsstoffer er forøget. Dette kan formentlig sammenlignes med nutidige forhold, hvor indholdet af næringsstoffer i hedejorden er forøget på grund af stigende tilførsel gennem en lang årrække og samtidig faldende eksport gennem hedepleje. Det giver øget akkumulation.

Det er et simpelt faktum, at øget kvælstofdeposition vil fremme væksten af de fleste arter, men den afgørende faktor vil være de ændrede betingelser for konkurrence om kvælstof, plads og vand med andre arter. I Holland og områder i Sydengland er der allerede konstateret væsentlige ændringer i en række plantesamfund, først og fremmest på heder. Mange af hederne i specielt Holland har udviklet sig til græsdominerede heder på grund af græssernes større konkurrenceevne ved en højere kvælstofpåvirkning. For at græsserne kan overtage dominansen kræver det åbning af den sluttede hedevegetation, hvilket blandt andet sker gennem billeangreb eller tørke og frostskafer, der kan slå lyngplanter ihjel.

Noget overraskende er der en meget høj dækning (21%) af Bølget Bunke i Husby Klit Nord. I forbindelse med overvågningsresultater fra kystklitterne er det en meget ny erkendelse, at Bølget Bunke optræder i kystzonens naturtyper. I den tilgængelige litteratur helt tilbage til Warming (1909) og op gennem det 20. århundrede er arten ikke nævnt i nogen undersøgelser i klittens naturtyper. Dens etablering og spredning kan skyldes flere samvirkende faktorer, hvoraf øget næring kan være en af drivkræfterne. Stabiliseringen af klitterne med Sand-hjælme og mangel på sandpålejring, manglende forstyrrelser i form græsning m.m. kan ligeledes være mulige årsager. Ses på den totale kvælstoftilførsel ligger lokaliteterne på samme niveau, men i Husby Klit er en del af tørdepositionsbidraget fra havsalt, mens tørdeponeret ammoniak er en større andel på de andre stationer.

Resultaterne af analysen viser endvidere, at summen af pin-point værdier af arter varierer fra knap 99 til 192%. På Lønborg Øst er den relative lille dækning et udtryk for, at vegetationen er under etablering efter afslåning få år tidligere og derfor er heden i et tidligt successionsstadium. De øvrige lokaliteter rummer en mere komplet og kompleks vegetations-

sammensætning og den struktur afspejler da også et mere fremskredent successionsstadium. Det er typisk for naturtyper med dominans af dværgbuske, at vegetationen forekommer i flere strata. Konkurrencen for lys medfører, at dværgbuskene vil dominere det øverste stratum, da de har det største potentiale for højdevækst. Dermed er de øvrige strata, som må være mere skygetolerante, konkurrere om pladsen under dværgbuskene. Det nederste og mest skygetolerante lag er sædvanligvis mosser. Tætheden af de enkelte strata er afhængig af tætheden af de andre lag, hvilket tydeligst ses på Lønborg Vest, hvor det øverste stratum, lyngen, er ved at degenerere og dermed åbne sig og forbedrer lysforholdene for de underliggende strata.

Ændringer i artsammensætning er af speciel interesse i en naturtypeovervågning, idet bevaring og pleje oftest relaterer sig direkte til en ønsket artsammensætning. Udover næringsstoffer afhænger artssammensætningen også af anvendelse, pleje, vand, forstyrrelser, lys mm. I de tilfælde, hvor man kun har en artsliste med frekvenser eller dækning og ingen eller kun få kemiske målinger, kan det være relevant at anvende plantesamfundets sammensætning som bio-indikatorer for pH, næringsstoffer, lys og andre faktorer. Et meget anvendt bioindikatorsystem er Ellenbergs indikatorsystem, som er udviklet for det centrale Europa, hvor forskellige arters økologiske niche er sammenfattet med et indeks (Ellenberg et al. 1992). Anvendelse af artssammensætning og standardindex som Ellenberg-værdier skal anvendes med varsomhed og kræver stor planteøkologisk indsigt. Anvendelse af Ellenberg-værdier vanskeliggøres yderligere af, at mange arter optræder i vidt forskellige naturtyper og dermed har flere indeks. Eksempelvis findes en art som rød svingel (*Festuca rubra*) i hele spektret fra hvid klit til rigkær og Blåtop fra hedetyper til strandenge. Denne variation i voksested kan betyde, at arten indeholder flere økotyper og dermed burde have flere forskellige indeks. Et andet eksempel er den stigende oceanitet, når man bevæger sig mod vest i Danmark. Det dermed stigende indhold af salte i luften påvirker også hvilke arter, der kan findes hvor - specielt på de mest næringsfattige lokaliteter som højmoser. Temperatur og nedbør er andre forhold, der kan variere og medvirke til, at arterne ikke fortæller den samme historie i hele det område, en given habitattype er udbredt i. Indeks for de forskellige arter er givet på baggrund af empiri, men Blåtop, som tidligere kun voksede i fugtige partier på heder og dermed har en høj fugtighedscore, viser sig nu at kunne vokse hvor som helst - på hedeskrænter og bakketoppe - hvilket antyder en forkert indeksering, idet det snarere var den større næring, der ofte er i lavninger.

Anvendelsen af vegetationsanalyser som udtryk for kvælstofbelastningen har yderligere det indbyggede problem, at tilstanden på heder kan udvise meget store ændringer i løbet af blot få år. Mange andre naturtyper er mere eller mindre ens fra år til år eller der sker en langsom retningsbestemt succession, eventuelt modificeret af særligt tørre eller våde år, etc. Men på heder skal der med 10-20 års mellemrum udføres naturpleje for på langt sigt at sikre naturtypens fortsatte beståen. Denne naturpleje er ofte ret drastisk, og medfører et markant skifte i vegetationens sammensætning.

