

Genopretning af naturlig hydrologi i Lille Vildmose Opnås bedre potentiale for tørvedannelse?



Naturgeografi, Aalborg Universitet, 2012

Kandidatspeciale af:
Marvin Borge Spaanheden Meyer
Trine Lyngvig Nielsen

Genopretning af naturlig hydrologi i Lille Vildmose

Opnås bedre potentiale for tørvedannelse?

Projektperiode:

1. februar til 11. juni. 2012

Kandidatspeciale udarbejdet af:

Trine Lyngvig Nielsen

Marvin B. S. Meyer

Vejleder: Morten Lauge Pedersen

Oplagstal: 5

Sideantal: 101

Bilagsantal og -art: 14 bilag på CD

Synopsis:

Højmosernes udbredelse har i det sidste århundrede været i kraftig tilbagegang. Gennem et LIFE+ projekt skal højmosearealerne i Lille Vildmose genoprettes, og projektet har særligt fokus på at forbedre hydrologien. I Lille Vildmose har der tidligere været implementeret hydrologiforbedrende tiltag, dog er det aldrig blevet undersøgt, om de har medført vandspejlstigninger som ønsket, og om dette har medført bedre betingelser for tørvedannelse. Dette er derfor projektets fokus.

I projektets første del analyseres det, om det er lykkedes at hæve vandspejlet. Dette sker med udgangspunkt i vandspejlsmålinger for ni lokaliteter i Lille Vildmose. Det konkluderes, at der ved alle lokaliteter er sket en vandspejlsstigning. Den største stigning samt højeste beliggende vandspejl i Lille Vildmose findes i Portlandmosen.

Projektets anden del analyserer, om vandspejlsstigningerne i Portlandmosen har medført bedre betingelser for tørvedannelse. Som led i dette undersøges vegetationsudviklingen på baggrund af vegetationsdata indsamlet af Nordjyllands Amt og Miljøcenter Aalborg i år 1996, 1998/99, 2000 og 2007, som er suppleret med egne undersøgelser i 2012. Vegetationsdataene suppleres desuden med opmålinger af terræn- og vandspejlskoten og vandkemiske undersøgelser.

Frekvens- og dækningsgradsanalyser af vegetationsdataene viser, at vegetationen har udviklet sig mod mere fugtige forhold. Sphagnum, som er afgørende for tørvedannelsen, har også udviklet sig positivt. Den mest markante udvikling i fugtighedsforhold og sphagnum ses fra 2000 til 2012, hvilket sandsynligvis afspejler genopretningstiltagene i 2008-2009. Der er kun begrænset eller ingen tegn på grundvandsindtrængning, og pH er i det ønskede interval på højmosen. Den eneste kemiske parameter, som kan være begrænsende for tørvedannelsen er en høj koncentration af N. Det kan konkluderes, at betingelserne for tørvedannelse helt tæt ved gravebanerne 10/11 og 13 ikke er særlig gode, pga. utilstrækkelig hydrologi og forhøjet mineralisering

Rapportens indhold er frit tilgængeligt, men offentliggørelse (med kildeangivelse) må kun ske efter aftale med forfatterne.

Abstract

In Denmark the area covered by raised bogs has been drastically reduced during the last century. The largest raised bog in Northwest Europe is located in Lille Vildmose in Denmark. Lille Vildmose has received financial support for nature restoration from LIFE+, which is *The Financial Instrument for the Environment* in the European Commission. The restoration project focuses primarily on restoring the hydrology.

During the last twenty years several steps have been taken to improve the hydrology in the area but the effects have not been thoroughly investigated. The aim of this master's thesis is therefore to analyse if the former restoration has succeeded in raising the secondary water table and which influences a raised water level has on the vegetation.

Through the period 29.01.2005-23.03.2011 the water level in Lille Vildmose has been raised 2.55-73.00 mm per year at nine stations. The increase in the net precipitation during the period would not in itself increase the water level with more than 1 mm and the restorations have therefore been successful.

Six of the stations are placed in areas of raised bog environments. At four of these the water level periodically drops below 50 cm from the ground surface, which inhibits the possibility of sphagnum growth. One of these stations is placed at the edge of Høstemark Mose, and it is therefore not possible to predict the hydrological conditions at the more central part of the raised bog adjacent to this station. The last three stations with water levels periodically below 50 cm from the ground surface are placed in Tofte Mose, which implies that future restorations of hydrology should be focused here. The water level is never less than 10 cm from the ground surface at any of the stations. It is therefore possible to improve the conditions for sphagnum growth and peat accumulation at all stations by raising the water levels further.

The biggest water level improvement and the present highest water level are identified in Portlandmosen where a comprehensive restoration took place in 2008-2009. This area is used as a case study to analyse the influences of a raised water level on the vegetation. This is possible because vegetation data has been collected in 1996, 1998/99, 2000, 2007 and 2012. The vegetation at raised bogs is also influenced by the pH value and the availability of plant nutrients. The vegetation analysis in 2012 is therefore combined with analysis of soil water pH value, Ca^{2+} -, Mg^{2+} - and N-concentrations and measurements of ground level and water level. The analysis is based on 31 sample sites along three transects plus extra water samples from the three crossing trenches along the transects.

The pH values at the raised bog are in the expected range and the Ca^{2+} - and Mg^{2+} -concentrations indicates no or only limited infiltration of groundwater. These are therefore not a limiting factor for sphagnum growth. The N-concentrations are all above 0,03 mg/l, which indicates mineralization of the peat, which can be problematic. Both the pH values and the Ca^{2+} - and Mg^{2+} -concentrations indicate infiltration of groundwater in two of the three trenches. The measurement of ground levels and water levels reveals an increasing gradient both from north to south and a gradient between the raised bog and the trenches.

The vegetation reflects the improved hydrology because plants associated with higher water content have expanded in cover and frequency. The biggest expansion is seen between 2000 and 2012,

which probably is due to the restoration in 2008-2009. The frequency of sample sites with sphagnum has increased from 29 % in 1996 to 46 % in 2012. Based on the vegetation analysis it is concluded that the improved hydrology has had a positive effect on the vegetation and that the potential for peat production is enhanced.

Through the vegetation analysis it has become apparent that the frequency of White Birch (*Betula Pubescens*) is higher near the trenches and that the frequency of sphagnum is lower. The reason is the gradient in ground level and water level between the raised bog and the trenches. Because of this the hydrology is not optimal and the mineralization is larger near the trenches.

Forord

Dette kandidatspeciale, med titlen *Genopretning af naturlig Hydrologi i Lille Vildmose – Opnåede bedre potentiale for tørvedannelse?*, er udarbejdet af naturgeografistuderende ved Aalborg Universitet i forårssemesteret 2012. Projektet har til formål at undersøge, om det gennem genopretningstiltag er lykkedes at hæve vandspejlet i Lille Vildmose som ønsket, samt at undersøge om vandspejlsstigninger i områder har medført bedre betingelser for tørvedannelse. Projektgruppen er gennem perioden blevet vejledt af Morten Lauge Pedersen.

Kandidatspecialet er udarbejdet i samarbejde med Park og Natur i Aalborg Kommune. Projektgruppen påskønner den hjælp, som er modtaget fra Roar S. Poulsen, der har fungeret som projektgruppens kontaktperson i Aalborg Kommune. Derudover er projektgruppen glade for at Asbjørn Haaning Nielsen og Helle Blendstrup har været behjælpelige i forbindelse med projektgruppens laboratoriearbejde.

I projektet vil det latinske artsnavn blive anvendt ved mosser og laver, mens de danske navn anvendes ellers. Det modsatte navn vil blive anført i parentes, første gang det optræder i projektet. Begge artsnavne kan desuden findes i bilag 6.

Referencehenvisningerne i projektet vil blive foretaget efter Harvard-metoden. Af teksten vil forfatter og årstal fremgå, og hvor det er muligt er sidetal også angivet. I de tilfælde hvor der anvendes mere end en kilde af samme forfatter fra samme årstal, skelnes der ved at tilføje kilden et lille bogstav, der henviser til den specifikke kilde i litteraturlisten.

Bagerst i rapporten findes en CD, som indeholder projektets bilag.

Indholdsfortegnelse

1. Introduktion	9
1.2 Problemformulering.....	11
2. Højmosens økologi.....	13
2.1 Højmosens opbygning.....	13
2.2 Sphagnumplanternes betydning.....	14
2.3 Højmosens hydrologi.....	15
2.4 Højmosens næringsforhold	17
3. Trusler mod højmosen	19
3.1 Ændringer i højmosens vandbalance	19
3.2 Eutrofiering af højmosen	20
4. Landskabsudvikling i Lille Vildmose	21
4.1 Dannelse af Lille Vildmose	21
4.2 Benyttelsen af Lille Vildmose fra 1760	21
4.3 Atmosfærisk deposition	23
4.4 Tidligere indførte beskyttende tiltag.....	23
4.5 Tiltag i LIFE+ projektet.....	25
5. Metode: Vandspejlsanalyse	27
5.1 Analyse af vandspejlsudvikling.....	27
5.1.1 Vandspejlsdata.....	27
5.1.2 Beregning af nettonedbør	28
5.1.3 Usikkerheder	30
5.1.4 Databearbejdning af nettonedbør- og vandspejlsdata.....	30
6. Vandspejlsudvikling i Lille Vildmose	31
6.1 Analyse af nettonedbør	31
6.2 Analyse af vandspejlsdata	32
6.2.1 Aktiv højmose (7110).....	33
6.2.2 Våd hede (4010) og Tidvis våd eng (6410)	36
6.2.3 Elle- og askeskov (91E0).....	37
6.3 Opsamling	41
7. Metode: Feltdata	43
7.1 Vegetationsundersøgelser.....	43
7.1.1 Databehandling	45

7.1.2 Usikkerheder	46
7.2 Vandspejl og vandprøver	47
7.2.1 Laboratorieanalyser	48
8. Hydrologiske og kemiske variationer i Portlandmosen	51
8.1 Vandspejlsvariationer	51
8.2 Kemiske variationer	53
8.3 Forventede effekter af hydrologiske og kemiske variationer på vegetationen	57
9. Vegetationsanalyse for Portlandmosen	59
9.1 Transekt 3a	61
9.2 Transekt 3b	64
9.3 Transekt 12a	67
9.4 Transekt 12b	71
9.5 Transekt 20a	74
9.6 Transekt 20b	76
9.7 Opsamling på vegetationsanalyse	80
10. Refleksion over anvendte feltmetoder	83
11. Diskussion af hydrologiforbedrende tiltag i LIFE+ projektet	87
11.1 Fremtidige tiltag i Portlandmosen	90
12. Konklusion	93
Litteraturliste	95
Bilagsliste	101

1. Introduktion

Naturen er mangfoldig, forskelligartet og forunderlig. Hvert dyr, hver plante – alle levende organismer er tilpasset bestemte miljøer og levevilkår. Biodiversiteten er derfor afhængig af tilstedeværelsen af naturtyper med forskellige økologiske kår. En forudsætning for at kunne bevare og fremme biodiversiteten er dermed at sikre tilstedeværelsen af forskellige naturtyper.

De våde terrestriske naturtyper har haft en tilbagegang gennem de sidste 200-300 år i Danmark. Det er ikke direkte muligt statistisk at dokumentere udviklingen af de enkelte våde terrestriske naturtyper, gennem en længere tidsperiode, pga. variationer i de statistiske opgørelser. De statistiske opgørelser kan dog stadig give et billede af udviklingen. Omkring år 1800 udgjorde enge og moser ca. 25 % af det samlede landareal i Danmark (Larsen og Vikstrøm 1995). I år 1965 udgjorde enge, moser, vade, marsk o.l. tilsammen 7,5 % af det samlede danske areal, og i årene frem til 1995 faldt andelen yderligere til 2,7 %. I år 2011 var andelen af vådområder (enge, vådområder, moser og strandenge) opgjort til 5,2 %. Moser tilhører denne kategori og udgør alene 2 % af Danmarks samlede areal (Agerskov og Bisgaard 2000 & Agerskov og Bisgaard 2011).

En af de våde terrestriske naturtyper, der er blevet kraftigt reduceret gennem tiden, og som fortsat trues af antropogene påvirkninger, er højmosen. Denne naturtype adskiller sig fra andre terrestriske naturtyper ved at være næringsfattig og have en lav pH-værdi. Disse økologiske kår skaber fordelagtige levevilkår for en sammensætning af flora, der ikke findes i andre naturtyper. I år 1919 var der 668 højmoser større end 50.000 m² i Danmark, i 1985 var der 13 og i år 2007 var antallet reduceret til 8 (Vinther 1985, s. 31 & Sand-Jensen og Vestergaard 2007, s. 154). Ifølge Sand-Jensen og Vestergaard (2007, s. 155) er det ikke kun de danske højmosers eksistens, der er truet men i høj grad også resten af højmoserne i Vesteuropa.

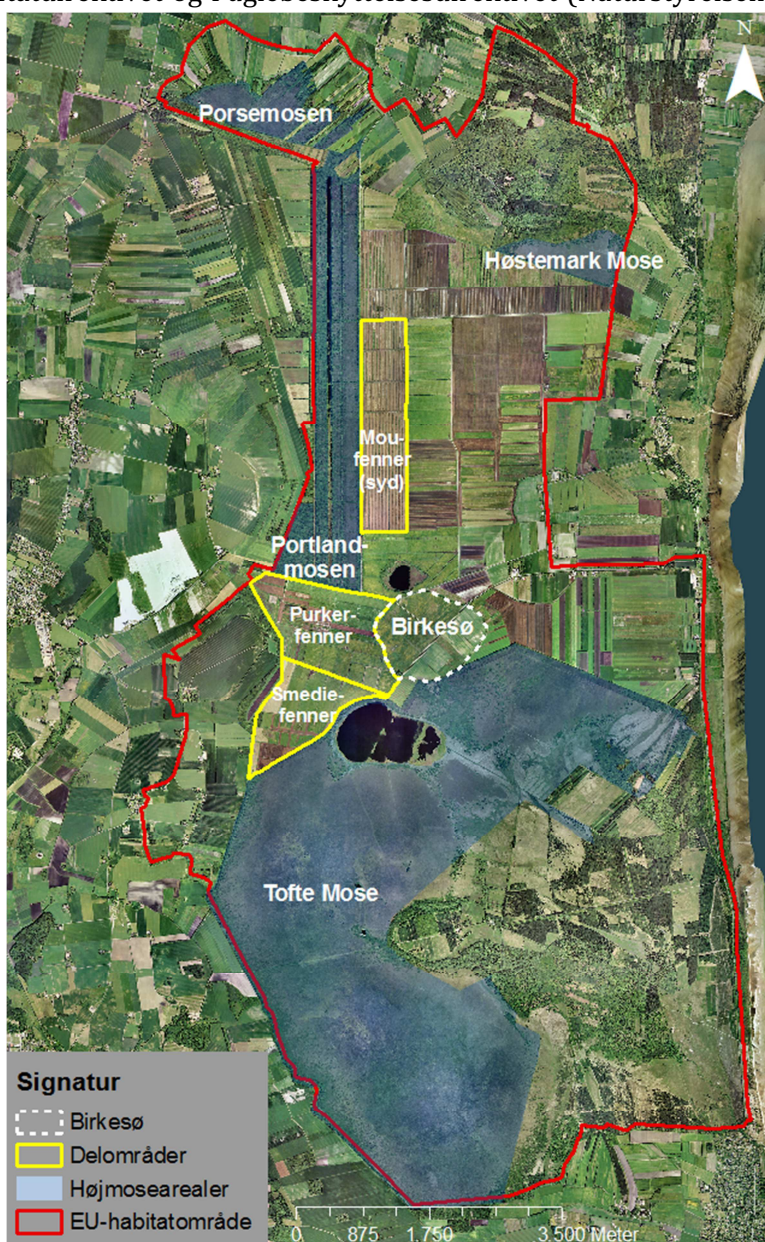
EU har sat fokus på at bevare denne naturtype gennem Natura 2000, som har til formål at *"bevare og beskytte naturtyper og vilde dyre- og plantearter, som er sjældne, truede eller karakteristiske for EU-landene"* (Naturstyrelsen 2010 a). Natura 2000 er en samling af områder beskyttet under henholdsvis Fuglebeskyttelsesdirektivet fra år 1979 (Council Directive 79/409/EEC) og Habitatdirektivet fra år 1992 (Council Directive 92/43/EEC). Ifølge Natura 2000 beskyttelsen er aktive højmoser en prioriteret naturtype, hvilket betyder, at de er ved at forsvinde eller trues af udrydning i EU. EU har derfor et særligt ansvar for at bevare højmoserne (Skov- og Naturstyrelsen u.å. a). Da højmosen er en prioriteret naturtype, har EU-kommissionen besluttet, at genopretningen af disse skal prioriteres fremfor, de også beskyttede men ikke prioriterede naturtyper, som skovbevokset tørvemose og nedbrudt højmose (Naturstyrelsen 2011, d).

Den største nuværende aktive højmose i Nordvesteuropa er Tofte mose, der er lokaliseret i Lille Vildmose. Lille Vildmose er omfattet af både Fuglebeskyttelses- og Habitatdirektivet og er dermed en del af Natura 2000 beskyttelsen. I området forekommer der samlet set aktive højmosearealer på ca. 20 km², og dertil kommer omtrent 2,6 km² kategoriseret som nedbrudt højmose (Naturstyrelsen 2011, d s. 16-17). I habitatområderne skal der sikres eller genoprettes gunstig bevaringsstatus, hvilket bl.a. er defineret ved, at *"arealet med naturtypen i det naturlige udbredelsesområde er stabilt eller øges"* (Naturstyrelsen 2010 b). Ifølge Natura 2000 planen for Lille Vildmose skal *"Forekomsterne af aktiv højmose søges udvidet og sammenbindes hydrologisk gennem naturgenopretning, hvor de naturgivne"*

forhold gør det muligt" (Naturstyrelsen 2011 d, s. 28). Mere konkret skal arealet med aktiv højmoser udvides med 40 – 70 % med henblik på at genetablere et samlet mose- og vådområde omfattende Tofte Mose, Portlandmosen, Høstemark Mose og Porsemosen (Naturstyrelsen 2011, d s. 22-25). I Natura 2000 planen forventes hydrologien altså at være af afgørende betydning for, at det aktive højmosereale vil kunne udvides. De ansvarlige for gennemførelsen af Natura 2000 planer, herunder udarbejdelse af handleplaner og valg af virkemidler, er kommunerne, Naturstyrelsen samt andre offentlige lodsejere eller myndigheder (Naturstyrelsen 2011, d). I Lille Vildmose er de ansvarlige parter Aalborg Kommune, Aage V. Jensen Naturfond og Naturstyrelsen. Disse yder tilsammen økonomisk støtte til gennemførelse af planen på 10,5 mio. kr. Projektet er også blevet tildelt 31 mio. kr. fra EU's støtteordning for natur og miljø LIFE+, *The Financial Instrument for the Environment*, der bl.a. yder støtte til gennemførelse af Habitatdirektivet og Fuglebeskyttelsesdirektivet (Naturstyrelsen 2011 a, Naturstyrelsen 2011 b & European commission 2012). For at opnå de hydrologiske mål i Natura 2000 planen har Aalborg Kommune, Aage V. Jensen Naturfond og Naturstyrelsen besluttet bl.a. at genoprette Birkesø samt at hæve vandspejlet i Smediefenner, Purker-fenner, sydlige del af Mou-fenner, Porsemosen og Høstemark Mose (Naturstyrelsen 2011 a). Områdernes placering i Lille Vildmose ses af figur 1.1.

Det er imidlertid ikke første gang, at der skal udføres genopretningstiltag i Lille Vildmose med henblik på at hæve vandspejlet. I 1997 påbegyndte Nordjyllands Amt naturpleje i Portlandmosen, og i 1998 opstemtes grøfter for at hæve vandspejlet (Goldberg og Poulsen 2007). Desuden har Aage V. Jensen Naturfond gennemført en række genopretningstiltag i perioden 2006-2010 for at hæve vandspejlet i Lille Vildmose (Riis 2012).

En aktiv højmoser er defineret ved at have en naturlig højmoser vandbalance. For at denne kan forekomme, skal der eksistere et sekundært vandspejl, som forårsages af et sammenpresset svært permeabelt tørvelag (Skov- og Naturstyrelsen 2000, s. 49 & Søgaard et al. 2003). Desuden skal højmosen også være tørveproducerende, og den



Figur 1.1: Områdeafgrænsninger i Lille Vildmose (Miljøministeriet et al. u.å. a, Riis et al. 2004, fig. 1 & Riis 2007, s. 6, ophavsrettigheder: COWI).

plantegruppe, som er hovedansvarlig for tørvedannelse på højmoser er sphagnummosser. I forbindelse med genopretninger af højmoser er det derfor ikke kun hydrologien, som er vigtig men også vegetationssammensætningen (Risager u.å. a).

I Lille Vildmose har der på flere lokaliteter gennem en længere årrække været en monitorering af vandspejlet, dog har det ikke tidligere været analyseret, hvorvidt det gennem genopretningstiltag er lykkedes at skabe vandspejlsstigninger. Desuden forekommer der også vegetationsdata for området gennem en længere årrække, hvilket gør det muligt at analysere, hvorvidt vandspejlsændringerne har haft en effekt på vegetationssammensætningen og dermed muligheden for tørvedannelse. Disse forhold er ikke tidligere analyseret i Lille Vildmose (Poulsen 2012). Denne analyse vurderes at være særlig relevant i forbindelse med de planlagte vandspejlshævninger i Lille Vildmose i forbindelse med LIFE+, samt i vurderingen af om vandspejlshævninger evt. vil kunne anvendes som virkemiddel i forbindelse med genopretningen af andre højmoser.

1.2 Problemformulering

På baggrund af ovenstående er specielets problemformulering opstillet:

Er det lykkedes gennem genopretningstiltag at hæve vandspejlet og derigennem skabe bedre betingelser for tørvedannelse i Lille Vildmose, og hvor bør fremtidige tiltag fokuseres?

2. Højmosens økologi

Hydrologien opfattes, som nævnt i afsnit 1, som en af de vigtigste parametre, der har indflydelse på en højmoses tilstand. Hydrologiens vigtighed samt øvrige parametre, der indvirker på højmosens tilstand, vil blive beskrevet i det følgende. I beskrivelsen tages der udgangspunkt i aktive højmoser, der er defineret ved at have en naturlig højmose vandbalance og være aktiv tørvedannende (Skov- og Naturstyrelsen 2000, s. 49).

2.1 Højmosens opbygning

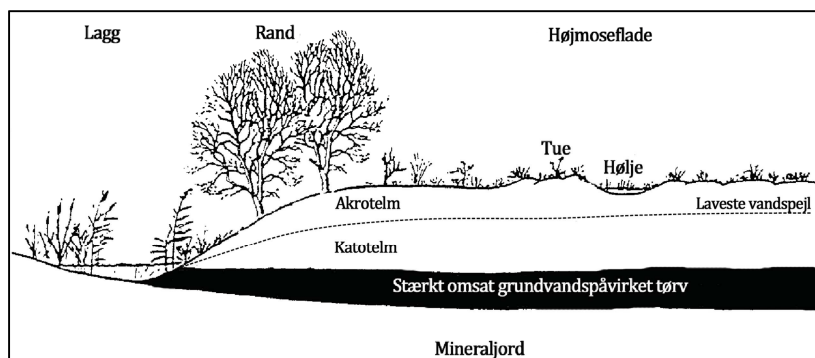
En højmose består hovedsageligt af tørv, som er akkumuleret dødt organisk materiale i forskellige stadier af nedbrydningsprocessen. Tørven dannes fordi, sphagnumplanternes primærproduktion er større end nedbrydningen af organisk materiale (Wieder og Vitt 2006, s. 145 & Rydin et al. 2006, s. 77). Denne tørvedannelse er vigtig for, at højmosen udvikler dens horisontale og vertikale struktur, som ses af figur 2.1.

Vertikalt kan en højmose inddeles i to zoner; akrotelm og katotelm. Nederst forekommer katotelm, der er karakteriseret ved altid at være fuldt vandmættet og dermed også anaerob, hvilket bl.a. er med til at reducere nedbrydningen af tørven. Årsagen til at denne zone altid er fuldt vandmættet er, at der i bunden af katotelm forekommer et stærkt omsat og hårdt sammenpresset tørvelag med meget lav permeabilitet. Dette lag fungerer som en barriere, der forhindrer minerogent grundvand i at trænge op i højmosen, hvilket betyder, at der i højmosen opstår et sekundært vandspejl. Når tørvelaget når en tykkelse på over 50 cm, vil planternes rødder ikke længere kunne nå ned til det minerogene grundvand, og vandforsyningen er derfor udelukkende ombrogen. Området fra katotelms øvre grænse, og til højmosens overflade, benævnes akrotelm. Akrotelmen er karakteriseret ved at være dels vandmættet og dels ikke vandmættet, hvorved der i den øverste del af akrotelm ofte forekommer aerobe forhold. Større eller mindre dele af akrotelm kan periodevis være fuldt vandmættet, da det sekundære vandspejl fluktuerer i forhold til tilførslen og fjernelsen af vand fra højmosen. Det er i den øverste del af akrotelm fotosyntesen finder sted, og hvor der sker en udveksling mellem højmosen og atmosfæren. (Rydin et al. 2006, s. 144 & Sand-Jensen og Vestergaard 2007, s. 124).

Horisontalt kan højmosen inddeles i tre zoner kaldet laggen, randen og højmosefladen, hvilket ses af figur 2.1. Højmosefladen findes centralt på højmosen og ligger hævet i terrænet pga. den ophobede tørv. Denne zone er naturligt træfri. Omkring højmosefladen forekommer randen bestående af kantskov med spredte træer, eksempelvis Birk (*Betula*), Skovfyr (*Pinus sylvestris*) og Rød-el (*Alnus glutinosa*). Udenfor randen forekommer laggen, som er højmosens yderste kant. I denne zone er vandforsyningen ikke kun ombrogen men også minerogen, da der også er vandtilførsel fra omgivelserne (Sand-Jensen og Vestergaard 2007, s. 123 & Risager u.å. b).

På den etablerede højmoseflade befinder der sig et interessant mikrotopografisk system med tuer og højler, se figur 2.1 (Wieder og Vitt 2006, s. 47). Tuer er lokalt hævede områder med en arealmæssig udbredelse på 2-50 m². Tuerne kan vokse til en højde på op til 40-50 cm over det sekundære vandspejl, pga. sphagnumplanternes kapillærkræfter (Riis 2006, s. 8 & Sand-Jensen og Vestergaard 2007, s. 124-126). Højlerne er lokale lavninger på højmosefladen, som kan være vandfyldte i perioder og arealmæssigt har en udbredelse på 1-20 m² (Sand-Jensen og Vestergaard 2007, s. 124). Tue-højle

systemet skaber varierende forhold, der gør, at der opstår forskellige mikrohabitater fordelt på højmosse-fladen med forskellige sammen-sætninger af plantearter. Et af de vigtigste varierende forhold er vandmætningsgraden, som er lavere ved tuerne, da de er hævet over det sekundære vandspejl.



Figur 2.1: Principskitse over en aktiv højmoses horisontale og vertikale struktur. Efter (Larsen 1991).

Dette giver bl.a. mulighed for, at de fleste dværgbuske kan vokse på tuerne, men ikke i høljerne (Wieder og Vitt 2007, s. 47). Udover vandmætningen er lysforholdene også varierende. De varierende forhold gør, at der er forskel i vækstrate og nedbrydningsrate. Det har vist sig, at tue-højle systemet er forholdsvis stabilt og ikke indgår i en skiftende cyklus (Rydin et al. 2006, s. 136). I perioder hvor vandmætningsgraden øges vil høljerne dog brede sig, mens tuerne vil brede sig i perioder med lav vandmætningsgrad. Ved en høj vandmætningsgrad kan høljer forekomme på 50 % af højmossefladens areal. Tue-højlesystemet skaber den karakteristiske mosaikagtige højmosseflade (Rydin et al. 2006, s. 65, Riis et al. 2004, s. 23 & Sand-Jensen og Vestergaard 2007, s. 126).

2.2 Sphagnumplanternes betydning

Tørven i højmoser består primært af døde sphagnummosser. Sphagnumfamilien er den vigtigste plantefamilie på højmosen, da "*sphagnum mosses are not only simply "adapted" or "tolerant" to a certain habitat – they create the habitat themselves*" (Wieder og Vitt 2006, s. 47). Det særlige miljø som sphagnum er tilpasset og vedligeholder er surt, vandmættet, køligt og næringsfattigt. Dette miljø er en forudsætning for opbyggelsen af et tilstrækkeligt tykt tørvelag til, at det sekundære vandspejl dannes, og vandforsyningen udelukkende bliver ombrogen. Sphagnumvækst er derfor en forudsætning for højmosens eksistens (Rydin et al. 2006, s. 58 & Wieder og Vitt 2006, s. 47). I det følgende vil det blive forklaret, hvorledes de levende sphagnummosser påvirker det særlige højmosemiljø, mens andre forhold, som er med til at skabe miljøet vil blive præsenteret i afsnit 2.3 og afsnit 2.4.

De levende sphagnummosser øger vandmætningsgraden i akrotelm, da sphagnum har en evne til at holde på store mængder af vand. Rydin et al. (2006, s. 66) forklarer dette ved, at fuldt vandmættede sphagnummosser vil have et vandindhold på 15-20 gange så meget som tørvægten, efter 20 minutters dræning. Sphagnums klorofylceller er omgivet af hyalinceller, der har en stor kapacitet til at holde på vand, og desuden kan der opbevares store mængder vand mellem sphagnummossernes blade. Mellem mossernes blade, stammer og grene skabes der desuden et kapillært netværk, som yderligere er med til at øge vandmætningsgraden i akrotelm (Rydin et al. 2006, s. 66 & Wieder og Vitt 2006, s. 49). Mekanismerne, som er med til at sikre en højere vandmætningsgrad i akrotelm er vigtige for mossernes vækst, da de ikke besidder stomata, og derfor ikke selv er i stand til at indvirke på transpirationen. Vandmætningsgraden i akrotelm bidrager desuden til at skabe et køligere mikroklima (Rydin et al. 2006, s. 64 og s. 140).

Det sure miljø i højmoser dannes bl.a. som følge af sphagnummossernes optagelse af næringsstoffer. Sphagnummossernes cellevægge har kationbytningssegenskaber, og kan derfor optage kationer ved udskillelse af H⁺-ioner, hvilket er med til at forsure jordbunden. Sphagnummosserne

indeholder desuden mange organiske syrer, der frigives ved nedbrydning, hvilket også er med til at forsure jordbunden. I aktive højmoser er pH typisk 4 eller lavere (Rydin et al. 2006, s. 66 og s. 12).

De levende sphagnummosser begrænser tilgængeligheden af uorganiske næringsstoffer, da de kan genabsorbere næringsstoffer fra væv, som er under begyndende nedbrydning og allokere dem til stadigt biologisk aktivt væv. Denne allokering forhindrer, at næringsstofferne vil kunne frigives ved mineralisering af det døde væv, og derved mindskes den interne recirkulering af næringsstoffer i højmosen. I sphagnummos er genabsorbningen af N 11-80 %. Sphagnum har ingen rødder, og næringsoptagelsen sker derfor fra mossernes overflade direkte fra regnvandet, som er den primære eksterne kilde til næring på højmosefladen i en aktiv højmose. Dette bevirker, at næringsstoffer fra regnvandet kun vil blive tilgængeligt for planter med rodnet såfremt næringsstofferne forekommer i større mængder, end sphagnummosserne har behov for (Rydin et al. 2006, s. 67 og s. 70 & Wieder og Vitt 2006, s. 213).

Da sphagnum er af afgørende betydning for en højmoses eksistens er det i forbindelse med genopretning af højmosearealer vigtigt at have kendskab til, hvordan sphagnummosserne spredes.

Sphagnum kan producere mange sporer, hvis de rette fugtighedsforhold er tilstede, dog har sporerne svært ved at spredes på naturligt tørv eller i tørvevand pga. lave P-koncentrationer. Dette betyder, at spredningen via sporer ikke er særlig stor i hverken aktive højmoser eller nedbrudte højmoser under genopretning (Rydin et al. 2006, s. 74). Den vigtigste spredningsform for sphagnummosser i disse miljøer er derfor vegetativ formering fra allerede eksisterende bevoksninger. Erfaringer viser, at der fra sphagnumbevoksninger, der ikke vokser side om side med andre sphagnumbevoksninger, kan være en vækst på 0,4-12,9 cm pr. år, og at der gennemsnitlig er en vækst på 3,6 cm pr. år. Vokser sphagnummen derimod tæt sammen med andre sphagnumbevoksninger, er der observeret en vækst på op til 1 cm pr. år. De største sphagnumarter vokser typisk mere pr. år end de mindre arter (Wieder og Vitt 2006, s. 53)

2.3 Højmosens hydrologi

Højmosen har en speciel hydrologi pga. dannelsen af det sekundære vandspejl, jf. afsnit 2.1. En højmoses tilstand og eksistens er imidlertid ikke kun afhængig af, at der forekommer et sekundært vandspejl, men også placeringen af dette. Hvis vandspejlet ikke når op til overfladen i store dele af året, vil den aerobe del af akrotelm udvides, hvilket resulterer i en større nedbrydning af tørv. Bliver nedbrydningen større end primærproduktionen i længere perioder, vil tørvelaget ikke kunne opretholdes, og højmosens eksistens vil blive truet. Sphagnumarter, som Sphagnum Rubellum (Kohorns-Tørvemos), der er karakteristiske for tuerne, vil vha. kapillærkræfter kunne trække vand op fra et vandspejl beliggende i 50 cm dybde, som tidligere nævnt. Riis et al. (2004, s. 26-29) differentierer mellem Sphagnumarterne og gør det klart, at der optimalt bør sikres et vandspejl på maks. 5 cm fra overfladen og helst ikke mere end 10 cm. Et lavere vandspejl vil medføre, at



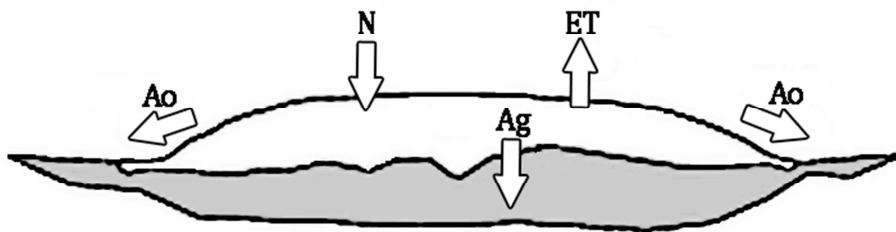
Figur 2.2: *S. Rubellum*.



Figur 2.3: *S. Cuspidatum*.

høljekaraktistiske sphagnumarter, som eksempelvis *Sphagnum Cuspidatum* (*Pjusket Tørvemose*), vil udtørre, og forekommer dette i en længere tidsperiode, vil de visne. Et lavere vandspejl vil, som Riis et al. (2004, s. 26-29) nævner, have en negativ indvirkning på sphagnumdækningsgraden. Er de hydrologiske forhold tilfredsstillende vil sphagnum dække 70-100 % af højmossearealets overflade, mens en afstand fra terræn til vandspejl på 10-20 cm i størstedelen af året vil medføre, at sphagnum dækker 25-70 %. Er arealet tydeligt påvirket af dræning, vil sphagnum kun dække 0-25 % af arealet. Det høje vandspejl i højmosen forhindrer desuden opvækst af træer, som kan udskygge sphagnummosserne, da de fleste træarter ikke trives ved vandmættede forhold i rodzonen (Riis et al. 2004, s. 29). En opvækst af træer vil desuden kunne true højmosens hydrologi, da det vil give en større fordampning (Riis 2006, s.6).

Placeringen af det sekundære vandspejl i en aktiv højmose er påvirket af de input og output af vand, der foregår i højmosen, og som ses af vandbalanceligningen nedenfor og figur 2.4.



Figur 2.4: Vandtilførsel og -fjernelse i højmosen. Efter (Rydin et al. 2006, fig. 8.4).

$$N = ET + Ao + Ag + \Delta S$$

N	Nedbør
ET	Evapotranspiration
Ao	Overfladeafstrømning
Ag	Grundvandsafstrømning
ΔS	Ændring i højmosens vandmængde.

I ovenstående ligning er ΔS ændringen af den opmagasinerede mængde af vand, der er tilstede i højmosen. Det sekundære vandspejl er derfor indirekte et mål for ΔS , da det sekundære vandspejl vil falde, hvis den opmagasinerede mængde af vand bliver mindre, og omvendt. Ag i aktive højmoser er naturligt meget lille. Dette skyldes, det svært permeable lag af delvist omsat tørv, som sikrer, at grundvand ikke trænger ind i mosen, også kraftigt begrænser vandets vertikale bevægelse fra højmosen til grundvandet. Af lidt større betydning for vandbalancen er Ao (Rydin et al. 2006, fig. 8.5). Højmosefladens system af tuer og højljer vil begrænse overfladeafstrømningen, og derfor vil hovedparten af det overfladeafstrømmende vand stamme fra randen og laggen. For mindre højmoser kan overfladeafstrømningen være af større betydning, da forholdet mellem højmoseflade kontra randen samt laggen, er mindre (Turner et al. 2001, s. 113). ET fra en højmose er af stor betydning og resulterer i en større fjernelse af vand fra højmosen end Ag og Ao tilsammen. ET dækker over vandfjernelsen i forbindelse med fordampningen fra frie vandoverflade og jordvand samt vegetationens interception og transpiration. N , som per definition er den eneste form for vandtilførsel til aktive højmoseflader, er en vigtig parametre i vandbalanceligningen for en højmose (Rydin et al. 2006, s. 156).

Vandtilførselsparameteren N samt den vigtigste vandfjernelsesparameter ET har det tilfælles, at de begge er styret af klimaforholdene. Klimaforholdene er derfor afgørende for højmosens tilstand. Det sekundære vandspejl i højmosen, er bestemt af ΔS og fluktuerer derfor primært i forhold til variationer i N og ET (Rydin et al. 2006, s. 149). Hvis forholdene ændres således, at N er mindre end ET , vil ΔS mindskes, og det sekundære vandspejl vil falde. Hvor problematisk sænkningen af vandspejlet er, afhænger af hvor stor vandspejls-sænkningen er, og hvor længe sænkningen vedholdes. Hvorledes dette påvirker højmosen gennemgås i afsnit 3.

2.4 Højmosens næringsforhold

Det næringsstof, som typisk er det begrænsende for primærproduktionen i højmoser er N, dog kan P og K også være begrænsende (Rydin et al. 2006, s. 164). Det svært permeable lag i katotelm bevirker, at vandforsyningen til højmosefladen i en aktiv højmose udelukkende er ombrogen. Der tilføres derfor ikke grundvand, som kan transportere næringsstoffer fra andre lokaliteter eller fra forvitring af mineralske bestanddele. Da den primære eksterne kilde til P og K i naturen er forvitring, sker der kun en meget lille tilførsel af disse til en aktiv højmose (Rydin et al. 2006, s. 167-168 & Schlesinger 1997, s. 89). Desuden vil højmosefladen heller ikke tilføres næringsstoffer via overfladeafstrømning fra andre områder, da denne forekommer hævet i terrænet. De næringsstoffer som højmosevegetationen kan optage stammer derfor enten fra den interne næringspulje eller tilføres fra atmosfæren (Sand-Jensen og Vestergaard 2007, s. 123).

Frigivelse af uorganiske næringsstoffer fra den interne næringspulje er lille i aktive højmoser. Årsagen til dette er bl.a. en lav mineralisering af tørv pga. det særlige jordbundsmiljø, der forekommer i højmoser. I den anaerobe katotelm er mineraliseringen lav, da mineraliseringsraten for anaerobe bakterier er lavere end for aerobe bakterier. Dette skyldes bl.a. at antallet af bakterier, der kan udføre anaerobe respirationsprocesser er meget mindre end antallet af bakterier, der kan udføre aerobe respirationsprocesser. Desuden er energiudbyttet mindre for de anaerobe respirationsprocesser, hvilket medfører, en langsommere bakterievækst. De anaerobe respirationsprocesser, listet med højest energiudbytte først er: Denitrifikation, manganreduktion, jernreduktion, sulfatreduktion og methanogenese (White 2006, boks 8.3 & Berthelsen og Fenger 2005, s. 110). Pga. det anaerobe miljø er fungi desuden vigtige for mineraliseringen af N (Rydin et al. 2006, s. 166). Den primære årsag til den langsomme nedbrydning i katotelm er dog ikke de anaerobe forhold, men at sphagnumtørv har et lavt indhold af N og P, samt at tørvens indhold af let nedbrydelige organiske molekyler er lavt (Rydin et al. 2006, s. 251 og Wieder og Vitt 2006, s. 131).