5 Konklusioner

5.1 Ammoniakmålinger

Ammoniakmålingerne, målt på halv/helmånedsbasis i perioden april 2006 til april 2007, viser en ensartet variation på de fem lokaliteter, med højeste niveauer i foråret og laveste niveauer om vinteren. Målingerne er i overensstemmelse med andre observationer fra NOVANAs overvågningsprogram. Fordelingen af koncentrationsniveauer afspejler de omkringliggende emissionsforhold. Det har været muligt at spore små forskelle mellem nærtliggende lokaliteter.

5.2 Prøveindsamlingsstrategi for lav (tid/sted)

Gennem hele den undersøgte periode er der en tydelig forskel i kvælstofniveauerne på laverne fra de fem lokaliteter. De relativt små standardafvigelser hos såvel NOVANA-data og undersøgelsen viser, at indsamlingsmetode og analyse af kvælstofindholdet i rensdyrlav er robust.

Resultaterne tyder ikke på markant sæsonvariation i kvælstofindholdet i lav. Det vil formentlig kræve flere års målinger at vise, hvorvidt der er en sæsonvariation. Indsamlingstidspunktet i august-september i overvågningen af naturtyper synes velvalgt, da denne periode falder efter vækstsæsonens begyndelse og eventuelle fortyndingseffekter p.g.a. vækst formentlig er aftaget.

5.3 Indikatorer for N-belastning (Kvælstofindhold i lav, vegetationsanalyse)

Kvælstofindholdet i rensdyrlav er en god indikator for variationen i ammoniakbelastningen på lokal skala, også ved relativt små forskelle i ammoniakkoncentrationen. En sammenhæng mellem luftkoncentration, optag og kvælstofindhold i lav vil formentlig variere med faktorer som årstid, midlingstider og måske vejrforhold og den fundne relation repræsenterer formentlig nogle forskelle i ammoniakdeposition, der har foregået over en årrække. Fra resultaterne i nærværende undersøgelse kan det ikke afgøres, hvilken indflydelse baggrundsbelastningen har på kvælstofindholdet i rensdyrlav. Således kunne en egn i landet med en anden baggrundsdeposition betyde andre absolutte tal for det procentvise kvælstofindhold i rensdyrlav. Indtil yderligere undersøgelser er gennemført, kan man således ikke forvente, at indikatoren dækker over områder, hvor baggrundsbelastningen varierer væsentligt.

De indikatorer i vegetationsanalysen, der umiddelbart kan have en sammenhæng til den atmosfæriske kvælstofdeposition, er andelen af græs. Her er specielt dækning af Blåtop og en mangel på dækning af laver gode vegetationsindikatorer for høj næringsstofbelastning. Som en direkte indikator for den atmosfæriske belastning er vegetationsanalyse ikke velvalgt, da artssammensætningen afhænger af mange andre forhold end depositionen.

Referencer

Andersen H.V., P. Løfstrøm, L. Moseholm, T. Ellermann & K.E. Nielsen (2009) Metodeafprøvning af passive diffusionsopsamlere til koncentrationsbestemmelse af ammoniak. DMU Fagligrapport nr. 730.

Andersen H.V., C. Geels, P. Løfstrøm & J. Christensen (2008) Ammoniakmålinger og modelvalidering. DMU intern rapport.

Bragazza, L., T. Tahvanainen, L. Kutnar, H. Rydin, J. Limpens, M. Hájek, P. Grosvernier, T. Hájek, P. Hajkova, I. Hansen, P. Lacumin, and R. Gerdol (2004) Nutritional constraints in ombrotrophic Sphagnum plants under increasing atmospheric nitrogen deposition in Europe. *New Phytologist* **163**: 609–616.

Bruus, M., C.F. Damgaard, K.E. Nielsen, K.E., B. Nygaard & B. Strandberg (2007) Terrestriske naturtyper 2006. NOVANA. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 70 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 643. <http://www.dmu.dk/Pub/FR643.pdf>

Böcher, T. W. (1941) Vegetationen paa Randbøl Hede. – Kgl. Da. Vid. Selsk., Biol. Skr. I,3:1-234

Christiansen, M. S. (1970) Danmarks vilde planter. – Politiken, 768+351 s.

Degn, H. J. (2006) Lyng og græs på Randbøl Hede 2005 – de store linjer. - Skov- og Naturstyrelsen, 12 s. <http://www.skovognatur.dk/NR/rdonlyres/FE446E28-D4F9-423A-9E80-2A5E5D1ED74C/63761/bltopdvbusk9703.pdf>

Degn, H. J. og U. Søchting (2008) Laver på Ranbøl Hede. Skov- og Naturstyrelsen. 11 sider.

<http://www.skovognatur.dk/NR/rdonlyres/FBF89DB0-8AC7-4789-8520-1685EFEDD002/63781/LavRH9703.pdf>

Ellenberg, H., H. E. Weber, R. Düll, V. Wirth, W. Werner & D. Paulissen (1992) "Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa." *Scripta. Geobot* **18**(2. Ed): 1-258.

Ellermann, T., H.V. Andersen, R. Bossi, J. Brandt, J. Christensen, L.M. Frohn, C. Geels, K. Kemp, P. Løfstrøm, B.B. Mogensen & C. Monies (2006): Atmosfærisk deposition. NOVANA. Danmarks Miljøundersøgelser. - Faglig rapport fra DMU 595: 66 s. (elektronisk).