De vandmættede forhold medfører også en lavere temperatur, som er med til at sænke bakteriernes aktivitet. Som beskrevet i afsnit 2.2, påvirker sphagnummosserne direkte tilgængeligheden af uorganiske næringsstoffer, da de kan genabsorbere disse. Desuden påvirker sphagnum også tilgængeligheden indirekte gennem en forsuring af jordbunden, hvilket reducerer antallet af bakterier og dermed mineraliseringsraten (Rydin et al. 2006, s. 77 og s. 166, Petersen 1994, s. 91 & Wieder og Vitt 2006, s. 203 og s. 207).

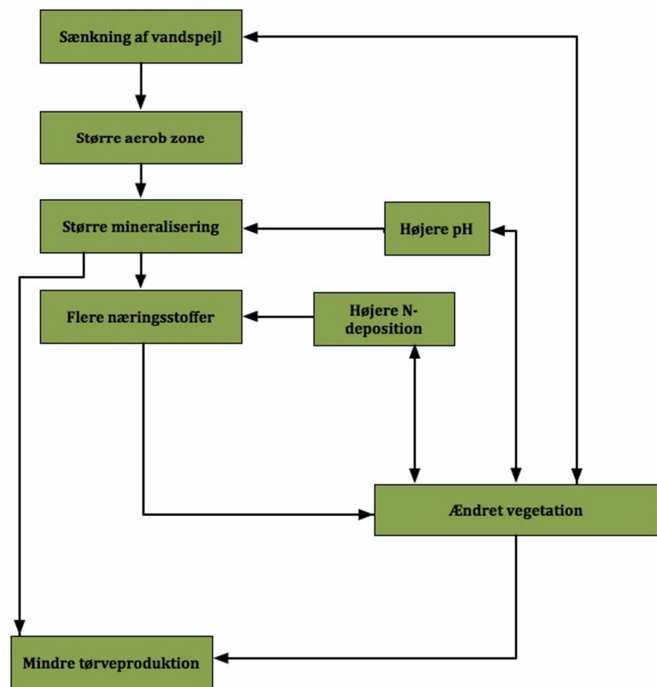
Da den største eksterne kilde til næringsstofftilførsel til højmoser er atmosfæren, har dette også betydning for hvilke næringsstoffer, der tilføres i store mængder, og hvilke der ikke gør. Da P og K kun i meget begrænset omfang transporteres i atmosfæren, er det særligt N, som tilføres fra atmosfæren (Schlesinger 1997, s. 169). Den atmosfæriske tilførsel af næringsstoffer kan enten ske som våddeposition eller tørdeposition. Da tørdepositionen stiger med landskabets ruhed forventes denne

ikke at bidrage betydeligt til den atmosfæriske deposition på aktive højmoser, hvor ruheden på højmosefladen er lav, da denne naturligt er træfri (Wieder og Vitt 2006, s. 198).

3. Trusler mod højmosen

Generelt opfattes højmosers hydrologi som værende meget vigtig for naturtypens tilstand, jf. afsnit 1. Af ovenstående er det blevet klart, at højmosens særlige hydrologi er en af årsagerne til, at naturtypen overhovedet kan opstå og opretholdes. Forringes højmosens hydrologi kan det medvirke til, at den aktive højmose bliver til naturtypen nedbrudt højmose. Denne er defineret således: *"Højmoser, som har fået ødelagt eller forstyrret deres naturlige vandbalance, men hvor der fortsat vokser højmoseplanter"* (Skov- og Naturstyrelsen 2000, s. 50).

Gennem afsnit 2, kan det udledes, at de to forhold der kan true en højmoses eksistens er; sænkning af det sekundære vandspejl og eutrofiering. Begge trusler kan sætte gang i positive feedbackmekanismer, som har en negativ indvirkning på højmosen. Disse feedbackmekanismer kan forklares ud fra figur 3.1 og vil blive gennemgået i det følgende.



Figur 3.1: Positive feedback mekanismer i højmoser. Opstillet på baggrund af afsnit 2.

3.1 Ændringer i højmosens vandbalance

Ændringer i højmosens vandbalance kan forekomme naturligt, i form af ændrede klimaforhold eller gennem antropogene aktiviteter, i form af dræning, oppumpning og tørvegravning. For at ændringen af vandbalancen opfattes som en trussel mod højmosen, skal forstyrrelsen resultere i en sænkelse af det sekundære vandspejl. Typisk for de antropogene forstyrrelser er, at de øger overfladeafstrømningen og grundvandsafstrømningen, og der sættes gang i flere processer i højmosen, såfremt vandspejlet sænkes, se figur 3.1.

En sænkning af det sekundære vandsspejl vil øge størrelsen af akrotelm. Dette bevirker, at en større del af højmosen befinder sig i den aerobe zone, hvormed mineraliseringen vil stige. En øget mineralisering vil bevirke en større næringsstofpulje, hvilket kan ændre de økologiske kår således, at andre arter vil kunne indfinde sig på højmosen. Dette vil påvirke tre forhold i højmosen:

- Et mindre dække af spagnumplanter vil begrænse tilførslen af H⁺-ioner til jordvandet hvorved, der vil forekomme en stigning i pH mod mere neutrale pH forhold. Dette vil have en positiv effekt på mineraliseringen.
- Vegetationsændringen vil øge landskabets ruhed, hvorved der vil forekomme en stigning i den atmosfæriske deposition af N.
- Ændringen i vegetation vil øge evapotranspirationen, hvilket yderligere kan resultere i en sænkning af vandspejlet.

3.2 Eutrofiering af højmosen

P og K er oftere end tidligere de begrænsende næringsstoffer pga. en større emission af N som følge af antropogene aktiviteter. En stigning i højmosers N-belastning kan øge sphagnumplanternes primærproduktion såfremt, den samlede belastning ikke overstiger 10 kg N/ha/år. Er belastningen højere, vil sphagnumplanterne imidlertid ikke kunne udnytte alt det tilgængelige N, hvilket vil give mulighed for opvækst af karplanter, som kan optage næringsstoffer, der udvaskes af det øverste aktive lag bestående af sphagnummosser. Den gennemsnitlige atmosfæriske N-deposition er ca. 15 kg N/ha/år i Danmark, hvilket derfor er en trussel mod højmosen (Ellermann et al. 2010, s. 21)

Næringsstofftilførslen i højmoser kan også øges som følge af en indtrængning af minerogent vand. Dette kan ske, såfremt højmosens svært permeable lag er brudt, eksempelvis ved tørvegravning. Det minerogene vands næringskoncentrationer vil variere alt efter de geologiske og sedimentære aflejringer, vandet passerer igennem, men det vil altid have et større indhold af næringsstoffer end nedbøren (Sand-Jensen og Vestergaard 2007, s. 127). En tilførsel af minerogent vand vil derfor også kunne påvirke vegetationssammensætningen. Indtrængning af minerogent vand er særligt et problem i højmoser, hvor de begrænsende næringsstoffer er K og P, da det minerogene vand kan tilføre disse næringsstoffer fra forvitring af mineralske bestanddele. Desuden bindes kationen Ca^{2+} bedre end K^+ , og derfor kan der frigives K^+ til jordvæsken hvis der forekommer aflejringer, der er rige på CaCO_3 , hvilket er tilfældet i Lille Vildmose (Rydin et al. 2006, s. 168-169, Schlesinger 1997, s. 89 og s. 101 & Gravesen et al. 2004, fig. 2).

En opvækst af karplanter, som følge af større næringsberigelse, vil bl.a. kunne udskygge sphagnummosserne (Rydin et al. 2006, s. 170-171 & Wieder og Vitt 2006, s. 147-148). Sker der en opvækst af karplanter, herunder især træer, vil det desuden bidrage til en forøgelse af den atmosfæriske N-deposition. Konsekvenserne af dette er gennemgået ovenfor, og vil derfor ikke blive pointeret igen her.

4. Landskabsudvikling i Lille Vildmose

Det nuværende landskab i Lille Vildmose er et resultat af både naturlige og antropogene påvirkninger. I det følgende vil de overordnede træk i disse påvirkninger blive gennemgået. De forskellige lokalitetsnavne, som bliver anvendt i afsnittet fremgår af figur 4.1.

4.1 Dannelse af Lille Vildmose

Helt frem til for ca. 2500 år siden var Lille Vildmose en del af Kattegat (Riis 2012, s. 4). Den isostatisk landhævning efter isdækket i Weichsel istiden har medført en stadig hævnning af Nordjylland, herunder også Lille Vildmose (Riis 2012, s. 4 & Sand-Jensen og Larsen, 2006 s. 364). For ca. 1600 år siden havde spagnummosser bredt sig udover hele området. I løbet af 400 år havde ophobningen af tørv, opnået en tilstrækkelig tykkelse, og det karakteristiske svært permeable lag var dannet. Dermed var højmosen skabt (Riis 2012, s. 4). Frem til år 1760 har højmosen udviklet sig uden større antropogen påvirkning, om end der er fundet tegn på beboelse for omkring 2000 år siden. En opmåling i 1760 angiver, at højmosen lå 7,5 m over havniveau, hvoraf de øverste 4 m udgjordes af et tørvelag (Riis 2005, s. 11). Udstrækningen af højmosen var på dette tidspunkt omtrent 60 km² (Riis 2005, s. 13), hvilket er tre gange så meget som det nuværende aktive højmoseareal på ca. 20 km².



Figur 4.1: Delområder i Lille Vildmosen (Miljøministeriet et al. u.å. a, Riis et al. 2004, fig. 1, Riis 2007, s. 6, ophavsretigheder: COWI, Copyright, Kort & Matrikelstyrelsen G 24-98, Miljøministeriet 2012).

4.2 Benyttelsen af Lille Vildmose fra 1760

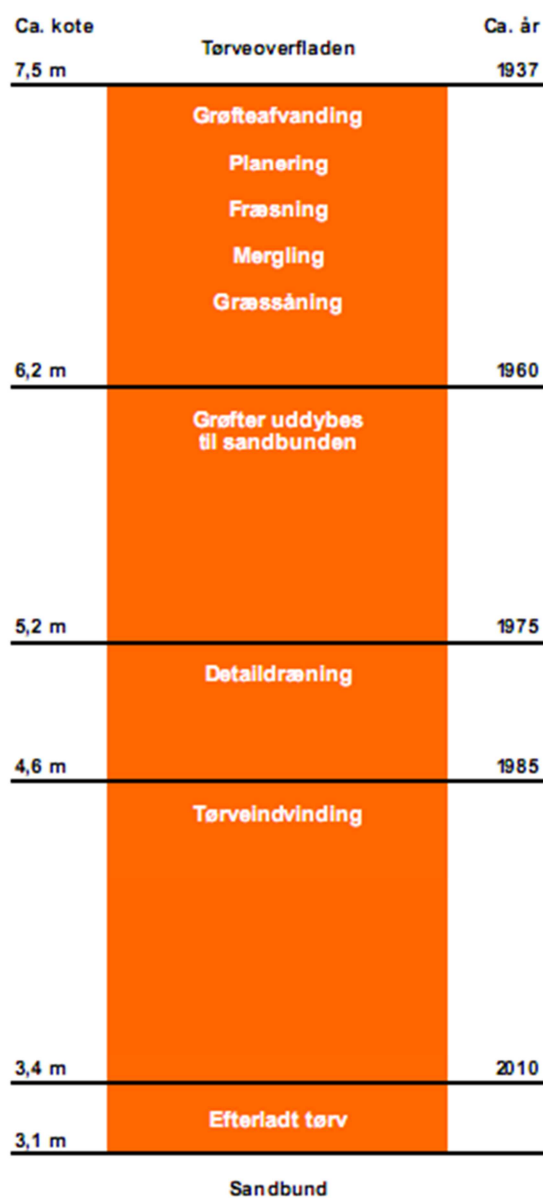
I nyere tid har Lille Vildmose været udsat for mange landindvindingsprojekter, hvoraf det første større projekt startede i år 1760 med afvandningen af de fire søer i området, Tofte Sø, Birkesø, Lillesø og Møllesø for at benytte de drænedesøbunden til opdyrkning. I 1927 blev Lillesø genskabt, og i 1973 blev Tofte Sø genskabt (Riis 2005, s. 17). Afvandningen af søerne bevirkede at dele af højmosen, som

følge af vandspejlsænkningen, satte sig i forbindelse med en øget mineralisering af tørv. De reetablerede søer har i dag et vandspejl 2-3 m lavere end før afvandingen. Den nærliggende Haslevgård Å er siden 1761, hvor den første regulering af vandløbet fandt sted, og frem til 1954 blevet reguleret således, at vandløbsbunden er sænket, bundbredden øget og forløbet udrettet. Tilsammen vurderes det, at vandspejlet i vandløbet er faldet med 2-3 m (Riis 2005, s. 23). Dette kan have bevirket at kantskoven langs Tofte Moses vestlige side har spredt sig længere ind på den oprindelige højmoseflade, grundet en ændring af det sekundære vandspejlsplacering, jf. figur 3.1. Tofte Mose har også været afvandet gennem grøftegravninger og vejetablering med start omkring år 1880. Det vurderes, at dette har resulteret i en sænkning af terrænet på 2,5 m 2,2 km inde på højmosefladen (Riis 2005, s. 27).

I år 1937 påbegyndtes et større afvandingsprojekt af hele Lille Vildmose, men primært af Mellemområdet. Efter omfattende afvandning gennem grøfter og dræn, blev overfladen planeret og fræset, hvorefter der blev tilført kalk og sået græs. Projektet stoppede brat i 1940, men mosen havde sat sig 1 m, hvilket er estimeret til yderligere 1,5 m i 1950. I 1960 påbegyndtes et nyt afvandingsprojekt af mellemområdet. Samlet set er det vurderet, at Mellemområdet, fra 1938 til 2004, har haft et samlet fald på 3 m. Yderligere blev der i år 1977 indsat to pumpestationer, som bevirkede en grundvandssænkning (Riis 2005, s. 29-32).

En central del af Lille Vildmoses historie er de omfattende tørvegravningsprojekter, som startede i forbindelse med de større afvandingsprojekter. Indtil 2. Verdenskrig var det dog kun en begrænset del af Lille Vildmose, der blev benyttet til tørveindvinding. Dette drejer sig om et område omkring Porsemosen og sydspidsen af Tofte Mose. Under 2. Verdenskrig intensiveredes tørvegravning, og Portlandmosen blev inddraget, hvormed de eksisterende gravebaner blev etableret. Tørveindvindingen i form af tørvebrændsel i Lille Vildmose ophørte i 1963. Det er dog først i 2011 at tørveindvindingen er helt ophørt i Lille Vildmose (Riis 2012, s. 5).

Lille Vildmose har, efter en lang dannelses periode, været kraftigt påvirket af antropogene aktiviteter i omtrent 200 år. Riis (2005, s.44) har i figur 4.2 illustreret udviklingshistorien i Lille Vildmose. Figuren viser også, hvor stor en effekt de antropogene aktiviteter har haft på sænkningen af højmosefladen.



Figur 4.2: Generaliseret skitse af de antropogene aktiviteter på tørveoverfladens højde i Lille Vildmose (Riis 2005, s. 44).

4.3 Atmosfærisk deposition

Ovenfor er det beskrevet hvorledes den direkte antropogene påvirkning af Lille Vildmose er foregået, men Lille Vildmose påvirkes også indirekte af antropogene aktiviteter. Dette sker bl.a. gennem den med tiden øgede atmosfæriske N-deposition. Det er tidligere beskrevet, at aktive højmoser har en estimeret tålegrænse for N-belastning på 10 kg N/ha/år. Bak og Ejrnæs (2004, fig. 9.1) illustrerer, hvorledes den estimerede atmosfæriske N-deposition for Danmark begynder at stige fra år 1900, og når sin top omkring år 1996, med en samlet atmosfærisk N-deposition på 23 kg N/ha/år. DCE (Nationalt Center for Miljø og Energi) har gennem en længere årrække målt den atmosfæriske N-deposition i Danmark. Ifølge deres målinger er den atmosfæriske N-deposition generelt faldet fra 1990 til 2010, og i landområderne med 31 % (Ellermann et al. 2011, fig. 2.5). Den atmosfæriske N-deposition har derfor generelt i Danmark været højere end den estimerede tålegrænse for N-belastningen af aktive højmose, hvilket også kan have påvirket højmosearealerne i Lille Vildmose. Dette kan bevirke en for høj N-koncentration til, at spagnummosserne kan udnytte det hele, hvilket derfor kan bevirke en opvækst af karplanter på højmosen. DCE måler også den atmosfæriske deposition i Lille Vildmose, som i år 2010 var på 10 kg N/ha/år og dermed i samme niveau som den samlede estimerede tålegrænse. N belastningen må derfor stadig forventes at være for høj i Lille Vildmose (Ellermann et al. 2011, tabel 2.4).

4.4 Tidligere indførte beskyttende tiltag

På baggrund af ovenstående er det blevet klart, at hovedårsagen til, at højmosernes tilstand i Lille Vildmose ikke er bedre, er antropogene påvirkninger fra 1760 og frem. På trods af at de fleste af disse påvirkninger er ophørt, har de imidlertid stadig en effekt på området. For at mindske denne effekt har flere parter involveret sig i en genopretning af området bl.a. Aage V. Jensen Naturfond. Aage V. Jensen Naturfond opkøbte allerede i 1988 Høstemark Mose og Høstemark Skov og i år 2001-2003 Portlandmosen, Tofte Mose, Tofte Skov og Mellemområdet (Aage V. Jensen Naturfond u.å.). Desuden er Lille Vildmose også beskyttet igennem Natura-2000. Dermed er der sket et skifte, idet der er kommet mere fokus på beskyttelse frem for benyttelse af området.

Et af de konkrete tiltag, som har været anvendt i Lille Vildmose, er rydning af træer. Som beskrevet i afsnit 3, kan trævæksten bl.a. øge fordampningen fra højmosearealerne og desuden øge den atmosfæriske deposition af N. Rydning af birk er bl.a. blevet foretaget i Høstemark Mose i 1998, og i 2005 er denne mose ryddet for nåletræer. Desuden er genvækst af birk efter 1998 forsøgt forhindret af græssende kronstyr (Riis 2006, s. 24). Rydning af uønsket trævækst har også fundet sted i Portlandmosen i 2008-2009 (Poulsen 2012).

Et andet konkret tiltag, der har været anvendt i Lille Vildmose er spredning af sphagnummosser. Dette tiltag har imidlertid kun været anvendt på forsøgsbasis. I 2004 har der været spredt sphagnum i et mindre tidligere tørveindvindingsområde øst for Portlandmosen (Risager 2005, s. 16).

Formålet med spredningen af sphagnummosserne er at øge genindvandringshastigheden på de områder, hvor det aktive sphagnumlag er blevet fjernet pga. tørvegravning (Risager 2005, s. 20). Efter industriel indvinding af tørv er naturlig genindvandring af sphagnummosser problematisk, og spredningen af sphagnum kan derfor være en nødvendighed, hvis tørvegravningsområderne igen skal blive tørveproducerende (Rydin et al. 2006, s. 73).

Som beskrevet i afsnit 1 har der været, og er der fortsat, stor fokus på at få genoprettet en naturlig hydrologi i Lille Vildmose ved at stoppe den unaturlige dræning. Hydrologiens vigtighed for en højmoser er præsenteret i afsnit 3.1 og vil derfor ikke blive præsenteret igen her. Særligt i perioden 2006-2010 er der blevet implementeret en række tiltag for at forbedre hydrologien (Riis 2012, s. 8). De tiltag det har været muligt at få kendskab til fremgår af tabel 4.1. Af figur 4.3 ses opstemning af en tværgrøft og gravebane 10/11 i Portlandmosen.

Tabel 4.1: Gennemførte hydrologiforbedrende tiltag i Lille Vildmose 2006-2010 (Riis 2012, s. 9-11, Riis 2006, s. 19, Riis 2005, s. 17, Naturstyrelsen 2009 a, Goldberg og Poulsen 2007, s. 2 & Poulsen 2012).

Høstemark Mose	Portlandmosen
2004: Punktvis opfyldning af Skelgrøften til terræn. 2008-09: Lukning af afvandingsgrøfter med 70 nedrammede krydsfinersplader. 2010: Etablering af overløb i nordlige lagg-grøft. Indsættelse af PE membran langs vejside Indsættelse af plastspunsvæg i vestlige kant.	1997-98: Opstemning af flere grøfter med tørvedæmninger. 2008-09: Opstemning med 40 plastspunslader i tre østlige nord-sydgående gravebaner Resterende grøfter opstemt med ca. 200 krydsfinersskodder. Rydning af trævækst. Ukendt år: PE membran i nordlig kant.
Tofte Mose	Mellemområdet
2008: Tilkastning af afvandingsgrøft langs nordside af Tofte Mose. 2008-09: Lukning af afvandingsgrøfter ved nedramning af krydsfinersskodder. 2009: 7 plastspunsvægge over afvandingsgrøft langs Tofte Søvej mellem Tofte Sø og Tofte Skov samt afskærmning af en gravebane mod Smedie-fenner. 2009-10: 6 plastspunsvægge over de bredeste grøfter fra Tofte Mose til Haslevgårde Å på opstrøms østlige side af skovvejen. 2010: Indsættelse af 180 krydsfinersskodder i vestlige del.	2008: Tilkastning af afvandingskanal ved Grønvej, der går gennem den sydlige del af møllesøfenner. <u>Tofte-fenner:</u> 2008: Fjernelse af hidtidige afvandingsystem Etablering af 14 lavvandede damme. <u>Mou-fenner:</u> 2006: Standsning af pumpestation i nordlige del. 2007: Lukning af hovedafvandingsgrøft. 2008: Etablering af 440 m lang dæmning i nordende. Etablering af grøft udenfor ny dæmning. 2010: Pumpestation i nordlige del erstattes af stemmeværk pumpebrønden.



Figur 4.3: Opstemning af tværgrøft og gravebane 10/11 i Portlandmosen.

4.5 Tiltag i LIFE+ projektet

I nær fremtid vil der blive indført flere tiltag med henblik på at forbedre højmosemiljøet i Lille Vildmose gennem LIFE+ projektet (Naturstyrelsen 2011 c). De planlagte tiltag fremgår af tekstboks 4.1, og de hydrologiske tiltag er uddybet herefter.

Det ønskes bl.a. at forbedre de hydrologiske forhold i Tofte Mose. Et af tiltagene er at genoprette Birkesø med henblik på at mindske afstrømningen fra højmosens nordlige kant. Desuden vil der blive etableret diger med membraner langs højmosens nordvestlige og nordøstlige kanter for at mindske dræningen fra disse områder (Naturstyrelsen 2011 c).

Det er planlagt at hæve vandspejlet i Smedie-fenner, Purker-fenner og de sydlige Mou-fenner ved at lukke grøfter og dræningskanaler. Formålet med vandspejlshævningerne er at reducere mineraliseringen af den tilbageværende tørv, samt at give bedre betingelser for at højmosevegetation med tiden igen kan indvandre således, at området på lang sigt kan blive til aktiv højmose (Naturstyrelsen 2011 c).

Vandspejlet i Høstemark Mose og Porsemosen skal hæves for at sikre den højmosevegetation, som stadig forekommer på de to højmosearealer. Desuden forventes vandspejlshævningen også at kunne mindske genindvandring af birk og andre træarter. Dræningskanalerne i Porsemosen vil blive lukket med dæmninger og desuden forstærket med membraner i de større kanaler. Dræningskanalen langs Hegnsvej, der dræner Høstemark Mose, vil blive lukket. Desuden indsættes en membran under Hegnsvej for at forhindre afvanding mod syd (Naturstyrelsen 2011 c).

Tekstboks 4.1: LIFE+ tiltag

Hydrologiske tiltag:

- Genopretning af Birkesø.
- Sikring af Tofte Moses kanter.
- Vandspejlshævninger i Smedie-fenner, Purker-fenner og sydlige Mou-fenner.
- Vandspejlshævninger i Porsemosen og Høstemark Mose.

Øvrige tiltag:

- Udsætning af kronvildt i mellemområdet.
- Regulering af mårhunde, mink og ræve.
- Forsøg med udspredning af sphagnum.
- Faciliteter til besøgende i Lille Vildmose.
- Information om LIFE+ projektet.
- Overvågning af naturen i området.
- Fældning af træer og buske i Portlandmosen og Porsemosen.

(Naturstyrelsen 2011 c)

5. Metode: Vandspejlsanalyse

Dette specialeprojekt har til formål, at undersøge om det gennem genopretningstiltag er lykkedes at hæve vandspejlet i Lille Vildmose samt at undersøge, om evt. vandspejlsstigninger vil medføre en ændret vegetationssammensætning og bedre betingelser for tørvedannelse. Projektet vil bestå af to dele. En del, der skal analysere den generelle vandspejlsudviklingen i Lille Vildmose, og en del, der skal undersøge, om vandspejlsstigninger i området har medført bedre betingelser for tørvedannelse. I det følgende vil metoder, overvejelser og forbehold i forbindelse med første del af projektet blive gennemgået, mens det for anden del af projektet vil blive gennemgået i afsnit 7.

5.1 Analyse af vandspejlsudvikling

Det, der indvirker på placeringen af en aktiv højmoses vandspejl er nettonedbøren og Ao. En stigning i højmosens vandspejl kan derfor kun forekomme ved en stigning i nettonedbøren, en formindskelse af afstrømningen eller en kombination af de to faktorer. Nettonedbøren er bestemt på baggrund af nedbøren og ET. Vegetationstypen indgår som en faktor i estimeringen af ET. I udregningen af ET antages det dog, at der i området ikke er nogle rumlige variationer i vegetationssammensætningen, samt at denne er uændret gennem perioden. En ændring af vegetationssammensætningen, der bevirker en ændring af ET, vil derfor i projektets analyser indgå som en ændring i Ao. Nettonedbøren er derved kun afhængig af de meteorologiske forhold. Afstrømningen kan formindskes gennem flere ændrede forhold i og omkring højmosen. Er højmosen i vækst, dvs. at der sker en tørvedannelse, vil det kunne øge højmosens volumen, således at den vil kunne indeholde en større mængde vand. Samtidig vil den eksisterende tørv i højmosens nederste lag yderligere kunne sammenpresses og forbedre vandtilbageholdelsen. Afstrømningen kan også ændres ved mindskelse af dræningen gennem genopretningstiltag, hvilket bl.a. er tilfældet i Lille Vildmose.

For at analysere hvorvidt genopretningstiltagene har medført en stigning i vandspejlet, er det nødvendigt at undersøge udviklingen i nettonedbøren for samme periode. Forekommer der en stigning i nettonedbøren, vil det i sig selv kunne resultere i en vandspejlsstigning i højmosen. Det interessante er, om stigningen i vandspejlet er større end stigningen i nettonedbøren, da dette er et bevis for at afstrømningsforholdene er ændret, og at genopretningstiltagene har haft den ønskede effekt.

5.1.1 Vandspejlsdata

For at vurdere om der er sket en vandspejlsstigning, er der benyttet data fra ni stationer med vandstandsloggere i Lille Vildmose (Miljøministeriet 2012). De ni stationers placering er vist på figur 6.2, og data samt beregninger fremgår af bilag 1. Stationernes placering er ikke alle indenfor naturtypen aktiv højmose, og det er derfor nødvendigt i analysen af vandspejlsudviklingen at tage højde for, i hvilke områder de er placeret. Desuden er det også interessant, om der ses en effekt ved de stationer, der ligger i områder, hvor der er udført genopretningstiltag. Desuden er det muligt at sammenholde graferne for de ni stationer og derigennem undersøge, om vandspejlsvariationerne er forskellige for områderne. Eksempelvis om vandspejlet varierer kraftigere i områder med andre naturtyper end i områder med aktiv højmose.

Det har vist sig, at de eksisterende data fra stationerne ikke er fuldt dækkende for den del af analysen, der sammenligner afstrømningsforholdene indbyrdes mellem stationerne. Dette skyldes, at alle ni stationer ikke har data dækkende samme periode. Hvilket ses i tabel 5.1, hvor dataperiodens start- og slutdato for de ni stationer er noteret.

Tabel 5.1: Start- og sluttidspunkt for dataperioden for de individuelle stationer benyttet i analysen (Miljøministeriet 2012).

Vandstandsstation	Start	Slut
Natur001	05-02-2008	10-02-2009
Natur002	12-01-2008	23-03-2011
Natur003	12-01-2008	23-03-2011
Natur004	12-01-2008	23-03-2011
Natur005	12-01-2008	23-03-2011
Natur013	11-02-2009	13-02-2011
Natur015	05-02-2008	07-02-2011
Natur023	29-01-2005	27-04-2009
Natur024	29-01-2005	27-04-2009

Selvom alle dataperioderne ikke er ens, er der dog enkelte med samme perioder, eksempelvis stationerne; Natur002 - Natur005 og Natur023 - Natur024. Et andet problematisk punkt er de enkelte dataperioder, eksempelvis er dataperioden for Natur001 kun et år. Dette gør det usikkert at analysere for generelle trends i vandspejlsstigning for denne station. De resterende stationer har en dataperiode på mellem tre og fem år, hvilket er mere fornuftigt i forhold til at finde en generel trend. I forbindelse med tidsserierne for vandspejlsvariationerne forekommer der bl.a. enkeltstående målinger, som afviger betydeligt fra de omkringliggende værdier, hvilket sandsynligvis skyldes, at målingen er foretaget på et tidspunkt hvor, loggeren har været taget op i forbindelse med indsamlingen af dataene. Disse enkeltstående fejlmålinger er erstattet med en interpoleret værdi, der er et gennemsnit af de to nærmeste målinger.

5.1.2 Beregning af nettonedbør

For at beregne nettonedbøren er det nødvendigt at kende N samt ET . En reference evapotranspiration kan bestemmes ved at beregne den potentielle evapotranspiration (ET_0). Dette er et mål for hvor stor en evapotranspiration, der forekommer fra en kort klippet græsvegetationsoverflade under forudsætning af en konstant tilstrækkelig vandtilgængelighed. ET_0 kan benyttes til at bestemme den aktuelle evapotranspiration (ET_a) fra en aktiv højmoser. Danske undersøgelser har vist, at vådområders ET_a er meget tæt på ET_0 (Plauborg et al. 2002, tabel E-1). Det fremgår af Plauborg et al. (2002, tabel E-1), at Vedby i 1984 fandt at ET_a/ET_0 forholdet for et tueprofil er mellem 0,9 – 1, mens forskellen for et højleprofil er 1,2. Som beskrevet i afsnit 2.1, kan veludviklede tuer på en højmoser hæve sig 50 cm over vandspejlet, mens højlerne kan være vandmættede. Af figur 6.3 ses det, at vandspejlet aldrig ligger ved terrænoverfladen ved nogle af vandstandsstationerne, og det vurderes derfor fornuftigt ikke at antage at fordampningen i Lille Vildmose er svarende til et højleprofil. Af samme figur ses det, at vandspejlet kun i kortere perioder falder til ≥ 50 cm fra terrænoverfladen, med undtagelse af stationerne natur002, natur003 og natur005. Fordampningen for højmoserealerne i Lille Vildmose formodes derfor, at ligge et sted mellem hvad der er forventeligt for tue- og højleprofiler, og det vurderes fornuftigt at anvende ET_0 som en estimering af fordampningen i området. Det bør dog i denne forbindelse nævnes, at nogle af stationerne ikke er placeret i højmoserområder, jf. figur 6.2, men i andre naturtyper. Ved disse er vegetationssammensætningen en anden, og desuden kan vandspejlets

placering være lavere, hvilket vil påvirke fordampningen. Den estimerede fordampning er derfor behæftet med usikkerheder ved stationerne *natur023*, *natur024* og *natur003*, der er placeret i naturtyperne; Våd hede (4010) og Tidvis våd eng (6410) og Elle- og askeskov (91E0). Det har ikke været muligt at finde forholdet mellem den ET_a og ET_0 for disse naturtyper, dog nævnes det i Plauborg et al. (2002), at en *næringsrig eng med grundvandsgennemstrømning* har et forhold på op til 1,3, mens det i skove er estimeret til 1,1.

ET_0 beregnes med Penman-Monteith ligningen (Allen et al. 1998):

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}$$

Tabel 5.2: Det fremgår af tabellen, hvilket ophav parametrene i ovenstående ligning har i forhold til projektgruppens data. De med betegnelsen, *beregnes*, alle er bestemt med baggrund i meteorologiske data.

	Parametre	Enhed	Ophav
ET_0	Potentielle evapotranspiration	$\frac{mm}{døgn}$	Resultat
R_n	Netto strålingsenergi	$\frac{MJ}{m^2 \cdot døgn}$	Beregnes
G	Jordbundens varme flux	$\frac{MJ}{m^2 \cdot døgn}$	Beregnes
T	Gennemsnitlig døgnluftstemperatur	$^{\circ}C$	Data
u_2	Vindhastighed	$\frac{m}{s}$	Data
e_s	Mættet damptryk	kPa	Beregnes
e_a	Aktuelt damptryk	kPa	Beregnes
Δ	Damptrykskurven	$\frac{kPa}{^{\circ}C}$	Ligning
Γ	Psykrometriske konstant	$\frac{kPa}{^{\circ}C}$	Konstant

Det ses af overstående at jordbundens varme flux indgår i beregningen af ET_0 . Allen et al. (1998) pointerer, at denne har lille indflydelse når ET_0 beregnes pr. døgn, hvormed den kan negligeres i beregningen. For at beregne ET_0 er der rekvireret data fra DMI-station 06030, Aalborg Lufthavn. De rekvirerede data er følgende: Vindhastighed, temperatur (maks., min. og gennemsnit), lufttryk og den relative luftfugtighed.

I beregningen af evapotranspirationen indgår nettostrålingsenergien, som er beregnet på baggrund af de førnævnte data samt rekvirerede solindstrålingsdata fra DMI-station 06031, Tylstrup. Tidsserien for solindstrålingen indeholder perioder på op til 7 dage med manglende data. Dette er rettet ved at tildele perioderne med manglende data et gennemsnit af de 4 eksisterende målinger forekommende henholdsvis før og efter perioderne.

Nedbørsdata til beregningen af nettonedbøren er rekvireret fra DMI station 06030, Aalborg lufthavn. Samtlige data fra DMI stationerne er døgnmålinger for perioden 01.01.2004-01.01.2012. Nettonedbøren pr. døgn er derved beregnet ved at trække fordampningen (ET_0) fra nedbøren for hvert tidskridt. Datene samt beregningen af; nettoindstråling, potentiel evapotranspiration (ET_0) og nettonedbør ses af bilag 2,3 og 4.

5.1.3 Usikkerheder

Nettonedbøren er bestemt på baggrund af vejrdata fra DMI stationerne 06030 og 06031. De to stationer er beliggende ca. 12 km fra hinanden. Dette vurderes ikke at være en væsentlig usikkerhed, da samtlige data, med undtagelse af solindstråling, er fra samme station. Yderligere forventes der kun at forekomme mindre variationer i solindstrålingen pr. døgn indenfor den relativt korte afstand (Boyle 2004, fig. 2.7 og fig. 2.8). En mere væsentlig usikkerhed er, at DMI-station 06030 er placeret ca. 30 km fra den centrale del af Lille Vildmose. Dette kan betyde, at nettonedbøren pr. døgn ikke stemmer overens med de faktiske forhold i Lille Vildmose. Dette skyldes primært, at der kan forekomme variationer i nedbørshændelserne indenfor en relativ kort geografisk afstand. Det vurderes dog, at ændringerne i nettonedbøren i et længere tidsperspektiv er sammenligneligt med de faktiske ændringer for nettonedbøren i Lille Vildmose, da årsmiddelnedbøren for de to områder ikke varierer med mere end ca. 50 mm ifølge nedbørnormalerne fra perioden 1961-1990 (Arnberg-Nielsen et al. 2000, fig. 7.1 & DMI u.å.).

5.1.4 Databearbejdning af nettonedbør- og vandspejlsdata

For at kunne analysere den generelle trend i nettonedbør og vandspejlets placering, opstilles der en forskrift der beskriver den overordnede udvikling. Dette er gjort ved først at begrænse datamængden i hver tidsserie. Tidsskridtet mellem hver måling er forskelligt for tidsserierne; nettonedbør og vandspejl, således at de henholdsvis er 24 timer og 12 timer. Det er derfor valgt at opskalere tidsskridtet til én uge, for hver tidsserie. Dette er gjort ved at beregne gennemsnittet for hver uge med uge 1 som den første uge i år 2004. Dernæst undersøges hvilken model, der kan benyttes til at beskrive den generelle trend i hver tidsserie.

En tidsserie kan ofte dekomponeres til flere delelementer. Hvor mange dele afhænger af den konkrete tidsserie. De længste tidsserier, som anvendes i dette projekt, strækker sig fra perioden 2004-2011, og dermed forventes de at kunne opdeles i en *trend*, en *sæsonvariation* og *støj*. Trenden er den generelle udvikling i tidsserien gennem hele perioden, mens sæsonvariationen er fluktuationsmønstre, der forekommer inden for en periode, som er mindre end et år. Endnu et delelement, der typisk forekommer i en tidsserie er *støj*, som hverken kan beskrives i form af trend eller sæsonvariation (Burt og Barber 1996, s. 131-136).

I analysen af nettonedbøren og vandspejlets placering ved de forskellige stationer i Lille Vildmose er det kun den generelle trend, der er interessant, og de øvrige delelementer i tidsserien vil derfor ikke blive identificeret. For at bestemme hvilken model, der bedst egner sig til at beskrive den generelle trend, anvendes det glidende gennemsnit, for at fjerne sæsonvariationen og støj. Da det af dataene er muligt, at identificere en årlig cyklus beregnes det glidende gennemsnit for et helt år. Det glidende gennemsnit er en tilnærmelsesvis ret linje, se figur 6.3, hvilket indikerer, at den generelle trend kan beskrives ved en lineær sammenhæng. Hældningskoefficienten er et udtryk for ændringen i vandspejlet pr. tidsskridt indenfor tidsseriens start- og slutpunkt. Det bør påpeges, at den lineære model kun kan anvendes til at beskrive udviklingen i den generelle trend inden for dataperioden, og altså ikke som en model for selve tidsserien.

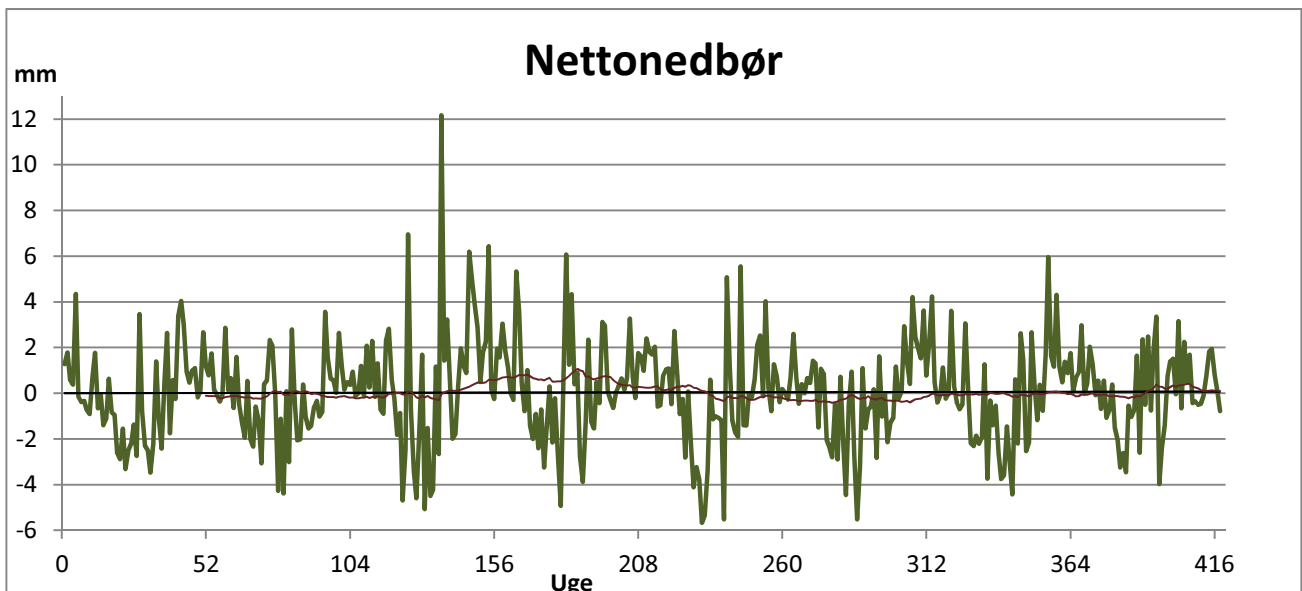
6. Vandspejlsudvikling i Lille Vildmose

I afsnit 2.3 er en aktiv højmoses vandbalance præsenteret. Det blev her klart at de parametre, der indvirker på vandspejlets placering er nettonedbøren og afstrømningen. I det følgende vil udviklingen i nettonedbøren gennem tidsperioden for vandspejlsmålingerne blive analyseret. Analysen vil give mulighed for at vurdere, hvorvidt ændringerne i vandspejlet i Lille Vildmose skyldes ændringer i nettonedbøren eller ændrede afstrømningsforhold som følge af de implementerede genopretnings-tiltag.

6.1 Analyse af nettonedbør

Som det ses af figur 6.1 kan den overordnede trend for nettonedbøren beskrives ved en lineær funktion. I tabel 6.1 ses hældningskoefficienter for tendenslinjer for henholdsvis 2004-2011 og 2008-2011, som begge viser en stigning i nettonedbøren. Stigningen er dog størst, hvis tendenslinjen bygger på perioden 2008-2011. Dette giver også udslag i de øvrige beregnede værdier i tabel 6.1, da disse alle er beregnet på baggrund af de fundne hældningskoefficienter.

For at kunne vurdere nettonedbørens indvirkning på vandspejlet, er der foretaget en beregning af, hvor stor ændringen i vandspejlet kan være ved den lavest og højst mulige porøsitet af tørv. Svagt humificeret tørv har den højeste porøsitet på op mod 0,9, mens stærkt humificeret tørv har den laveste porøsitet på 0,6 (Dahl et al. 2010, tabel 3.1.). Uanset hvilken periode og porøsitet vandspejlsændringen vurderes på baggrund af, er den totale stigning gennem hele perioden under 1 mm, jf. tabel 6.1. På denne baggrund vurderes det, at ændringerne i nettonedbøren kan negligeres i analysen af vandspejlsændringerne i Lille Vildmose, og ændrede afstrømningsforhold derfor er årsagen til evt. vandspejlsændringer.



Figur 6.1: Nettonedbør målt i mm/uge med uge 1 værende den første uge i år 2004. Den røde linje er det glidende gennemsnit, mens den rette sorte linje er den lineære trend.

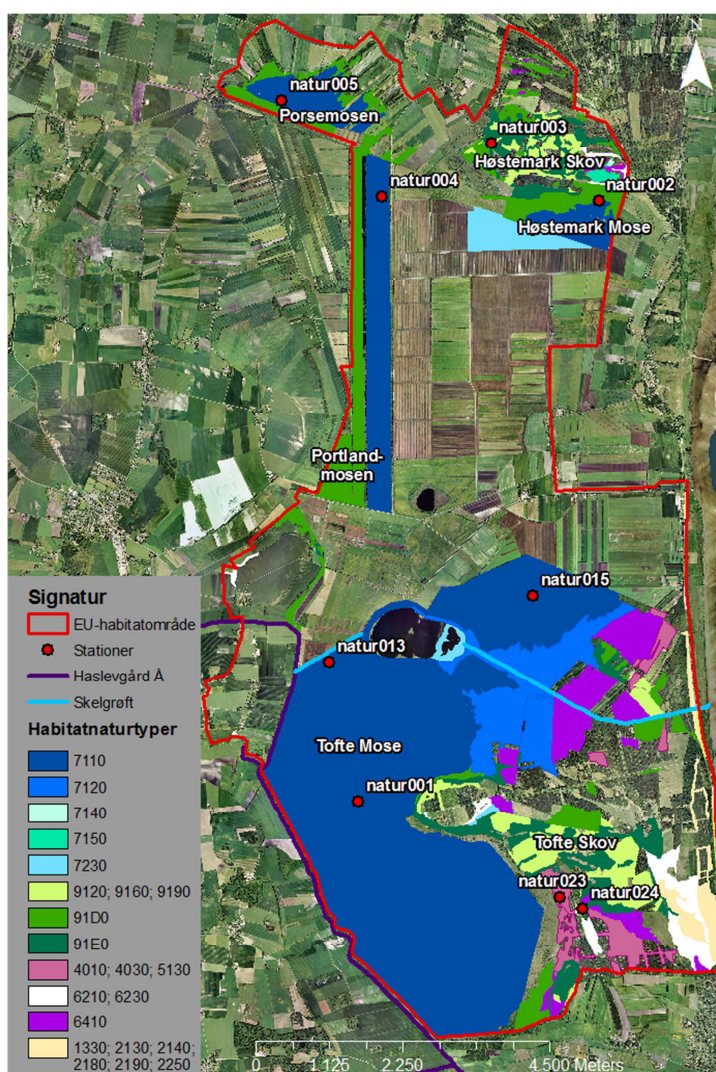
Tabel 6.1: Ændringen i vandspejlet set i forhold til den generelle trend fra år 2004-2011 samt år 2008-2011.

	2004-2011	2008-2011
Hædningskoefficient (mm/uge)	0,0002	0,0027
Ændring i nettonedbør (mm/m ²)	0,0832	0,5616
Ændring i vandspejl, svagt humificeret tørv (mm/m ²)	0,0915	0,6178
Ændring i vandspejl, stærkt humificeret tørv (mm/m ²)	0,1165	0,7862

6.2 Analyse af vandspejlsdata

Naturstyrelsen har i perioden 2004-2011 monitoreret vandspejlet ved flere stationer i Lille Vildmose. Stationerne ses af figur 6.2. Deres rumlige fordeling giver mulighed for at undersøge det generelle hydrologiske billede i Lille Vildmose. Som det ses af figuren, er hovedparten af disse placeret indenfor områder karakteriseret som aktiv højmoser, hvilket giver mulighed for at undersøge, om der er sket en forbedring af højmosernes hydrologi. Yderligere er enkelte stationer placeret i områder med en anden naturtype end højmoser, hvilket gør det muligt at vurdere udviklingen i de forskellige naturområder i Lille Vildmose.

I det følgende analyseres den generelle udvikling i vandspejlet i Lille Vildmose, samt hvor mange uger vandspejlet ligger dybere end 50 cm fra terrænoverfladen. Som beskrevet i afsnit 2.3, er grænsen for tue-sphagnumarternes kapillærkræfter 50 cm, og et lavereliggende vandspejl i længere perioder vil derfor kunne true sphagnumvæksten. Desuden vil et lavere vandspejl også medføre bedre etableringsgrundlag for øvrige arter, hvilke evt. vil kunne udkonkurrere sphagnummosserne. Et vandspejl beliggende tættere end 50 cm fra terrænoverfladen forventes særligt, at have indvirkning på træernes trivsel, da mere end 90 % af deres rødder findes inden for de øverste 60 cm fra jordoverfladen (Olrik 2010). Desuden undersøges hvor ofte der forekommer perioder, hvor vandspejlet ligger ≥ 10 cm fra terrænoverfladen. Som



Figur 6.2: Vandstandsstationer og habitatnaturtyper i Lille Vildmose (Miljøministeriet et al. u.å. a, Riis et al. 2004, fig. 1, Riis 2007, s. 6, ophavsrettigheder: COWI, Copyright, Kort & Matrikelstyrelsen G 24-98, Miljøministeriet 2012).

beskrevet i afsnit 2.3, vil nogle sphagnumarter begynde at tørre ud ved et lavere vandspejl. Er sphagnummosserne udsat for udtørring i længere tid vil de visne. Et vandspejl placeret tættere på terrænoverfladen end 10 cm vil desuden sikre en langsom mineralisering af tørven og dermed en god tørvetilvækst (Riis et al. 2004, s. 26 og s. 29).

Af figur 6.3 ses udviklingen i vandspejlet ved de forskellige stationer. Tabel 6.2 indeholder stigningen i vandspejlet på baggrund af lineære tendenslinjer, og af tabel 6.3 fremgår antallet af uger pr. år, hvor vandspejlet er ≥ 50 cm fra terrænoverfladen samt længden af den længste periode, hvor dette er tilfældet. De ni stationer præsenteres ikke kronologisk, men i forhold til den naturtype de er placeret i, af følgende tre kategorier; Aktiv højmosse (7110), Våd hede (4010) og Tidvis våd eng (6410) samt Elle- og askeskov (91E0) (Miljøministeriet et al. u.å. a).

Tabel 6.2: Ændring i vandspejl på baggrund af tendenslinjer.

	Aktiv Højmosse (7110)						Våd hede (4010) og Tidvis våd eng (6410)		Elle- og askeskov (91E0)
Station	Natur 001	Natur 002	Natur 004	Natur 005	Natur 013	Natur 015	Natur 023	Natur 024	Natur 003
Hældningskoefficient (m/døgn)	$7 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$9 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-6}$
Stigning (mm/år)	25,55	10,95	73	18,25	18,25	3,29	10,95	2,55	2,92
Total Stigning (mm)	25,83	32,55	217	54,25	36,05	9,75	43,89	10,24	8,68

Tabel 6.3: Antal uger med vandspejl ≥ 50 cm fra terræn. Længste periode pr. år i uger angivet i parentes. - indikerer, at der ikke er vandspejlsmålinger for hele året. * angiver, at der forekommer enkelte dage i perioden hvor vandspejlet ikke er ≥ 50 cm fra terræn. ** angiver, at der forekommer én uge hvor vandspejlet ikke er ≥ 50 cm fra terræn.

	Aktiv Højmosse (7110)						Våd hede (4010) og Tidvis våd eng (6410)		Elle- og askeskov (91E0)
År	Natur 001	Natur 002	Natur 004	Natur 005	Natur 013	Natur 015	Natur 023	Natur 024	Natur 003
2005	-	-	-	-	-	-	0	0	-
2006	-	-	-	-	-	-	0	0	-
2007	-	-	-	-	-	-	0	0	-
2008	6 (5)	34 (29)	2 (2)	0	-	18 (12)	0	1 (1)	48 (47*)
2009	-	37 (31)	0	0	3 (3)	25 (17)	-	-	46 (45**)
2010	-	37 (30)	0	0	3 (2)	23 (9)	-	-	46 (32)

6.2.1 Aktiv højmosse (7110)

Station *natur001* er beliggende centralt i Tofte Mose og er ifølge Miljøministeriet et al. (u.å. a) placeret i en aktiv højmosse (arealandel 100 %). I perioden 05.02.2008-10.02.2009 ses en fluktuationer i vandspejlet på 20 cm samt en stigning. Den gennemsnitlige årlige stigning ved stationen er 25,55 mm og samlet for den målte periode er stigningen 25,83 mm, jf. tabel 6.2. Der er dermed indikationer på en forbedret hydrologi, på trods af at den mindste nettonedbør i perioden 2004-2011 forekommer i år 2008, jf. bilag 4. Det er dog svært at konkludere noget med sikkerhed på baggrund af et enkelt års data.

Stigningen i vandspejlet kan skyldes, at der i 2008 er blevet lukket afvandringsgrøfter i området, jf. tabel 4.1. Som det ses af tabel 6.3 forekom der ved stationen et vandspejl ≥ 50 cm fra terrænoverfladen i 6 uger i 2008, hvoraf den længste sammenhængende periode er på 5 uger. Som det ses af figur 6.3, forekom der på intet tidspunkt et vandspejl ≤ 10 cm fra terrænoverfladen, hvilket forventes at have negativ indflydelse på nogle af sphagnumarters vækst og forhindre maksimal tørvedannelse i at finde sted.

Station *natur002* er placeret i udkanten af Høstemark Mose. Stationen ligger i naturtypen aktiv højmosse (arealandel 100 %), men også indenfor en afstand af 20 m til naturtypen skovbevokset tørvemosse (Miljøministeriet et al. u.å. a) og forventes derfor at ligge i laggzonen. Gennem dataperioden 12.01.2008-23.03.2011 kan der, på figur 6.3, observeres en stigende tendens i vandspejlet. Gennemsnitligt er der en stigning i vandspejlet på 10,95 mm pr. år, og i hele perioden er vandspejlet steget med 32,55 mm, jf. tabel 6.2. På figur 6.3 ses desuden, at det lavest forekommende vandspejl pr. år er stigende gennem perioden. Der er derfor tegn på en forbedret hydrologi i området. Dette har dog ikke medført en reduktion af antallet af uger pr. år hvor vandspejlet er ≥ 50 cm fra terrænoverfladen. Af tabel 6.3 ses det, at antallet af uger er 34 i år 2008, mens det er 37 i både 2009 og 2010. De længste perioder med et vandspejl på ≥ 50 cm fra terrænoverfladen er på 29-31 uger. Desuden forekommer der ingen perioder, hvor vandspejlet er nærmere terrænoverfladen end 10 cm. Der forekommer betydelig fald i vandspejlet i sommerperioderne, som gennem dataperioden også fluktuerer med op til 50 cm ved denne station. Dette er markant større sammenlignet med de øvrige stationer (med undtagelse af station *natur003*). Dette indikerer, at afstrømningen har en større indvirkning på vandspejlet her end i de øvrige områder. I år 2010 blev der etableret et overløb i Høstemark Moses nordlige lagg-grøft, der maksimalt tillader en vandspejlskote på 5,9 m (Riis 2012, s. 9). Etableringen af overløbet forventes at hæve vandspejlet i lagggrøften med 1,5 m, og gradienten mellem vandspejlet på højmosen og i grøften vil blive mindre. Dette forventes, at have en positiv indflydelse på vandspejlet i Høstemark mose, dog ses der ingen tydelige forbedringer af figur 6.3.

Ved station *natur004*, der er beliggende i den østlige del af Portlandmosen, ses den største stigning i vandspejlet i Lille Vildmose, jf. tabel 6.2. Stationen er beliggende i naturtypen aktiv højmosse (arealandel 85 %), og målinger af vandspejlet forekommer for perioden 12.01.2008-23.03.2011 (Miljøministeriet et al. u.å. a). I gennemsnit har der været en årlig stigning i vandspejlet på 73 mm, hvilket svarer til en stigning på 217 mm i løbet af ca. 3 år. I år 2008 var der en enkelt periode på 2 uger, hvor vandspejlet var ≥ 50 cm fra terrænoverfladen, mens dette slet ikke var tilfældet i hverken 2009 og 2010. Det konstant høje vandspejl forventes at give gode vækstbetingelser for sphagnummosserne, der er karakteristiske for tuer. Som det ses af figur 6.3 forekommer der imidlertid ingen perioder, hvor vandspejlet er ≤ 10 cm fra terrænoverfladen, hvilket kan medføre svære vækstbetingelser for sphagnummosserne, der kræver den højeste vandmætning. Desuden forventes tørveophobningen ikke at være optimal. Af figuren ses desuden, at det laveste vandspejl i år 2008 er ca. 55 cm fra terrænoverfladen, mens den i 2009 og 2010 er 30-35 cm fra terrænoverfladen. Af figur 6.3 ses også en reduktion af den mindste årlige afstand fra vandspejlet til terrænoverfladen. Den stigende tendens i løbet af de tre år ses også ved nogle af de øvrige stationer. Stigningen er imidlertid ikke lige så markant ved de øvrige stationer, og den betydelige ændring forventes derfor hovedsageligt at være forårsaget af de omfattende opstemninger, der blev udført i Portlandmosen i 2008-2009, jf. tabel 4.1. Genopretningstiltagens effekt kan også ses ved, at der er en klar reduktion i vandspejlets fluktuationer. I år 2008 fluktuerede det med 30 cm, mens det i efterfølgende perioder var begrænset

til 20 cm. Ligeledes ses det af figur 6.3, at der i perioder med fald i vandspejlet generelt forekommer et mindre fald ved station 004 end de øvrige stationer placeret i naturtypen aktiv højmosse. Dette indikerer, at det er lykkedes at begrænse afstrømningen fra dette område. Som beskrevet i afsnit 6.2, trives de fleste træarter ikke ved vandmættede forhold i rodzone, og vandspejlsstigningen kan derfor have medført dårligere vækstbetingelser for træerne i Portlandmosen, hvilket er positivt for den karakteristiske højmossevegetation.

Station natur005 er beliggende i Porsemosen, og vandspejlet er ved denne station blevet målt i perioden 12.01.2008-23.03.2011. Stationen er placeret i aktiv højmosse (arealandel 100 %), og som det ses af tabel 6.2, har der gennemsnitligt været en årlig stigning i vandspejlet på 18,25 mm, hvilket svarer til en stigning på 54,25 mm gennem hele perioden (Miljøministeriet et al. u.å. a). Vandspejlet fluktuerer i perioden med op til 30 cm, jf. figur 6.3. Det ses af tabel 6.3, at der på intet tidspunkt gennem monitoreringsperioden har forekommet et vandspejl på ≥ 50 cm fra terrænoverfladen. Af figur 6.3 ses dog, at der heller ikke forekommer perioder, hvor vandspejlet ligger tættere terrænoverfladen end 10 cm. Hydrologien i Porsemosen er dermed blevet forbedret gennem perioden, og tue-sphagnummossernes vækst burde ikke være hæmmet af utilstrækkelig vandmætning.

Ved station *natur013*, der er beliggende i Tofte Moses nordvestlige kant i naturtypen aktiv højmosse (arealandel 100 %), ses en stigning i vandspejlet gennem perioden 11.02.2009-13.02.2011 (Miljøministeriet et al. u.å. a). Den gennemsnitlige årlige stigning er, lige som ved *natur005*, på 18,25 mm, og den samlede stigning for perioden er 36,05 mm, jf. tabel 6.2. Overordnet set vurderes hydrologien derfor at være blevet forbedret ved stationen. Vandspejlet fluktuerer med op til 20 cm. Af figur 6.3 er det ikke umiddelbart muligt at udpege et tidspunkt, hvor der er sket en væsentlig forbedring. Dette skyldes sandsynligvis, at der løbende gennem perioden 2008-2010 er blevet implementeret tiltag med henblik på at forbedre hydrologien i området. Desuden er ingen af tiltagene tilknyttet den nordvestlige del af Tofte Mose, jf. tabel 4.1. Den positive udvikling i vandspejlet ses imidlertid ikke i udviklingen i antallet af uger pr. år, hvor vandspejlet er ≥ 50 cm fra terrænoverfladen, der for både 2009 og 2010 er tre uger (se tabel 6.4). Dette vurderes imidlertid ikke problematisk, da stationen er placeret i kanten af Tofte Mose, og derfor med stor sandsynlighed i eller tæt på laggzonen. At vandspejlet på intet tidspunkt er tættere terrænoverfladen end 10 cm, jf. figur 6.3, forventes at forringe mulighederne for nogle sphagnummosseres vækst samt en optimal tørveophobning.

Station *natur015* er placeret i den nordøstlige del af Tofte Mose med naturtypen aktiv højmosse (arealandel 100 %) (Miljøministeriet et al. u.å. a). Ved denne station er forekommer der en af de laveste gennemsnitlige årlige stigninger i vandspejlet i Lille Vildmose på 3,29 mm, jf. tabel 6.2. Af samme tabel ses det, at der i perioden 05.02.2008-07.02.2011, har været en samlet stigning på 9,75 mm. Vandspejlet fluktuerer med 30 cm i år 2008 men kun med op til 25 cm i år 2009 og 2010. På figur 6.3 ses en reduktion af den årlige maks. afstand fra vandspejl til terræn i år 2009 og 2010 i forhold til 2008. Dette er positivt, og kan evt. hænge sammen med tilkastning af en afvandingsgrøft langs nordsiden af Tofte Mose, jf. tabel 4.1. Som det ses af tabel 6.3, er der dog stadig perioder, hvor vandspejlet har været ≥ 50 cm fra terrænoverfladen. I 2008-2010 er det tilfældet i 18-25 uger pr. år, hvor de længste sammenhængende perioder har været 9-17 uger. Desuden forekommer der i ingen uger et gennemsnitligt vandspejl ≤ 10 cm fra terrænoverfladen, jf. figur 6.3. Dette kan evt. have negativ indflydelse på sphagnumvæksten. Betragtes figuren ses det desuden, at der ikke har været nogen udvikling i den årlige maksimale vandspejlshøjde, og at afstanden fra vandspejlets placering til terræn

aldrig er mindre end 40 cm. Dette sammenholdt med den generelle positive udvikling kunne være en indikation på, at det vil være nødvendigt med implementering af flere genopretningstiltag, hvis det ønskes at reducere den mindste afstand fra vandspejl til terræn.

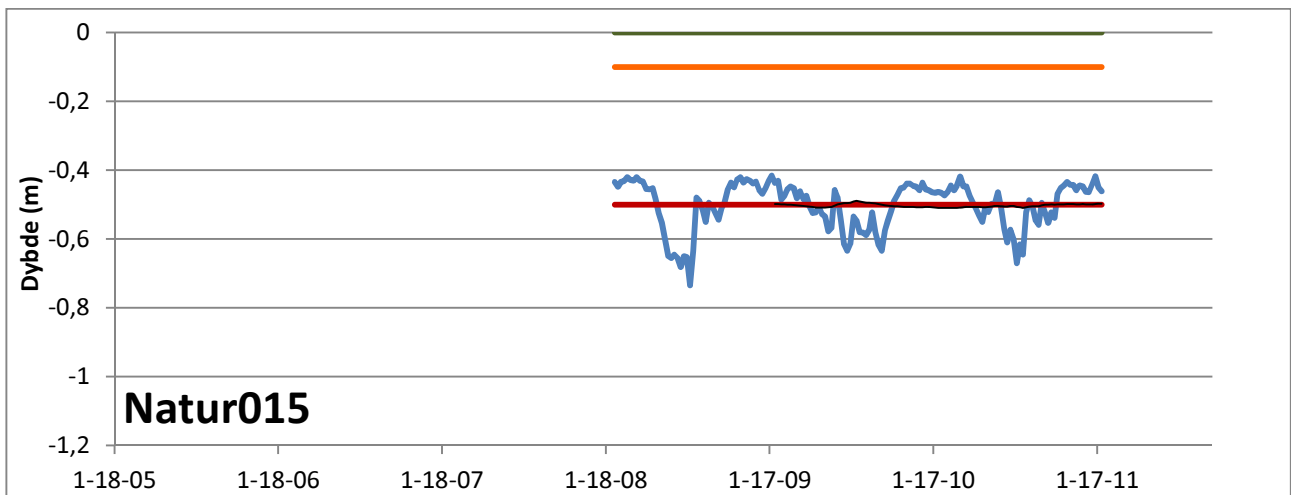
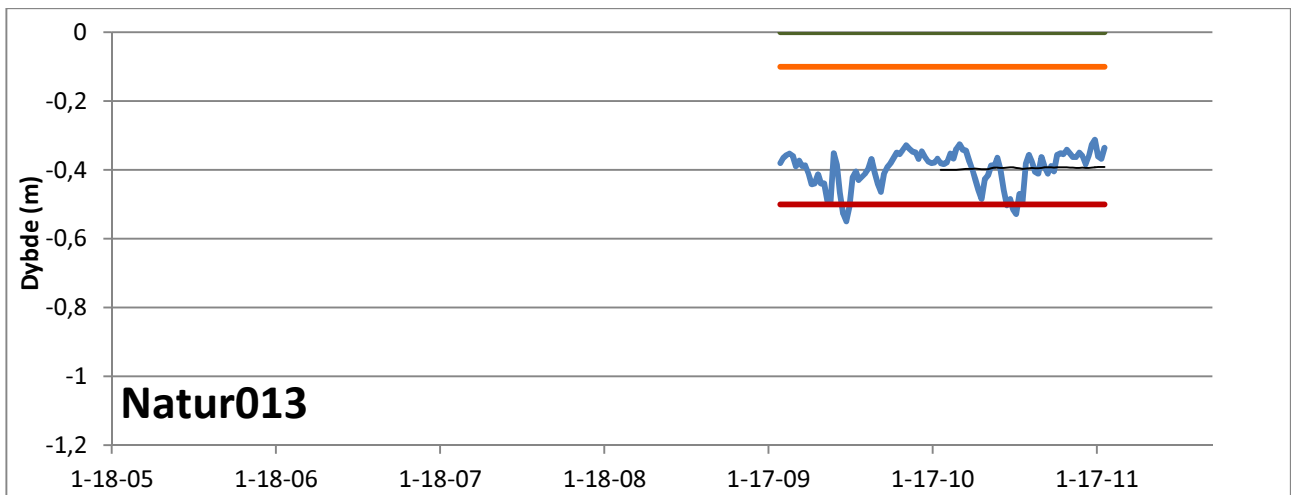
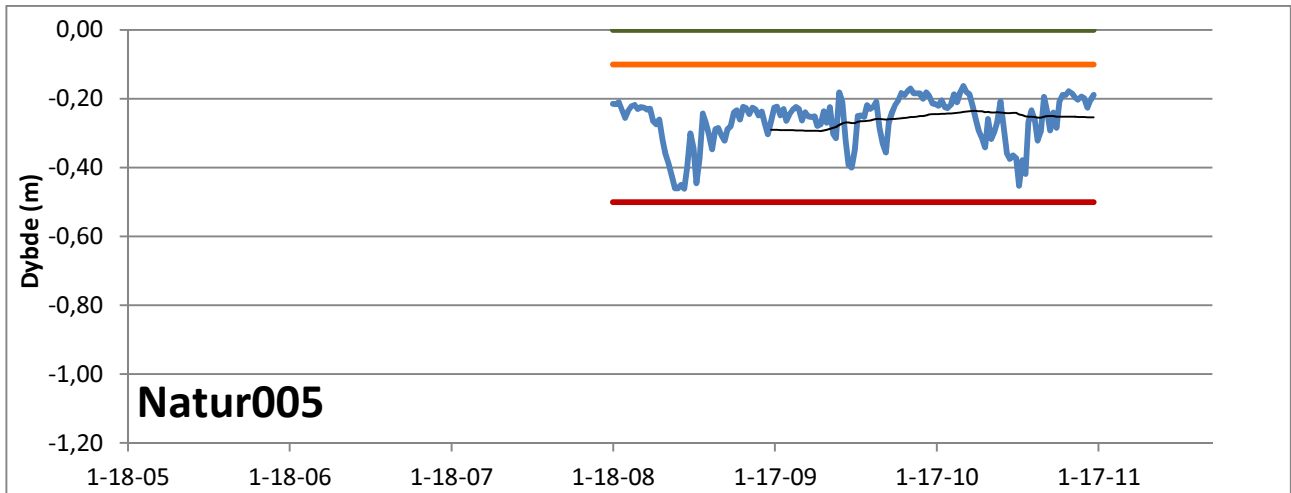
6.2.2 Våd hede (4010) og Tidvis våd eng (6410)

Station *natur023*, som er beliggende umiddelbart udenfor den vestligste kant af den sydlige del af Tofte Mose i et område med naturtyperne våd hede og tidvis våd eng (Miljøministeriet et al. u.å. a). Målingerne viser, at der har været en vandspejlsstigning på 43,89 mm i perioden 29.01.2005-27.04.2009, hvilket svarer til en gennemsnitlig årlig stigning på 10,95 mm, jf. tabel 6.2. Som det ses af tabel 6.3 er der ingen perioder, hvor afstanden fra terræn til vandspejl har været ≥ 50 cm, hvilket er positivt i forhold til muligheden for vækst af tue-sphagnumarter. Betragtes figur 6.3 ses det, at der ikke forekommer perioder med et vandspejl ≤ 10 cm fra terræn, og tørvevæksten vil derfor ikke nå sit maksimum, og nogle sphagnumarter vil ikke trives særlig godt. På trods af den positive udvikling ses der ikke nogen reducere i den mindste afstand fra vandspejl til terræn, hvilket sandsynligvis indikerer, at det ikke vil være muligt at reducere denne medmindre der implementeres flere genopretningstiltag. Af figur 6.3 ses det, at de højeste vandspelsmålinger er forholdsvis stabile, set i forhold til de resterende stationer (med undtagelse af station *natur024*). Dette kan være en indikation på, at vandet kan trænge hurtigere gennem jordlagene eller afstrømme hurtigere fra overfladen, hvilket kan forventes, da stationen er placeret i en anden naturtype, hvor der ikke forekommer en så stor tørvedannelse og derved mere permeable jordlag. Ligeledes er området, stationen er placeret i lokalt hævet, således at der forekommer et fald i terrænet mod syd (Kort og Matrikelstyrelsen u.å.). Da stationen ikke er placeret i en højmosse vurderes hydrologien at være forholdsvis god, og der er derfor sandsynligvis ikke behov for at implementere flere tiltag. Som nævnt ovenfor har der allerede været en række genopretningstiltag med henblik på forbedring af hydrologien i Tofte Mose i perioden 2008-2010. Disse formodes at være en del af årsagen til vandspejlsstigningen, dog er det ikke muligt at identificere implementeringstidspunkterne af figur 6.3, hvilket sandsynligvis skyldes, at ingen af tiltagene er implementeret nær stationen. Det høje vandspejl i området forventes at have en positiv indflydelse på vandspejlet i den sydøstlige del af Tofte Mose, da det påvirker gradienten på vandspejlet. Det er dog ikke muligt at vurdere, om dette er tilfældet, da der ikke er etableret en station her.

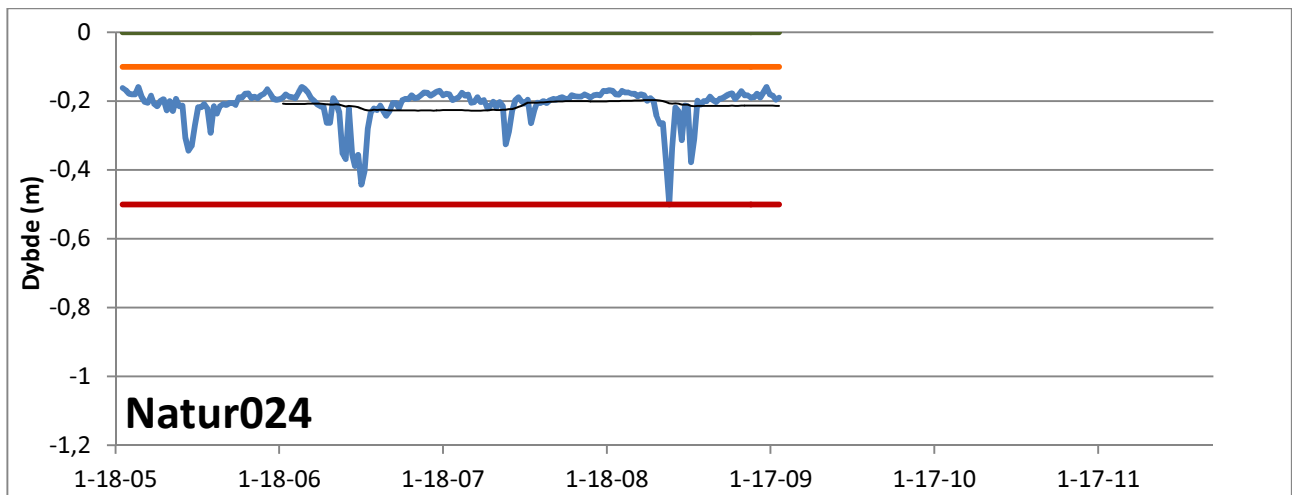
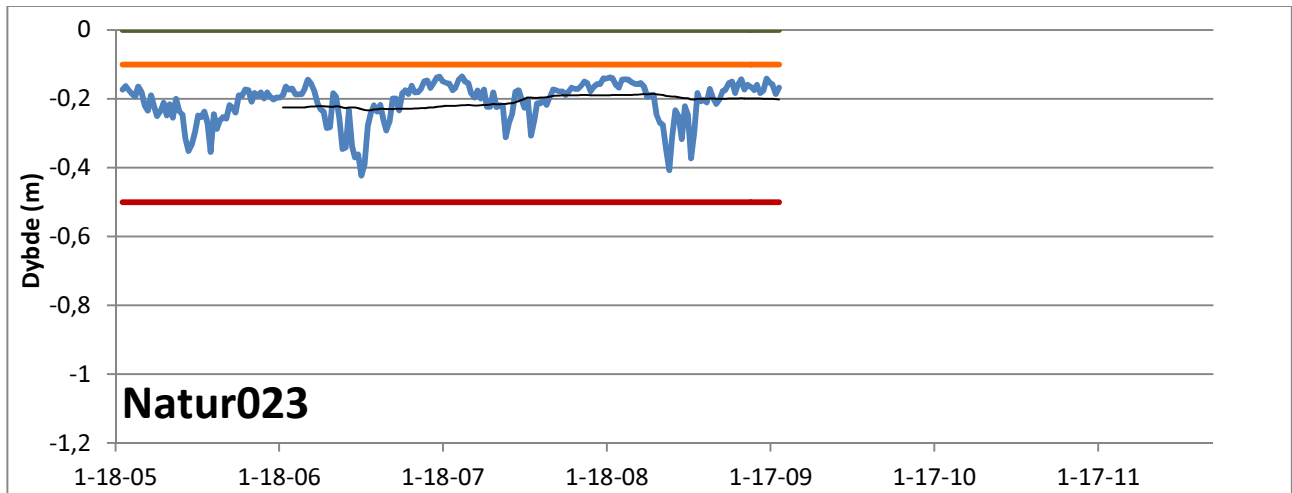
Station *natur024* er beliggende i Tofte Skov, hvor nærområdet er kategoriseret som tidvis våd eng (Miljøministeriet et al. u.å. a). Gennem dataperioden fra 29.01.2005-27.04.2009 er vandspejlet steget med 10,24 mm, hvilket svarer til en gennemsnitlig stigning på 2,55 mm pr. år, hvilket er den laveste gennemsnitlige årlige stigning i Lille Vildmose. På trods af stationens placering udenfor et højmosseområde samt den lave stigning, er der ingen perioder, hvor afstanden fra vandspejl til terræn er ≥ 50 cm. Hydrologien er derfor ikke en begrænsning for væksten af tue-sphagnumarterne i området. Da vandspejlet på intet tidspunkt er ≤ 10 cm terrænoverfladen forventes nogle sphagnumarters vækstbetingelser, dog at være dårlige, og tørvedannelsen forventes ikke at når sit maksimum. Som det ses af figur 6.3 ligger vandspejlet i en stor del af monitoreringsperioden omkring 20 cm fra terrænoverflade. Ved station 24 ses samme stabile vandspejlsplacering for de højeste værdier, som ved station *natur023*. Station *natur23* og *natur24* er placeret tæt på hinanden, og forholdene er overordnet ensformige.

6.2.3 Elle- og askeskov (91E0)

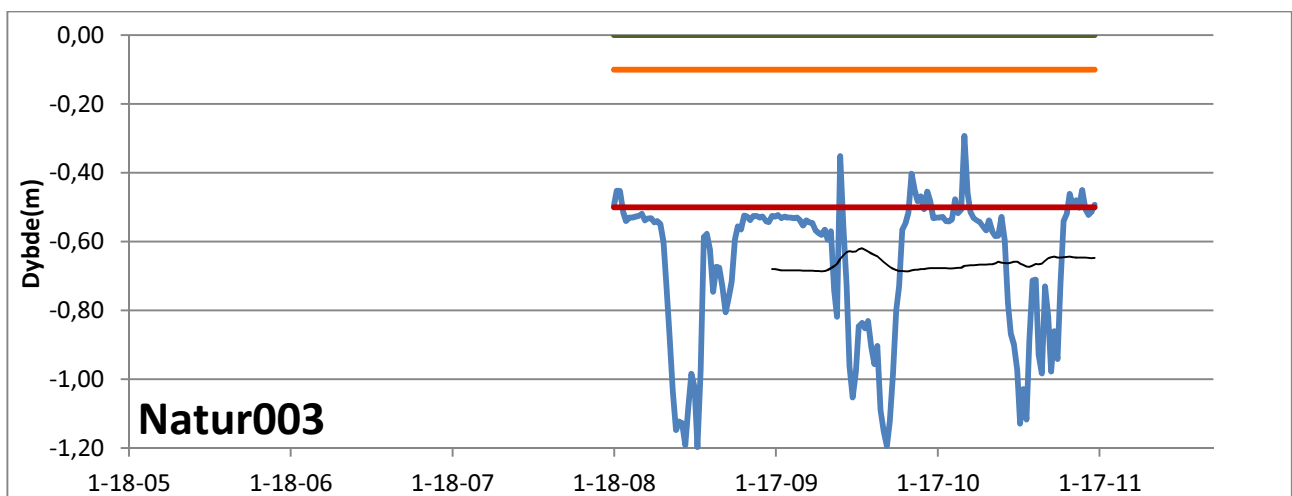
Station *natur003* er placeret i Høstemark Skov, og vandspejlet er blevet målt fra 12.01.2008-23.03.2012. Området ved og omkring denne station er kategoriseret som elle- og askeskov (Miljøministeriet et al. u.å. a). Som det ses af tabel 6.2, har der været en stigning i vandspejlet på 8,68 mm i hele perioden, hvilket svarer til en gennemsnitlig årlig stigning på 2,92 mm. Stationen er ligesom station *natur002* præget af kraftige vandspejls fald i sommerperioden, med fluktuationer på op til 90 cm. De kraftige fald kan skyldes en større indvirkning af afstrømningen på vandspejlet end ved de øvrige stationer. Da stationen er placeret i elle- og askeskov, kan fordampningen muligvis være anderledes end fra højmossearealerne, og kan derfor også have indflydelse vandspejlets placering. I størstedelen af monitoreringsperioden er vandspejlet ≥ 50 cm fra terrænoverfladen. I år 2008 er dette tilfældet i 48 uger, mens det i 2009 og 2010 er 46 uger. Der er dog sket et fald i antallet af sammenhængende uger, hvor vandspejlet er ≥ 50 cm fra overfladen fra 47 uger i 2008 til 32 uger i 2010. Som det ses af figur 6.3 forekommer der på intet tidspunkt et vandspejl ≤ 10 cm fra terrænoverfladen. Vækstbetingelserne for sphagnum vurderes derfor ikke at være særlig gode. Dette vurderes ikke problematisk, da arealet ikke er højmosse, og det ikke er et mål at hæve vandspejlet i dette område, jf. afsnit 4.5. At der forekommer en mindre stigning i vandspejlet kan muligvis skyldes, at det er lykkedes at hæve vandspejlet i de omkringliggende højmossearealer. Dette kan medføre en større afstrømning til *natur003* fra Høstemark Mose, som ligger højere i terrænet (Kort og Matrikelstyrelsen u.å.). En vandspejlsstigning forventes ikke at være problematisk for elle- og askeskoven, såfremt denne ikke skaber stagnerende vand i området. Hvis antagelsen om at vandspejlsstigningen skyldes en øget afstrømning fra det nærliggende højmosseareal er korrekt, kan det muligvis skabe problemer for naturtypen. Dette skyldes, at elle- og asketræer ikke trives ved sure og næringsfattige forhold (Pihl et al. 2000, s. 70).



Våd hede og Tidvis våd eng – 4010 og 6410



Elle- og askeskov – 91E0



Figur 6.3: Vandspejlsudviklingen ved de forskellige vandstandsstationer. Den grønne kurve markerer terrænoverfladen, den orange kurve markerer grænsen for 10 cm fra terrænoverfladen, og den røde kurve markerer 50 cm fra terrænoverfladen.

6.3 Opsamling

På baggrund af ovenstående kan det konkluderes, at der ved alle stationerne har været en vandspejlsstigning i løbet af dataperioderne. Den gennemsnitlige årlige vandspejlsstigning ved stationerne ligger mellem 2,55 mm og 73 mm. I hele Lille Vildmose er hydrologien derfor blevet forbedret til fordel for højmoserealerne.

De mindste vandspejlsstigninger, mindre end 10 mm pr. år, er registreret ved station natur003, natur015 og natur024. Dette vurderes ikke problematisk ved station natur003 og natur024, der ikke er placeret i højmoserealer. Hvis de fremtidigt planlagte vandspejlshævninger i Høstemark Mose medfører yderligere stigning i vandspejlet ved station natur003, kan det muligvis få konsekvenser for elle- og askeskoven. Da dette projekts fokus er højmoserealerne, er udviklingen her særlig interessant.