Findes på: <http://www2.dmu.dk/Pub/FR595.pdf>

Ellermann, T., H.V. Andersen, R. Bossi, J. Christensen, L.M. Frohn, C. Geels, K. Kemp, P. Løfstrøm, B.B. Mogensen & C. Monies (2007): Atmosfærisk deposition 2006. NOVANA. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. - Faglig rapport fra DMU 645: 65 s. Findes på: <http://www2.dmu.dk/Pub/FR645.pdf>

- Frederiksen, S., F. N. Rasmussen & O. Seberg (red.) (2006) Dansk flora. – Gyldendal, 701 s.
- Fredshavn, J., Nielsen, K.E., Ejrnæs, R., Skov, F., Strandberg, B., Nygaard, B., Johannsen, V.K., 2007. Overvågning af terrestriske naturtyper. Teknisk anvisning fra DMU's Fagdatacenter for Biodiversitet og Terrestrisk Natur, nr. 1, vol. 1.04, Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. http://www.dmu.dk/NR/rdonlyres/A7AEB8BF-ED13-425B-9924-B7CB020B064E/83647/TAN1_106_01_FDCNY1.pdf
- Galløe, O. & C. Jensen (1906) Plantevæksten paa Borris Hede. – Bot. Tidsskr. 27:249-275.
- Hallingbäck, T. (1991) Luftföroreningar och gödsling – ett hot mot blågrönalger och lavar med blågrönalger. Svensk Botanisk Tidsskrift 85:87-104.
- Hansen, K. (red.) (1981) Dansk feltflora. – Gyldendal, 757 s.
- Jones M.R., I.D. Leith, J.A. Raven, D. Fowler, M.A. Sutton, E. Nemitz, J.N. Cape, L.J. Sheppard & R.I. Smith (2007) Concentration-dependent NH₃ deposition processes for moorland plant species with and without stomata. Atmospheric Environment 41, 8980-8994.
- Magnusson, M. (1983) Composition and succession of bryophytes and lichens in an outer coastal dune area in southern Sweden. Cryptogamie, Bryol., Lichenol., 4, pp. 335-355.
- Nielsen, K.K. (2006) Titel: Påvirkning af heder ved et øget kvælstofbidrag og ammoniumudvekslingen mellem *Calluna vulgaris* og atmosfæren. Specialeafhandling, Biologisk Institut, Københavns Universitet
- Pearce, I. S. K., S. J. Woodin, and R. van der Wall (2003). Physiological and growth responses of the montane bryophyte *Racomitrium lanuginosum* to atmospheric nitrogen deposition. New Phytologist **160**:145-155.
- Pitcairn, C. E. R., D. Fowler, and J. Grace (1995) Deposition of fixed atmospheric nitrogen and foliar nitrogen content of bryophytes and *Calluna vulgaris* (L.) Hull. Environmental Pollution **88**:193-205.
- Pitcairn, C. E. R., I. D. Leith, L. J. Sheppard, M. A. Sutton, D. Fowler, R. C. Munro, S. Tang, and D. Wilson (1998) The relationship between nitrogen deposition, species composition and foliar nitrogen concentrations in woodland flora in the vicinity of livestock farms. Environmental Pollution **102**:41-48.
- Pitcairn, C., D. Fowler, I. Leith, L. Sheppard, S. Tang, M. Sutton, and D. Famulari (2006) Diagnostic indicators of elevated nitrogen deposition. Environmental Pollution **144**:941-950.
- Raunkiær, C., (1909): Formationsundersøgelse og Formationsstatistik. – Bot. Tidsskr. 30:20-132.

Skodshøj, H. (red.), (1964): Fra en vestjydsk hedegård i tiden ca. 1865-75. Professor C. Raunkjærs Erindringer. – Viborg, 115 s. (også i Hedeselskabets Tidsskrift).

Søchting, U. (1995). "Lichens as monitors of nitrogen deposition." Cryptogamic Botany **5**: 264-269.

Söchting, U. and I. Johnsen (1990). "Overvågning af danske likénheder." Urt **14**: 4-9.

Tang Y. S. & M.A. Sutton (2003): A new passive sampler for long-term ambient monitoring of atmospheric ammonia. The diffusive monitor, December 2003, Issue 14, Health and Safety Executive Committee on Analytical Requirements – Working Group 5, pp. 7-9. The Diffusive Monitor er tilgængelig på web-siden : <http://www.hsl.gov.uk/publications/diffuse-monitpr.htm>.

Uren, S. C., N. Ainsworth, S. A. Power, D. A. Cousins, L. M. Huxedrup, M. R. Ashmore (1997) Long-Term Effects of Ammonium Sulphate on *Calluna vulgaris*. *Journal of Applied Ecology* **34**:208-216.

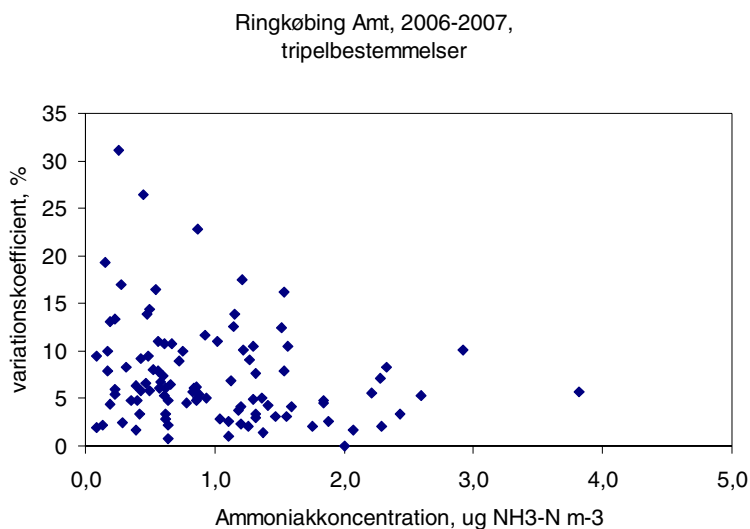
Vilsholm, A. (2006) Titel: Svinefarmes ammoniak-emission – påvirkning af tilstødende hede-økosystemer. Specialeafhandling, Biologisk Institut, Københavns Universitet.