Aktiv Højmose

Ved ingen af stationerne forekommer der perioder med et vandspejl ≤ 10 cm fra terrænoverfladen. Dette kan skabe dårlige vækstmuligheder for de sphagnumarter, der trives ved meget høj vandmætningsgrad. Desuden forventes tørvedannelsen intet sted at nå det maksimale niveau. En vandspejlshævning vurderes derfor overordnet set at være ønskværdigt nær alle stationerne. De højmoseområder hvor vandspejlet er ≥ 50 cm fra terrænoverfladen i længere perioder vurderes at være de lokaliteter, hvor genopretning af hydrologien i fremtiden først og fremmest bør fokuseres for at skabe muligheder for sphagnumvækst. Det anbefales ikke at udarbejde fremtidige genopretningstiltag udelukkende på baggrund af vandspejlsudviklingen ved stationerne. Vandspejlsudviklingen kan imidlertid benyttes til at udpege større områder hvor hydrologien kan forbedres. For at målrette tiltagene i områderne bør der foretages yderligere undersøgelser. Vandspejlet ligger periodevis ≥ 50 cm fra terrænoverfladen ved fire af stationerne placeret i højmoserealer.

Den station, hvor der i 2010 er flest uger, hvor vandspejlet er ≥ 50 cm fra terrænoverfladen er natur002, som er placeret i Høstemark Mose. Vandspejlet ligger lavere i 37 uger, og reducere af perioden forventes at kunne forbedre vækstmulighederne for sphagnum. Det kan imidlertid diskuteres, om dette er ønskværdigt ved stationen, da den er placeret nær højmosens nordlige kant, og dermed sandsynligvis i laggzonen. Ved station natur015 i den nordøstlige del af Tofte Mose forekommer der i 2010 et vandspejl på ≥ 50 cm fra terrænoverfladen i 23 uger, og vandspejlsudviklingen har her den laveste stigning. Denne station er ikke placeret i laggzonen, og det vurderes derfor at være fordelagtigt for sphagnumvæksten nær stationen at forbedre de hydrologiske forhold. De to sidste stationer, hvor der er registreret perioder med et vandspejl ≥ 50 cm fra terrænoverfladen er natur001 og natur013, som også findes i Tofte Mose. Vandspejlet er lavere i henholdsvis 6 og 3 uger i år 2010, hvilket ikke forventes at være problematisk. Den største vandspejlstigning forekommer ved station natur004, der er beliggende i Portlandmosen. Forbedringen formodes i høj grad at skyldes de omfattende genopretningstiltag i højmosen i 2008-2009.

7. Metode: Felldata

Højmoser er defineret ved at have en naturlig højmose vandbalance, som kun kan etableres og vedligeholdes, såfremt der forekommer tørvedannelse. Om genopretningstiltagene i Lille Vildmose er succesfulde kan derfor ikke udelukkende analyseres på baggrund af vandspejlsudviklingen. En aktiv tørvedannelse er i høj grad betinget af tilstedeværelsen af sphagnummosser, og en analyse af vegetationssammensætningen er derfor også vigtig, for at vurdere om potentialet for tørvedannelse er blevet større.

Den største vandspejlsstigning og det højeste beliggende vandspejl i 2012 er identificeret i Portlandmosen, som derfor vælges som case for undersøgelse af, om forbedrede hydrologiske forhold også har den ønskede indvirkning på vegetationssammensætningen. Vegetationsundersøgelserne i området suppleres med en opmåling af vandspejlets og terrænoverfladens kotehøjde samt vandkemiske undersøgelser. På baggrund af disse undersøgelser er det muligt at vurdere, om der er de rette fysiske og kemiske betingelser for sphagnumvækst og lav mineralisering, og dermed tørvedannelse. Afstanden fra terrænoverfladen til vandspejlet har betydning for fugtighedsforholdene og er dermed en betydende parameter i forhold til mineraliseringen og vegetationssammensætningen, jf. afsnit 2.3. De udførte vandkemiske undersøgelser er følgende: pH, N-koncentration, Mg^{2+} -koncentration og Ca^{2+} -koncentration.

Der er indsamlet jordvandsprøver samme steder, som vegetationsundersøgelserne er foretaget samt vandprøver fra gravebane 10/11, 12 og 13, som forekommer i Portlandmosen. N-koncentrationen og pH undersøges, da disse kan indvirke på vegetationssammensætningen. Disse to parametre er desuden undersøgt i Portlandmosen i forbindelse med NOVANA i 2007 (Miljøministeriet et al. u.å. b). Det er ikke direkte muligt at sammenligne resultaterne fra NOVANA med egne undersøgelser, da vandprøverne ikke er udtaget samme sted, dog vil det stadig kunne give en indikation af, om der er sket en udvikling i de to parametre. Mg^{2+} -koncentrationen og Ca^{2+} -koncentrationen er ikke tidligere undersøgt i Portlandmosen men undersøges, da disse kan give indikationer på, om der er indtrængning af grundvand i højmosen. Årsagen til det netop er disse ioner, der benyttes i vurderingen af om der er grundvandsindtrængning i højmosen er, at undergrunden i området består af $CaCO_3$, jf. afsnit 7.2. Grundvandsindtrængning kan påvirke vegetationssammensætningen samt benyttes, til at vurdere om der på nuværende tidspunkt er en naturlig højmose hydrologi.

Der er indsamlet vandprøver d. 19. og 20. april, og vegetationsundersøgelserne er udført d. 7. maj. Jordhullerne til udtagning af vandprøver blev lavet i perioden 11.-13. april.

7.1 Vegetationsundersøgelser

Da genopretningstiltagene i Portlandmosen allerede er gennemført, er det ikke muligt selv at indsamle vegetationsdata inden. En karakteristik af vegetationen inden genopretningstiltagene bliver derfor nødt til at bygge på allerede eksisterende data. Nordjyllands Amt og Miljøcenter Aalborg har indsamlet vegetationsdata ved 70 permanente prøvefelter i Portlandmosen i 1996, 1998/1999, 2000 og 2007, se bilag 5. Prøvefelterne er udlagt langs ti transekter med 15 eller 30 m afstand, og hvert prøvefelt er markeret med en grøn plastpind, så de kan genfindes. Det er valgt at gentage vegetationsundersøgelserne langs de seks øst-vestgående transekter men ikke for de fire nord-sydgående transekter, de seks øst-vestgående transekter ses af figur 7.1. Afstanden mellem

prøvefelterne ved de replicerede transekter er 30 m, og det samlede antal af prøvefelter er 31 (Goldberg og Poulsen 2007, bilag 2).

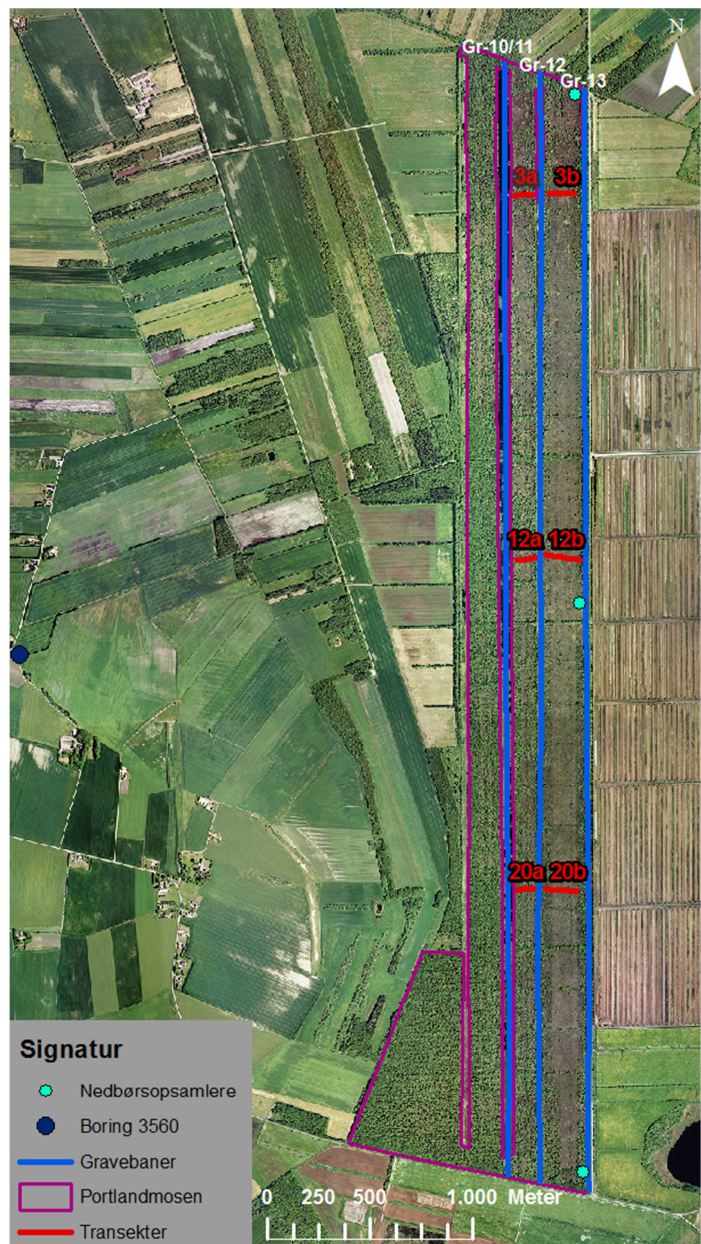
Ved prøvefelterne er der ved tidligere undersøgelser registreret følgende (Goldberg og Poulsen 2007, bilag 2):

- 1x1 m felt: En skønsmæssig dækningsgrad af forskellige arter.
- 2x2 m felt: Registrering af arter, som ikke forekommer i 1x1 m feltet.
- 4x4 m felt: Registrering af antallet af individer for alle træarter, samt deres højde i forhold til fem højdeklasser.

For at skabe et sammenligningsgrundlag mellem egne vegetationsundersøgelser og undersøgelserne udført af Nordjyllands Amt, er det valgt at gentage 1x1 m feltet. Baggrunden for at 2x2 m feltet udelades er, at der ved tidligere undersøgelser er fundet ≤ 2 supplerende arter i 2x2 m feltet i forhold til 1x1 m feltet ved 77 % af registreringerne og ≤ 1 supplerende arter ved 47 % af registreringerne, jf. bilag 5. Det er desuden valgt ikke at gentage registrering af trævæksten i 4x4 m feltet. Dette skyldes bl.a., at Portlandmosen er ryddet for trævækst i 2008-2009 (Poulsen 2012).

Vegetationsundersøgelsen i 1x1 m feltet er foretaget efter samme metode som de tidligere undersøgelser benyttede. Følgende er derfor artsbestemt: Karplanter, laver og mosser (med undtagelse af levermosser, dog er *Odontoschisma sphagni* (*Almindelig flagelmos*) medtaget). Desuden er dækningsgraden af den enkelte art vurderet, såfremt arten forekommer på mere end 1 % af prøvefeltet (Goldberg og Poulsen 2007, bilag 2). For at kunne identificere feltets udstrækning benyttedes en metalramme på 1x1 m. De indsamlede vegetationsdata i år 2012 fremgår af bilag 6.

Prøvefelterne er nummereret på baggrund af transekt og afstand til det østligste prøvefelt på transektet. Prøvefeltet længst mod øst på transekt 3a kaldes eksempelvis 3a-0, mens andet prøvefelt fra øst kaldes for 3a-30.



Figur 7.1: Placering af transekter for vegetationsundersøgelser, nedbørsopsamlere samt boring 3560 (Miljøministeriet et al. u.å., GEUS 2012 b, Goldberg og Poulsen 2007, bilag 1, Ophavsrettigheder: COWI).

7.1.1 Databehandling

De udførte vegetationsundersøgelser benyttes til udførelse af frekvens- og dækningsgradsanalyser samt beregning af Ellenberg-F.

For Portlandmosen som helhed og for de seks transekter beregnes Ellenberg-F værdier for de forskellige år for, at se om vandspejlsstigningen også har givet udslag i vegetationssammensætningen. Ellenberg-F er en skala fra 1-12, der beskriver fugtighedsforhold, og alle arter er tildelt en værdi i forhold til deres optimum for fugtighed. Hvad de forskellige værdier indikerer ses af tabel 7.1. Ved at tage et gennemsnit af de forekommende arters værdier kan der udregnes en Ellenberg-F værdi for lokaliteten (Petersen og Vestergaard 2006, s. 55 & Hill og Ellenberg 1999, s. 5-6). Værdien er først beregnet for hvert prøvefelt pr. år. Ellenberg-F værdien for hvert transekt, udregnes som gennemsnittet af de respektive prøvefelters værdi, indenfor hvert undersøgelsesår. På samme måde er Ellenberg-F værdien for Portlandmosen beregnet ved at tage gennemsnittet af alle transekter. Således indgår de enkelte arters frekvens indirekte i beregningen, jf. bilag 7.

Tabel 7.1: Betydning af Ellenberg-F værdier. Efter (Hill og Ellenberg 1999, s. 5-6).

Kategori	Definition
1	Ekstrem tørke, ofte på jorde der tørrere ud i længere tid
2	Mellem 1 og 3
3	Tørre lokaliteter, oftere på tørre lokaliteter end fugtige
4	Mellem 3 og 5
5	Fugtige lokaliteter, ofte på jorde med gennemsnitlig fugtighed
6	Mellem 5 og 7
7	Fugtige lokaliteter, typisk konstant fugtige men ikke våde jorde
8	Mellem 7 og 9
9	Våde lokaliteter, ofte vandmættede og iltfattige jorde
10	Lokaliteter med lavt vand, ikke stående vand i længere perioder
11	Planterødder under vand, perioder uden vandmætning kan forekomme eller art kan flyde på overflade
12	Undervandsplanter, permanent eller næsten konstant fuld vandmætning

Af tabel 7.1 ses det, at Ellenberg-F er en generel skala, og deraf kan det udledes, at denne typisk benyttes til at beskrive forholdene på en stor rumlig skala med store variationer i fugtighedsforhold. De værdier, som beregnes for Portlandmosen vil derfor sandsynligvis ligge inden for et snævert interval af skalaen på 6-9. Dette er dog ikke et problem, da beregningen udelukkende foretages med det formål, at analysere om de fugtigere forhold, som vandspejlsstigningerne har medført, kan observeres af vegetationssammensætningen. For at gøre denne analyse mere specifik for højmoser, er det desuden valgt at lave en frekvensanalyse af forekomsten af følgende fugtighedskategorier; tue-, overgang-, højlejerarter og en kombination af disse. Hvor de fundne arter i Portlandmosen typisk forekommer ses af bilag 8, hvor arternes Ellenberg-F værdi også står anført.

Sphagnum er som nævnt i afsnit 2.2 vigtig for tørvedannelsen. Der laves derfor også frekvensanalyser af sphagnum for at undersøge om vandspejlshævningen har givet bedre muligheder for sphagnumvækst.

Frekvensanalyserne af sphagnum og de forskellige fugtighedskategorier, suppleres med dækningsgradsanalyser af de forskellige prøvefelter, se bilag 9 og 10. Baggrunden for dette er, at sphagnumvækst typisk sker fra allerede etablerede bevoksninger, da spiringen af sporer er dårlig på tørvejorde (Rydin et al. 2006, s. 74). Desuden undersøges også udviklingen i dækningsgraden af fugtighedskategorierne for at se, om der er sket en udvikling på mindre skala. For at undersøge

udviklingen i dækningsgrad, er dækningsgraderne for arterne, der er karakteristiske for de forskellige kategorier, opsummeret. Dette er valgt da de enkelte arter, med undtagelse af sphagnum, ikke i sig selv er interessante, mens det de indikerer er interessant. Denne metode er ikke helt uproblematisk, da tuearterne eksempelvis ikke nødvendigvis vokser i samme niveau. Dette kan give et forvrænget billede af forholdet mellem dækningsgraderne af tue- og højlearterne, da mange højlearter kun forekommer i et niveau. På trods af at tue- og højlearterne, hvis de projiceres ned på jordoverfladen, muligvis har samme dækningsgrad, vil det ikke fremgå sådant af dækningsgradsanalyserne i dette projekt.

7.1.2 Usikkerheder

På grund af en begrænset erfaring med artsregistrering inden udførelsen af vegetationsanalyserne kan det ikke udelukkes, at der kan være opstået fejl ved artsbestemmelserne. Sammenholdning af egne artsregistreringer og tidligere artsregistreringer antyder dog, at de fleste artsbestemmelser med stor sandsynlighed er korrekte (bilag 5 og 6). På nær sphagnumarterne forventes det dog, at der kan være fejl i artsbestemmelserne af mosserne. Mosserne er imidlertid ikke særlig vigtige i forhold til dette projekts analyser, og vil kun blive anvendt i forbindelse med beregning af Ellenberg-F, hvor der derfor skal tages forbehold for eventuelle usikkerheder.

Ved udførelsen af vegetationsundersøgelserne kunne de grønne plastpinde ikke findes ved prøvefelterne 12a-60 og 20b-120. Disse prøvefelter blev derfor placeret ved at opmåle 30 m fra forrige prøvefelt langs transektet. De genplacerede prøvefelter kan derfor ikke forventes at være placeret nøjagtig samme sted som tidligere, hvilket skaber en usikkerhed i forhold til analyserne. Usikkerhederne forventes ikke at have indflydelse på frekvensanalyserne for hele Portlandmosen og kun mindre usikkerheder ved frekvensanalyserne af det pågældende transekt, da disse frekvensanalyser blot har til formål at beskrive de generelle forhold og ikke forholdene i det konkrete prøvefelt. Der konkluderes ikke på udviklingen af dækningsgraden ved disse felter, da dette med stor sandsynlighed kan medføre alvorlige fejlkonklusioner.

Gennem bearbejdningen af vegetationsdataene blev det klart, at der i år 2007 generelt var større afvigelser, både fra udviklingen fra 1996-2000 og fra resultaterne i år 2012. På grund af afvigelserne valgtes det at undersøge, om der var foretaget en fejlplacering af 1x1 m feltet. Vegetationsundersøgelserne i år 1996, 1998/99 og 2000 er foretaget af den samme observatør, mens den i år 2007 er forestået af en anden observatør. Gennem korrespondance med observatøren i år 2007 blev det klart, at 1x1 m prøvefeltet i år 2007 var placeret med den grønne plastpind som centrum, mens det i år 1996, 1998/99 og 2000 var placeret med den grønne plastpind som det nordøstlige hjørne (Goldberg 2012). Dette betyder, at feltet i 2007 kun er overlappende med 25 % af feltet de øvrige år. Gennem undersøgelser i år 2012, med både den grønne plastpind som centrum og som det nordøstlige hjørne, har det vist sig, at fejlplaceringen kan betyde en forskel i sphagnumdækningsgraden på mellem 0 og 45 procentpoint i det enkelte prøvefelt, se bilag 9. Det er derfor valgt at behandle vegetationsdataene fra år 2007 på samme måde som de genplacerede felter i år 2012.

Vurderingen af de forskellige arters dækningsgrader er både i forbindelse med dette projekts og de tidligere vegetationsundersøgelser foretaget skønsmæssigt og ikke i forhold til på forhånd fastsatte kategorier af dækningsgrader. Dette øger graden af subjektivitet, der altid er forbundet med vurdering af dækningsgrader. Da projektgruppen selv har stået for vegetationsundersøgelserne i 2012, mens undersøgelserne de øvrige år er foretaget af to andre observatører, øges den subjektive påvirkning

(Poulsen 2012 & Petersen og Vestergaard 2006, s. 43). Pga. subjektiviteten kan det medføre fejltolkninger, hvis dækningsgraden ved samme prøvefelt sammenlignes mellem årene. Usikkerheden kan mindskes hvis dækningsgraderne inddeles i klasser, dog vil usikkerheden stadig være tilstede i de tilfælde hvor dækningsgraden ligger tæt på grænsefeltet mellem to klasser. I dækningsgradsanalyserne vil der kun blive draget konklusioner på baggrund udviklingen, hvis der kan observeres en fremgang på $\geq 10\%$, da en forskel på $\geq 10\%$ ikke forventes at kunne skyldes forskellige observatører.

7.2 Vandspejl og vandprøver

I forbindelse med hvert prøvefelt for vegetationsundersøgelsen er der blevet lavet et hul i højmosen med et jordspyd med en dybde på 50-100 cm. Ved hvert jordbundshul er terrænoverfladen opmålt med en differential GPS (Leica systems), hvor usikkerheden er 0,011-0,021 m, jf. bilag 11. Dernæst er afstanden fra terrænoverfladen til vandspejlet opmålt med en tommestok. Ved at fratække den opmålte afstand fra vandspejlet til terræn fra jordoverfladens kotehøjde er vandspejlets kotehøjde bestemt, se bilag 12. Yderligere er der bestemt en kotehøjde for vandspejlet i de tre gravebaner (10/11, 12 og 13), som afgrænser transekterne, jf. figur 7.1. Fra jordbundshullerne og de tre gravebaner blev der udtaget vandprøver til de førnævnte kemiske undersøgelser. Der blev udtaget 50 ml vand, som blev opbevaret køligt (10°C) inden behandling i laboratoriet. Vandspejlskote og kemiske analyser forekommer ikke for prøvefelt 20b-0, pga. manglende jordbundshul, desuden er vandspejlskoten heller ikke registreret for 12a-30. Opmåling samt indsamling af vandprøver blev foretaget over to dage, hvoraf transekt 3a, 3b, 12a og 12b alle blev foretaget d. 19. april, mens transekt 20a og 20b blev foretaget d. 20. april 2012.

For at sikre at der ikke er fejlregistreringer i vandspejlskoten som følge af rumlige variationer i den hydrauliske ledningsevne, er opmålingen først foretaget d. 19. Og 20. april – 6-9 dage efter jordbundshullet blev lavet. Den mættede hydrauliske ledningsevne for tørvejerde er mellem $1 \cdot 10^{-4}$ m/s og $5 \cdot 10^{-7}$ m/s for henholdsvis svagt humificeret tørv og kompakt tørv (Hoffmann et al. 2005, tabel 4.1). Tages der udgangspunkt i et jordbundshul med dybden 100 cm og en diameter på 10 cm, kan rumfanget bestemmes til $0,00785 \text{ m}^3$. Hvis det antages at vandet trænger ind fra hele overfladen af det cylinderformede jordbundshul, kan det trænge ind fra et areal på $0,3142 \text{ m}^2$. Derved kan indstillningstiden, ved den laveste vandmættede hydrauliske ledningsevne, bestemmes til ca 14 timer, under antagelse af at jordbundshullet skal fyldes helt med vand, se udregning herunder.

$$\frac{V}{A \cdot K_{\text{vandmættet}}} = \frac{\pi \cdot (0,05 \text{ m})^2 \cdot 1 \text{ m}}{0,3142 \text{ m}^2 \cdot 5 \cdot 10^{-7} \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{0,00785 \text{ m}^3}{1,571 \cdot 10^{-7} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 49968,17 \text{ s} = 13,88 \text{ timer}$$

Ved Spildevandskomiteens station 20298 i Gistrup, ca. 14 km fra den centrale del af Portlandmosen, er der i perioden 11.-20. april 2012 registreret følgende nedbørshændelser: 6,4 mm d. 11. april og 6,4 mm d. 13. april. Ved en mættet hydraulisk ledningsevne på $5 \cdot 10^{-7}$ m/s vil det tage 3 timer og 36 minutter at infiltrere 6,4 mm vand. På denne måde er der sikret en tilstrækkelig indstillingstid i forhold til, hvornår jordbundshullerne blev lavet samt nedbørshændelser.

De målte vandspejl i kotehøjde kan ikke sammenlignes med de vandspejlshøjder, der er angivet i afsnit 6.2. Dette skyldes, at det opmålte vandspejl er et øjebliksbillede. Formålet med opmålingen er, at identificere de rumlige variationer i vandspejlet mellem prøvepunkterne.

7.2.1 Laboratorieanalyser

For at kunne bestemme en række kemiske parametre for jordvandet og vandet fra gravebanerne er de udtagne vandprøver blevet behandlet i laboratoriet. De undersøgte parametre vil blive gennemgået i det følgende. Inden analyserne af vandprøvernes koncentrationer af Ca^{2+} , Mg^{2+} og N er alle vandprøver centrifugeret og filtreret gennem engangsfiltre med en porestørrelse på 0,45 μm , for at fjerne partikler. Resultaterne af de kemiske undersøgelser fremgår af bilag 13.

pH

Straks efter hjemkomst blev de udtagne vandprøvers pH-værdi målt, med et Combo pH-meter fra Hanna. pH-metret kalibreredes inden målingerne med to bufferkoncentrationer med en kendt pH på henholdsvis 4,01 og 7,01.

Koncentrationsbestemmelse af Ca^{2+} og Mg^{2+}

Grundvandsindtrængning kan påvirke vegetationssammensætningen på højmosen, som beskrevet i afsnit 3.2. For at undersøge om der er indikation på grundvandsindtrængning måles koncentrationen af Ca^{2+} og Mg^{2+} i vandprøverne. Dette skyldes, at der i Lille Vildmoses undergrund findes store kalkaflejringer af Campanien-Maastrichtien skrivelkridt, som er rigt på CaCO_3 , og som desuden indeholder mindre mængder af MgCO_3 . Ca^{2+} og Mg^{2+} kan frigives fra kalkaflejringerne som følge af forsurening, typisk med H_2CO_3 (Gravesen et al. 2004, s. 9, Bach et al. 2001, s. 8 & GEUS 2012 a). Ca^{2+} og Mg^{2+} stammer primært fra forvitring af bjergarter. Grundet det svært permeable lag i aktive højmoser og generelt lave atmosfæriske deposition af Ca^{2+} og Mg^{2+} , som tre tilfældige steder i Danmark, er målt til henholdsvis $1,48 \cdot 10^{-7}$ - $1,84 \cdot 10^{-7}$ mg/l og $1,10 \cdot 10^{-7}$ - $1,90 \cdot 10^{-7}$ mg/l, vil der i aktive højmoser være en lav koncentration af disse stoffer (Berthelsen og Fenger 2005, s. 76). Kilderne til det atmosfæriske indhold af Ca^{2+} og Mg^{2+} er primært jordpartikler og havsprøjt (Schlesinger 1997, s. 82). Der forventes derfor at være forholdsvis små variationer i depositionen henover et år, undtagen i forbindelse med kraftige stormhændelse. I boring 3560 beliggende 1 km vest for Portlandmosen (se figur 7.1), er der målt en koncentration af Ca^{2+} og Mg^{2+} i grundvandet på henholdsvis 83,4 mg/l og 17,4 mg/l i 1981 (GEUS 2012 b). Da Ca^{2+} og Mg^{2+} hovedsageligt stammer fra forvitring af bjergarter, der kun i mindre grad påvirkes af antropogene aktiviteter, forventes det, at de to indikatorer er forholdsvis stabile, og at løbende målinger af koncentrationerne med stor sandsynlighed kan dokumentere udviklingen i grundvandsindtrængning gennem tid.

For at kunne vurdere om der er indikation på indtrængning af grundvand til højmoserealer, er det nødvendigt at have kendskab til hvor stor en koncentration af Ca^{2+} og Mg^{2+} , der tilføres fra atmosfæren. Der er derfor indsamlet vandprøver for de tre opstillede nedbørsmålere, placeret som vist på figur 7.1. Alle nedbørsopsamlerne er opstillet d. 12. april og nedtaget d. 23. april. Den anvendte nedbørsopsamler ses af figur 7.2. Det vurderes, at der kun er tegn på grundvandsindtrængning, hvis koncentrationen i de udtagede vandprøver ligger flere mg/l over koncentrationen i nedbøren. Årsagen til at det er svært at angive et niveau for hvornår, der er indikationer på grundvandsindtrængning er, at der er flere forhold som spiller ind på koncentrationen i jordvandet; mineraliseringsraten af tørv, hvor stor volumen af grundvandsindtrængningen er, hvor stor en mængde af de forskellige næringsstoffer, der genabsorberes og dermed ikke frigives til jordvandet igen ved mineralisering, og sandsynligvis ophobning af næringsstofferne i jordvandet, hvis de tilføres i større koncentrationer end planterne har behov for pga. det svært permeable tørvelag (Schlesinger 1997, s. 185 og Petersen 1994, s. 146).

Ca²⁺- og Mg²⁺-koncentrationerne er bestemt ved at injicere 1 ml af hver prøve i en ionkromatograf fra Metrohm. I denne adsorberes vandprøvens ioner af et medie bestående af *ionexchange resin*. Dernæst gennemløbes mediet af H⁺-ioner, der bytter plads med de absorberede ioner fra vandprøven. Dette foregår på samme måde og rækkefølge som i jordbunden. Således at Li-ionen først udskiftes og så fremdeles (Schlesinger 1997, s. 101). Væsken med de udbyttede ioner passerer dernæst en detektor, som måler den elektriske ledningsevne. Ved at kende det specifikke tidspunkt for hvornår Ca²⁺ og Mg²⁺ udskiftes, er det muligt at bestemme koncentrationen af stofferne på baggrund af den elektriske ledningsevne (Nielsen 2012).

De førnævnte pH målinger vil yderligere kunne underbygge, om der er indikation på indtrængning af grundvand. Dette skyldes, at der er en naturlig lav pH-værdi i aktive højmoser. Er der imidlertid adgang til de underliggende jordlag med CaCO₃, vil dette bevirke en forhøjet pH-værdi.



Figur 7.2: Anvendt nedbørsopsamler.

Koncentrationsbestemmelse af N

Højmoser er sårbare overfor eutrofieringen, jf. afsnit 3.2. For aktive højmoser med et intakt svært permeabelt tørvelag, forekommer eutrofieringen primært fra N-forbindelser, der kan stamme fra atmosfæren eller fra mineralisering af tørven. Vandprøverne er derfor analyseret for de tre N-forbindelser, der kan forekomme i jordbunden for at undersøge det generelle niveau og for at identificerer evt. rumlige variationer i Portlandmosen. Den totale N-koncentration i hver vandprøve bestemmes ved at addere værdierne fra NH₄⁺-N, NO₃⁻-N og NO₂⁻-N. Vandprøverne tilsættes en opløsning af reagens, og analyseres dernæst i et fotometer. NH₄⁺ måles ved bølgelængden 660 nm, mens NO₃⁻ og NO₂⁻ måles ved bølgelængden 550 nm. Analyserne er ikke foretaget af projektgruppen selv men af ansatte ved Aalborg Universitet (Blendstrup 2012).

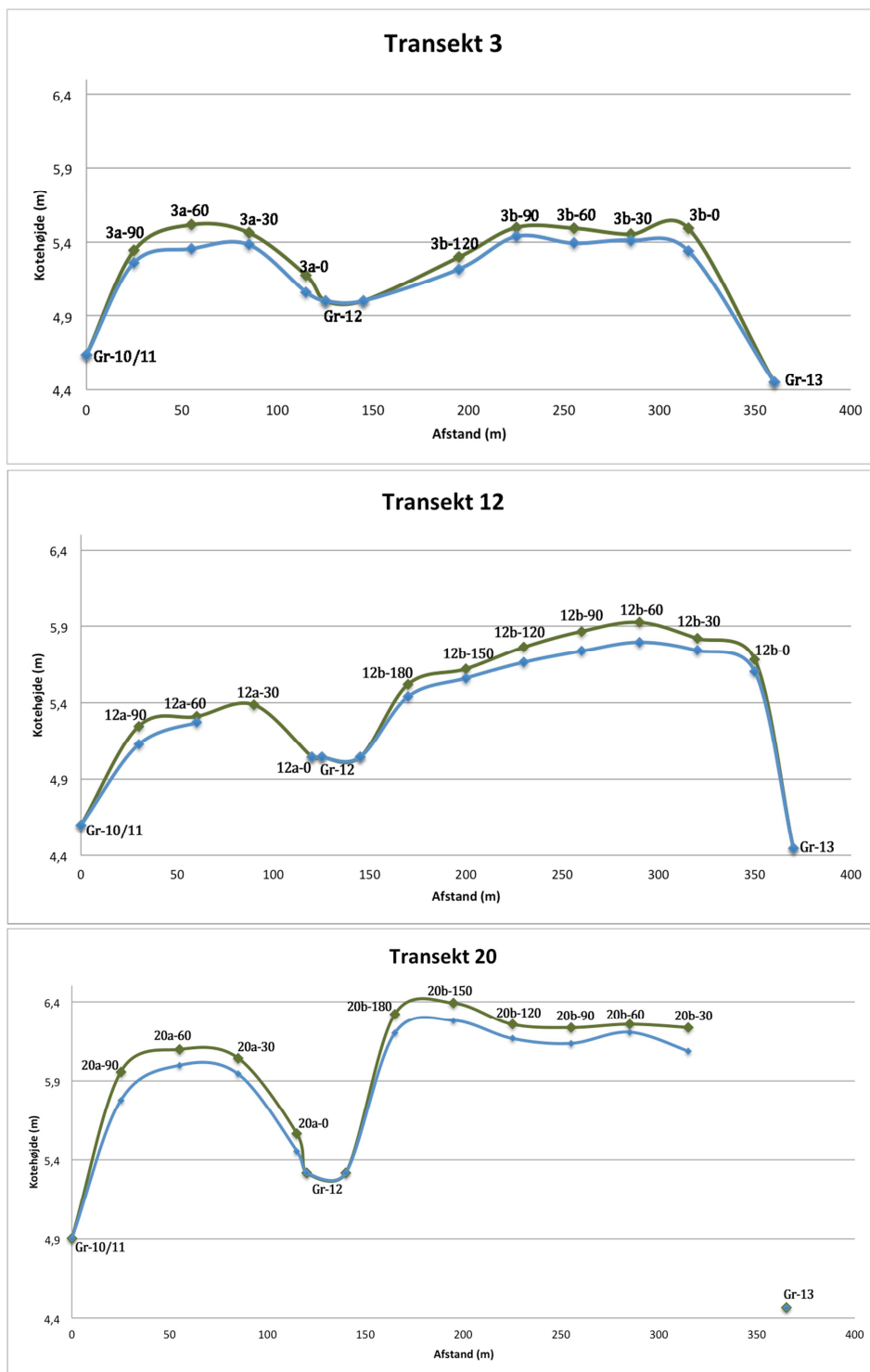
8. Hydrologiske og kemiske variationer i Portlandmosen

Formålet med vegetationsundersøgelserne er at undersøge, hvorvidt forbedringerne af hydrologien også har medført en forbedring af vegetationssammensætningen således, at der er skabt et større potentiale for tørvedannelse. Som beskrevet i afsnit 2, er hydrologien imidlertid ikke den eneste parameter, der har indflydelse på vegetationssammensætningen og tørvedannelsen i højmoser. Ved vurderingen af om der er skabt bedre betingelser for tørvedannelse og i tolkningen af vegetationsdataene er det derfor vigtigt også at have kendskab til de øvrige parametre, der kan have indflydelse. Det er derfor valgt, at supplere vegetationsundersøgelserne med undersøgelser af pH, N-koncentration og Ca^{2+} - og Mg^{2+} -koncentration ved alle prøvefelterne. De vandkemiske undersøgelser foretages også for vand udtaget af de tre gravebaner, der afgrænser transekterne. Desuden bestemmes koncentrationen af Ca^{2+} og Mg^{2+} også for en nedbørsprøve fra Portlandmosen. Yderligere er der foretaget en øjeblikmåling af vandspejlets placering, da rumlige variationer i dette også kan have indflydelse. De ovenfor nævnte parametre vurderes at være de vigtigste i vurderingen af, om der er blevet skabt bedre betingelser for sphagnumvækst og lav mineralisering således, at potentialet for tørvedannelse øges.

8.1 Vandspejlsvariationer

Øjeblikmålingen af vandspejlet ved de tre transekter ses af figur 8.1. Det ses, at gravebanerne stadig har en forholdsvis stor indflydelse på hydrologien i området, da vandspejlet i disse ligger lavere end på selve højmosen. Den mindste gradient i vandspejl mellem højmosen og gravebaner er ved gravebane 12. Årsagen til at hydrologien ved gravebane 12 er bedre er sandsynligvis, at den er karakteriseret som aktiv højmose (7110), mens gravebane 10/11 afgrænser arealet med aktiv højmose fra et areal med nedbrudt højmose (7120), og gravebane 13 forekommer i højmosens laggzone, jf. figur 6.2 og 7.1. Af figur 8.1 ses desuden, at gradienten mellem vandspejlet på højmosen og vandspejlet i gravebane 12 er mindst ved transekt 3 og størst ved transekt 20. Dette forventes at skyldes, at der i Portlandmosen er en stigende gradient i både vandspejls- og terrænkoten fra nord mod syd, jf. figur 8.1. Både terrænkoten og vandspejlskoten stiger med ca. 0,5 m mellem transekt 3b, 12b og 20b. Der ses imidlertid ingen stigning i terræn- og vandspejlskote mellem 3a og 12a, hvor terrænkoten ved begge ca. er 5,4 m. Der er dog en stigning i terrænkoten fra 12a til 20a til ca. 6,1 m. Som det ses af figur 8.1, forekommer den største gradient mellem vandspejlet i gravebanerne og på højmosen ved gravebane 13 ved alle transekter. Et andet interessant aspekt ved denne gravebane er, at højdekoten på vandspejlet er den samme ved alle transekter. Da vandspejlskoten i gravebane 13 er ens ved alle transekter, mens vandspejls- og terrænkoten på højmosen er stigende fra nord mod syd forventes det, at gravebanen medfører en større afstrømning fra højmosens sydlige del.

Den gennemsnitlige afstand fra terræn til vandspejl er ved 3a, 12b og 20b ca. 10 cm, mens den ved 3b, 12a og 20a er henholdsvis 9 cm, 5 cm og 12 cm (se bilag 12). Hydrologien forventes derfor at give de bedste betingelser for sphagnumvækst og tørvedannelse ved transekt 12a, mens der ikke forventes at være stor forskel mellem de øvrige transekter.



Figur 8.1: Vandspejls- og terrænvariationer langs de tre transekter. Vandspejlskoten er illustreret af den blå kurve mens terrænoverfladens kotehøjde illustreres af den grønne kurve. Dataetiketterne angiver prøvofeltternes placeringer. Ved 12a-30 er der ingen registrering af vandspejlskoten, og ved 20b-0 er der ingen registrering af vandspejls- og terrænkote.

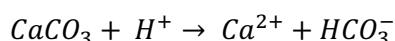
Indenfor transekt 3a kan det forventes, at de dårligste betingelser for sphagnumvækst forekommer ved prøvefelt 3a-60, da der her er den største afstand fra terræn til vandspejl, jf. figur 8.1. Ved transekt 3b ses den største afstand ved 3b-0. Ved transekt 12a forekommer den største afstand mellem terræn og vandspejl ved 12a-90, og ved transekt 12b forekommer den mellem 12b-30 og 12b-120. Ved transekt 20a ses det at den største afstand er ved 20a-90, men afstanden er også forholdsvis stor ved 20a-30 og 20a-60. Ved transekt 20b ses der en smule større afstand mellem terræn og vandspejl ved 20b-30 og 20b-150.

8.2 Kemiske variationer

pH

Rumligt er der ikke observeret betydende forskelle i pH i jordvandet på selve højmosen. Den højeste målte værdi er 4,09 og den laveste er 3,46. Den gennemsnitlige pH-værdi på højmosen er 3,78. Da aktive højmoser typisk har en pH på 4 eller lavere, vurderes niveauet i Portlandmosen at være fornuftigt. I forbindelse med de udførte NOVANA-undersøgelser i 2007 er der fundet en gennemsnitlig pH-værdi på 3,38. Denne værdi bygger på seks målinger taget nær transekterne 3a og 3b, hvor der ifølge egne undersøgelser er fundet en gennemsnitlig pH 3,73 (Miljøministeriet et al. u.å. b). Egne undersøgelser viser dermed en lidt højere pH, hvilket forventes at skyldes, at målingerne ikke er foretaget nøjagtigt samme steder samt forskel i antallet af målinger og udstyr.

Egne undersøgelser viser, at pH er højere i gravebanerne, hvor er der målt pH-værdier mellem 4,17 og 6,26. Det er interessant, at den højeste pH, ved alle transekter, er målt i gravebane 10/11. Den laveste pH forekommer ved gravebane 12, med undtagelse af transekt 20a og 20b. Der er ingen tydelige variationer i de målte pH-værdier i de enkelte gravebaner mellem transekterne, se bilag 13. At pH-værdierne er højere i gravebanerne kan være et tegn på, at der er grundvandsindtrængning. Årsagen til dette er, at undergrunden er rig på CaCO_3 , jf. afsnit 7.2, og forsuren ved sphagnummossernes kationbytning vil derfor forhindres gennem følgende reaktion (Schlesinger 1997, s. 94):

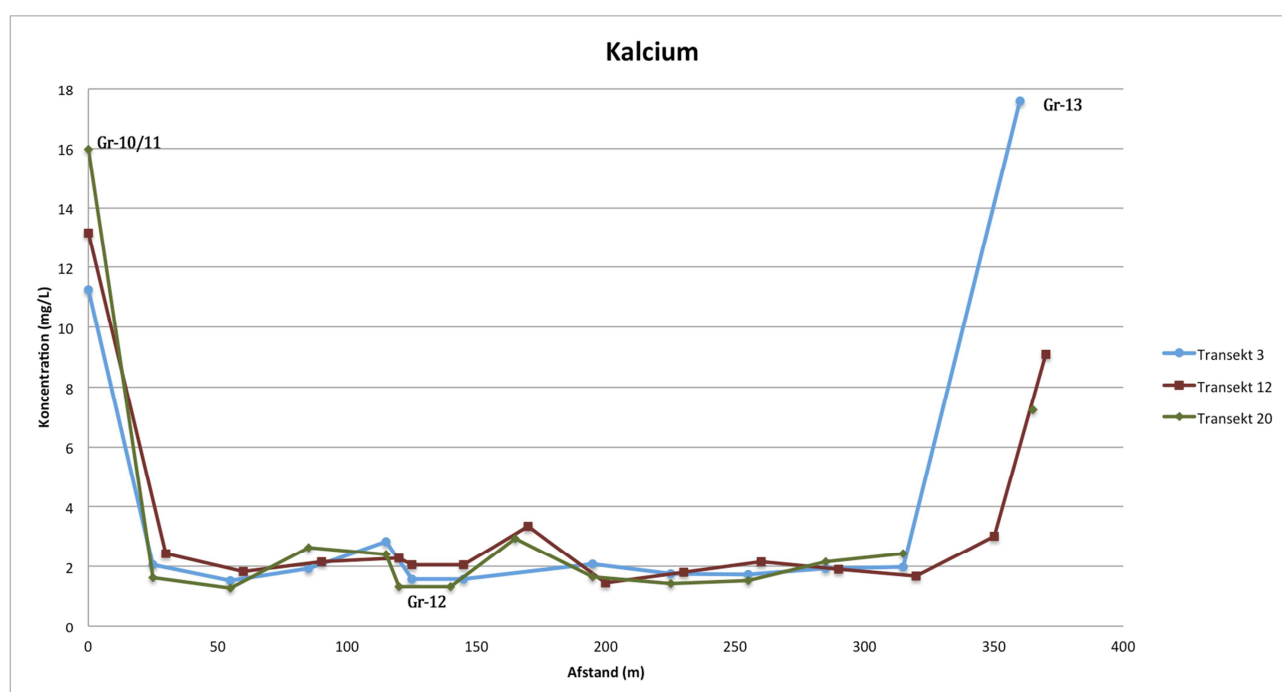


Ca²⁺-koncentrationen

Ovenstående reaktionsligning er også baggrunden for, at det bl.a. er valgt at benytte Ca^{2+} -ionen til at undersøge, hvorvidt der er indikationer på grundvandsindtrængning i Portlandmosen. Den rumlige fordeling af Ca^{2+} -koncentrationen i højmosen ses af figur 8.2. Da Ca^{2+} også kan tilføres atmosfærisk, er den atmosfæriske deposition af Ca^{2+} bestemt på baggrund af nedbørsprøverne. Den atmosfæriske deposition er bestemt til 2,12 mg/l, jf. bilag 13. Som det ses af figuren ligger koncentrationen på størstedelen af højmosen tæt på 2 mg/l og dermed nær den koncentration, der tilføres fra atmosfæren. På baggrund af Ca^{2+} -koncentrationen er der dermed ikke umiddelbare indikationer på grundvandsindtrængning på det meste af højmosen. Som det ses af figur 8.2, er koncentrationen i vandet fra gravebane 12 lidt under 2 mg/l, og der er derfor ikke tegn på grundvandsindtrængning i denne. Interessant er det dog, at der ved prøvefelterne nær denne gravebane forekommer de højeste målte koncentrationer på selve højmosen på omkring 3 mg/l. De højeste koncentrationer nær gravebane 12 ses ved transekt 12 og 20. Ved disse transekter er der observeret en større gradient mellem vandspejlet på højmosen og i gravebanen, og det kan derfor forventes, at der her

forekommer en større aerob zone, hvilket dog ikke kan dokumenteres af figur 8.1, da detaljeringsgraden for de udførte vandspejlsmålinger ikke er stor nok. Hvis antagelsen om en større aerob zone er korrekt kan det også forventes, at mineraliseringen er større, hvilket vil resultere i højere koncentrationer af nærringsstoffer.

Af figur 8.2 ses det, at der forekommer koncentrationer på 11-16 mg/l i gravebane 10/11 og koncentrationer på 7-17 mg/l i gravebane 13. Disse høje koncentrationer forventes at indikere, at der er grundvandsindtrængning i de to gravebaner. Gravebane 13 er særligt præget af grundvandsindtrængning ved transekt 3, hvor koncentrationen er 9-11 mg/l højere end ved de øvrige transekter. Gravebane 10/11 ser ud til at være påvirket af grundvandsindtrængning i hele dens udstrækning, pga. de høje koncentrationer ved alle tre transekter. Af figur 8.2 ses det, at grundvandsindtrængningen i gravebanerne ikke har indflydelse på koncentrationsniveauet særlig langt inde på højmossefladen, da der ikke kan observeres forhøjede koncentrationer i de nærmeste prøvefelter, som har en afstand på mellem 5-50 m til gravebanerne.

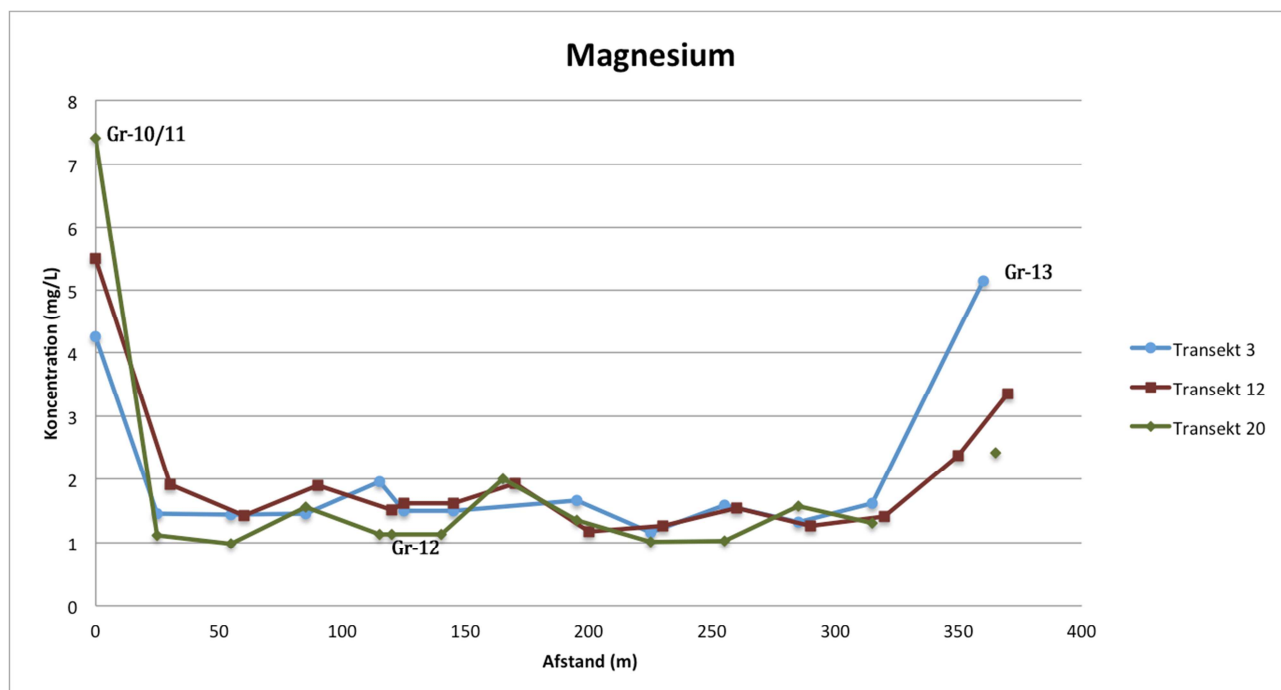


Figur 8.2: Ca^{2+} -koncentrationen målt i vandprøverne fra højmossefladen og de tre gravebaner for hvert transekt. Der er ingen vandprøve fra 20b-0.

Mg^{2+} -koncentrationen

Af figur 8.3 ses det, at de rumlige variationer i Mg^{2+} -koncentrationen i høj grad ligner de rumlige variationer i Ca^{2+} -koncentrationen. De højeste koncentrationer forekommer ved gravebane 10/11 og gravebane 13, og ligger mellem 2,5-7,5 mg/l. Den højeste koncentration er fundet i gravebane 10/11, hvor der er fundet stigende koncentrationer fra nord mod syd med koncentrationer mellem 4,25 mg/l og 7,5 mg/l. Ved gravebane 13 forholder det sig omvendt med stigende koncentrationer fra syd mod nord, og der er fundet koncentrationer mellem 2,5 mg/l og 5,1 mg/l. Et andet fællestræk for Ca^{2+} -koncentrationen og Mg^{2+} -koncentrationen er, at der ses lidt højere koncentrationer på højmossefladen nær gravebane 12. Dette forventes, ligesom ved Ca^{2+} -koncentrationen, at skyldes en højere mineralisering som følge en større aerob zone.

Interessant er det, at Mg^{2+} -koncentrationen intet sted er under 1 mg/l, mens koncentrationen i nedbøren er bestemt til 0,29 mg/l, jf. bilag 13. På baggrund af Mg^{2+} -koncentrationen kan det derfor ikke udelukkes, at der sker en mindre indtrængning af grundvand på selve højmosefloden. Forskellen mellem koncentrationerne i gravebanerne og på højmosefloden indikerer, at en evt. indtrængning på højmosefloden ikke er særlig omfattende, hvilket underbygges af at koncentrationen på højmosefloden ligger relativt langt fra koncentrationen i grundvandet (17,4 mg/l). Ligesom ved Ca^{2+} -koncentrationen ses der ikke kraftig påvirkning fra grundvandsindtrængningen fra gravebanerne i de nærmeste prøvefelter.



Figur 8.3: Mg^{2+} -koncentrationen målt i vandprøverne fra højmosefloden og de tre gravebaner for hvert transekt. Der er ingen vandprøve fra 20b-0.

N-koncentrationen

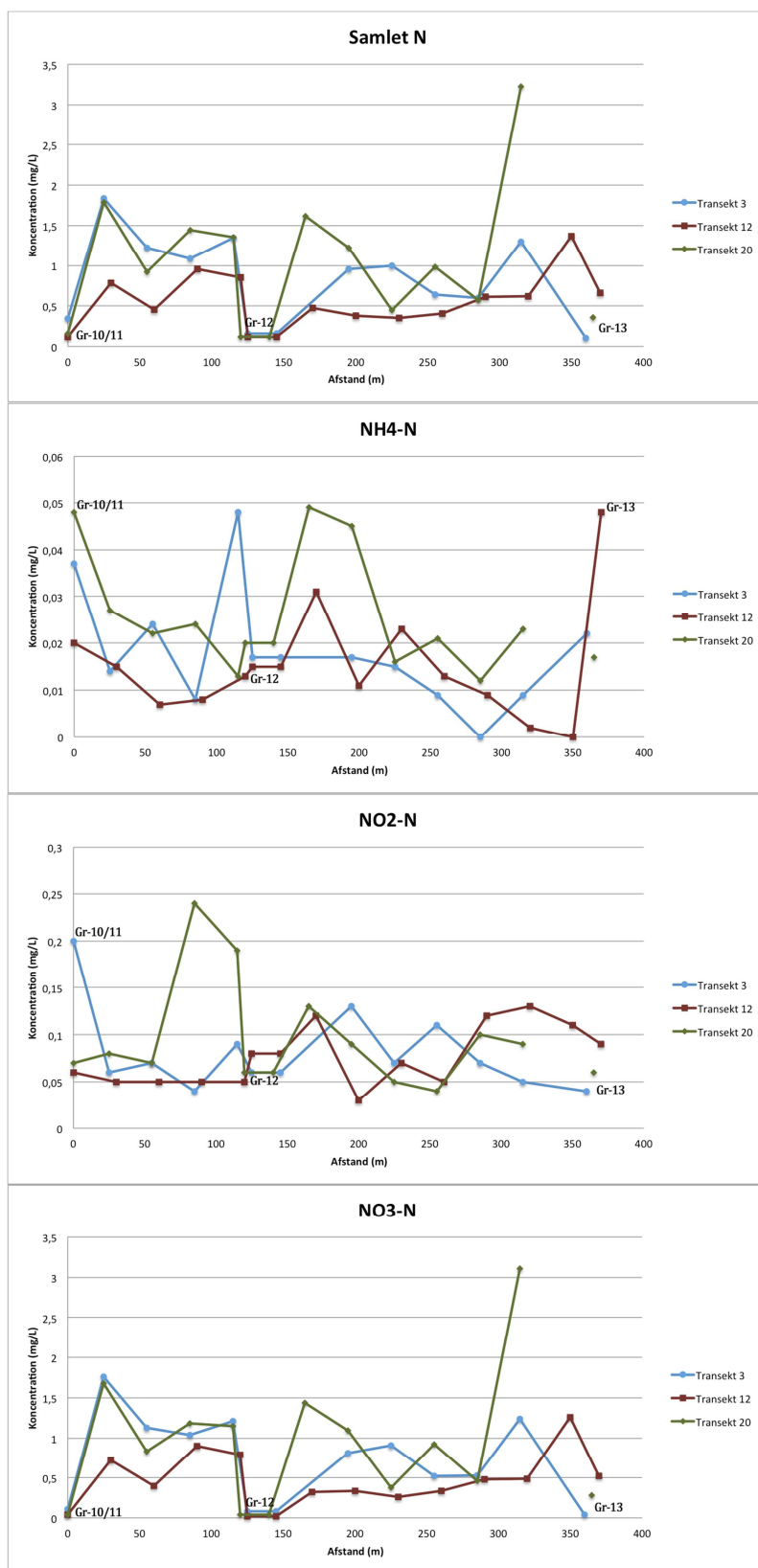
Betragtes figur 8.4 ses det, at de rumlige variationer i N-koncentrationen viser det omvendte billede af Ca^{2+} - og Mg^{2+} -koncentrationen, da koncentrationen er højere på højmosefloden end i gravebanerne. På højmosefladerne er der fundet koncentrationer mellem 0,4 mg/l og 3,25 mg/l, mens der i gravebanerne er fundet koncentrationer mellem 0,1 mg/l og 0,6 mg/l.

Af figur 8.4 ses det, at de høje koncentrationer af N på højmosefloden hovedsageligt findes i form af NO_3^- , da der forekommer meget højere koncentrationer af denne end de øvrige N-forbindelser. NO_3^- kan tilføres fra atmosfæren eller stamme fra nitrifikation af NH_4^+ , der er frigivet ved mineralisering. Da den atmosfæriske tilførsel ikke forventes at variere indenfor den korte afstand mellem gravebaner og højmoseflade, kan de højere koncentrationer på højmosefloden skyldes nitrifikation af NH_4^+ frigivet ved mineralisering af tørv. Det kan dog ikke udelukkes, at der forekommer en denitrifikation i gravebanernes bund, som kan være en medvirkende årsag til, at der her er lavere koncentration af NO_3^- (Schlesinger 1998, s. 231). Det er dog svært at vurdere denitrifikationsprocessens omfang i gravebanerne, da der forekommer særlige hydrologiske forhold i gravebanerne. Gravebanerne kan

tilnærmelsesvis sammenlignes med en lavvandet sø, hvor erfaringer viser, at der kan fjernes op mod 40 % af det tilførte N (Skov- og Naturstyrelsen u.å. b, s. 19).

For alle tre transekter ses de højeste N-koncentrationer nær gravebanerne, hvilket sandsynligvis skyldes en større aerob zone. Dette underbygges af at NO_3^- -koncentrationen er høj disse steder, da nitrifikation kun kan finde sted ved aerobe forhold (Schlesinger 1997, s. 384-387). Som det ses af figur 8.4, forekommer de højeste koncentrationer af NO_3^- ved transekt 20, hvor der, også er den største gradient på vandspejlet mellem højmose og gravebane, jf. afsnit 8.1. Interessant er det også, at både N-koncentrationen og NO_3^- -koncentrationen er lavest ved transekt 3 og højest ved transekt 20, hvilket vidner om, at der er en gradient i størrelsen af mineraliseringen fra nord mod syd. Denne afspejler dermed også gradienten i terrænet og vandspejlet i Portlandmosen, jf. figur 8.1.

Af figur 8.4 ses det, at NO_3^- -koncentrationen alle steder, med undtagelse af gravebanerne, ligger over 0,03 mg/l. Ifølge kriterierne for gunstig bevaringsstatus for aktive højmoser er dette tegn på, at der sker en mineralisering af tørven, og dermed at vandspejlsniveauet ikke er højt nok (Søgaard et al. 2003, s. 100). Det kan dog ikke udelukkes, at de højere koncentrationer også kan skyldes en for høj atmosfærisk deposition af N.



Figur 8.4: N-koncentrationer langs de tre transekter i Portlandmosen. Der er ingen vandprøve fra 20b-0.

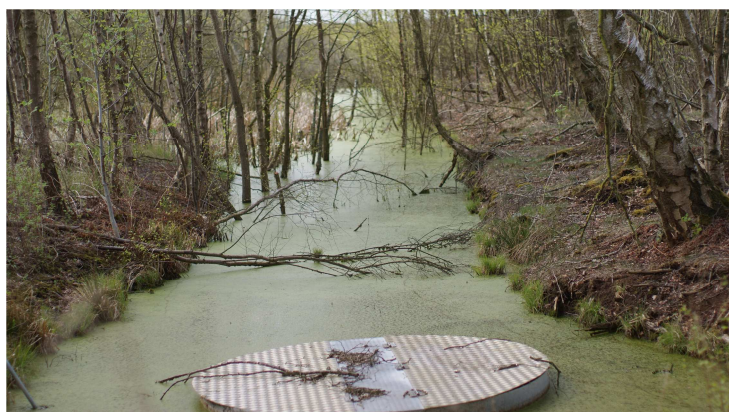
8.3 Forventede effekter af hydrologiske og kemiske variationer på vegetationen

De rumlige variationer i Portlandmosen, som er identificeret ovenfor, kan medføre rumlige variationer i vegetationssammensætningen mellem prøvefelterne. Hovedkonklusionerne fra ovenstående er følgende:

- Afstanden fra terræn til vandspejl er væsentligt mindre ved transekt 12a end de øvrige transekter, og betingelser for sphagnumvækst og tørvedannelse forventes derfor at være bedre.
- På selve højmosefloden er pH på 3,46-4,09 og dermed indenfor hvad der er forventeligt for naturtypen. pH forventes derfor ikke at være en parameter, der kan skabe variationer i vegetationssammensætningen.
- På højmoseflade vurderes der at være en naturlig højmose hydrologi, da der ingen eller kun begrænset indtrængning af grundvand er på højmosefloden. Grundvandsindtrængningen forventes derfor ikke at bevirke vegetationsvariationer her.
- Grundvandsindtrængning i gravebaner kan sandsynligvis medføre ændret vegetation nær disse. Da tegn på grundvandsindtrængningen ikke kan identificeres fra gravebanerne og ind på højmosefloden, vil vegetationsændringer som følge heraf ikke fremgå af dette projekts vegetationsanalyse.
- Høj koncentration af NO_3^- indikerer mineralisering ved alle prøvefelter. Den stigende gradient i NO_3^- -koncentration fra nord mod syd kan give variationer i vegetationen mellem de tre transekter.
- De højere næringskoncentrationer på højmosefloden nær gravebane 12 kan medføre anderledes vegetationssammensætning her.



Figur 8.5: Gravebane 10/11 i Portlandmosen.



Figur 8.6: Gravebane 13 i Portlandmosens nordlige del.

9. Vegetationsanalyse for Portlandmosen

Ellenberg-F

En måde at undersøge udviklingen i fugtighedsforholdene i Portlandmosen, er ved at beregne Ellenberg-F værdien. For Portlandmosen er der ingen større udvikling at spore i Ellenberg-F værdien, som mellem år 1996 og 2012 har været 7,62-7,78 (jf. bilag 7). Senest i år 2012 er værdien beregnet til 7,77, hvilket i Ellenberg-F karakteriseringen placerer Portlandmosen mellem kategorierne 7 og 9. Kategori 7 indikerer fugtighed, og arterne i denne kategori findes hovedsageligt på konstant fugtige men ikke våde jorde. Kategori 9 indikerer våde lokaliteter, og de karakteristiske arter forekommer ofte på vandmættede og iltfattige jorde.

Tabel 9.1: Frekvens af prøvefelter med ≥ 1 registreringer af Dunbirk i Portlandmosen, fordelt pr. år. I alt er der 31 prøvefelter.

	1996	1998/99	2000	2007	2012
Prøvefelter med Dunbirk (F- %)	13	36	42	7	39

Tabel 9.2: Frekvens af prøvefelter i Portlandmosen, hvor der er registreret ≥ 1 arter indenfor hver fugtighedskategori, fordelt pr. år. I alt er der 31 prøvefelter.

Art	Pct. af prøvefelter (F- %)				
	1996	1998/99	2000	2007	2012
Tue	100	100	100	100	100
Tue/overgang	19	26	19	13	23
Tue/overgang/højle	84	90	90	90	94
Overgang	0	6	6	3	3
Overgang/højle	0	6	6	6	0
Højle	6	6	6	10	10

Dunbirk

En indikator for fugtighedsforholdene er tilstedeværelsen af Dunbirk (*Betula Pubescens*). Udviklingen i registreringen af Dunbirk for Portlandmosen og de enkelte transekter ses af bilag 14. Gennem korrespondance med Poulsen (2012) vides det, at der har været rydning af trævækst i Portlandmosen i 2008-2009. Desuden antyder dataene, at der muligvis kan være foretaget en fældning mellem år 2000 og 2007, dog kan manglen på registreringer i dette år også skyldes, at prøvefelterne er fejlplaceret. I tabel 9.1 ses det, hvor stor en frekvens af prøvefelterne pr. observationsår der er registreret Dunbirk i. Generelt ses en stigning i antallet af prøvefelter med Dunbirk fra år 1996 til 2000 fra 13 % af prøvefelter til 42 %. I år 2012 forekommer der Dunbirk i 39 % af prøvefelterne på trods af, at der i år 2008-2009 er foretaget rydning af træer i Portlandmosen. Ved udførelse af vegetationsundersøgelserne observeredes desuden opvækst af Fyr (*Pinus Sp.*) og Gran (*Picea Sp.*), se figur 9.1, dog i noget mindre grad. Træopvæksten indikerer, at vandspejlet endnu ikke har nået et tilstrækkeligt niveau til at fortrænge trævækst fra højmosen i Portlandmosen.



Figur 9.1: Observation af Fyr og Gran i Portlandmosen under feltundersøgelser.

Fugtighedsforhold ifølge vegetation

For at undersøge om vegetationssammensætningen i Portlandmosen viser samme positive tendens som analysen af vandspejlet, er de fundne arter inddelt i fugtighedskategorier i forhold til deres foretrukne fugtighedsforhold, se bilag 8. Klassifikationen inddeler arter efter, om de er karakteristisk for et tue-, hølje- eller overgangsprofil og endvidere diverse kombinationer af disse. Af tabel 9.2 ses hvor mange procent af prøvefelterne, der indeholder ≥ 1 arter indenfor hver fugtighedskategori.

Det ses af tabellen, at der i alle år er registreret min. en tuekarakteristisk art i alle prøvefelter. Dette viser derfor ikke en udvikling, men at der ikke er nogle prøvefelter, hvor disse arter endnu er fortrængt. Imidlertid er høljekarakteristiske arter steget fra 6 % til 10 % fra år 2000 til 2007 og vedblevet på dette niveau i år 2012. Dette afspejler den positive udvikling i vandspejlet. Der er ligeledes en udvikling i antallet af prøvefelter med overgangskarakteristiske arter, som i år 1996 er på 0 %, mens de er registreret i 3 % af felterne i år 1998/99, 2000 og 2012. Det er interessant, at der ved tue/overgangsarterne, ses en stigning fra år 1996 til 1998/99, hvorefter der ses et fald frem til år 2007, mens der i år 2012 er en fremgang fra 13 % til 23 %. Frekvensen af prøvefelter med tue/overgang/høljearter har været stigende gennem perioden fra 1996 til år 2012 fra 84 % til 94 %.

Generelt ses der en stigning i frekvensen af prøvefelter, hvor der registreres arter, som er karakteristiske for eller kan trives ved fugtigere forhold end de tuespecifikke arter, dog med undtagelse af overgang/høljekarakteristiske arter. Dette indikerer, at der er sket en positiv udvikling mod mere fugtige forhold. Vegetationsudviklingen generelt for Portlandmosen afspejler dermed den positive vandspejlsudvikling, om end der kun ses en mindre udvikling på nuværende tidspunkt.

Sphagnum

Sphagnummosser er vigtige samt karakteristiske for højmosen. Det er derfor interessant at undersøge udviklingen i sphagnums udbredelse i Portlandmosen, som er vist i tabel 9.3. Her ses både frekvensen af prøvefelter med ≥ 1 registreringer af sphagnum samt en underopdeling specifikt for hver sphagnumart.

Generelt ses en positiv udvikling i frekvensen af prøvefelter med sphagnum fra år 1996 til 2012, hvor frekvensen er steget fra 29 % til 45 %, jf. tabel 9.3. Generelt set er der derfor løbende sket en positiv udvikling gennem hele tidsperioden, dog er der registreret et mindre fald i år 2007, hvilket forventes at skyldes, at feltet er fejlplaceret i dette år. Den fundne frekvens afspejler umiddelbart de hydrologiske forhold i højmosen i 2010-2011, da vandspejlet i Portlandmosen i størstedelen af årene ligger 10-20 cm fra terrænoverfladen, og dermed kan sphagnum forventes at forekomme på 25-70 % af arealet, jf. afsnit 2.3. Tilstedeværelsen af de enkelte sphagnumarter er relativt ens i år 1996 og 2012, med mindre variationer i de mellemliggende år. Af tabel 9.3 ses det desuden, at Sphagnum Magellanicum (*Rød Tørvevos*) og *S. Rubellum* er de hyppigst forekommende sphagnumarter i Portlandmosen gennem hele perioden. At det netop er disse sphagnumarter er ikke overraskende. Hvis det antages at vandspejlsudviklingen, der er præsenteret i afsnit 6.2.1, er repræsentativ for hele højmosen, er der netop identificeret gode vækstbetingelser for de tue-karakteristiske sphagnumarter, mens vandspejlet endnu ikke er hævet tilstrækkeligt til at give optimale vækstbetingelser for de høljekarakteristiske arter som *S. Cuspidatum*.

Tabel 9.3: Øverst ses frekvensen af prøvefelter, hvor der er registreret ≥ 1 sphagnumarter i Portlandmosen fordelt pr. år. I alt er der 31 prøvefelter. Nederst ses frekvensen af prøvefelter med registrering af de enkelte sphagnumarter fordelt pr. år samt en opsummering af det absolutte antal sphagnumregistreringer pr. år i Portlandmosen, dog kan en sphagnumart maks. opnå én registrering pr. prøvefelt.

	Pct. Af prøvefelter (F- %)				
	1996	1998/99	2000	2007	2012
Sphagnum registreret	29	42	42	36	45
Sphagnumart	Pct. af prøvefelter (F- %)				
S. Cuspidatum (Pjusket Tørvemos)	7	7	7	13	10
S. Fallax (Brodspids-Tørvemos)	0	7	7	3	3
S. Magellanicum (Rød Tørvemos)	23	23	29	19	19
S. Pappilosum (Sod-Tørvemos)	3	3	3	3	7
S. Rubellum (Kohorns-Tørvemos)	19	29	26	19	23
S. Tenellum (Skebladet Tørvemos)	0	6	0	0	0
	Antal sphagnumregistreringer				
Registreringer	16	23	22	18	19

Som det ses af tabel 9.3, er der flest sphagnumregistreringer i år 1998/1999 og 2000 på henholdsvis 23 og 22 registreringer, mens der i 2012 kun er 19 registreringer. Af dette kan det konkluderes, at nogle sphagnumarter i nogle af prøvefelterne er blevet udkonkurreret i løbet af perioden. På baggrund af tabel 9.3, er det dog ikke muligt at konkludere, om udkonkurreringen er sket af andre sphagnummosser eller andre arter.

Det er i afsnit 2.2 beskrevet, at sphagnum spredes dårligt gennem sporer, og derfor hovedsageligt spredes fra eksisterende bevoksninger, hvor væksten er 0,4-12,9 cm pr. år. Dette betyder, at sphagnumbevoksningerne i Portlandmosen, gennem den 16 år lange observationsperiode, vil kunne have bredt sig 6,4-206,4 cm. Antages det, at sphagnumbevoksningerne har spredt sig med den gennemsnitlige spredningshastighed på 3,6 cm pr. år, kan det forventes, at bevoksningerne er vokset med 57,6 cm. Eksisterende bevoksninger kan derfor ikke forventes at være vokset ind i prøvefeltet, medmindre de i år 1996 højst har haft en afstand på 57,6 cm fra feltet. Årsagen til at der ikke ses en større udvikling i frekvensen af sphagnum kan derfor meget vel være, at den rumlige skalas opløsning ikke er tilstrækkelig (Turner et al. 2001, s. 34). Er denne antagelse korrekt vil der sandsynligvis kunne ses en udvikling hvis analysens rumlige opløsning bliver finere. I den følgende analyse af vegetationsudviklingen for de forskellige transekter vil dækningsgraderne i det enkelte prøvefelt derfor blive inddraget.

9.1 Transekt 3a

Ellenberg-F

Ellenberg-F værdien har ved transekt 3a varieret gennem observationsperioden således, at der fra år 1996 til 1998/99 forekom et fald fra 7,29 til 6,83, dog er værdien steget frem til år 2012, hvor den er 7,44, se bilag 7. Dermed har der været en mindre positiv udvikling at se i Ellenberg-F værdien. Der er dog markant forskel på værdierne for de enkelte prøvefelter. Af bilag 7 ses det, at prøvefelt 3a-0 har en værdi på 4,6-6,3, mens prøvefelt 3a-30 og 3a-60 har en værdi på 7,5-8,0 fra 1996 til 2012. Dette indikerer, at der er væsentligt tørrere forhold i nærheden af gravebane 12. Tendensen med de tørrere

forhold i nærheden af gravebanerne kan også ses ved prøvefelt 3a-90, tættest på gravebane 10/11, dog i mindre omfang og kun i år 1998/99 og 2012.

Dunbirk

Frekvensanalysen af Dunbirkevæksten viser, at der er registreret Dunbirk i 50 % af prøvefelterne i 2012, mens arten slet ikke har været registreret tidligere, se tabel 9.4 og bilag 14. Arten er registreret ved prøvefelterne 3a-60 og 3a-90, hvilket er de prøvefelter på transektet, hvor de hydrologiske forhold forventes at være dårligst, jf. afsnit 8.1. Tilstedeværelsen af birk vidner om, at de hydrologiske forhold langs transekt 3a endnu ikke forbedret tilstrækkeligt til at undgå opvækst af Dunbirk.

Fugtighedsforhold på baggrund af vegetation

Af tabel 9.5 ses det, at der alle år er registreret tue-karakteristiske arter i 100 % af prøvefelterne, mens der ikke er registreret nogen arter, som er karakteristiske for høljer eller overgang/hølje. Vegetationssammensætningen ved transekt 3a afspejler derfor forholdsvis tørre forhold. Af tabel 9.5 ses det, at der er en stigning i frekvensen af felter med tue/overgang/hølje- og overgangsarter fra henholdsvis 75 % til 100 % og 0 til 25 % i perioden 2000-2012. Dette kan sandsynligvis være de første indikationer på de forbedrede hydrologiske forhold som følge af genopretningstiltagene i Portlandmosen i 2008-2009. For at undersøge om dækningsgraderne viser samme udvikling, er der opstillet et dækningsgradsindex for fugtighedskategorierne, hvilket ses i figur 9.2. På denne måde er det muligt at vurdere, ikke kun om arterne er til stede, men også hvorledes deres udbredelse indenfor prøvefelterne har udviklet sig gennem observationsperioden.

På baggrund af figur 9.2 ses det, at udviklingen i dækningsgradsindexet ikke er ens for alle prøvefelterne. I prøvefelt 3a-0 og 3a-30, ses en stigning i arter, som forbindes med tue/overgang/højlestadiet. I prøvefelt 3a-0 er der en dækningsgrad på 20 % i år 2012, mens den i de tidligere år var < 1 %. Prøvefelt 3a-30 har haft en gradvis stigende tendens fra 1996 med en dækningsgrad på 5 % til år 2012 med 30 %. Denne udvikling viser dermed, ligesom frekvensanalysen ovenfor, at der har været en udvikling mod fugtigere forhold. Anderledes forholder dig sig med prøvefeltet 3a-90, hvor tue/overgang/højledækningsgraden er faldet fra en værdi på 25 % til 15 % fra 1996 til 2012. Det ses af figur 9.2, at prøvefelt 3a-60 er blevet genplaceret flere gange gennem observations-perioden, og det er derfor ikke muligt at analysere den generelle udvikling gennem hele tidsperioden. Ved prøvefeltet ses en kraftig stigning i dækningen af tue-karakteristiske arter fra de tidligere år til 2012, som primært skyldes en stigning i arterne *Cladonia Por-tentosa (Hede-Rensdyrlav)* og *Revling (Empetrum Nigrum)*. Denne store udbredelse af tuekarakteristiske arter i år 2012 stemmer godt over ens

Tabel 9.4: Frekvens af prøvefelter med ≥ 1 registreringer af Dunbirk ved transekt 3a, fordelt pr. år. I alt er der 4 prøvefelter.

	1996	1998/99	2000	2007	2012
Prøvefelter med Dunbirk (F- %)	0	0	0	0	50

Tabel 9.5: Frekvens af prøvefelter ved transekt 3a, hvor der er registreret ≥ 1 arter indenfor hver fugtighedskategori, fordelt pr. år. I alt er der 4 prøvefelter.

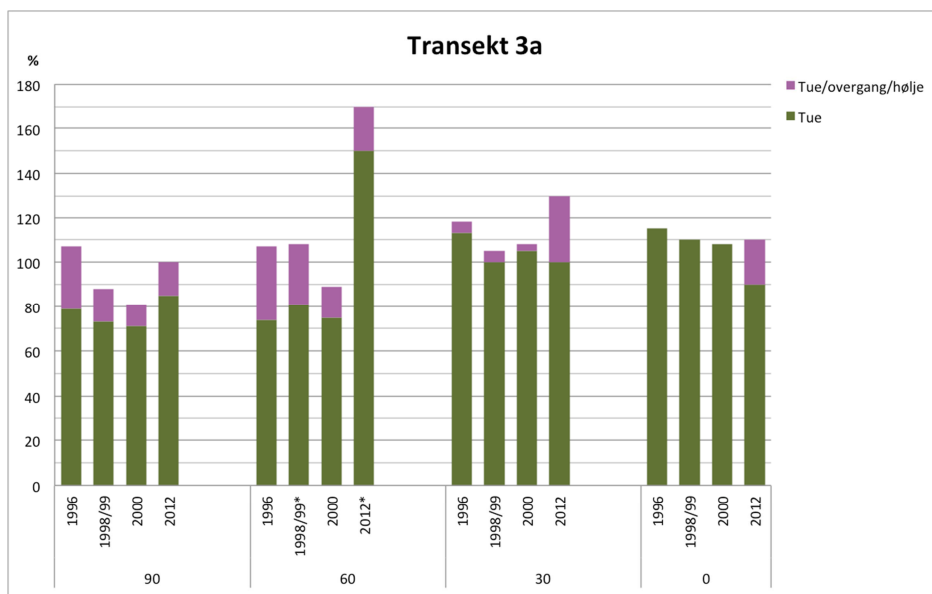
Art	Pct. af prøvefelter (F- %)				
	1996	1998/99	2000	2007	2012
Tue	100	100	100	100	100
Tue/overgang	0	25	0	0	0
Tue/overgang/hølje	75	75	75	75	100
Overgang	0	0	0	0	25
Overgang/hølje	0	0	0	0	0
Hølje	0	0	0	0	0

med, at prøvefelt 3a-60 har den største målte afstand fra terræn til vandspejl langs transekt 3a.

Af ovenstående er det klart, at de tørreste forhold, på baggrund af vegetationssammensætningen gennem observationsperioden, forekommer ved 3a-0, som ligger ud mod gravebane 12. De største forbedringer i fugtighedsforholdene kan observeres ved prøvefelterne 3a-0 og 3a-30 fra 2000 til 2012. Dette kan være en indikator på, at opstemningen af gravebane 12 har medført en større effekt end opstemningen af gravebane 10/11.

Sphagnum

I perioden 1996-2007 er tilstedeværelse af sphagnum registreret i 25 % af felterne, jf. tabel 9.6. I år 2012 er sphagnum imidlertid registreret i 50 % af felterne, hvilket sandsynligvis også afspejler en begyndende positiv udvikling i vegetationssammensætningen pga. den forbedrede hydrologi, som følge af genopretningstiltagene i 2008-2009.



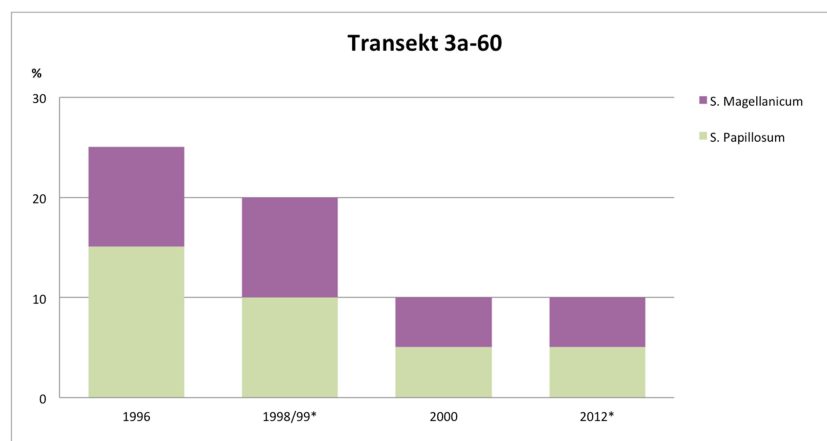
Figur 9.2: Dækningsgradsindeks for hver fugtighedskategori fordelt pr. år for hvert prøvefelt for transekt 3a. Kategorier ikke medtaget hvis samlede dækningsgrad er < 1 %.* markerer, at feltet er genplaceret i det pågældende år.

Det er interessant, om den positive udvikling i sphagnumtilstedeværelsen også kan ses på udviklingen af sphagnumarternes dækningsgrad. Figur 9.3 viser kun udviklingen for transekt 3a-60, hvilket skyldes, at dækningsgraden af sphagnum i prøvefelt 3a-90 er < 1 %. Som tidligere nævnt er prøvefelt 3a-60 blevet genplaceret flere gange gennem observationsperioden, og det er dermed ikke muligt at vurdere udviklingen gennem hele tidsperioden. Da feltet ikke er genplaceret i år 2000, ses der dog et fald i dækningsgraden fra år 1998/99 til 2000. Det er imidlertid interessant, at sphagnumvæksten er identificeret ved prøvefelterne 3a-60 og 3a-90, da der ved disse prøvefelter er identificeret de dårligste hydrologiske forhold samt de højeste næringsstofkoncentrationer i jordvandet langs transektet, jf. afsnit 8. Dette kan dog også være årsagen til, at der ses en tilbagegang i sphagnumdækningsgraden ved 3a-60, som kan observeres fra 1998/99 til 2000. Årsagen til at sphagnum findes ved disse prøvefelter og ikke ved 3a-0 og 3a-30 er sandsynligvis, at de hydrologiske

forhold ved disse, ifølge vegetationsforholdene, var dårligere end ved 3a-60 og 3a-90 indtil år 2000. Det kan dog ikke udelukkes, at årsagen kan være højere koncentrationer af Ca^{2+} og Mg^{2+} også kan være en medvirkende faktor.

Tabel 9.6: Frekvens af Prøvefelter med sphagnumtilstedeværelse ved transekt 3a. i alt er der 4 prøvefelter.

	1996	1998/99	2000	2007	2012
Prøvefelter med sphagnum (F- %)	25	25	25	25	50



Figur 9.3: Udviklingen i sphagnumarternes dækningsgrad for transekt 3a-60, som er eneste prøvefelt på transektet, der indeholde sphagnum. * markerer, at feltet er genplaceret det gældende år i forhold til det tidligere observations år.