Warming, E. (1909). "Dansk Plantevækst. 2. Klitterne". Gyldendalske boghandel. København og Kristania.

Bilag 1 De målte ammoniakkoncentrationer på de fem lokaliteter

Tabel 0.1. Ammoniakkoncentrationer målt på de tre lokaliteter, i alt fem stationer. Målingerne er angivet med startdato.

Lønborg hede			Ovstrup hede		Husby Klit		
startdato	vest $\mu\text{g NH}_3\text{-N m}^{-3}$	Øst $\mu\text{g NH}_3\text{-N m}^{-3}$	startdato	$\mu\text{g NH}_3\text{-N m}^{-3}$	startdato	nord $\mu\text{g NH}_3\text{-N m}^{-3}$	syd $\mu\text{g NH}_3\text{-N m}^{-3}$
05-04-2006	0,5	1,2	05-04-2006	1,1	05-04-2006	0,1	0,2
19-04-2006	1,4	2,3	18-04-2006	1,8	19-04-2006	0,6	1,8
30-04-2006	2,6	3,8	30-04-2006	2,3	30-04-2006	2,3	2,9
15-05-2006	0,5	0,5	15-05-2006	0,6	15-05-2006	0,2	0,2
31-05-2006	1,2	1,5	31-05-2006	1,2	31-05-2006	0,5	0,6
15-06-2006	1,2	1,3	15-06-2006	1,2	16-06-2006	0,4	0,6
30-06-2006	1,3	2,2	30-06-2006	1,6	01-07-2006	0,9	1,0
18-07-2006	1,5	1,9	18-07-2006	2,0	17-07-2006	0,6	0,9
30-07-2006	1,2	1,5	30-07-2006	1,3	30-07-2006	0,6	0,9
15-08-2006	0,9	1,3	15-08-2006	0,9	16-08-2006	0,6	0,9
31-08-2006	1,3	2,1	31-08-2006	1,0	30-08-2006	0,5	0,7
15-09-2006	1,8	2,4	15-09-2006	1,6	14-09-2006	1,4	1,6
29-09-2006	0,8	1,1	29-09-2006	1,1	28-09-2006	0,4	0,6
16-10-2006	0,9	1,3	16-10-2006	0,8	15-10-2006	0,6	0,8
31-10-2006	0,5	0,7	31-10-2006	0,6	30-10-2006	0,3	0,3
22-11-2006	0,4	0,7	23-11-2006	0,5	23-11-2006	0,2	0,2
15-12-2006	0,2	0,6	15-12-2006	0,4	14-12-2006	0,1	0,1
15-01-2007	0,4	0,5	15-01-2007	0,4	12-01-2007	0,2	0,3
15-02-2007	0,4	0,6	15-02-2007	0,6	14-02-2007	0,2	0,3
15-03-2007	1,3	1,5	15-03-2007	1,4	15-03-2007	0,8	1,1



Figur 0.1 Variationskoefficient (%) af de tre parallelle bestemmelser af ammoniakkoncentrationen på de fem lokaliteter.

Bilag 2 Total kvælstofindhold i lav

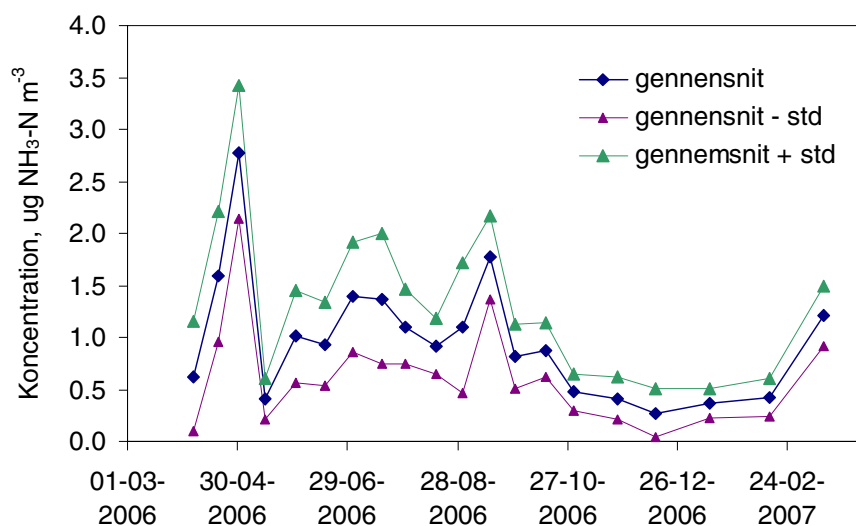
I tabel 0.2 er angivet resultater for procent totalkvælstof (% N) i tørstof af lav (*Cladonia portentosa*), udtaget på de angivne datoer. Der er analyseret to prøver, som hver består af ti delprøver, som er indsamlet hver for sig. Prøverne er indsamlet i området rundt om ammoniakmåleren. Prøverne er håndteret og analyseret efter teknisk anvisning (Fredshavn et al., 2007). Til sammenligning er angivet data fra NOVANA-overvågningen 2006 (Bruus et al., 2007), hvor der på disse stationer er indsamlet mellem seks og ti prøver. Prøverne er indsamlet tilfældigt spredt på overvågningsstationerne (Fredshavn et al., 2007).

Tabel 0.2. Procent totalkvælstof (% N) i tørstof af lav (*Cladonia portentosa*), udtaget på de angivne datoer. Til sammenligning er angivet data fra NOVANA-overvågningen 2006. (Bruus et al., 2007)

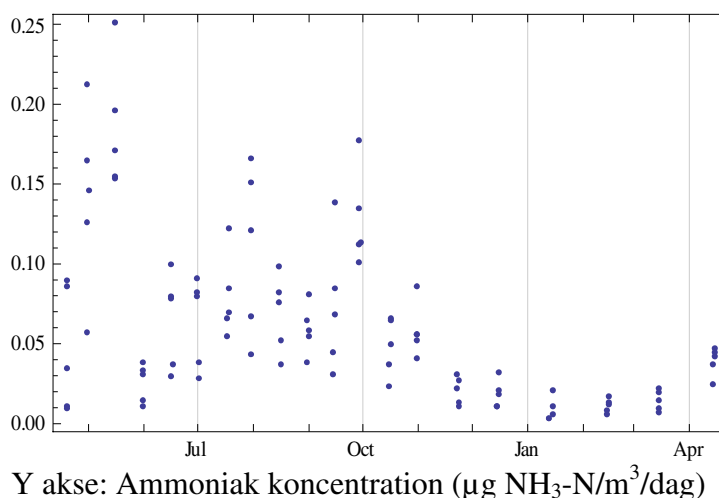
Lokalitet	Indsam- lingsdato	05-04- 2006	15-06- 2006	14-08- 2006	15-09- 2006	17-10- 2006	12-02- 2007	13-03- 2007	23-04-2007	Novana data
Husby nord	Gns	0,78	0,68	0,67	0,64	0,66	0,71	0,68	0,69	0,63
	Std	0,04	0,13	0,01	0,01	0,03	0,08	0,03	0,04	0,11
	N	2	4	2	2	2	6	6	6	9
Husby syd	Gns	0,83	0,72	0,84	0,80	0,71	0,76	0,80	0,85	0,76
	Std	0,03	0,05	0,01	0,08	0,05	0,05	0,05	0,11	0,16
	N	4	4	2	2	2	6	6	6	10
Ovstrup	Gns	0,94	0,72	0,85	0,85	0,87	0,96	0,96	0,95	0,97
	Std	0,08	0,08	0,04	0,01	0,05	0,07	0,09	0,18	0,17
	N	2	4	2	2	2	6	8	4	9
Lønborg vest	Gns	0,98	0,78	0,71	0,88	0,85	0,87	1,02	0,79	0,95
	Std	0,01	0,01	0,04	0,11	0,02	0,08	0,08	0,07	0,13
	N	2	2	2	2	2	4	4	6	10
Lønborg øst	Gns		0,86	0,99	0,95	0,92	1,05	1,04	0,92	1,17
	Std		0,02	0,05	0,02	0,10	0,06	0,05	0,11	0,16
	N		2	2	2	2	4	4	6	7

Bilag 3 Statistisk analyse af N i lav og ammoniakkoncentrationer

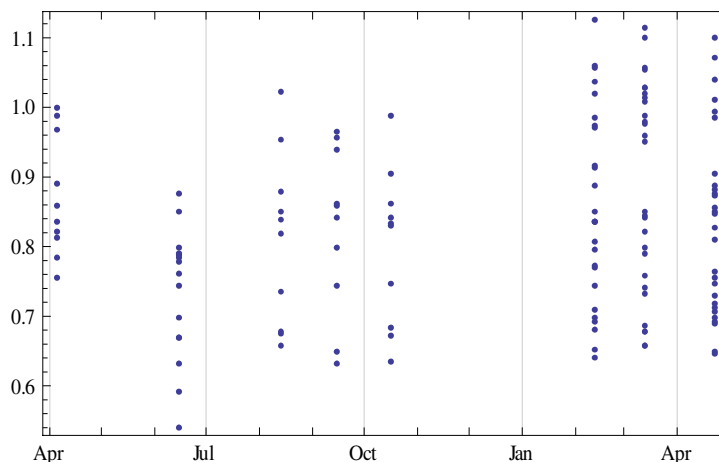
Figur 0.2 viser ammoniakkoncentrationen som et gennemsnit plus/minus en standardafvigelse af de fem stationer i hver af måleperioderne. Af figuren ses, at den absolutte variation stationerne imellem er større i perioden fra start til omkring oktober end i vintermånederne. Mens N i lav er forholdsvis ensartet gennem året, er det absolutte koncentrationniveau af ammoniak højere i forår, sommer og efterår og forskellen mellem stationerne er for ammoniakkoncentrationen større i denne periode. Det bevirker, at der er sæsonvariation for sammenhængen mellem ammoniak koncentrationen og N i lav. I det følgende er der kun analyseret på data før 15. november 2006



Figur 0.2 Ammoniakkoncentrationen som et gennemsnit af de fem stationer i hver af måleperioderne samt gennemsnittet plus/minus en standardafvigelse.

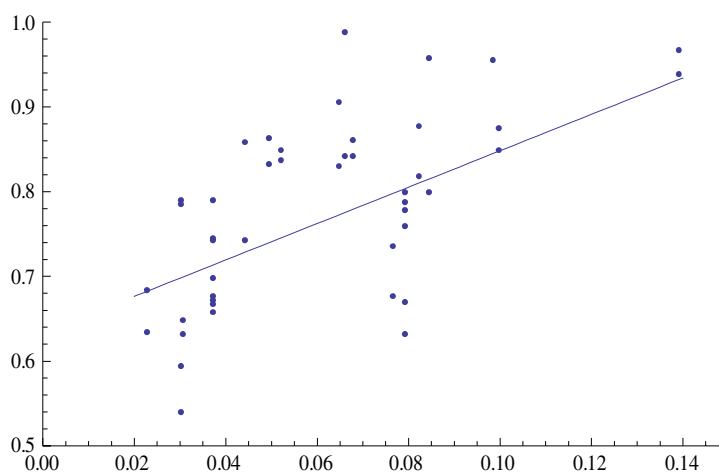


Ammoniakoptaget/ammoniakkoncentrationen ($\mu\text{g NH}_3\text{-N/m}^3$) er divideret med antal dage som opsamlere stod i feltet (slutdato – startdato), hvilket giver enheden $\mu\text{g NH}_3\text{-N/m}^3/\text{dag}$.