Generelt ses der derfor følgende for transekt 3a:

- Nyopvækst af Dunbirk i halvdelen af prøvefelterne i 2012.
- Ingen registrering af overgang/højle- og højlearter på noget tidspunkt gennem perioden.
- Fremgang i tue/overgang/højlearters dækningsgrad ved 3a-0 og 3a-30 fra 1996 til 2012. Størst fremgang gennem hele perioden og fra 2000 til 2012 ved 3a-30.
- I 2012 stigning i sphagnumfrekvensen til 50 % fra 25 % de foregående år.
- Udvikling mod fugtigere forhold og stigning i frekvensen af sphagnum fra 2000 til 2012 kan være effekter af genopretningstiltagen i 2008-2009, da forholdene før var stabile.
- Genopretningstiltagene synes at have haft størst indvirkning nær gravebane 12.

9.2 Transekt 3b

Ellenberg-F

Ellenberg-F værdiens udvikling fra 1996 til 2012 for transekt 3b viser et mindre fald fra 7,62 til 7,4, se bilag 7. Udviklingen er dog ikke markant, og viser dermed ikke en klar tendens mod fugtigere eller tørrere forhold. De enkelte prøvefelter viser, at der er væsentlig forskel mellem de centrale felter og de yderste tættest på gravebanerne 13 og 12.

Værdien for prøvefelt 3b-0, som er tættest på gravebane 13, er bl.a. konsekvent lavere end de centrale prøvefelter i alle årene, med en forskel på mellem 0,5 og 2,2. Ligeledes ses der en forskel til prøvefelt 3b-120 tættest på gravebane 12, dog i noget mindre grad.

Tabel 9.7: Frekvens af prøvefelter med ≥ 1 registreringer af Dunbirk ved transekt 3b, fordelt pr. år. I alt er der 5 prøvefelter.

	1996	1998/99	2000	2007	2012
Prøvefelter med Dunbirk (F- %)	40	40	40	0	20

Tabel 9.8: Frekvens af prøvefelter ved transekt 3b, hvor der er registreret ≥ 1 arter indenfor hver fugtighedskategori, fordelt pr. år. I alt er der 5 prøvefelter.

	Pct. af prøvefelter (F- %)				
	1996	1998/99	2000	2007	2012
Tue	100	100	100	100	100
Tue/overgang	20	20	20	0	0
Tue/overgang/højle	80	100	100	100	100
Overgang	0	0	0	0	0
Overgang/højle	0	0	0	0	0
Højle	20	20	20	20	20

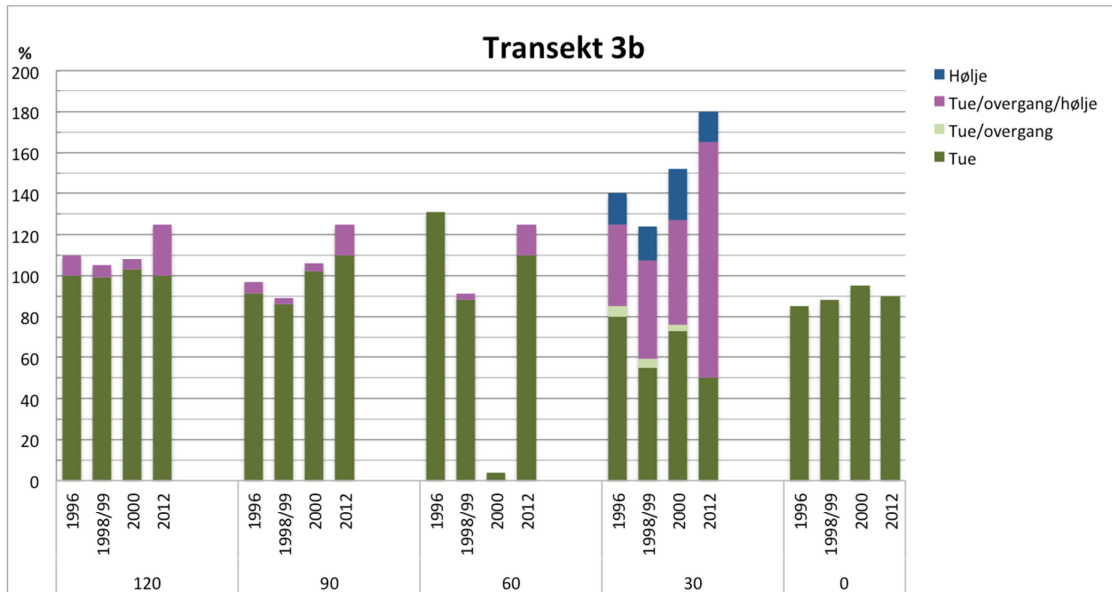
Dunbirk

Af tabel 9.7 ses der en mindre positiv udvikling i registreringen af Dunbirk, som er registreret i 40 % af prøvefelterne fra 1996-2000 og i 20 % af prøvefelterne i 2012. I 2007 er der imidlertid ikke registreret nogle forekomster af arten. De gange dunbirk har været registreret, har det været ved prøvefelterne 3b-0 og 3b-120, der ligger ud mod gravebane 13 og 12, hvilket også forventes at være de prøvefelter, hvor de dårligste hydrologiske forhold forekommer. Siden år 2007 har der dog ikke været registreret Dunbirk ved 3b-120. Desuden er der også registreret den højeste N-koncentration ved prøvefelt 3b-0, jf. figur 8.4.

Fugtighedsforhold på baggrund af vegetation

Tue-karakteristiske arter er registreret i 100 % af prøvefelterne i perioden 1996-2012, jf. tabel 9.8. Desuden er der registreret tue/overgang/højlearter i 100 % af prøvefelterne i perioden 1998/99-2012, mens de er registreret i 80 % af prøvefelterne i 1996. Alle år er der registreret højle-karakteristiske arter i 20 % af prøvefelterne. Vegetationen afspejler derfor knap så tørre forhold som ved transekt 3a. Desuden kan faldet i tue/overgangsarter mellem år 2000 og 2012 fra 20 % til 0 % muligvis være indikationer på forbedringer i hydrologien.

Ved prøvefelt 3b-0, som ligger tættest på gravebane 13 ses det, at der kun er registreret tuekarakteristiske arter, hvilket indikerer, at de tørreste forhold langs transekt 3b forekommer ved dette prøvefelt, jf. figur 9.4. Prøvefelt 3b-30 viser de mest fugtige forhold langs transektet, da der her både ses en stor frekvens af tue/overgang/højlearter samt højlearter, som det eneste langs transektet.



Figur 9.4: Dækningsgradsindeks for hver fugtighedskategori fordelt pr. år for hvert prøvefelt for transekt 3b. Kategorier ikke medtaget hvis samlede dækningsgrad er < 1 %. Den lave samlede dækningsgrad ved 3b-60 i 2000 ser ud til at skyldes, at dværgbuske og halvgræsser ikke er blevet noteret, da de forekommer i de omkringliggende år.

De tue/overgang/højlekarakteristiske arter viser en klar stigning i dækningsgraden fra 40 % i 1996 til 115 % i 2012. Dette kan indikere fugtigere forhold ved prøvefeltet. Fremgangen i tue/overgang/højlearters dækningsgrad, ses også for de tre prøvefelter 3b-60, 3b-90 og 3b-120, som alle er steget gennem observationsperioden. De tre prøvefelter er steget i perioden 1996-2012 således, at 3b-60 er steget fra 0 % til 15 %, 3b-90 er steget fra 5 % til 15 % og 3b-120 fra 10 % til 25 %. Vegetationssammensætningen viser derfor at alle prøvefelter, med undtagelse af 3b-0, en udvikling mod mere fugtige forhold. Ved prøvefelterne 3b-90 og 3b-120 ses en markant fremgang i dækningsgraden af tue/overgang/højlearterne fra 2000 til 2012, hvilket sandsynligvis viser effekten af opstemningen af gravebane 12, ligesom ved transekt 3a.

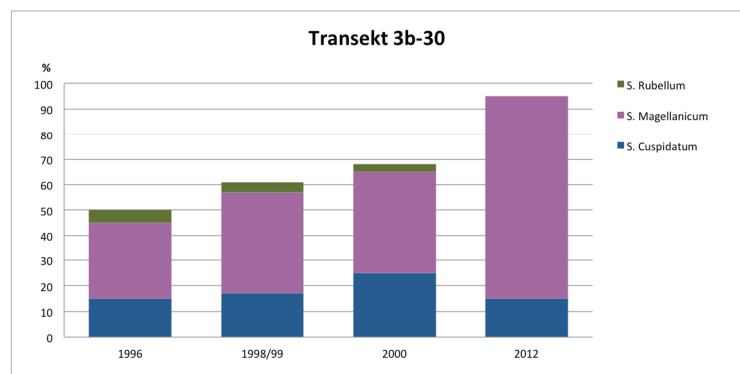
Tabel 9.9: Frekvens af prøvefelter med sphagnumtilstedeværelse ved transekt 3b. I alt er der 5 prøvefelter.

	1996	1998/99	2000	2007	2012
Prøvefelter med sphagnum (F- %)	20	20	20	20	20

Sphagnum

Frekvensen af tilstedeværelsen af sphagnummosser har, som det ses af tabel 9.9, været stabil fra 1996 til 2012, hvor der alle år er fundet sphagnum i 20 % af prøvefelterne. Det er derfor interessant om dækningsgraden har udviklet sig positivt.

Af figur 9.5 ses det, at den samlede sphagnumdækningsgrad for prøvefelt 3b-30 er steget fra 50 % til 95 % fra år 1996 til 2012. *S. Rubellum* har en dækningsgrad



Figur 9.5: Udviklingen i sphagnumarternes dækningsgrad for transekt 3b-30, som er eneste prøvefelt på transektet, der indeholder sphagnum.

på 3-5 % i 1996 og frem til år 2000, hvorefter denne art ikke er at finde i prøvefeltet. *S. Cuspidatum* er faldet fra 25 % i år 2000 til 15 % i 2012. Denne sphagnumart er netop meget karakteristisk for høljerne og trives ved meget fugtige forhold. En tilbagegang i denne art kan derfor være en indikation på, at forholdene er blevet tørrere. *S. Magellanicum*, som forbindes med tue/overgang/høljeforhold i højmoser, har haft en stigende udbredelse gennem observationsperiode. Især ses en kraftig stigning fra år 2000 til 2012.

Da den tue/overgangskaraktéristiske art *S. Rubellum* ikke længere er registreret fra år 2000, og der samtidig er tilbagegang i dækningsgraden af *S. Cuspidatum*, er det ikke til at sige om forholdene er blevet fugtigere. Vigtigst vurderes dog fremgangen i den samlede sphagnumdækningsgrad. At sphagnum netop er identificeret ved dette prøvefelt er ikke overraskende, da der ved dette prøvefelt forekommer den mindste afstand mellem terrænoverflade og vandspejl samt den mindste N-koncentration langs transektet, jf. figur 8.1 og 8.4. På trods af stigningen i dækningsgraden af sphagnum gennem perioden er det ikke muligt at aflæse implementeringen af genopretningstiltagene i 2008-2009.

Generelt ses der derfor følgende for transekt 3b:

- Dunbirk er registreret i 20 % af prøvefelterne i 2012.
- De tørreste forhold forekomme ved prøvefeltet nærmest gravebane 13.
- Fremgang i dækningsgraden af tue/overgang/hølje arters dækningsgrad fra 2000 til 2012, ved alle prøvefelter med undtagelse af 3b-0.
- Høljearter konstateret ved 3b-30.
- Markant fremgang i sphagnumdækningsgraden for 3b-30, som også er eneste felt med registrering af sphagnum langs transekt 3b.
- Mindre stigning i fugtighedsforhold på baggrund af frekvensanalyse og tydelig stigning i dækningsgraden af arter, som indikerer fugtigere forhold fra 2000 til 2012 kan være effekter af genopretningstiltagene i 2008-2009.

9.3 Transekt 12a

Ellenberg-F

De beregnede Ellenberg-F værdier viser ikke en markant udvikling, da kun værdien er steget med 0,2 fra 1996 til 2012, se bilag 7. Værdien i år 2012 på 7,73 indikerer, at der er fugtige forhold tilstede, men dog endnu ikke våde forhold. Prøvefelternes Ellenberg-F værdi viser, at de der er tættest på gravebane 12 og 10/11 har en lavere værdi end de centralt placerede. Mest markant ved prøvefelt 12a-0 ved gravebane 12. Dette indikerer tørrere forhold, hvilket sandsynligvis skyldes den øgede gradient i nærheden af gravebanerne.

Dunbirk

Både i år 2007 og 2012 er der fundet Dunbirkeopvækst i 25 % af prøvefelterne ved dette transekt, se tabel 9.10. Der er derfor på trods af rydningen i 2008-2009 observeret Dunbirk i 2012. Dette er dog i mindre grad end i år 1998/99 og 2000, hvor Dunbirk er registreret i 75 % af prøvefelterne langs transekt 12a. Det eneste prøvefelt hvor der aldrig er identificeret Dunbirk er ved 12a-90, hvilket er

interessant set i lyset af, at der her forekommer den største afstand mellem terræn og vandspejl samt den højeste N-koncentration langs transektet, jf. figur 8.1 og 8.4.

Tabel 9.10: Frekvens af prøvefelter med ≥ 1 registreringer af Dunbirk ved transekt 12a, fordelt pr. år. I alt er der 4 prøvefelter.

	1996	1998/99	2000	2007	2012
Prøvefelter med Dunbirk (F- %)	0	75	75	25	25

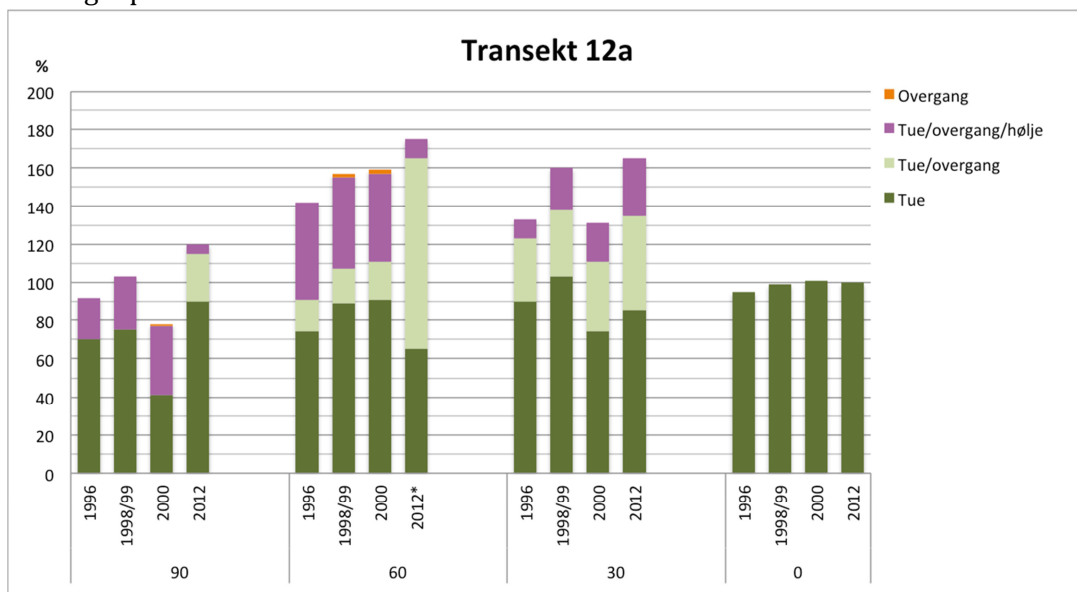
Fugtighedsforhold på baggrund af vegetation

I perioden 1996-2012 er der fundet tue-, tue/overgang- og tue/overgang/højlearter i alle år ved transekt 12a, jf. tabel 9.11. Frekvensen af felter med tuearter og tue/overgang/højlearter har været stabil gennem perioden på 100 % og 75 %. Tue/overgangsarter er fundet i 75 % af prøvefelterne i perioden 1998/99-2012, og i 50 % af prøvefelterne i 1996. Som det ses af tabellen er der på intet tidspunkt registreret overgang/højlearter eller højlearter, og vegetationen indikerer derfor forholdsvis tørre forhold ved transekt 12a. Desuden ses ingen tydelig udvikling i fugtighedsforholdene.

Tabel 9.11: Frekvens af prøvefelter ved transekt 12a, hvor der er registreret ≥ 1 arter indenfor hver fugtighedskategori, fordelt pr. år. I alt er der 4 prøvefelter.

Art	Pct. Af prøvefelter				
	1996	1998/99	2000	2007	2012
Tue	100	100	100	100	100
Tue/overgang	50	75	75	75	75
Tue/overgang/højle	75	75	75	75	75
Overgang	0	25	50	25	0
Overgang/Højle	0	0	0	0	0
Højle	0	0	0	0	0

Det ses tydeligt af figur 9.6, at de tørreste forhold, set ud fra vegetationssammensætningen, findes ved prøvefelt 12a-0, der kun indeholder tuekarakteristiske arter. Vegetationen afspejler derfor her meget tydeligt, at prøvefelt 12a-0 også er det tætteste på gravebane 12, hvor der generelt er en større gradient i vandspejlet, hvilket bevirker en større aerob zone. Ved prøvefelt 12a-60 ses det, at dækningsgraden af både tue/overgang/højle- og tue/overgangsarter har været forholdsvis stabil i perioden 1996-2000. Det er ikke muligt at se om der har været en udvikling fra 2000 til 2012, da prøvefeltet er genplaceret i 2012.



Figur 9.6: Dækningsgradsindeks for hver fugtighedskategori fordelt pr. år for hvert prøvefelt for transekt 12a. Kategorier ikke medtaget hvis samlede dækningsgrad er < 1 %.* markerer, at feltet er genplaceret i det pågældende år.

I prøvefelt 12a-90 er tue/overgangsarternes dækningsgrad steget fra 0 % til 25 % i perioden 2000-2012, mens dækningsgraden af tue/overgang/højlearterne er faldet fra 35 % i 2000 til 5 % i 2012. Dette indikerer derfor, at der er blevet skabt mere tørre forhold ved 12a-90, der er placeret nærmest gravebane 10/11. Det eneste sted langs transekt 12a, hvor der er sket en fremgang i dækningsgraden for tue/overgang/højlearter er i prøvefelt 12a-30, hvor den er steget fra 20 % til 30 %. Ved dette felt er der desuden også sket en stigning i dækningsgraden af tue/overgangsarter fra 32 % i 1996 til 50 % i 2012. Dermed er prøvefelt 12a-30 også det eneste, hvor det ser ud til at udviklingen går mod fugtigere forhold. Det er overraskende, at der ved dette transekt ikke er observeret højlearter i prøvefelterne, da dette gennemsnitligt har en mindre afstand mellem terræn og vandspejl end de øvrige transekter.

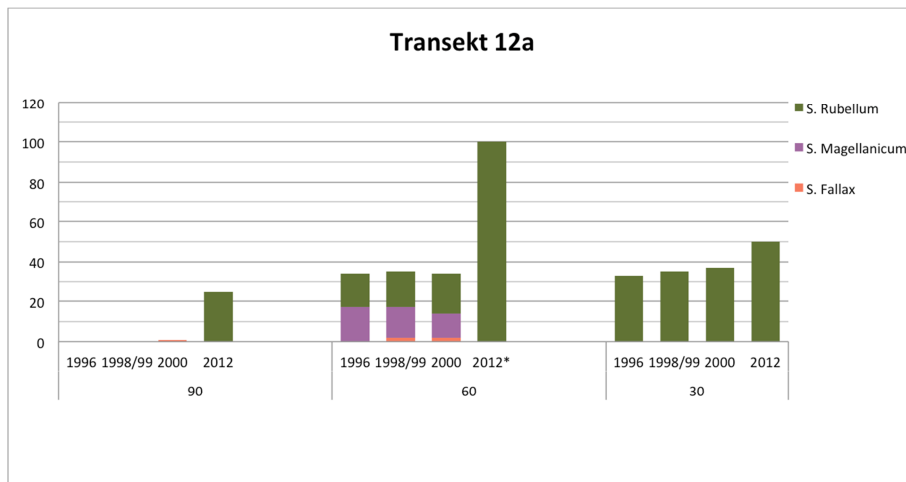
Sphagnum

Som det ses af tabel 9.12, er der ved dette transekt registreret en forholdsvis høj frekvens af prøvefelter med sphagnumtilstedeværelse. I 1996 blev sphagnum registreret i 50 % af prøvefelterne, mens der i perioden 1998/99-2012 er registreret sphagnumtilstedeværelse i 75 % af prøvefelterne. Transektet er det hvor, der er observeret den største frekvens af prøvefelter med sphagnum siden 1998/99. I afsnit 8.1 blev det klart, at den gennemsnitlige afstand fra vandspejl til terrænoverfladen ved transektet er mindre end ved de øvrige transekter, og at der på denne baggrund kunne forventes bedre betingelser for sphagnumvækst. Sammenholdes tabel 9.11 og 9.12 må det dog konstateres, at ingen af de registrerede sphagnumarter, udelukkende er karakteristiske for højler. Det eneste prøvefelt, hvor der på intet tidspunkt gennem perioden er registreret sphagnum er ved prøvefelt 12a-0, som er placeret nærmest gravebane 12, jf. bilag 9. Dette er interessant, da der her ses den mindste afstand mellem terræn og vandspejl, hvilket burde give de bedste hydrologiske forudsætninger for sphagnumvækst. I afsnit 8, ses der ikke forhøjede koncentrationer af hverken N, Ca²⁺ eller magnesium Mg²⁺ ved dette prøvefelt, hvilket derfor ikke formodes at være årsagen. Det kan dog formodes, at den lille afstand mellem vandspejl og terræn først er opstået efter opstemningen af gravebane 12 i 2008-2009, og sphagnum derfor ikke har nået at etablere sig i prøvefeltet på nuværende tidspunkt på trods af de fordelagtige forhold.

Det ses af figur 9.7, at prøvefelt 12a-60 gennem tidsperioden har indeholdt flest sphagnumarter, hvor både *S. Rubellum*, *S. Magellanicum* og *S. Fallax* har en udbredelse på > 1 %. Vegetationen ved prøvefeltet viser dog ingen større udvikling gennem perioden fra 1996-2000. Da feltet er genplaceret i 2012, er det ikke muligt at vurdere, om der har været en udvikling fra 2000. Det genplacerede prøvefelt viser dog, at der er områder langs transekt 12a med en større dækningsgrad af sphagnum end de fastlagte prøvefelter. Udviklingen i den samlede sphagnumdækningsgrad ved prøvefelt 12a-90 fra 2000-2012 viser en fremgang fra 1 % til 25 %. Udviklingen i prøvefelt 12a-90 er positiv, da der ikke før år 2000 var registreret sphagnum med en dækningsgrad på > 1 %, og at prøvefeltet er det med den største afstand fra terræn til vandspejl, langs transekt 12a, jf. figur 8.1. Ved prøvefelt 12a-30 er der registreret en stigning i sphagnumdækningsgraden fra 39 % til 50 % gennem hele perioden og størst udvikling fra 2000-2012, jf. figur 9.7.

Tabel 9.12: Frekvens af prøvefelter med sphagnumtilstedeværelse ved transekt 12a. I alt er der 4 prøvefelter.

	1996	1998/99	2000	2007	2012
Prøvefelter med sphagnum (F- %)	50	75	75	75	75



Figur 9.7: Udviklingen i sphagnumarternes dækningsgrad for transekt 12a. Prøvefelt 12a-0 er ikke medtaget da der her ikke forekommer en dækningsgrad af sphagnum på >1 %. * markerer, at feltet er genplaceret det gældende år i forhold til det tidligere observations år.

Generelt ses der derfor følgende for transekt 12a:

- Dunbirk i 25 % af prøvefelterne langs transektet i 2007 og 2012.
- Fremgang i dækningsgraden af tue/overgang/højlearters dækningsgrad fra 2000-2012, ved prøvefelt 12a-30. Ved prøvefelt 12a-90 ses en udvidelse i tue/overgangs arters dækningsgrad.
- De tørreste forhold forekommer ved prøvefeltet nærmest gravebane 12.
- Stabil eller stigende sphagnumdækningsgrad ved alle felter, hvor sphagnum er registreret i perioden 1996-2012, og en stabil sphagnumfrekvens på 75 % fra 1998/99.
- Størst sphagnumartsrigdom ved 12a-60, men størst dækningsgrad i 2012 ved 12a-30.
- Der ses ingen tydelige ændringer i vegetationen mellem 2000 og 2012, som kan afspejle genopretningstiltagene i 2008-2009.

9.4 Transekt 12b

Ellenberg-F

De beregnede Ellenberg-F værdier viser ikke en markant udvikling i fugtighedsforholdene, da værdien er faldet med 0,3 fra 1996 til 2012, se bilag 7. Værdien i år 2012 på 7,65 indikerer, at der er fugtige forhold tilstede men endnu ikke våde forhold. Prøvefelternes Ellenberg-F værdi varierer ikke væsentligt fra hinanden, dog er værdien i prøvefelt 12b-0 ved gravebane 13 lidt lavere.

Dunbirk

Af tabel 9.13 ses det, at der forekommer Dunbirk i prøvefelterne langs transektet alle år med undtagelse af år 2007. I år 2000 blev der registreret Dunbirk i 71 % af prøvefelterne. I 2012 er der registreret Dunbirk i 29 % af prøvefelterne. Vandspejlsstigningerne har derfor ikke været store nok til at forhindre opvækst af Dunbirk langs transektet. De eneste prøvefelter, hvor der aldrig har været identificeret Dunbirk er ved 12b-30 og 12b-90. Af figur 8.1 ses ikke en væsentlig mindre afstand mellem terræn og vandspejl ved disse end ved de øvrige felter langs transektet, og desuden ses heller ikke afvigelser i koncentrationen af de forskellige næringsstoffer fra resten af transektet, jf. afsnit 8.

Tabel 9.13: Frekvens af prøvefelter med ≥ 1 registreringer af Dunbirk ved transekt 12b, fordelt pr. år. I alt er der 7 prøvefelter.

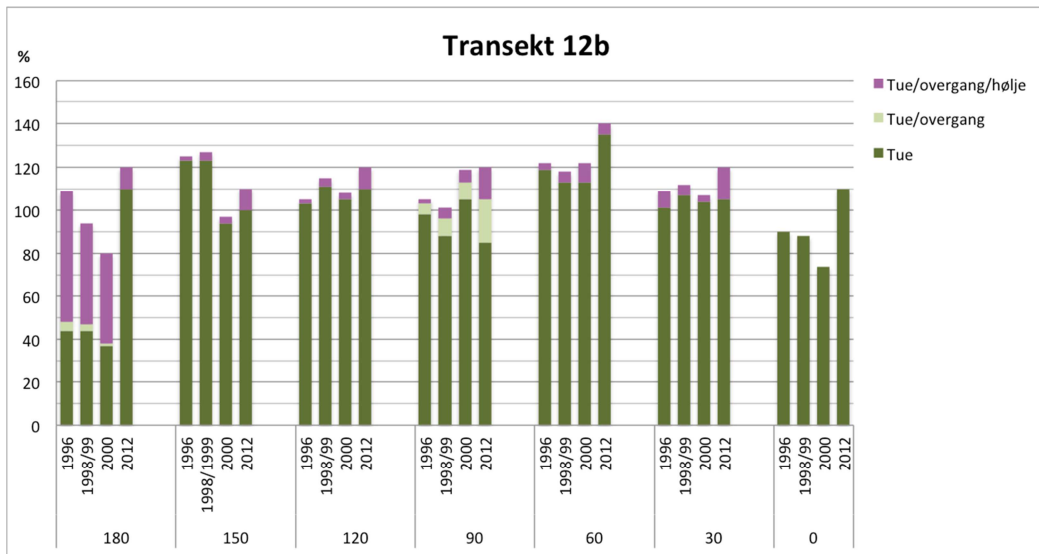
	1996	1998/99	2000	2007	2012
Prøvefelter med Dunbirk (F- %)	14	43	71	0	29

Tabel 9.14: Frekvens af prøvefelter ved transekt 12b, hvor der er registreret ≥ 1 arter indenfor hver fugtighedskategori, fordelt pr. år. I alt er der 7 prøvefelter.

Art	Pct. af prøvefelter (F- %)				
	1996	1998/99	2000	2007	2012
Tue	100	100	100	100	100
Tue/overgang	29	29	29	29	29
Tue/højle/overgang	86	100	100	100	100
Overgang	0	0	0	0	0
Overgang/højle	0	0	0	0	0
Højle	0	0	0	0	0

Fugtighedsforhold på baggrund af vegetation

Af tabel 9.14 ses det, at den samlede vegetationssammensætning også indikerer forholdsvis tørre forhold, da der ikke forekommer overgangs-, overgang/højle- eller højlearter. Af tabellen ses desuden, at der ikke har været særlig stor udvikling gennem perioden; frekvensen af tue- og tue/overgangsarter har været stabil på henholdsvis 100 % og 29 %, mens frekvensen af tue/overgang/højlesarter har været stabil på 100 % siden 1998/99. Af figur 9.8 ses det, at der generelt set heller ikke har været en særlig stor udvikling i dækningsgraden indenfor de enkelte prøvefelter. Desuden er der heller ikke særlig stor forskel i dækningsgraden af de forskellige fugtighedskategorier mellem de enkelte prøvefelter. Gennem hele perioden indikerer vegetationssammensætningen, at de tørreste forhold forekommer ved 12b-0. Fra 1996 til 2000 ses de mest fugtige forhold ved 12b-180. I år 2012 ses der imidlertid ikke variationer i fugtighedsforholdene mellem prøvefelterne, udover ved prøvefelt 12b-0. Den relativt lave dækningsgrad af tue/overgang/højle- samt tue/overgangsarter indikerer dog i disse år forholdsvis tørre forhold. De eneste prøvefelter, hvor der er registreret en reel stigning i dækningsgraden af tue/overgang/højlearter er 12b-90 og 12b-30. Ved 12b-90 har disse arter i 1998/99 en udbredelse på 1 % mens de i 2012 har en udbredelse på 12 %. Ved 12b-90 er dækningsgraden af tue/overgang/højlearter i 1998/99 2 %, og i 2012 er den 15 %.



Figur 9.8: Dækningsgradsindeks for hver fugtighedskategori fordelt pr. år for hvert prøvefelt for transekt 12b. Kategorier ikke medtaget hvis samlede dækningsgrad er < 1 %.

Disse mindre stigninger kan muligvis være de første indikationer i vegetationssammensætningen på forbedrede hydrologiske forhold.

Ved prøvefelt 12b-180 ser det ud til, at forholdene er blevet mere tørre med tiden, da tue/overgang/højlearterne er faldet fra 60 % til 10 % fra 1996 til 2012, og samtidig har der været en stigning i dækningsgraden af tuearter fra 42 % til 110 %.

Tue/overgangsarter er gennem perioden kun registreret ved 12b-90 og 12b-180. Ved 12b-180 udgør disse arter 1-5 % fra 1996-2000, mens de slet ikke er tilstede i 2012. Ved 12b-90 ses en stigning i tue/overgangsarter fra 5 % i 1996 til 20 % i 2012. Da dette ikke medfører en tilbagegang i dækningsgraden af tue/overgang/højlearter, kan det muligvis indikere, at forholdene er blevet lidt fugtigere ved prøvefeltet.

Overordnet set er der hverken i ovenstående frekvens- eller dækningsgradsanalyse tydelig udvikling mod fugtigere forhold langs transektet, og forholdene synes at være blevet tørrere ved 12b-180.

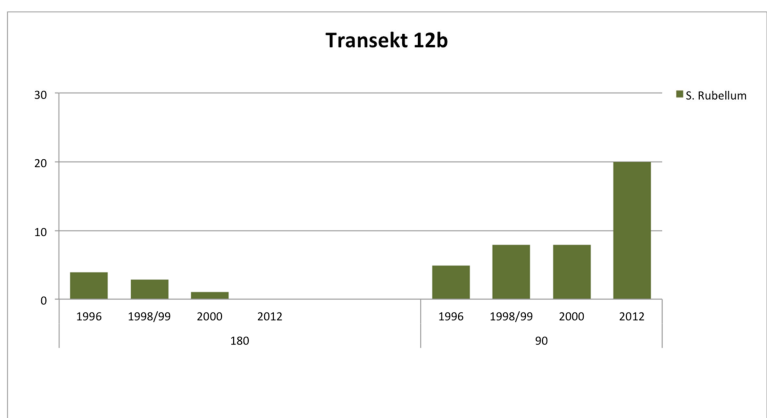
Sphagnum

Af tabel 9.15 ses det, at frekvensen af prøvefelter med sphagnumtilstedeværelse har været stabil på 29 % fra 1996 til 2012. Sammenholdes tabel 9.14 og 9.15 kan det konkluderes, at der ikke forekommer nogle sphagnumarter, som er karakteristiske for højler eller overgangen til disse.

Af figur 9.9 ses det, at det gennem hele perioden er prøvefelterne 12b-90 og

Tabel 9.15: Frekvensen af prøvefelter med sphagnumtilstedeværelse ved transekt 12b. I alt er der 7 prøvefelter

	1996	1998/99	2000	2007	2012
Prøvefelter med sphagnum (F- %)	29	29	29	29	29



Figur 9.9: Udviklingen i sphagnumarternes dækningsgrad for transekt 12b. Prøvefelt 12b-30 er ikke medtaget, da der her ikke forekommer en dækningsgrad af sphagnum på >1 %

12b-180, hvor der er registreret sphagnum på > 1 % af prøvefelternes areal, og at den eneste registrerede art er *S. Rubellum*. Der kan ved prøvefelt 12b-180 ikke observeres stigninger eller fald i dækningsgraden af betydning frem til 2000. Arten er dog ikke registreret ved prøvefeltet i 2012. Ved prøvefelt 12b-90 har der været en stigning i sphagnumdækningsgraden fra 5 % i 1996 til 20 % i 2012. Dette er også feltet, hvor der på baggrund af vegetationen er den største udvikling mod fugtigere forhold, om end den er lille. I 2012 er der desuden registreret *S. Rubellum* i prøvefelt 12b-30, dog er dækningsgraden < 1 %. Som beskrevet i ovenstående adskiller hverken prøvefelt 12b-30 eller 12b-90 sig fra de øvrige prøvefelter langs transektet i forhold til afstanden mellem terræn og vandspejl eller koncentrationen af de målte næringsstoffer. Ved prøvefelt 12b-180, hvor der er registreret sphagnum til og med 2000, ses der heller ikke særligt fordelagtige vandspejls- og næringsstofforhold.

Generelt ses derfor følgende for transekt 12b:

- I 2012 er der registreret opvækst af Dunbirk i 29 % af prøvefelterne.
- De tørreste forhold ses ved gravebane 13.
- Ved ingen af prøvefelterne er der på noget tidspunkt fra 1996 til 2012 registreret overgangs-, overgang/højle- eller højlearter.
- Frekvensen af prøvefelter med tue-, tue/overgangs- og tue/overgang/højlearter er stabil gennem perioden.
- Af vegetationssammensætningen kan der stort set ingen udvikling i fugtighedsforholdene spores.
- Stabil sphagnumfrekvens gennem hele perioden på 29 %.
- Udvikling i sphagnumdække fra 5-20 % ved 12b-90 fra 1996 til 2012.
- Der ses ingen tydelige ændringer i vegetationen fra 2000 til 2012, som kan indikere effekten af genopretningstiltagene i 2008-2009, udover en stigning i dækningsgraden af sphagnum ved 12b-90.

9.5 Transekt 20a

Ellenberg-F

Ved transekt 20a er den højeste Ellenberg-F værdi i år 2012 fundet og ligger på 8,24. Der har været en lille stigning på 0,3 siden 1996, se bilag 7. Der ses derfor ikke nogen markant udvikling i fugtighedsforholdene, set ud fra Ellenberg-F værdierne. Transektet viser samme tendens i forhold til gravebanernes indflydelse som de forgående, således at Ellenberg-F værdien er lavere ca. 1 lavere ved gravebanerne 10/11 og 12.

Dunbirk

Af tabel 9.16 ses det, at der er fundet Dunbirk i 25 % af prøvelserne ved transekt 20a i perioden 1996 til 2007, mens der i 2012 er fundet Dunbirk i 75 % af prøvelserne. Af dette kan det konkluderes, at vandspejlshævningerne, som følge af de implementerede genopretningstiltag i 2008-2009, ikke har været tilstrækkelige til at forhindre genvækst af Dunbirk. Det eneste prøvefelt, hvor der på intet tidspunkt fra 1996 til 2012 er registreret Dunbirk, er 20a-60, hvor den mindste afstand mellem vandspejl og terræn langs transektet forekommer.

Fugtighedsforhold på baggrund af vegetation

Ved transekt 20a er der registreret tue-karakteristiske arter i 100 % af prøvelserne gennem perioden 1996-2012 og tue/overgang/højlearter i 75 %. Udover dette er der registreret tue/overgangsarter i 25 % af prøvelserne i 1998/99 og 2000. Der er ingen af årene registreret overgangs-, overgang/højle- eller højlearter, og vegetationsforholdene indikerer derfor forholdsvis tørre forhold. Af figur 9.10 ses det, at prøvefeltet hvor der ikke er fundet tue/overgang/højlearter er 20a-90, hvilket indikerer, at forholdene er tørrere ud mod gravebane 10/11 end på resten af højmossefladen. Dette er også forventeligt, da det af figur 8.1 kan ses, at den største gradient på vandspejlet ved dette transekt forekommer mellem 20a-90 og gravebane 10/11.

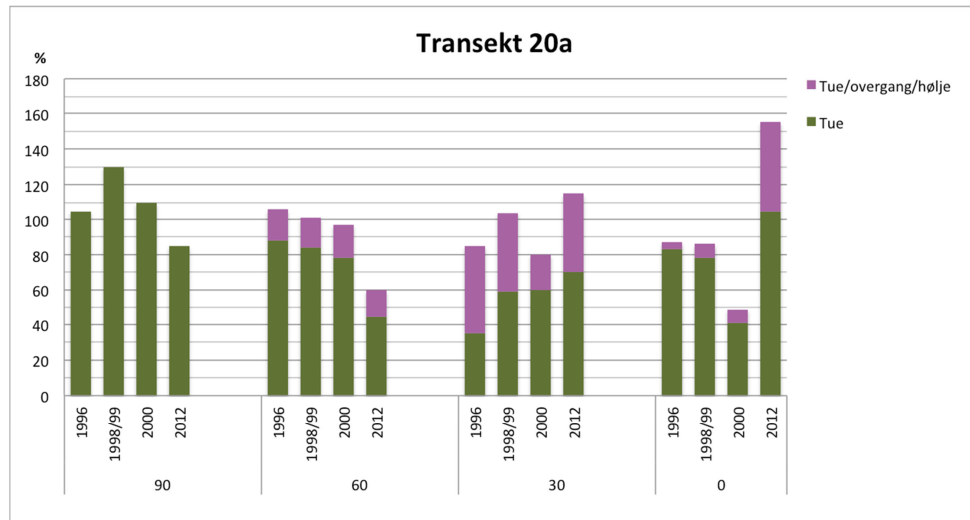
Ved prøvefelt 20a-0 ses det, at tue/overgang/højlearterne fra 1996-2000 har en dækningsgrad på 2-5 %, mens der herefter er en stigning til 50 % i 2012, jf. figur 9.10. Som det ses af figuren er dette prøvefeltet, hvor der er sket den største fremgang gennem hele perioden. Den markante fremgang ved dette prøvefelt fra 2000 til 2012 skyldes sandsynligvis opstemningen af gravebane 12 i 2008-2009. Ved de resterende prøvelser ses der kun mindre variationer årene imellem, og udviklingen her tillægges derfor ikke større betydning.

Tabel 9.16: Frekvens af prøvelser med ≥ 1 registreringer af Dunbirk ved transekt 20a, fordelt pr. år. I alt er der 4 prøvelser.

	1996	1998/99	2000	2007	2012
Prøvelser med Dunbirk (F- %)	25	25	25	25	75

Tabel 9.17: Frekvens af prøvelser ved transekt 20a, hvor der er registreret ≥ 1 arter indenfor hver fugtighedskategori, fordelt pr. år. I alt er der 4 prøvelser.

Art	Pct. af prøvelser				
	1996	1998/99	2000	2007	2012
Tue	100	100	100	100	100
Tue/overgang	0	25	25	0	0
Tue/overgang/højle	75	75	75	75	75
Overgang	0	0	0	0	0
Overgang/højle	0	0	0	0	0
Højle	0	0	0	0	0



Figur 9.10: Dækningsgradsindeks for hver fugtighedskategori fordelt pr. år for hvert prøvefelt for transekt 20a. Kategorier ikke medtaget hvis samlede dækningsgrad er < 1 %.