Y akse: % N i lav

Der er en klar positiv sammenhæng mellem ammoniak koncentrationen og %N i lav. I en lineær regression var signifikant lineær sammenhæng ($N \text{ i lav} = 0.63 + 2.15 * \text{Ammoniakkoncentration}$; $P = 0.008$), hvor 21% af variansen er forklaret ved den lineære sammenhæng.



X akse: Ammoniak koncentration ($\mu\text{g NH}_3\text{-N/m}^3/\text{dag}$)

Y akse: % N i lav

I det følgende antages det, at bestemmelsen af ammoniakkoncentrationen i luften er relativ præcis i forhold til variationen i den mængde kvælstof som laver optager ved en given ammoniak koncentration.

Den fælles posterior fordeling af parametrene i den lineære regression $y = \alpha + \beta x + \varepsilon$, hvor $\varepsilon \sim N(0, \sigma)$, blev fundet vha. Metropolis-Hastings algoritmen i MCMC simulationer (Tabel).

Tabel 0.3 Percentiler i de marginale posterior fordelinger af parametrene i den lineære regression

parameter	2,5%	50%	97,5%
α	0,56	0,66	0,73
β	0,21	1,64	3,54
σ	0,063	0,082	0,110

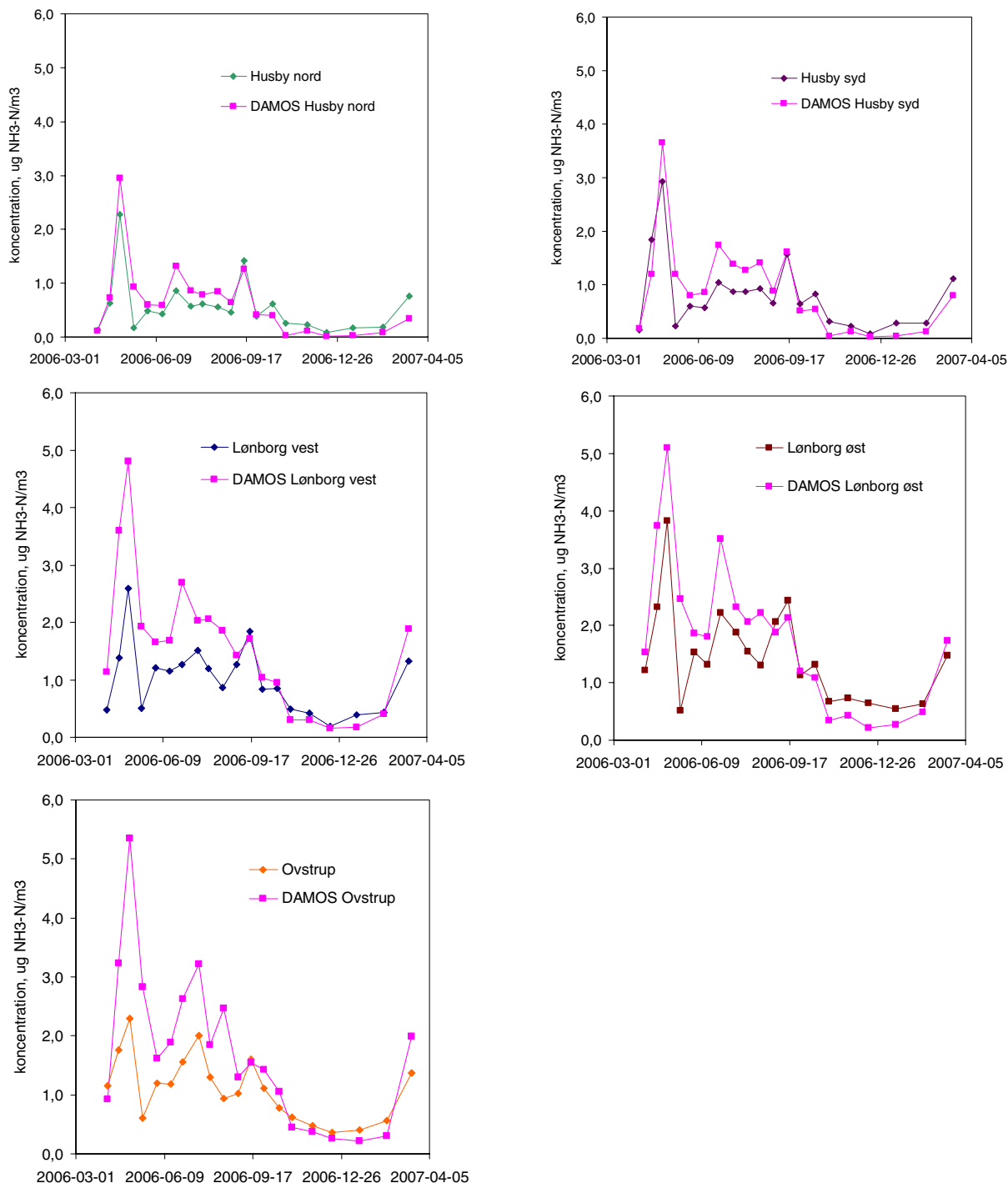
Den fælles posterior fordeling af parametrene kan bruges til at bestemme fordelingen af den forventede ammoniak koncentration ud fra målte % N i lav værdier. Dog er usikkerheden af parametrene på nuværende tidspunkt for stor til at være praktisk anvendelig til at beregne den forventede ammoniak koncentration fra en enkelt måling af kvælstofindholdet i lav. For eksempel, hvis % N i lav er målt til 0,8 så vil denne værdi med 95% sikkerhed svare til en ammoniak koncentration på mellem - 0,06 og 0,46 $\mu\text{g NH}_3\text{-N/m}^3$ med en medianværdi (mest sandsynlig værdi) på 0,09 $\mu\text{g NH}_3\text{-N/m}^3$