Sphagnum

Udviklingen i frekvensen af prøvefelter med sphagnum viser ingen tendenser.

Som det ses af tabel 9.18, er der i 1996 og 2007 ikke registreret nogen prøvefelter med sphagnumtilstedeværelse.

At der ikke er registreret sphagnum i 2007 skyldes med stor sandsynlighed at prøvefeltet er fejlplaceret i dette år, da der er registreret sphagnum i de omkringliggende observationsår. I 1998/99 og 2000 er sphagnum registreret i 50 % af prøvefelterne, og i 2012 der registreret sphagnum i 25 % af prøvefelterne. I 1998/99 og år 2000 er der fundet *S. Magellanicum* ved prøvefelt 20a-30 og *S. Magellanicum* og *S. Rubellum* ved 20a-60. I 2012 er der registreret *S. Papillosum* ved prøvefelt 20a-60. Som det ses af bilag 6 har alle disse sphagnumregistreringer dog en dækningsgrad på < 1 % af prøvefeltet. Ved dette transekt har der aldrig været registreret sphagnum i prøvefelterne 20a-0 og 20a-90, som er prøvefelterne tættest på gravebanerne 10/11 og 12, hvor de dårligste hydrologiske forhold langs transektet forventes at forekomme. Desuden forekommer der også forholdsvis høje N-koncentrationer ved disse prøvefelter, jf. figur 8.4.

Tabel 9.18: Frekvens af prøvefelter med sphagnumtilstedeværelse ved transekt 20a. I alt er der 4 prøvefelter.

	1996	1998/99	2000	2007	2012
Prøvefelter med sphagnum (F- %)	0	50	50	0	25

Generelt ses derfor følgende for transekt 20a:

- Dunbirkeopvækst i 75 % af prøvefelterne i 2012.
- Tue- og tue/overgang/højlearter udgør henholdsvis 100 % og 75 % gennem hele observationsperioden. Ingen forekomst af overgang-, overgang/højle- eller højlearter gennem perioden.
- Tørreste forhold mod gravebane 10/11.
- Kun betydelig fremgang i tue/overgang/højlearter ved 12b-0 fra 2 % i 1996 til 50 % i 2012.
- Der er registreret sphagnum i 50 % prøvefelterne i 1998/99 og 2000 og ved 25 % i 2012, dog har bevoksningernes dækningsgrad alle gange været < 1 %.
- Der ses mindre ændringer i vegetationssammensætningen fra 2000 til 2012, som kan være forårsaget af genopretningstiltagene i 2008-2009.

9.6 Transekt 20b

Ellenberg-F

Ved transekt 20b er Ellenberg-F værdien 8,17 i år 2012, mens den i år 1996 var 8,34, se bilag 7. Der er dermed sket et mindre fald, men dette er ikke markant. Udviklingen indikerer dermed hverken fugtigere eller tørrere forhold langs transektet. Ligeledes ses der heller ikke markante forskelle mellem prøvefelterne. Det er interessant, at transektet er det eneste, hvor gravebanernes påvirkning ikke kan ses af Ellenberg-F værdierne.

Tabel 9.19: Frekvens af prøvefelter med ≥ 1 registreringer af Dunbirk ved transekt 20b, fordelt pr. år. I alt er der 7 prøvefelter.

	1996	1998/99	2000	2007	2012
Prøvefelter med Dunbirk (F- %)	0	29	29	0	43

Tabel 9.20: Frekvens af prøvefelter ved transekt 20b, hvor der er registreret ≥ 1 arter indenfor hver fugtighedskategori, fordelt pr. år. I alt er der 7 prøvefelter.

Art	Pct. af prøvefelter (F- %)				
	1996	1998/99	2000	2007	2012
Tue	100	100	100	100	100
Tue/ovegang	14	29	14	14	29
Tue/overgang/højle	100	100	100	100	100
Overgang	0	0	0	0	0
Overgang/højle	0	0	0	0	0
Højle	14	14	14	43	29

Dunbirk

Med undtagelse af år 1996 og 2007 er der registreret Dunbirk i prøvefelterne langs transekt 20b. I 1998/99 og 2000 er der registreret Dunbirk i 29 % af prøvefelterne, og i 2012 er arten registreret i 43 %. Genopretningen i 2008-2009 har derfor ikke medført et højt nok vandspejl til at forhindre genvækst af Dunbirk. Ved dette transekt har der kun været registreret Dunbirk ved prøvefelt 20b-0, 20b-30 og 20b-180, hvilket forventes at være de prøvefelter, hvor de dårligste hydrologiske forhold forekommer. Desuden er de højeste N-koncentrationer fundet i prøvefelterne 20b-0 og 20b-180, dog er koncentrationen ikke særlig høj ved 20b-30.

Fugtighedsforhold på baggrund af vegetation

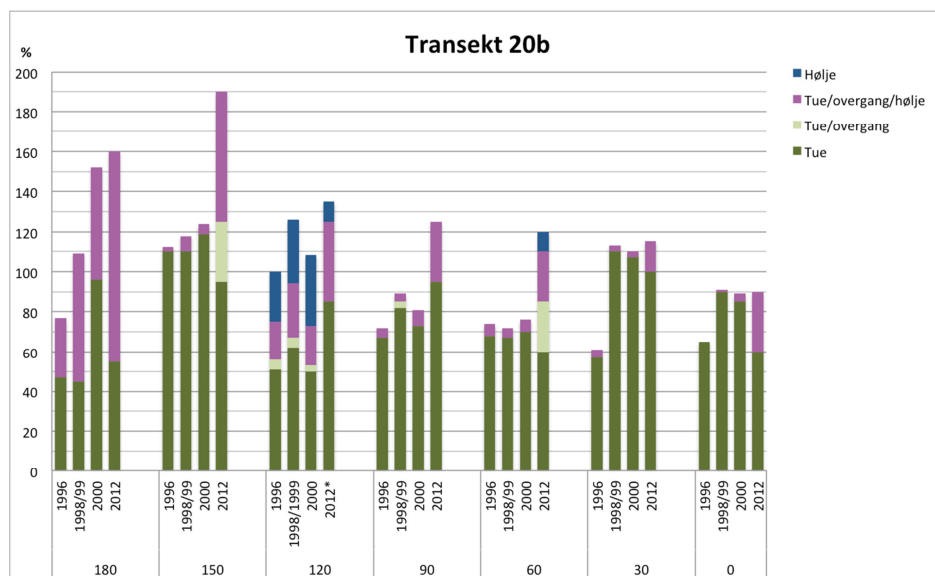
Ved dette transekt er der, lige som ved alle de øvrige, registreret tue-karakteristiske arter i 100 % prøvefelterne i hele perioden. Desuden er der også registreret tue/overgang/højlearter i 100 % af prøvefelterne gennem perioden. Frekvensen af prøvefelter med tue/overgangsarter har svinget mellem 14 % og 29 % gennem perioden. Alle årene er der desuden registreret højle-karakteristiske arter, hvilket indikerer, at forholdene her er fugtigere end ved flere af de øvrige transekter. Fra 1996 til 2000 forekommer disse i 14 % af prøvefelterne, mens de i 2012 forekommer i 29 % af prøvefelterne. At frekvensen i 2007 ligger på 43 % kan muligvis skyldes felt i placeringen af prøvefelter og tillægges derfor ikke større betydning. Stigningen fra 2000 til 2012 kan sandsynligvis afspejle den forbedrede hydrologi som følge af genopretningstiltagene.

Af figur 9.11 ses det, at de tørreste forhold forekommer ved prøvefelterne 20b-0, 20b-30 og 20b-180, da der kun er registreret tue- og tue/overgang/højlearter her. Da dækningsgraden af tue/overgang/højlearter er mindst ved transekt 20b-0 og 20b-30 forventes de tørreste forhold på højmosefloden langs transektet at forekomme her. Af figur 8.1 ses det, at den største gradient på vandspejlet forekommer mellem prøvefelt 20b-0 og gravebane 13. Desuden ses det, at der også er en forholdsvis høj gradient på vandspejlet mellem 20b-180 og gravebane 12. På figur 9.11 ses det, at der har været en stigning i dækningsgraden af tue/overgang/højlearter ved 20b-0 fra 2 % til 30 % fra

2000 til 2012. Dette kan være en effekt af genopretningstiltagene i 2008-2009 ved dette felt. Ved 20b-30 har dækningsgraden af tue/overgang/højlearter været stabil på 2-3 % i 1996-2000, mens den til år 2012 er steget til 15 %. Ved prøvefelt 20b-180 ses at der generelt har været en stigning i dækningsgraden af tue/overgang/højlearter i perioden 1996-2012 fra 30 % til 105 %. På baggrund af ovenstående kan det derfor konkluderes, at der ved de tre tørreste prøvefelter (20b-0, 20b-30 og 20b-180) er registreret en udvikling mod fugtigere forhold.

En udvikling mod fugtigere kan også registreres af udviklingen i vegetationssammensætningen ved de tre af de fire prøvefelter, som er placeret mere centralt mellem gravebane 12 og gravebane 13. Ved både transekt 20b-90 og 20b-150 er der registreret en dækningsgrad af tue/overgang/højlearter på 2-8 % mellem år 1996 og 2000, hvorefter der forekommer en stigning i dækningsgraden. I 2012 er dækningsgraden ved 20b-90 således steget til 25 % og ved 20b-150 til 65 %. Et andet fællestræk ved de to prøvefelter er, at der har været registreret tue/overgangsarter. Ved 20b-90 er disse kun registreret i 1998/99 på 2 % mens de ved 20b-150 i 2012 er registreret på 30 %. Ved disse to prøvefelter kan der dermed også konstateres en vegetationsudvikling, der indikerer fugtigere forhold.

Ved prøvefelterne 20b-60 og 20b-120 indikerer vegetationen de mest fugtige forhold langs transektet pga. registreringen af højlearter. Ved 20b-60 er der ikke registreret højlearter før i 2012, og forekomsten af disse kunne derfor godt skyldes genopretningstiltagene i 2008-2009. Der ses desuden en fremgang af tue/overgang/højlearter fra 2-3 % i 1996-2000 til 25 % i 2012. Ved feltet er der desuden i 2012 registreret en dækningsgrad af tue/overgangsarter på 25 %. Fremgangen i disse arter forventes at afspejle en udvikling mod fugtigere forhold, da fremgangen ikke har medført en tilbagegang i dækningsgraden af tue/overgang/højle- og højlearterne, som indikerer mere fugtige forhold. Ved prøvefelt 20b-120 er der registreret højlearter gennem hele observationsperioden. Udviklingen er ikke særlig stor i perioden, og mellem 1996 og 2000 er der registreret en dækningsgrad på 22-30 %. Det er ikke muligt at se udviklingen frem til år 2012, da feltet her er genplaceret.



Figur 9.11: Dækningsgradsindex for hver fugtighedskategori fordelt pr. år for hvert prøvefelt for transekt 20b. Kategorier ikke medtaget hvis samlede dækningsgrad er < 1 %.* markerer, at feltet er genplaceret i det pågældende år.

Sphagnum

Betragtes tabel 9.21, ses det, at der har været en positiv udvikling i frekvensen af prøvefelter med tilstedeværelse af sphagnum fra 43 % til 71 % af felterne i 2012. Dette er derfor transektet med anden størst frekvens af sphagnum i 2012.

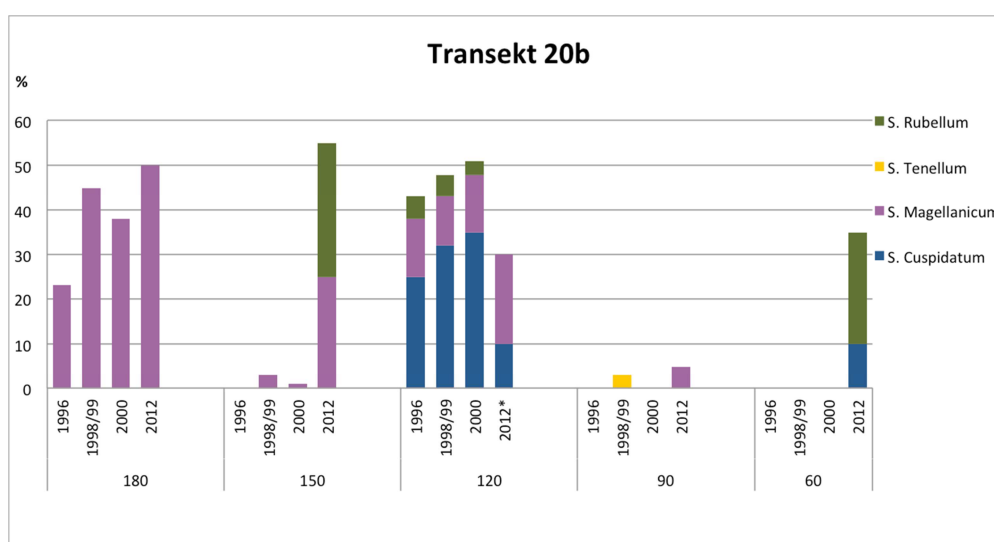
Som det ses af figur 9.12, er der registreret sphagnummosser i alle prøvefelter, med undtagelse af 20b-0 og 20b-30, der er de felter, hvor både vandspejlet og vegetationen umiddelbart indikerer de mest tørre forhold. Ved at sammenholde figur 9.11 og 9.12 ses det, at *S. Cuspidatum* bl.a. er årsagen til at der er registreret højjearter ved 20b-60 og 20b-120.

Ved 20b-60, 20b-150 og 20b-180 kan der observeres en fremgang i sphagnumdækket gennem perioden 1996-2012. Ved 20b-60 er der ikke registreret sphagnum før i 2012, hvor der er registreret en samlet dækningsgrad på 35 %, hvor 25 % udgøres af *S. Rubellum* og 10 % udgøres af *S. Cuspidatum*. Fremgangen i sphagnumdækket samt registreringen af *S. Cuspidatum* indikerer sandsynligvis, at der er skabt fugtigere forhold ved genopretningen i 2008-2009. Ved 20b-150 ses der en kraftig fremgang den samlede sphagnumdækningsgrad fra 3 % i 1998/99 til 55 % i 2012. Fremgangen skyldes en stigning i dækningsgraden af *S. Magellanicum*, og at der i 2012 er registreret *S. Rubellum*. Ved 20b-180 er den eneste sphagnumart, som er registreret *S. Magellanicum*. I 1996 forekom arten på 21 % af prøvefeltet og i 2012 på 50 %. På baggrund af ovenstående kan det formodes, at de gennemførte genopretningstiltag hovedsageligt har givet bedre betingelser for sphagnumvækst nær gravebanerne.

I perioden 1996-2000 er der registreret en forholdsvis stabil dækningsgrad ved prøvefelt 20b-120. Det er dog ikke muligt om der er sket en udvikling siden 2000, da feltet her er genplaceret. Der er aldrig registreret sphagnum ved prøvefelterne 20b-0 og 20b-30. Som nævnt ovenfor forventes dette at skyldes, at de dårligste hydrologiske forhold langs transektet forekommer her, da gradienten mellem vandspejlet på højmosefloden og i gravebane 13 er forholdsvis stor.

Tabel 9.21: Frekvens af prøvefelter med sphagnumtilstedeværelse ved transekt 20b. Der er i alt 7 prøvefelter.

	1996	1998/99	2000	2007	2012
Prøvefelter med sphagnum (F- %)	43	57	57	57	71



Figur 9.12: Udviklingen i sphagnumarternes dækningsgrad for transekt 20b. * markerer, at feltet er genplaceret det gældende år i forhold til det tidligere observations år.

Generelt ses derfor følgende for transekt 20b:

- Dunbirkeopvækst i 43 % af prøvefelterne i 2012.
- Alle år er der registreret tue- og tue/overgang/høljearter i alle prøvefelter.
- Høljearter er registreret i 14-43 % af prøvefelterne gennem observationsperioden.
- De tørreste forhold er registreret nær gravebanerne ved 20b-0, 20b-30 og 20b-180.
- Ved alle prøvefelter, med undtagelse af 20b-120, kan der af vegetationssammensætningen registreres en udvikling mod fugtigere forhold gennem perioden.
- Stigning i antal af prøvefelter med sphagnum fra 43 % i 1996 til 71 % i 2012.
- Ved alle prøvefelter, der indeholder sphagnum, og hvor der ikke er sket genplacering af feltet i 2012, ses der en stigning i dækningsgraden af sphagnum fra 2000 til 2012.
- Den kraftige stigning i frekvensen af prøvefelter med sphagnum samt andre mindre ændringer i vegetationssammensætningen fra 2000 til 2012 kan være effekter af genopretningen i 2008-2009.

9.7 Opsamling på vegetationsanalyse

Generelt er der set en positiv ændring i vegetationssammensætningen fra 1996-2012. Ved de fleste transekter afspejler vegetationen, at der er sket forbedringer i fugtighedsforholdene og vækstmulighederne for sphagnum i perioden 2000-2012. Dette skyldes sandsynligvis de implementerede genopretningstiltag i 2008-2009. De vigtigste hovedkonklusionerne omkring de enkelte transekter ses af tabel 9.22, og i det følgende vil der blive kommenteret på de rumlige variationer i vegetationen i Portlandmosen.

Tabel 9.22: Hovedkonklusioner for de enkelte transekter

Transekt 3a <ul style="list-style-type: none"> - Nyopvækst af birk i 50 % af prøvefelterne i 2012. - Udvikling mod fugtigere forhold gennem hele perioden. - Stabil frekvens af sphagnum på 25 % indtil stigning til 50 % i 2012. - Genopretningstiltag i 2008-2009 kan ses af vegetationssammensætning. - Genopretningstiltag har haft størst effekt nær gravebane 12. 	Transekt 3b <ul style="list-style-type: none"> - Dunbirk i 20 % af prøvefelterne i 2012. - Højlearter ved 3b-30. - Tørreste forhold ved gravebane 13. - Sphagnumfrekvensen stabil på 20 % gennem hele perioden. - Markant fremgang i sphagnumdækningsgrad gennem perioden til 95 % i 2012 ved 3b-30. - Mindre indikationer på større fugtighed efter genopretning i 2008-2009. - Genopretningstiltag har haft størst effekt nær gravebane 12.
Transekt 12a <ul style="list-style-type: none"> - Dunbirk i 25 % af prøvefelterne i 2012. - Tørreste forhold ved gravebane 12. - Frekvensen af sphagnum har været stabil på 75 % siden 1998/99. - Ingen tydelige ændringer i vegetation som kan indikere genopretningen i 2008-2009. 	Transekt 12b <ul style="list-style-type: none"> - Dunbirk i 29 % af prøvefelterne i 2012. - Begrænset udvikling i fugtighedsforhold. - Tørreste forhold ved gravebane 13. - Frekvensen af sphagnum har været stabil gennem hele perioden på 29 %. - Ingen tydelige ændringer i vegetationen som følge af genopretning i 2008-2009.
Transekt 20a <ul style="list-style-type: none"> - Dunbirk i 75 % af prøvefelter i 2012. - Tørreste forhold ved gravebane 10/11. - Frekvensen af fugtighedskategorier stabil. - Svingende sphagnumfrekvens (0-50%). - Kun mindre udvikling i vegetationen som følge af genopretningstiltag. - Genopretningstiltag har haft størst effekt nær gravebane 12. 	Transekt 20b <ul style="list-style-type: none"> - Dunbirk i 43 % af prøvefelterne i 2012. - Højlearter observeret gennem hele observationsperioden. - Fugtigere forhold kan observeres ved 86 % af prøvefelterne. - Tørreste forhold mod gravebane 13. - Stigning i sphagnumfrekvens fra 43 % til 71 % gennem perioden. - Stigning i sphagnumfrekvens kan skyldes genopretningstiltag.

Ellenberg-F værdierne beregnet for hele portlandmosen er bestemt til 7,77 i år 2012. Området vurderes derfor at være nær det karakteristiske for en højmose. Interessant er det, at der ikke kan ses nogen udvikling i Ellenberg-F værdien gennem observationsperioden fra 1996-2012, da værdien for 1996 er 7,78.

Der er en klar variation i Ellenberg-F værdien mellem prøvefelterne langs hvert transekt. I år 2012 har alle prøvefelterne tættest på gravebanerne 10/11, 12 og 13 en lavere Ellenberg-F værdi end prøvefelterne længere inde på højmosen. Undtagelsesvis er dog prøvefelterne 20b-0 og 20b-180, som er tættest på henholdsvis gravebane 13 og 12, som ikke har en lavere værdi end prøvefelterne længere inde på højmosen. Ellenberg-F værdierne indikerer dermed, at der i nærheden af

gravebanerne er tørre forhold, hvilket også er forventeligt pga. de identificerede gradienter i vandspejlet mellem højmosen og gravebaner.

Ellenberg-F værdien for transekterne viser, at transekt 20a og 20b er de mest fugtige, mens transekt 3a og 3b er tørrest. Der er dog kun tale om en forskel på 0,8 i værdierne fra det mest fugtige til det tørreste transekt. Dette viser dermed ikke det forventede, da gravebanerne forventes at have større indvirkning i den sydlige del end den nordlige del.

Det er ved ingen af transekterne lykkedes at hæve vandspejlet tilstrækkeligt til at forhindre opvæksten af Dunbirk. Da hele Portlandmosen blev ryddet for trævækst i 2008-2009, kan frekvensen af prøvefelter med Dunbirk i 2012 anvendes som en parameter for, hvor træarten trives bedst. Den største frekvens i 2012 ses ved transekterne 3a (50 %), 20a (75 %) og 20b (42,9 %). Ved de øvrige transekter forekommer Dunbirk i 20-29 % af prøvefelterne. Den høje frekvens af prøvefelter med Dunbirk ved transekt 20a og 20b afspejler dermed ikke samme variationer i fugtighedsforholdene som Ellenberg-F, men i højere grad variationerne i det opmålte øjebliksbillede af vandspejlet.

1996-2012 er der observeret Dunbirk ved alle prøvefelterne, som ligger tættest på gravebanerne med undtagelse af 12a-90. Desuden ses det, at der ved transekterne 3b og 20b gennem tidsperioden, aldrig er observeret Dunbirk på selve højmosen. Ved de øvrige transekter er der dog også registreret Dunbirk længere inde på højmosen. Gravebanernes indvirkning på opvæksten af dunbirk ses også i år 2012, hvor der i 58 % af de prøvefelter, som ligger nærmest en gravebane, er blevet observeret Dunbirk. For gravebane 10/11 og 13, indeholder hele 83 % af prøvefelterne Dunbirk. Af de resterende prøvefelter, som er placeret mere centralt på højmosen, er dette kun tilfældet for 26 %.

Vegetationssammensætningen indikerer, at der er sket mindre forbedringer i de hydrologiske forhold. Der forekommer tue-karakteristiske arter i 100 % af prøvefelterne, dog er der sket en stigning i de arter, som er karakteristiske for fugtigere forhold generelt set i Portlandmosen. Der forekommer bl.a. højmosekaraktiske arter i 10 % af alle prøvefelterne i Portlandmosen i 2007 og 2012, mens disse arter forekom i 6 % fra 1996 til 2000. Da højmosen kan udgøre 50 % af et højmosereale vurderes det, at der stadig er mulighed for forbedringer i vegetationssammensætningen.

Vegetationen afspejler de mest fugtige forhold ved transekterne 3b og 20b, da dette er de eneste transekter, hvor der er registreret højmosearter. Ved to ud af de tre prøvefelter med højmosearter, er dækningsgraden af disse arter stigende (20b-60) eller forholdsvis stabil (3b-30), mens den er faldende ved det sidste prøvefelt (20b-120). Ved de øvrige transekter er der hverken registreret overgang-, overgang/højmose- eller højmosearter, og der er ikke klare indikationer i vegetationssammensætningen på hvilke af transekterne, der har de tørreste forhold. Da frekvensen af de forskellige fugtighedskategorier er forholdsvis stabile ved de fleste af transekterne, er det svært at udpege, ved hvilket transekt den største udvikling ses.

Ved de østlige transekter 3b, 12b og 20b afspejler vegetationen de tørreste forhold ved prøvefeltet tættest på gravebane 13, hvilket vidner om, at gravebanen har stor indflydelse på afstrømningen fra højmosen. Dette var også forventeligt pga. den forholdsvis store gradient på vandspejlet mellem denne og højmosen. Ved de vestlige transekter 12a og 20a ses de tørreste forhold ved prøvefelterne nærmest ved henholdsvis gravebane 12 og gravebane 10/11. Ved 3a ses der ikke mere tørre forhold nær gravebanerne.

Der er også registreret en positiv udvikling i frekvensen af prøvefelter med sphagnum, da der i 1996 er registreret sphagnum i 29 %, mens sphagnum er registreret i 45 % i 2012. Den fundne frekvens i 2012 er også forventelig, da et vandspejl på 10-20 cm fra terrænoverfladen, som der forekommer i Portlandmosen i 2010-2011, vil medføre at sphagnum forekommer på 25-70 % af arealet. De dominerende sphagnumarter er *S. Magellanicum* og *S. Rubellum*. Dette er også de arter som kunne forventes at være dominerende på baggrund af vandspejlets placering. Der er registreret sphagnum ved alle transekter, og de transekter, hvor der er registreret sphagnum i flest prøvefelter i 2012 er 3a (50 %), 12a (75 %) og 20b (71 %). Ved de øvrige transekter er der registreret sphagnum i 20-29 % af felterne. Den store frekvens af prøvefelter med sphagnum ved 3a og 20b er ikke overraskende, da dette også er de to prøvefelter, hvor artssammensætningen indikerer de mest fugtige forhold. Interessant er det dog, at den største frekvens af felter med sphagnum er fundet ved transekt 12a, hvor artssammensætningen generelt set ikke afspejler særlig stor fugtighed. Dog er dette transektet, hvor den gennemsnitlige afstand fra terræn til vandspejl er mindst og dermed det transekt, hvor der burde være de bedste betingelser for sphagnumvækst.

Der er registreret en stigning i frekvensen af prøvefelter, som indeholder sphagnum ved tre af transekter (3a, 12a og 20b), mens frekvensen har været stabil ved to transekter (3b og 20b). Ved transekt 20a er der registreret både fald og stigning i perioden 1996-2012. Det transekt, hvor der er sket den største udvikling i frekvensen af prøvefelter med sphagnum fra 1996 til 2012 er transekt 20b, som også er det transekt, hvor vegetationen afspejler den største udvikling i fugtighedsforholdene. Ved 3a og 20b er der registreret stigninger fra 2000 til 2012, hvilket kan afspejle forbedrede hydrologiske forhold som følge af genopretningen i 2008-2009. Ved 75 % af de prøvefelter, hvor der er registreret et sphagnumdække på > 1 %, er der registreret en stigning i dækningsgraden gennem observationsperioden.

Fra 1996 til 2012 har der aldrig været registreret sphagnum i 66,6 % af prøvefelterne nærmest gravebanerne, mens dette er tilfældet for 36,8 % af de resterende prøvefelter. Dette viser, at sphagnumvæksten har sværere betingelser nær gravebanerne. Betingelserne synes, at være dårligst ved gravebane 13 og den vestlige del af gravebane 12, da der ved ingen af prøvefelterne, nærmest disse, på noget tidspunkt har været sphagnum tilstede. Forholdsvis svære betingelser ses også ved gravebane 10/11, hvor der aldrig har været registreret sphagnum ved 3a-90 og 20a-90. Bedst betingelser nær gravebanerne, forekommer på den østlige side af gravebane 12, hvor der gennem tidsperioden har været registreret sphagnum ved både 12b-180 og 20b-180. At sphagnummosserne har sværere vækstbetingelser kan både skyldes de dårligere hydrologiske forhold eller de højere næringskoncentrationer ved gravebanerne. Af næringsstofferne forventes N at være af størst betydning, da de højere koncentrationer af Ca^{2+} og Mg^{2+} ved gravebane 12 ikke ser ud til at have særlig indvirkning på, om der er sphagnumvækst eller ej. De højere næringsstofkoncentrationer nær gravebanerne skyldes med stor sandsynlighed en stor gradient mellem vandspejlet i gravebanerne og på højmosen, som skaber en større aerob zone og dermed en større mineralisering. Dette viser, at det vigtigste i forbindelse med genopretning af Portlandmosen, og andre højmosearer uden grundvandsindtrængning og med en atmosfærisk deposition af samme størrelse, er forbedring af hydrologien.

10. Refleksion over anvendte feltmetoder

Da dette projekts vegetationsanalyse bygger på data fra 1996-2012, har projektgruppen kun selv indsamlet data for år 2012. For at kunne lave en analyse af udviklingen gennem tid har det derfor også været nødvendigt, at benytte samme undersøgelsesdesign, som Nordjyllands Amt og Miljøcenter Aalborg benyttede ved de tidligere udførte undersøgelser. Fordelen ved at anvende samme undersøgelsesdesign er, at dataene mellem de forskellige år kan sammenlignes stort set uden forbehold. Gennem udførelsen af vegetationsundersøgelserne og den efterfølgende analyse af dataene, er det dog blevet klart for projektgruppen, at undersøgelsesdesignet på nogle punkter ikke er optimalt og dermed vil kunne forbedres. I denne forbindelse bør det nævnes, at baggrunden for nogle af de foreslåede forbedringer er den måde hvorpå, projektgruppen har valgt at analysere dataene.

Dækningsgrad

Som nævnt i afsnit 7.1.2, er måden hvorpå dækningsgraden inden for det enkelte prøvefelt bestemmes problematisk, da den i høj grad er præget af subjektivitet. Det vurderes vigtigt, at kunne dokumentere udviklingen inden for det enkelte prøvefelt, da sphagnum hovedsageligt spredes fra eksisterende bevoksninger og forholdsvis langsomt.

Et alternativ til dækningsgradsbestemmelsen kunne være fotodokumentation. Ved at sammenligne fotos fra samme dokumentationsfelt fra forskellige år vil ændringer i vegetationsdækket dermed kunne identificeres. Denne metode er dog ikke uproblematisk, da tuearterne, som nævnt i afsnit 7.1.1, vil kunne forekomme i flere niveauer, mens hovedparten af mosserne eksempelvis kun findes i ét niveau helt tæt ved jordoverfladen. Nogle arter vil derfor med stor sandsynlighed ikke kunne identificeres, da de befinder sig under de højere dværgbuske.

En anden måde hvorpå subjektiviteten af dækningsgraderne vil kunne mindskes er ved at opstille kategorier inden selve undersøgelsen foretages. Mest optimalt bør dækningsgraden vurderes på baggrund af pinpoint-metoden, hvor prøvefeltet inddeles i et kvadratnet med en bestemt maskestørrelse, og herefter vurderes det, hvor mange gange den enkelte art forekommer i kvadratnettes skæringspunkter. På baggrund af dette, kan det udregnes, i hvor mange procent af skæringspunkterne den pågældende art forekommer (Petersen og Vestergaard 2006, s. 44-45).

Analyseparametre

I forbindelse med projektets analyser er dækningsgraden af vegetation, der er karakteristisk for forskellige fugtighedsforhold vurderet. Som nævnt i afsnit 7.1.1, er denne dækningsgrad beregnet ved at summere de enkelte arters dækningsgrad inden for de forskellige fugtighedskategorier. Da især tuearterne kan forekomme i flere niveauer, mens mosserne kun forekommer i ét niveau, giver dette ikke et reelt billede af hvor stor en del af prøvefeltet, der udgøres af de forskellige fugtighedskategorier. Derfor burde dækningsgraderne af de forskellige kategorier have været vurderet i felten i stedet for at være beregnet ud fra de enkelte arters dækningsgrad.

Det er valgt at supplere de tidligere undersøgelser med undersøgelser af vandspejlshøjden og jordvandets kemiske sammensætning. Som det ses af afsnit 9.7, har dette gjort det muligt at vurdere årsagen til variationer i vegetationssammensætningen på højmosen. Det bør derfor overvejes, om disse parametre også bør indgå i forbindelse med evt. fremtidige undersøgelser i Portlandmosen eller undersøgelser i nogle af de øvrige højmossearealer. Erfaringer viser desuden, at der kan gå lang tid fra

implementering af genopretningstiltag i mose- og engarealer til indvandringen af de karakteristiske arter (Sand-Jensen og Vestergaard 2007, s. 158-160). Undersøgelser af vandspejlshøjden og jordvandets kemi vil derfor kunne påvise, om de rette fysiske og kemiske forhold er tilstede til, at der med tiden kan indfinde sig den ønskede vegetation.

Som et led i vurderingen af de rumlige variationer i fugtigheden i Portlandmosen er der beregnet Ellenberg-F værdier for alle prøvefelter. Ifølge disse er transekt 3a og 3b de tørreste transekter, mens 20a og 20b er de mest fugtige. Ellenberg-F er en generel skala, der ikke er udarbejdet til at vurdere forskelle i fugtighed inden for det snævre interval for højmosearaler. Det er derfor valgt også at lave en analyse af frekvensen og dækningsgraderne af forskellige kategorier for fugtighed af karakteristiske højmosearter. Gennem disse analyser er de mest fugtige forhold identificeret ved transekterne 3b og 20b, hvilket derfor ikke er sammenfaldende med resultaterne af Ellenberg-F værdierne. Dette kan være en indikation på at Ellenberg-F ikke er egnet til at beskrive variationerne inden for en så snæver del af fugtighedsskalaen. Dog afspejlede Ellenberg-F de tørrere forhold som findes nær gravebanerne. Da analyserne på baggrund af fugtighedskategorierne viser tendenser, som kan forklares på baggrund af vandspejls variationerne, vurderes det at Ellenberg-F ikke bør stå alene i vurderingen af fugtighedsforholdene i højmoser, og optimalt bør vurdering foretages på baggrund af de i projektet opstillede fugtighedskategorier.

Placering af prøvefelter

De enkelte transekter er baseret på en række prøvefelter (4-7) med 30 m mellemrum. Den faste afstand gør, at subjektivitet i udvælgelsen af prøvefelter undgås. Den faste afstand mellem hvert prøvefelt kan dog være problematisk, da vegetationen på højmosen hverken er homogen eller følger en fast økologisk gradient, men en relativ systematisk mosaikstruktur af tuer og høljer (Petersen og Vestergaard 2006, s. 41). Tuerne kan have en størrelse på op til 50 m², mens høljerne kan nå en størrelse på ca. 20 m². Tuerne vil derfor typisk have en større udbredelse end høljerne. Mosaikstrukturen, størrelsen af tuer og høljer samt afstanden på 30 m mellem hvert prøvefelt på 1 m² gør, at der er sandsynlighed for at der muligvis kun er tueprofiler repræsenteret i prøvefelterne. Dermed kan der opstå et misvisende billede af de generelle forhold i højmosen. Under vegetationsundersøgelsen synes det, at prøvefelterne hovedsageligt er repræsenteret af tueprofiler, mens der mellem flere af prøvefelterne blev observeret fugtige lavninger med karakteristisk høljevegetation.

En alternativ metode ville være at udvælge prøvefelterne således, at der indgår både tue-, overgangs- og høljeprofiler i en andel, som er repræsentativ for transektet. På denne måde ville det også være muligt at identificere, hvor de største ændringer i vegetationen er sket, som følge af en genopretning. Eksempelvis indikerer vegetationsundersøgelsen, at der er sket en udvikling mod fugtigere forhold, men kun enkelte af prøvefelternes vegetations sammensætning indikerer meget fugtige forhold. Det vurderes dog at være svært at udvælge andelen af profiler repræsentativt for højmosen, som derved kan give et forvrænget billede af højmosens forekomst af tuer og høljer.

Rumlig og tidslig skala

Når undersøgelsesdesignet for opfølgning af genopretningstiltag udarbejdes er det vigtigt at have kendskab til de rumlige og tidslige skalaer for de processer, som genopretningstiltagene sætter i gang (Turner et al. 2001, s. 38). Ifølge Riis et al. (2004, s. 29-32) vil genopretningsperioden være afhængig af hvor tidligt i forløbet vandspejlet hæves, samt hvilket næringsniveau det pågældende højmosereale har. I Portlandmosen er vandspejlet hævet tidligt i processen. Vurderingen af næringsforholdene

foretages typisk på baggrund af nogle forskellige parametre. Den eneste af disse som er kendt for Portlandmosen er pH, og denne indikerer umiddelbart, at Portlandmosen er en næringsfattig – middel-næringsrig mose. Det kan derfor forventes, at der vil ske en indvandring af sphagnum indenfor 10-100 år efter genopretningen, og at en egentlig højmosse vil være genoprettet efter 200-300 år.

På grund af denne lange tidshorisont, er det vigtigt, at have indblik i de skalaer som processerne finder sted på, hvis der skal være mulighed for at identificere, om der er sket forbedringer indenfor en kortere tidsperiode. Det er kun 14 år siden de første genopretningstiltag i Portlandmosen blev gennemført, og det er 4-5 år siden den omfattende genopretning fandt sted. Det er derfor særligt vigtigt, at undersøgelsesdesignet er tilpasset efter dette, da der stadig vil gå lang tid før de samlede effekter kan ses. En af de parametre, som er tillagt stor betydning i forbindelse med undersøgelsen af genopretningstiltagenes effekter i Portlandmosen er forekomsten af sphagnum. Den gennemsnitlige vækst for en sphagnumbevoksning er 3,6 cm pr. år, når den ikke vokser side om side med andre sphagnumbevoksninger. Hvis det antages, at denne væksthastighed er gældende i Portlandmosen vil sphagnumbevoksningerne have vokset med 57,6 cm fra 1996 til 2012. Ligger en sphagnumbevoksning længere fra et prøvefelt end 57,6 cm, vil dennes vækst derfor ikke blive registreret i forbindelse med observationsperioden. I undersøgelsesdesignet er det valgt at have en afstand på 30 m mellem prøvefelterne. Hvis det antages, at en sphagnumbevoksning ligger midt mellem to prøvefelter, kan den derfor ikke forventes at kunne registreres i de to nærliggende prøvefelter før efter 52-53 år. Hvis en sphagnumbevoksning midt mellem to prøvefelter skulle kunne identificeres indenfor en periode på 16 år, vil afstanden mellem disse ikke skulle være mere end 9-10 m. På trods af at der er registreret en fremgang i frekvensen af prøvefelter, som indeholder sphagnum kan det dog formodes, at der vil have været set en større udvikling, hvis prøvefelterne havde været placeret med en kortere afstand. Havde der været kortere afstand mellem felterne, vil det desuden have medført et større antal af prøvefelter, som kunne give et bedre datagrundlag for frekvensanalyserne, som derfor også ville være behæftet med mindre usikkerhed. På denne baggrund kan det også formodes, at dette projekts resultater kunne have vist en større positiv udvikling, hvis arterne i 2x2 m feltet også var blevet undersøgt, og inddraget i analysen.

11. Diskussion af hydrologiforbedrende tiltag i LIFE+ projektet

I afsnit 9.7 blev det klart, at genopretningen af hydrologien er det vigtigste, hvis potentialet for tørvedannelsen i Portlandmosen skal forbedres. Dette kan også forventes at være tilfældet ved mange af de øvrige højmosesearealer i Lille Vildmose. I det følgende vil de planlagte LIFE+ tiltag, som har fokus på hydrologi derfor blive diskuteret.

Det er interessant, om de planlagte tiltag i LIFE + projektet vil kunne forbedre hydrologien i de højmoseområder, hvor de største hydrologiske problemer er identificeret. I Lille Vildmose er de hydrologiske forhold meget komplicerede, hvilket besværliggør vurderingen af de planlagte tiltags effekter. Under normale omstændigheder vil afstrømningsforholdene i den mættede zone kunne vurderes på baggrund af grundvandspotentialerlinjer (GEUS u.å.). Dette er imidlertid ikke muligt i højmoseområder pga. det svært permeable tørvelag, der adskiller de hydrologiske forhold i højmosen fra grundvandet. En anden tilgang til at vurdere afstrømningsforholdene er opmåling af vandspejlshøjden i vandløb og drækanaler i området, som modtager det afstrømmende vand fra højmosen. Under normale omstændigheder vil dette kunne anvendes til at vurdere beliggenheden af vandspejlet i områder, hvor der ikke er særlige mange boreringer (Riis 2005, s. 67). Denne metode til vurdering af vandspejlsforholdene i Lille Vildmose er imidlertid heller ikke optimal. Som nævnt i afsnit 4.4, er der flere steder i Lille Vildmose foretaget opstemninger og indsat membraner for at mindske afstrømningen.



Figur 11.1: Stationer og terræn i Lille Vildmose (Miljøministeriet et al. u.å. a, Riis et al. 2004, figur 1, Riis 2007, s. 6, ophavsrettigheder: COWI, Copyright, Kort & Matrikelstyrelsen G 24-98, Miljøministeriet 2012).

i Lille Vildmose foretaget opstemninger og indsat membraner for at mindske afstrømningen.