Den usikkerhed, som har baggrund i den lineære sammenhæng (parametrene α og β), vil kunne reduceres, hvis der foretages flere undersøgelser af sammenhængen mellem ammoniak koncentrationen og % N i lav. Alternativt er det muligt at reducere usikkerheden ved at inddrage sammenlignelige undersøgelser i en metaanalyse. Hvorimod den usikkerhed, som skyldes variationen i den mængde kvælstof som laver optager ved en given ammoniak koncentration, kun vil kunne reduceres ved at tage flere lav prøver. For eksempel, hvis % N i lav er målt i ti prøver med et gennemsnit på 0,8 så vil dette gennemsnit med 95% sikkerhed svare til en ammoniak koncentration på mellem 0,04 og 0,33 $\mu\text{g NH}_3\text{-N/m}^3$, med en medianværdi (mest sandsynlig værdi) på 0,09 $\mu\text{g NH}_3\text{-N/m}^3$.

Bilag 4 Pin-point analyse

Vegetationsanalyserne er såkaldte pin-point analyser. De er foretaget efter den tekniske anvisning, som er udarbejdet til NOVANA-overvågningen (Fredshavn et al. 2007). Kort fortalt går den ud på, at der på en station udlægges et antal tilfældige punkter, typisk 40. I hvert punkt placeres en aluminiumsramme på 50 x 50 cm på 30 cm høje ben. I rammen er udspændt snore 15 cm fra hinanden, som danner 16 krydspunkter. I hvert krydspunkt føres en "strikképind" ned gennem vegetation, og det noteres hvilke plantearter den berører undervejs. Disse arter kan befinde sig i forskellige etager i vegetationen, og summen af de fundne værdier vil derfor heller ikke være 100. Det er altså ikke nogen registrering af hverken dækningsgrad eller frekvens, men en metode til objektiv registrering af forekomst.

Bilag 5 Målte og modellerede ammoniak-koncentrationer



Figur 0.3 Målte og modellerede (DAMOS) ammoniakkoncentrationer på de fem lokaliteter Husby Klit nord og syd, Lønborg Hede Vest og Øst samt Ovstrup Hede.

Generelt ses meget god overensstemmelse mellem målte og modelberegnete ammoniakkoncentrationer, specielt på Husby Klit lokaliteterne. Målinger og modelberegninger har samme forløb over året på alle lokaliteterne. Modellen synes at overestimere koncentrationerne i større eller mindre grad i forårs- og sommermånedene, mens den i større eller min-

dre grad underestimere koncentrationerne målt om vinteren. Dog skal det bemærkes, at målingerne har større usikkerhed ved de lave vinterniveauer. Modellen kan godt reproducere de små forskelle i koncentrationniveauer i h.h.v. Husby Klit og Lønborg Hede.

DMU Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser er en del af Aarhus Universitet.	På DMU's hjemmeside www.dmu.dk finder du beskrivelser af DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter.
DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning inden for natur og miljø.	Her kan du også finde en database over alle publikationer som DMU's medarbejdere har publiceret, dvs. videnskabelige artikler, rapporter, conferencebidrag og populærfaglige artikler.

Yderligere information: www.dmu.dk

Danmarks Miljøundersøgelser Frederiksborgvej 399 Postboks 358 4000 Roskilde Tlf.: 4630 1200 Fax: 4630 1114	Administration Afdeling for Arktisk Miljø Afdeling for Atmosfærisk Miljø Afdeling for Marin Økologi Afdeling for Miljøkemi og Mikrobiologi Afdeling for Systemanalyse
Danmarks Miljøundersøgelser Vejlsøvej 25 Postboks 314 8600 Silkeborg Tlf.: 8920 1400 Fax: 8920 1414	Afdeling for Ferskvandsøkologi Afdeling for Marin Økologi Afdeling for Terrestrisk Økologi
Danmarks Miljøundersøgelser Grenåvej 14, Kalø 8410 Rønde Tlf.: 8920 1700 Fax: 8920 1514	Afdeling for Systemanalyse Afdeling for Vildtbiologi og Biodiversitet

Faglige rapporter fra DMU

På DMU's hjemmeside, www.dmu.dk/Udgivelser/, finder du alle faglige rapporter fra DMU sammen med andre DMU-publikationer. Alle nyere rapporter kan gratis downloades i elektronisk format (pdf).

Nr./No. 2009

- 720 The eastern Baffin Bay. A preliminary strategic environmental impact assessment of hydrocarbon activities in the KANUMAS West area.
By Boertmann, D., Mosbech, A., Schiedek, D. & Johansen, K. (eds). 238 pp.
- 719 The western Greenland Sea. A preliminary strategic environmental impact assessment of hydrocarbon activities in the KANUMAS East area.
By Boertmann, D., Mosbech, A., Schiedek, D. & Johansen, K. (eds). 246 pp.
- 718 DEVANO. Decentral Vand- og Naturovervågning. Programbeskrivelse 2009.
Af Bijl, L. van der, Boutrup, S. & Nordemann Jensen, P. (red.). 34 s.
- 717 Oplandsmodellering af vand og kvælstof i umættet zone for oplandet til Horndrup Bæk.
Af Ladekar, U.L., Jensen, R., Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Mejlhede, P., Olsen, B.Ø. 76 s.
- 716 Annual Danish informative inventory report to UNECE. Emission inventories from the base year of the protocols to year 2007.
By Nielsen, O.-K., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Hoffmann, L., Nielsen, M., Gyldenkerne, S., Fauser, P., Plejdrup, M.S., Albrechtsen, R. & Hjelgaard, K. 498 pp.
- 715 Baseline and monitoring studies at Seqi olivine mine 2004 to 2007.
By Asmund, G., Boertmann, D. & Johansen, P. 90 pp.
- 714 Vandmiljø og Natur 2007. NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning.
Af Nordemann Jensen, P., Boutrup, S., Bijl, L. van der, Svendsen, L.M., Grant, R., Bøgestrand, J., Jørgensen, T.B., Ellermann, T., Dahl, K., Josefson, A.B., Ejrnæs, R., Søgaard, B., Thorling, L. & Dahlgren, K. 118 s.
- 713 Arter 2007. NOVANA.
Af Søgaard, B. & Asferg T. (red.). 140 s.
- 712 Terrestriske Naturtyper 2007. NOVANA.
Af Ejrnæs, R., Nygaard, B., Fredshavn, J.R., Nielsen, K.E. & Damgaard, C. 150 s.
- 711 Vandløb 2007. NOVANA.
Af Bøgestrand, J. (red.). 108 s.
- 710 Søer 2007. NOVANA.
Af Jørgensen, T.B., Clausen, J., Bjerring Hansen, R., Søndergaard, M., Sortkjær, L. & Jeppesen, E. 68 s.
- 709 Landovervågningsoplande 2007. NOVANA.
Af Grant, R., Pedersen, L.E., Blicher-Mathiesen, G., Jensen, P.G., Hansen, B. & Thorling, L. 128 s.
- 708 Atmosfærisk deposition 2007. NOVANA.
Af Ellermann, T., Andersen, H.V., Bossi, R., Christensen, J., Geels, C., Kemp, K., Løfstrøm, P., Mogensen, B.B. & Monies, C. 97 s.
- 707 Marine områder 2007 – Tilstand og udvikling i miljø- og naturkvaliteten. NOVANA.
Af Dahl, K. & Josefson, A.B. (red.) 113 s.
- 706 Beregning af naturtilstand for vandhuller og mindre søer. Tilstandsvurdering af Habitatdirektivets søtyper.
Af Fredshavn, J.F., Jørgensen, T.B. & Moeslund, B. 38 s.
- 705 Hazardous substances and heavy metals in the aquatic environment. State and trend, 1998-2003.
By Boutrup, S. (ed.), Fauser, P., Thomsen, M., Dahllöf, I., Larsen M.M., Strand, J., Sortkjær, O., Ellermann, T., Rasmussen, P., Jørgensen, L.F., Pedersen, M.W. & Munk, L.M. 44 pp.
- 704 Contaminants in the traditional Greenland diet – Supplementary data.
By Johansen, P., Muir, D., Asmund, G. & Riget, F. 22 pp.
- 703 Projection of Greenhouse Gas Emissions 2007 to 2025.
By Nielsen, O.-K., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Gyldenkerne, S., Lyck, E., Plejdrup, M., Hoffmann, L., Thomsen, M., Fauser, P. 211 pp.
- 702 Rastende vandfugle i Margrethe Kog og på forlandet vest for Tøndermarsken, 1984-2007.
Af Laursen, K., Hounisen, J.P., Rasmussen, L.M., Frikke, J., Pihl, S., Kahlert, J., Bak, M. & Amstrup, O. 78 s.
- 700 Drivhusgasopgørelse på kommuneniveau. Beskrivelse af beregningsmetoder.
Af Nielsen, O.-K., Winther, M., Gyldenkerne, S., Lyck, E., Thomsen, M., Hoffmann, L. & Fauser, P. 104 s.

[Tom side]

LOKAL KVÆLSTOFDEPOSITION OG KVÆLSTOFINDHOLD I LAV

I en étårig periode er den geografiske og sæsonmæssige variation i kvælstofindhold i rensdyr-lav (*Cladonia portentosa*) samt ammoniakindholdet i luften undersøgt på to indlandsheder og en klithede beliggende med en indbyrdes afstand på ca. 50 km. Lokalvariationen indenfor to af naturområderne er undersøgt ved at måle med få kilometers afstand. Analysen af kvælstofindholdet i lav tyder ikke på markant sæsonvariation, hvorimod der var en variation på lokalskala. Lokaliteterne er intensive terrestriske NOVANA lokaliteter og de indsamlede data stemmer godt overens med målingerne foretaget i forbindelse med overvågningsprogrammet. Kvælstofindholdet i lav viser en god korrelation til ammoniakkoncentrationen på lokaliteterne, både på årsbasis og i sæsonen april til november. Kvælstofindholdet i lav synes derfor at være en egnet indikator for lokale forskelle i belastningen af ammoniak. Den ensartede baggrundsbelastning på de undersøgte lokaliteter gør det vanskeligt at skelne, hvorvidt andre kvælstofbelastninger end ammoniak afspejles i kvælstofindholdet i laverne. Der er gennemført en vegetationsanalyse og som direkte indikator for den atmosfæriske kvælstofbelastning er det konkluderet, at denne indikator ikke er valgt, da artssammensætningen afhænger af mange andre forhold end kvælstofdepositionen.