Vandspejlshøjde i vandløbene og dræningskanalerne nær disse tiltag uden for højmosedområderne kan derfor forventes at være blevet mindsket og afspejler dermed ikke de reelle forhold. Det lavere vandspejl betyder ikke, at afstrømningen især vil ske mod disse vandløb og dræningskanaler, da opstemningerne og membranerne vil forhindre dette. Under antagelse af at den hydrauliske ledningsevne ikke varierer i Lille Vildmose, vil landskabets konturer kunne anvendes til vurderingen af afstrømningsforholdene i højmosen.

Som beskrevet i afsnit 4.2, er flere områder i Lille Vildmose tidligere blevet drænet med den konsekvens, at tørvelagene har sat sig, hvilket medfører en reduktion af den hydrauliske ledningsevne. Det kan derfor forventes, at der er rumlige variationer i den hydrauliske ledningsevne i Lille Vildmose. Desuden er det sandsynligt, at det svært permeable tørvelag i nogle områder er ødelagt således, at der vil være kontakt til grundvandet og at de terrænmæssige forhold, derfor ikke er tilstrækkelige til at beskrive afstrømningsforholdene (Riis 2007, s. 43).

På baggrund af ovenstående vurderes det, at den bedste metode til vurdering af afstrømningsforholdene i Lille Vildmose er med udgangspunkt i landskabets konturer og de allerede implementerede tiltag. Det er kun afstrømningen fra selve højmoserealerne, der vurderes, da det formodes, at der ikke er store rumlige variationer i den hydrauliske ledningsevne inden for de aktive højmoseflader, mens det forventes, at der kan være store variationer inden for Lille Vildmose.

Da tre ud af fire stationer på højmoserealerne med et vandspejl periodisk ≥ 50 cm fra terrænoverfladen forekommer i Tofte Mose, vurderes det, at fremtidige tiltag bl.a. bør koncentreres her. I forbindelse med LIFE + projektet er der også planlagt tiltag for forbedringen af hydrologien i Tofte Mose, jf. afsnit 4.5. På baggrund af konturerne i landskabet (se figur 11.1), og at der ikke er implementeret særlige tiltag for at mindske afstrømningen fra højmosens nordøstlige kant, kan det formodes, at afstrømningen fra station natur015 sker mod nord (Riis 2012, s. 11). En genskabelse af Birkesø samt etableringen af diger med membraner i nordøst kan derfor forventes at have en positiv indflydelse på hydrologien i området. Den planlagte etableringen af diger med membraner i nordvest kan sandsynligvis forbedre hydrologien nær station natur013 således, at der i fremtiden ikke vil forekomme uger med vandspejl på ≥ 50 cm fra terrænoverfladen. Baggrunden for denne formodning er, at Smedie-fenner lige nord for station natur013 ligger lavere i terrænet, jf. figur 11.1, og at der ikke er udført tiltag for at mindske afstrømningen i dette område, udover en afskæring af en gravebane ind i Tofte mose (Riis 2012, s. 11). På nuværende tidspunkt er udstrækningen af membranen ikke endeligt fastlagt (Poulsen 2012 & Riis 2010, s. 13). Det nuværende forslag er ikke at etablere en membran på hele strækningen mellem Tofte Mose og Smedie-fenner, og dermed kan de planlagte vandspejlshævninger i Purker-fenner og Smedie-fenner også forventes at få positiv indvirkning ved stationen, da det vil mindske gradienten mellem fennerne og højmosen. Hvor stor en indflydelse de nævnte tiltag vil have på hydrologien nær station natur001 er svært at vurdere, da afstrømningen på baggrund af terrænet formodes at være mod vest mod Haslevgårde Å. Da dataperioden for denne station hovedsageligt dækker 2008, kan der imidlertid også allerede være sket forbedringer, da der i 2009-2010 er isat plastspunsvægge i de bredeste grøfter fra Tofte Mose til Haslevgårde Å, og der blev opstemt grøfter i den veslige del i 2010, jf. tabel 4.1 .

Et af de planlagte tiltag i LIFE+ projektet er at hæve vandspejlet i Høstemark Mose. Ved station natur002, der er beliggende i højmosens laggzone, er der i 2010 registreret et vandspejl ≥ 50 cm fra terrænoverfladen i 37 uger i år 2010. På baggrund af stationen er det dog ikke muligt, at vurdere hydrologien på selve højmosefloden. Implementeringen af tiltaget vil sandsynligvis give bedre

vækstmuligheder for sphagnum nær natur002, men det vil være nødvendigt at foretage en monitorering af vandspejlet på selve højmossefladen gennem en længere periode, for at kunne vurdere om tiltaget vil skabe bedre forhold her, eller om forholdene allerede er fornuftige.

I forbindelse med LIFE+ projektet er det også planlagt at hæve vandspejlet i Porsemosen. Vækstmulighederne for sphagnum vurderes dog allerede at være gode, da der hverken i år 2008, 2009 eller 2010 har været uger, hvor vandspejlet har været ≥ 50 cm fra terrænoverfladen. Betragtes figur 6.3 ses det, at maks vandspejlet ligger ca. 20 cm fra terrænoverfladen. En hævnings af vandspejlet vil derfor kunne give bedre vækstbetingelser for de sphagnumarter, der er karakteristiske for højmosserne samt reducere mineraliseringen. Formålet med vandspejlshævningen er imidlertid også at bevare den højmossevegetation, der allerede er tilstede. I forbindelse med LIFE+ projektet er det desuden planlagt at fælde træer og buske for at mindske fordampningen fra området (Naturstyrelsen 2011 c).

Formålet med vandspejlshævningerne i de sydlige Mou-fenner, Smedie-fenner og Purker-fenner er at mindske mineraliseringen af det tilbageværende tørvelag og desuden skabe muligheder for, at der på længere sigt igen kan skabes højmose (Naturstyrelsen 2011). Uden spredning af sphagnum kan genindvandringen af sphagnummosserne ske meget langsomt, da etablerede bevoksninger gennemsnitligt kan spredes 3,6 cm pr. år. Genvækst kan dog også ske fra sporer i jorden eller spredt fra andre højmossearealer, dog er spiringen typisk dårlig på tørvejerde (Rydin et al. 2006, s. 74). I store dele af både Mou-fenner, Smedie-fenner og Purker-fenner har tørveafgravningen efterladt området med meget lidt eller ingen højmossetørv. Dette bevirker også at tidshorisonten for at genoprette en aktiv højmose vil være omkring 200-300 år, under de bedste forudsætninger. Dele af Purker-fenner er tidligere både gødsket og merglet, hvilket gør, at jorden er næringsrig, og etableringen af højmossevegetationen vil derfor tage endnu længere tid her (Riis et al. 2004, s. 30-33 og s. 67-72).

Det eneste højmosseareal hvor der ikke er planlagt vandspejlshævninger, er i Portlandmosen. På baggrund af figur 6.3 ses det, at den stigende tendens i vandspejlet er ved at stabiliseres med at årligt maks. vandspejl omkring 15 cm fra terrænoverfladen. Det kan derfor undre, at der ikke er planlagt yderligere tiltag for at hæve vandspejlet, som i Porsemose, hvor det årlige maks. vandspejl kun er en smule lavere. Desuden er det også det højmosseareal, hvor der kræves den mindste vandspejlsstigning for at opnå et vandspejl ≤ 10 cm fra terrænoverfladen, jf. figur 6.3. I Portlandmosen er der imidlertid allerede implementeret en række tiltag. Der er bl.a. foretaget vandspejlshævninger i alle gravebaner og grøfter samt indbygget en 650 m bred PE-membran, der forhindrer afstrømning i højmosens nordlige ende (Riis 2012, s. 9). Udelukkende på baggrund af vandspejlsudviklingen og de allerede gennemførte tiltag i Portlandmosen er det svært at vurdere hvilke tiltag, der vil kunne medføre en yderligere vandspejlsstigning. I forbindelse med LIFE+ projektet er der dog planlagt fældning af træer og buske for at mindske fordampningen og derigennem skabe bedre hydrologiske forhold i Portlandmosen. Der er desuden planlagt vandspejlshævninger i de sydlige Mou-fenner, hvilket kan reducere en eventuel gradient på vandspejlet mellem de to områder, og dermed mindske afstrømningen fra højmosen (Naturstyrelsen 2011 c).

Som det ses af ovenstående er der planlagt vandspejlshævninger på stort set alle højmossearealer. Vigtigst vurderes gennemførelsen af tiltagene i den nordlige del af Tofte Mose, hvor de hydrologiske forhold er de ringeste. På trods af at det i Natura 2000 planen for Lille Vildmose er formuleret, at *"Udvidelse og genopretning af den aktive del af højmosen har højeste prioritet i dette område"*

(Naturstyrelsen 2011 d, s. 29), kan det diskuteres om genopretningen af selve højmossearealerne ikke bør have højere prioritet end vandspejlsshævningen i Mou-fenner, Smedie-fenner og Purker-fenner, da naturtypen aktiv højmose allerede forekommer her.

En grundigere vurdering af de planlagte tiltags effekt samt en prioritering af disse vil kræve en mere detaljeret viden omkring hydrologien i området. Det vil derfor være nødvendigt at opsætte flere vandstandsloggere – både indenfor højmossearealerne og i det omkringliggende landskab. Dette, sammenholdt med de allerede implementerede tiltag i området, vil kunne benyttes til at vurdere afstrømningsforholdene i området, og dermed være baggrunden for planlægningen af fremtidige tiltag. Desuden viser resultaterne fra dette projekt at vurderingsgrundlaget kan forbedres ved at foretage undersøgelser af vegetation, kemiske parametre og variationer i vandspejlskote og terrænkote på højmossefladen og i de omkringliggende grøfter og gravebaner.

11.1 Fremtidige tiltag i Portlandmosen

Vandspejlsmålingerne fra Portlandmosen viser, at vandspejlet på intet tidspunkt er ≤ 10 cm fra terrænoverfladen. Derfor vil hele Portlandmosen gavnes af implementeringen af tiltag med fokus på at hæve vandspejlet. Dog ses der, som følge af de allerede implementerede tiltag, et øget potentiale for tørvedannelse. Hvis der skal foretages yderligere hydrologiforberedende tiltag i Portlandmosen, vurderes det, at være mest relevant at mindske afstrømningen til gravebanerne – især i den sydlige del nær gravebane 10/11 og 13. Det ses af figur 11.2, at samtlige tværgrøfter mod gravebanerne er opstemt for at mindske afstrømningen.

På baggrund af resultaterne er det blevet klart, at vegetationen er negativt påvirket i nærheden af gravebanerne. Sphagnumarterne er registreret i en markant mindre frekvens af prøvefelter nær gravebanerne i forhold til prøvefelter placeret centralt på højmossefladen. Yderligere ses det, at tilstedeværelsen af Dunbirk også er tæt forbundet med gravebanerne, således at disse forekommer oftere i prøvefelter nær gravebanerne. Det er også blevet klart, at forklaringen på de bedre vækstbetingelser for Dunbirk og de dårligere vækstbetingelser for sphagnum er, at disse områder er mindre vandmættede som følge af gradienten mellem højmosseflade og gravebanerne. Dette bevirker en større afstand mellem terrænoverfladen og vandspejlet. En yderligere konsekvens af dette er en større mineralisering, der også forventes at bidrage til bedre vækstbetingelser for Dunbirk og dårligere vækstbetingelser for sphagnum. Det vurderes dog naturligt, at betingelserne for sphagnumvækst er dårligere nær gravebanerne, og betingelserne for Dunbirkevækst er bedre, da områderne kan betragtes som højmosen rand og laggzone.

Hæves vandspejlet i gravebane 10/11 og 13, kan det ikke udelukkes, at der vil forekomme en øget grundvandspåvirkning af højmosen, hvilket vil have en negativ indvirkning (Riis et al. 2004 s. 20-21). Projektets undersøgelser viser, at grundvandspåvirkningen af gravebane 13 er størst i højmosens nordlige del, da både Ca^{2+} - og Mg^{2+} -koncentrationerne i vandprøverne er højst ved transekt 3 og lavest ved transekt 20. Mellem transekt 12 og 20, er der ved tværgrøft 14 indsat en tørvedæmning i gravebane 13, som begrænser den nord-sydgående vandbevægelse, jf. figur 11.2. Dette kan muligvis være grunden til at gravebane 13 ved transekt 20 er mindre grundvandspåvirket. Såfremt indtrængningen af grundvand, i gravebane 13, er kraftigere nord for transekt 3, vil en afskærmning af den nordlige del af gravebane 13 sandsynligvis kunne bevirke en mindre grundvandspåvirkning ved transekt 3 og 12, hvis vandspejlet i gravebanen hæves. Det vil dog kræve en mere præcis undersøgelse, at identificere hvor gravebane 13 er mest grundvandspåvirket.

En anden måde at mindske afstrømningen til gravebanerne på er at implementere vandspejlsforbedrende tiltag nær gravebanerne 10/11 og 13 ved, at opstemme højmoseskanten ud mod de to grundvandspåvirkede gravebaner således, at afstrømningen mod øst og vest besværliggøres. Dette vil bevirke en hævnning af vandspejlet på højmosefloden, uden at vandspejlet i gravebane 10/11 og 13 hæves. Da gravebane 12 ikke viser indikation på at være grundvandspåvirket, vurderes det muligt evt. at implementerer tiltag for at hæve vandspejlet i gravebanen, for at mindske gradienten mellem højmosefloden og gravebanen. En reducere af vandspejlsgradienten ved gravebane 12 vurderes dog ikke at være lige så vigtig som ved gravebane 10/11 og 13.

Vandspejlsudviklingen i Portlandmosen indikerer, at vandspejlsstigningen på baggrund af tiltagene i 2008-2009 er tæt på at nå et stabilt niveau i 2011, hvilket betyder, at en yderligere stigning sandsynligvis kræver flere tiltag. Det forventes dog ikke, at vegetationsudviklingen, på baggrund af vandspejlsshævnningen, endnu har tilpasset sig det højere vandspejlsniveau. Derfor forventes en positiv vegetationsudvikling at fortsætte i den nærmeste fremtid (Sand-Jensen og Vestergaard 2007, s. 158-160). LIFE+ tiltaget med fældning af træer og buske i Portlandmosen, vil forbedre forholdene på kort sigt. Forbedres de hydrologiske forhold ikke tilstrækkeligt, vil det være nødvendigt løbende at foretage trærydning i Portlandmosen for at sikre, at vegetationen på højmosefloden, som følge af træetablering, ikke påvirkes negativt.



Figur 11.2: Implementerede tiltag i Portlandmosen (Riis 2006, bilag 1 og 2).

12. Konklusion

Højmosen er en naturtype, der arealmæssigt er blevet kraftigt reduceret i Danmark gennem det sidste århundrede. De seneste år er fokuset på at bevare højmoserne blevet større, bl.a. gennem Natura 2000. Lille Vildmose er bl.a. blevet udpeget som Natura 2000 område på grund af forekomsten af højmoser og har af LIFE+ modtaget midler til genopretning af området - herunder særligt hydrologiforbedrende tiltag.

I Lille Vildmose er der tidligere blevet implementeret hydrologiforbedrende tiltag. Der er dog ikke fulgt op på, om tiltagene har haft den ønskede effekt på vandspejlsudviklingen, samt hvilken effekt denne har haft på vegetationen. Dette er baggrunden for projektets problemformulering, som lyder:

Er det lykkedes gennem genopretningstiltag at hæve vandspejlet og derigennem skabe bedre betingelser for tørvedannelse i Lille Vildmose, og hvor bør fremtidige tiltag fokuseres?

Vandspejlshævning i Lille Vildmose

Vandspejlsudviklingen er analyseret på baggrund af ni stationer med vandstandsloggere placeret i Lille Vildmose i perioden 29.01.2005-23.03.2011. Ved alle stationer er der registreret en årlig stigning i vandspejlet på 2,55-73,00 mm pr. år. Nettonedbørens stigning gennem hele periode har højst kunnet medføre en vandspejlsstigning på 1 mm. Dermed er det lykkedes gennem genopretningstiltag at hæve vandspejlet i Lille Vildmose. Den største stigning i vandspejlet samt den laveste min. afstand fra terræn til vandspejl i 2010 ses ved natur004, som er beliggende i Portlandmosen. Det kan derfor konkluderes, at den omfattende genopretning i 2008-2009 med formålet om at hæve vandspejlet er lykkedes.

På trods af at det kan konkluderes, at det er lykkedes at hæve vandspejlet ved alle stationerne i Lille Vildmose, er der stadig ikke skabt de mest optimale betingelser for sphagnumvækst og tørvedannelse ved nogen af stationerne, da vandspejlet alle steder er > 10 cm fra terrænoverfladen.

Bedre betingelser for tørvedannelse i Portlandmosen

Om der er skabt bedre betingelser for tørvedannelse, er vurderet på baggrund af, om betingelserne for sphagnumvækst og lav mineralisering er blevet forbedret.

De identificerede gradienter i terræn- og vandspejlskoten fra nord mod syd og mellem højmoseflade og gravebaner, afspejles også i gradienter i mineraliseringen. N-koncentrationerne er højere nær gravebanerne, og der er højere koncentrationer i syd end i nord. Ved alle prøvefelter på højmosefloden er der NO₃⁻-koncentrationer over 0,03 mg/l, hvilket er tegn på en for høj mineralisering eller en for høj atmosfærisk deposition af N.

På selve højmosefloden er pH-værdien indenfor det forventede interval. Denne parameter er derfor ikke en begrænsende faktor for tørvedannelsen på selve højmosefloden. I gravebanerne er værdien højere, hvilket skyldes grundvandsintrængning.

Det vurderes, på baggrund af Ca²⁺- og Mg²⁺-koncentrationerne, at der er ingen eller kun begrænset indtrængning af grundvand på selve højmosefloden. I gravebane 10/11 og 13 er der konstateret indtrængning af grundvand. Der er ikke påvirkninger af grundvand 5-50 m fra

gravebanerne, og grundvandsindtrængningen forventes derfor ikke at påvirke muligheden for tørvedannelsen på selve højmossefladen.

Ellenberg-F viser, at der er tørrere forhold nær gravebanerne end længere inde på højmossefladen ved 5 af 6 transekter. Udviklingen i de opstillede fugtighedskategorier viser, at de hydrologiske forhold flere steder er blevet forbedret gennem observationsperioden og de fleste steder mest markant efter genopretningen i 2008-2009. Frekvensanalysen viser, at der er sket udvikling mod fugtigere forhold ved transekt 3a, 3b og 20b. Desuden viser dækningsgradsanalysen en udvikling mod fugtigere forhold ved 50 % af prøvefelterne ved transekt 20a. De mest fugtige forhold er identificeret ved transekt 3b og 20b, som er de eneste med identificering af arter, som kun er karakteristiske for højmoser. Udviklingen mod fugtigere forhold giver bedre vækstmuligheder for sphagnum og en lavere mineralisering

Af størst betydning for tørvedannelsen er sphagnumvæksten. Fra 1996 til 2012 er frekvensen af sphagnum i Portlandmosen steget fra 29 % til 45 %. Der ses generelt endnu ikke væsentlige forbedringer siden genopretningstiltagene i 2008-2009. Dækningsgraden af sphagnum er gennem hele tidsperioden steget i 75 % af de prøvefelter, hvor sphagnum dækker > 1 % af prøvefeltet. På denne baggrund konkluderes det, at der er skabt bedre betingelser for tørvedannelsen i Portlandmosen. I den nærmeste fremtid, kan det forventes at den største sphagnumudvikling vil ses ved 3a, 12a og 20b, da sphagnumfrekvensen her er betydelig højere end ved de øvrige transekter. Gennem observationsperioden er de dominerende sphagnumarter i Portlandmosen *S. Magellanicum* og *S. Rubellum*, som begge er karakteristiske for tuer, hvilket også kan forventes på baggrund af vandspejlshøjden.

Der er identificeret Dunbirk langs alle transekter, hvilket vidner om, at vandspejlet endnu ikke er hævet tilstrækkeligt til, at artens opvækst forhindres. Det er interessant, at frekvensen af prøvefelter med Dunbirk er større ved prøvefelterne nærmest gravebanerne end på selve højmossefladen, og at det forholder sig omvendt med frekvensen af sphagnum. Årsagen er de dårligere hydrologiske og mere næringsrige forhold nær gravebanerne.

Fremtidige tiltag i Lille Vildmoses højmoser

De hydrologiforberende tiltag i Lille Vildmose bør i fremtiden fokuseres i områder hvor der forekommer et vandspejl ≥ 50 cm fra terrænoverfladen. Den station, hvor der i 2010 forekom flest uger med et vandspejl ≥ 50 cm fra terrænoverfladen var ved station natur002 i Høstemark Mose (37 uger). Stationen er placeret i laggzonen. Det er dermed ikke muligt at vurdere hydrologien på selve højmossefladen på nuværende tidspunkt, og det anbefales at monitorere vandspejlet her. De stationer, hvor der ellers ses længere perioder med et vandspejl ≥ 50 cm fra terrænoverfladen forekommer alle i Tofte Mose; natur001, natur013 og natur015. På baggrund af periodernes længde vurderes det ikke at være problematisk ved natur001 og natur013. Ved natur015 er vandspejlet ≥ 50 cm fra terrænoverfladen i 23 uger i 2010, og en forbedring af hydrologien i dette område kan derfor forventes at give bedre vækstbetingelser for sphagnum. Det anbefales derfor, at der nær disse stationer udføres grundigere undersøgelser for bedre at kunne målrette fremtidige tiltag.

Gravebanernes effekter på højmossefladen i Portlandmosen ses stadig tydeligt, og det kunne derfor være fordelagtigt, at implementere yderligere tiltag for at mindske afstrømningen til disse. Hæves vandspejlet nær disse ikke yderligere, vil det med stor sandsynlighed blive nødvendigt at foretage løbende fældninger af Dunbirk for at mindske deres negative effekt på højmosen.

Litteraturliste

Agerskov og Bisgaard 2000. Agerskov, Ulla og Bisgaard, Margrethe P. 2000. *Statistisk årbog 2000*. Danmarks statistik.

Agerskov og Bisgaard 2011. Agerskov, Ulla og Bisgaard, Margrethe P. 2011. *Statistisk årbog 2011*. Danmarks statistik.

Allen et al. 1998. Allen, Richard G., Pereira, Luis S., Raes, Dirk og Smith, Martin. 1998. *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56*. FAO, Food and Agricultural Organisation.

Arnberg-Nielsen et al. 2000. Arnberg-Nielsen, Karsten, Hvidtved-Jacobsen, Thorkild, Johansen, Niels Bent, Mikkelsen, Peter Steen, Poulsen, Bjarne Kallesø, Rauch, Wolfgang, Schlütter, Flemming. *Stofkoncentrationer i regnbetingede udledninger fra fællessystemer*. Miljøstyrelsen, Miljø- og Energiministeriet.

Bach et al. 2001. Bach, Jørgen, Rikskov, Ulrik og Gravesen, Preben. Oktober 2001. *Udvidet geologi og grundvand 5*. Miljøstyrelsen, Miljø- og Energiministeriet.

Bak og Ejrnæs 2004. Bak, Jesper L. og Ejrnæs, Rasmus. 2004. *EUDANA - EUtrofieri af Dansk Natur, videnbehov, modeller og perspektiver*. Faglig rapport fra DMU nr. 501. Danmarks Miljøundersøgelser, Miljøministeriet.

Berthelsen og Fenger 2005. Berthelsen, Marianne og Fenger, Jes. 2005. *Naturens Kemi - Processer og Påvirkninger*. 1. Udgave. Gyldendal.

Blendstrup 2012. Blendstrup, Helle. Laboratorietekniker ved Institut for Kemi og Bioteknologi. Personlig korrespondance.

Boyle 2004. Boyle, Godfrey. 2004. *Renewable Energy - Power for a sustainable future*. 2. Udgave. Oxford University Press.

Burt og Barber 1996. Burt, James E. og Barber, Gerald M. 1996. *Elementary Statistics for Geographers*. 2. Udgave. The Guilford Press.

Council Directive 79/409/EEC.

http://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/birdsdirective/index_en.htm, set d. 28.05.2012.

Council Directive 92/43/EEC.

http://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/habitatsdirective/index_en.htm, set d. 28.05.2012.

Dahl et al. 2010. Dahl, Mette, Hinsby, Klaus og Refsgaard, Jens Christian. Marts 2010. *GOI typologiens anvendelsesmuligheder - Med fokus på beskyttelse af overfladevand og økosystemer i relation til vand- og naturplaner*. By- og Landskabsstyrelsen, Miljøministeriet.

DMI u.å. Danmarks Meteorologiske Institut. u.å. *Nedbør og sol i Danmark*.

http://www.dmi.dk/dmi/index/klima/klimaet_indtil_nu/nedboer_og_sol_i_danmark.htm, set d. 19.03.2012.

- Ellermann et al. 2010. Ellermann, Thomas, Andersen, Helle Vibeke, Bossi, Rossana, Christensen, Jesper, Løfstrøm, Per, Monies, Christian, Grundahl, Lone og Geels, Camilla. *Atmosfæriske Deposition 2009 - NOVANA*. Faglig rapport fra DMU nr. 801. Danmarks miljøundersøgelser, Aarhus Universitet.
- Ellermann et al. 2011. Ellermann, Thomas, Andersen, Helle Vibeke, Bossi, Rossana, Christensen, Jesper, Løfstrøm, Per, Monies, Christian, Grundahl, Lone og Geels, Camilla. 2011. *Atmosfærisk deposition 2010 - NOVANA*. Videnskabelig rapport fra DCE, Nationalt center for miljø og energi. nr. 2. DCE – Nationalt Center for Miljø og Energiministeriet.
- European Commission 2012. European Commission. 15.03.2012. *LIFE+ (2007-2013)*. <http://ec.europa.eu/environment/life/funding/lifeplus.htm>, set d. 28.05.2012.
- GEUS 2012 a. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland. 2012. *Jupiter, Boring nr. 42. 118*. <http://data.geus.dk/JupiterWWW/borerapport.jsp?dgunr=42.118>, set d. 24.04.2012
- GEUS 2012 b. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland. 2012. *Jupiter, Boring nr. 35.60*. <http://data.geus.dk/JupiterWWW/proeve.jsp?borid=24451&indtagsid=1>, set d. 24.04.2012
- GEUS u.å. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland. u.å. *Grundvandets beliggenhed og strømning*. http://www.geus.dk/viden_om/gv02-dk.html#vg22, set d. 24.04.2012.
- Goldberg 2012. Goldberg, Irina. AGLAJA. Observatør i Portlandmosen år 2007. Personlig Korrespondance.
- Goldberg og Poulsen 2007. Goldberg, Irina og Poulsen, Roar S. 2007. *Vegetationsudviklingen i Portlandmosen 1996-2007*. Miljøcenter Aalborg.
- Gravesen et al. 2004. Gravesen, Peter, Larsen, Carsten Langtofte, Bruch, Walter, Nygaard, Erik, Klitten, Kurt, Kelstrup, Niels og Krüger, Henning. 2004. *Geologi og grundvand*. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen.
- Hansen 2007. Hansen, Poul Evald. 20.01.2007. *Frynset Tørvemos (Sphagnum fimbriatum)*. <http://www.fugleognatur.dk/artsbeskrivelse.asp?ArtsID=3552>, set d. 28.05.2012
- Hansen og Flensted 2009. Hansen, Lene Kjær og Flensted, Aase. 20.02.2009. *Hedelyng (Calluna vulgaris)*. <http://www.fugleognatur.dk/artsbeskrivelse.asp?ArtsID=4079>, set d. 28.05.2012.
- Hansen og Holmen 2010. Hansen, Poul Evald, Holmen, Mogens. 17.01.2010. *Sod-Tørvemos (Sphagnum papillosum)*. <http://www.fugleognatur.dk/artsbeskrivelse.asp?ArtsID=4642>., set d. 28.05.2012.
- Hill 1999. Hill, Mark og Ellenberg, Heinz. Juli 1999. *Ellenberg's Indicator Values for British Plants. Technical Annex (ECOFAC Research Report)*. DETR og Institute of Terrestrial Ecology.
- Hoffmann et al. 2005. Hoffmann, Carl Christian, Nygaard, Bettina, Jensen, Jens Peder, Kronvang, Brian, Madsen, Jesper, Madsen, Aksel Bo, Larsen, Søren E., Pedersen, Morten L., Jels, Tove, Baattrup-Pedersen, Annette, Riis, Tenna, Blicher-Mathiesen, Gitte, Iversen, Torben Moth, Svendsen, Lars M., Skriver, Lars, Laubel, Anker R. 2005. *Overvågning af effekten af reablerede vådområder - Teknisk anvisning fra DMU, nr. 19*. Danmarks Miljøundersøgelser, Miljøministeriet.

- Kort- og Matrikelstyrelsen u.å. Kort- og Matrikelstyrelsen. u.å. *Danmarks højdemodel (DHM)*. <http://www.kms.dk/Emner/Referencenet/dhm/>, set d. 24.05.2012.
- Larsen 1991. Larsen, Troels Romby. *Høstemark - status 1991*. Aage V. Jensens Fonde. Gullander Bogtryk.
- Larsen og Vikstrøm 1995. Larsen, Signe N. og Vikstrøm, Thomas. 1995. *Ferske enge - en beskyttet naturtype*. Skov og Naturstyrelsen, Miljø- og Energiministeriet.
- Miljøministeriet 2012. Jørgen Sivertsen, Naturstyrelsen, Miljøministeriet 2012. Personlig Korrespondance.
- Miljøministeriet et al. u.å. a. Miljøministeriet, KL, Danske Regioner, Den Digitale Taskforce. *Arealinformation*. Danmarks Miljøportal. <http://kort.arealinfor.dk/>, set d. 28.04.2011.
- Miljøministeriet et al. u.å. b. Miljøministeriet, KL, Danske Regioner, Den Digitale Taskforce. *Naturdata*. Danmarks Miljøportal. <http://naturdata.miljoportal.dk/search.aspx>, set d. 23.04.2012.
- Naturstyrelsen 2009 a. Naturstyrelsen. 28.02.2009. *Vildmosen skal holde bedre på vandet: Naturgenopretning i portlandmosen*. <http://www.naturstyrelsen.dk/Naturbeskyttelse/Naturprojekter/Projekter/Himmerland/Portland/>, set d. 15.02.2012
- Naturstyrelsen 2009 b. Naturstyrelsen. *Typiske arter*. <http://www.naturstyrelsen.dk/Naturbeskyttelse/Naturprojekter/Projekter/Fjordlandet/Hoejmoser/Hoejmoser/typiskearter/>, set d. 01.03.2012
- Naturstyrelsen 2010 a. Naturstyrelsen. 2010. *Hvad er Natura 2000?*. http://www.naturstyrelsen.dk/Naturbeskyttelse/Natura2000/Hvad_er_Natura_2000/, set d. 09.02.2012
- Naturstyrelsen 2010 b. Naturstyrelsen. *Natura 2000 - begreberne*. http://www.naturstyrelsen.dk/Naturbeskyttelse/Natura2000/Hvad_er_Natura_2000/N2000_begreberne/, set d. 10.02.2012
- Naturstyrelsen 2011 a. Naturstyrelsen. 2011. *LIFE+ projekt i Lille Vildmose*. <http://www.naturstyrelsen.dk/Naturbeskyttelse/Naturprojekter/Projekter/Himmerland/LIFELilleVildmose/LIFELilleVildmose.htm>. set d. 08.02.2012.
- Naturstyrelsen 2011 b. Naturstyrelsen. 2011. *LIFE + EUs støtteordning for natur og miljø*. <http://www.naturstyrelsen.dk/Naturbeskyttelse/Naturprojekter/Projekttyper/LIFE/>, set d. 09.02.2012.
- Naturstyrelsen 2011 c. Naturstyrelsen 2011. *Delprojekter under LIFE+ Lille Vildmose*. <http://www.naturstyrelsen.dk/Naturbeskyttelse/Naturprojekter/Projekter/Himmerland/LIFELilleVildmose/Delprojekter/>, set d. 10.02.2012.
- Naturstyrelsen 2011 d. Naturstyrelsen. 2011. *Natura 2000-plan 2010-2015 - Lille Vildmose, Tofte Skov og Høstemark Skov Natura 2000-område nr. 17 Habitatområde H18 Fuglebeskyttelsesområde F7*. Naturstyrelsen, Miljøministeriet.
- Nielsen 2012. Nielsen, Asbjørn Haaning. Lektor ved institut for Byggeri og Anlæg på Aalborg Universitet. Personlig korrespondance.

- Olrik 2010. Olrik, Ditte. C. 12.08.2010, *Hvor langt går rødderne ned på de almindelige træer I Danmark?*. Skov- og Naturstyrelsen. <http://www.skovognatur.dk/Kontakt/Brevkassen/VisSpm.htm?ItemId=9202c107-d0e8-4e4c-9fd0-cb209c1554d5>, set d. 17.12.2010
- Petersen 1994. Petersen, Leif. 1994. *Grundtræk af jordbundslæren*. Den kongelige Veterinær- og Landbohøjskole. DSR Tryk.
- Petersen og Vestergaard 2006. Petersen, Peter Milan og Vestergaard, Peter. 2006. *Vegetationsøkologi*. 4. udgave. Gyldendal.
- Pihl et al. 2000. Pihl, Stefan, Søgaard, Bjarne, Ejrnæs, Rasmus, Aude, Erik, Nielsen, Knud Erik, Dahl, Karsten og Laursen, Jens Sund. Oktober 2000. *Naturtyper og arter omfattet af EF-Habitatdirektivet - Indledende kortlægning og foreløbig vurdering af bevaringsstatus*. Faglig rapport fra DMU nr. 322. Danmarks miljøundersøgelser, Miljø- og Energiministeriet.
- Plauborg et al. 2002. Plauborg, Finn, Refsgaard, Jens Christian, Henriksen, Hans Jørgen, Blicher-Mathiesen, Gitte og Kern-Hansen, Claus. April 2002. *Vandbalance på mark- og oplandsskala*. DJF rapport nr. 70, Markbrug. Danmarks JordbrugsForskning.
- Poulsen 2012. Poulsen, Roar S. Park og Natur, Aalborg Kommune. Observatør i Portlandmosen år 1996, 1998/99 og 2000 og projektgruppens kontaktperson i Park og Natur. Personlig Korrespondance.
- Riis 2005. Riis, Niels. November 2005. *Påvirkning af højmosearealer i Lille Vildmose fra afvanding og tørvegravning*. COWI. Aage V. Jensens Naturfond.
- Riis 2006. Riis, Niels. Februar 2006. *Sikring af højmosearealers gunstige bevaringstilstand i Lille Vildmose - Masterplan med skitseprojekt*. COWI. Aage V. Jensens Naturfond.
- Riis 2007. Riis, Niels. Januar 2007. *Naturgenopretning af mellemområdet i Lille Vildmose - Masterplan med skitseprojekt*. COWI. Aage V. Jensens Naturfond.
- Riis 2010. Riis, Niels. *Naturgenopretning af Smedie-fennerne*. COWI. 16.07.2010. Aalborg Kommune, Park og Natur.
- Riis 2012. Riis, Niels. 06.02.2012. *Omfanget af vandstandshævninger i Lille Vildmose*. COWI. Aage V. Jensens Naturfond.
- Riis et al. 2004. Riis, Niels, Hinge-Christensen, Søren og Aaby, Bent. 02.12.2004. *Mulighed for naturgenopretning i og omkring Lille Vildmose - Tekniske undersøgelser og scenarier*. Skov- og Naturstyrelsen, Buderupholm Skovdistrikt og Nordjyllands Amt, Teknik og miljø.
- Risager 2005. Risager, Mette. 2005. *Sphagnum og lyngforsøg på tidligere tørveindvindingsareal i Lille Vildmose*. Nordjyllands Amt.
- Risager u.å b. Risager, Mette. u.å. *Højmosen er et artsfattigt økosystem*. Lille Vildmose. <http://www.lillevildmosen.dk/Emneoversigt/Hojmoserne/HvadErHojmose/MRHojmosenErArtsfattigt/MRHojmosenErArtsfattigt.htm>, set d. 03.02.2012.

- Risager u.å. a. Risager, Mette. u.å. *Hvad er moser? - højmoser?*. <http://risagerconsult.dk/?pid=19>, set d. 10.02.2012.
- Rydin et al. 2006. Rydin, Håkan, Jeglum, John K., Hooijer, Aljosja, Clarkson, Beverly R., Clarkson, Bruce D., Mauquoy, Dimitri og Bennett, Keith D. 2006. *The Biology of Peatlands*. Oxford University Press.
- Sand-Jensen og Larsen 2006. Sand-Jensen, Kaj og Larsen, Gunnar. 2006. *Naturen i Danmark - Geologien*. 1. udgave. Gyldendal.
- Sand-Jensen og Vestergaard 2007. Sand-Jensen, Kaj og Vestergaard, Peter. 2007. *Naturen i Danmark - Det åbne land*. 1. udgave. Gyldendal.
- Schlesinger 1997. Schlesinger, William H. 1997. *Biogeochemistry - an analysis of global change*. 2. udgave. Elsevier.
- Skov- og Naturstyrelse u.å. b. Skov- og Naturstyrelsen. u.å. *Genopretning af vådområder - 2. hydrologi, stofomsætning og opmåling*. Skov- og Naturstyrelsen, Miljø- og Energiministeriet.
- Skov- og Naturstyrelsen 2000. Skov- og Naturstyrelsen. 2000. *Danske naturtyper - i det europæiske NATURA 2000 netværk*. Miljø- og Energiministeriet.
- Skov- og Naturstyrelsen u.å. a. Skov- og Naturstyrelsen. u.å. *EF-Habitatdirektiv og EF-habitatområder*. <http://www.statensnet.dk/pligtarkiv/fremvis.pl?vaerkid=6429&repid=0&filid=106&iarkiv=1>, set d. 01.03.2012.
- Søgaard et al. 2003. Søgaard, Bjarne, Skov, Flemming, Ejrnæs, Rasmus, Nielsen, Knud-Erik, Pihl, Stefan, Clausen, Preben, Laursen, Karsten, Bregnballe, Thomas, Madsen, Jesper, Baatrup-Pedersen, Anette, Søndergaard, Martin, Lauridsen, Torben L., Fredshavn, Jesper, Aude, Erik, Nygaard, Bettina, Møller, Peter F., Riis-Nielsen og Buttenschøn, Rita M.. *Kriterier for gunstig bevaringsstatus - Naturtyper og arter omfattet af EF-habitatdirektivet & fulge omfattet af EF-fuglebeskyttelsesdirektivet*. Faglig rapport fra DMU nr. 457. 2. Udgave. Danmarks Miljøundersøgelser, Miljøministeriet.
- Turner et al. 2001. Turner, Monica G., Gardner, Robert H. og O'Niell, Robert V. 2001. *Landscape Ecology - in Theory and Practice*. Springer Verlag New York, Inc.
- Vinther 1985. Vinther, Erik. 1985. *Moseplejebogen - Retningslinier for pleje af moser og enge*. 3. oplag. Fredningsstyrelsen.
- White 2006. White, R. E.. 2006. *Principles and Practice of Soil Science*. 4. udgave. Blackwell Publishing.
- Wieder og Vitt 2006. Wieder, Kelman R. og Vitt, Dale H. 2006. *Boreal Peatland Ecosystems*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Aaby u.å. Aaby, Bent. u.å. *Blomsterplanterne på højmosen*. Lille Vildmose. <http://www.lillevildmosen.dk/Emneoversigt/Hojmoserne/Blomsterplanter/BAaBlomsterplanterne/BAaBlomsterplanterne.htm>, set d. 28.05.2012.
- Aage V. Jensen Naturfond u.å. Aage V. Jensen Naturfond. U.å. *Lille Vildmose*. <http://www.avjf.dk/natur/lille-vildmose/>, set d. 01.06.2012.

Bilagsliste

- Bilag 1: Vandspejlsdata Lille Vildmose
- Bilag 2: Nettoindstråling
- Bilag 3: Potentiel Evapotranspiration (ET₀)
- Bilag 4: Nettonedbør
- Bilag 5: Goldberg og Poulsen 2007, bilag 4
- Bilag 6: Vegetationsdata
- Bilag 7: Ellenberg-F
- Bilag 8: Information om arter
- Bilag 9: Sphagnum
- Bilag 10: Fugtighedskategorier
- Bilag 11: GPS-målinger
- Bilag 12: Vandspejl felt
- Bilag 13: Vandkemi
- Bilag 14: Dunbirk