

Overvåking av palsmyr

Første 5-årsundersøkelse i Ostojeaggi,
Troms, 2009



Annika Hofgaard & Bodil Wilmann



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Norsk institutt for naturforskning

Overvåking av palsmyr

**Første 5-årsundersøkelse i Ostojeaggi,
Troms, 2009**

Annika Hofgaard & Bodil Wilmann

Hofgaard, A. & Wilmann, B. 2010. Overvåking av palsmyr. Første 5-årsundersøkelse i Ostojeaggi, Troms, 2009. – NINA Rapport 586. 42 s.

Trondheim, mai 2010

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2163-4

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Inga E. Bruteig

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Inga E. Bruteig (sign.)

OPPDRAAGSGIVER(E)

Direktoratet for naturforvaltning

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Else Løbersli

FORSIDEBILDE OG RAPPORTENS SAMTLIGE BILDER

Annika Hofgaard

NØKKEWORD

Palsmyr, overvåking, Ostojeaggi, Troms, vegetasjon

KEY WORDS

Palsa peatlands, monitoring, Ostojeaggi, Troms, vegetation

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

NINA Oslo

Gaustadalléen 21

0349 Oslo

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 22 60 04 24

NINA Tromsø

Polarmiljøsenteret

9296 Tromsø

Telefon: 77 75 04 00

Telefaks: 77 75 04 01

NINA Lillehammer

Fakkeltgården

2624 Lillehammer

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 61 22 22 15

www.nina.no

Sammendrag

Hofgaard, A. & Wilmann, B. 2010. Overvåking av palsmyr. Første 5-årsundersøkelse i Ostojeaggi, Troms, 2009. – NINA Rapport 586. 42 s.

Overvåking av palsmyr er et nasjonalt overvåkingsprogram initiert av Direktoratet for naturforvaltning, med oppstart i 2004. Programmet omfatter i alt seks utvalgte overvåkingsområder fra Finnmark i nord til Dovre i sør. I denne rapporten presenteres resultater fra første gjenanalyse fem år etter førstegangsundersøkelsen i Ostojeaggi, Troms, det første etablerte overvåkingsområdet i programmet. Rapporten presenterer en kortfattet bakgrunn for behovet for overvåking av palsmyr; relevante klimadata for Ostojeaggi; overvåkingsmetoder; analyser av palsformasjoner, markslagsfordeling, teledybde og vegetasjonsfordeling; og i et vedlegg gis detaljer for klimatiske forutsetninger og endring av palsmyrer i tid og rom. Ostojeaggi et ca 6 km² stort myrområde med palsformasjoner innen store deler av området. Palsformasjonene med dammer og erosjonsområder ble analysert i 2004 og 2009 med hensyn til størrelse, teledybde og posisjon (GPS) ved bruk av analyser langs ni permanente analyselinjer. Registreringene er grunnlaget for analyser av forandringer over tid, sammen med flybilder og fotodokumentasjon langs linjene og utvalgte palsformasjoner. Resultatene fra linjeanalysene er presentert i tabeller og figurer som visualiserer småskalafordelingen av markslag (10 variabler), bunnsjikt (6 variabler), feltsjikt (5 variabler), busksjikt (3 variabler), teledybde samt frekvens av sprekker og palshøyde. Det finnes ingen flybilder for området etter 1986, men flybilder fra dette året og 1956 indikerer relativt store forandringer på deler av myra, med tilvekst av nye, relativt store palser i perioden fram til 1986. Disse palsene er i dag enten forsvunnet eller betydelig mindre i omfang. I 2004 ble det registrert nye palsformasjoner i de samme områdene, men disse palsene var vesentlig mindre i 2009. Den samlede nedgangen i telens utbredelse fra 2004 til 2009 svarer til ca 1/6 av utbredelsen, og telenivået lå om lag 25 cm dypere i 2009. Disse endringene skyldes både endringer i regionens klima over tid og værforskjeller mellom analyseårene. Om nedgangen i telens utbredelse fortsetter i samme hastighet som registrert for perioden 2004 til 2009 uten at nydannede palser overlever over lengre tid, vil palsmyrbiotopen i Ostojeaggi være helt borte innen ca 70 år. Denne beregningen tar imidlertid ikke hensyn til en eventuell generell senking av telens posisjon i palsene som vil kunne påskynde prosessen betraktelig. Lavdominerte områder har økt på palsene fra 2004 til 2009, men bortsett fra dette er vegetasjonsendringene begrensede. Dette indikerer at palsoverflatene blitt tørrere, noe som kan tyde på en generell senking av telenivået i overvåkingsperioden. Neste analyse av området er planlagt til 2014.

Annika Hofgaard og Bodil Wilmann, NINA, Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim
annika.hofgaard@nina.no

Abstract

Hofgaard, A. & Wilmann, B. 2010. Monitoring of palsa peatlands. First 5-year re-analysis in Ostojeaggi, Troms, 2009. – NINA Report 586. 42 pp.

The monitoring of palsa peatlands is a national monitoring project which was started in 2004 by the Norwegian Directorate for Nature Management. The entire project includes six selected monitoring areas from Finnmark in the north to the Dovre region in the south. This report presents the results from the first reanalyses five years after the first initial investigations in Ostojeaggi, Troms County, which is the first established monitoring area within the project. The report presents a short background to the need for palsa peatland monitoring; climate data relevant to the Ostojeaggi area; monitoring methods; analyses of palsa formations and distribution of land cover types, ground frost and vegetation; and in an appendix are details for climatic requirements and spatiotemporal changes of palsa peatlands given. Ostojeaggi is a ca 6 km² peatland area with palsas within large parts of the mire. Palsa formations, thermokarst ponds and erosion areas was analysed in 2004 and 2009 regarding size, thaw depth and location (GPS) by the use of analyses along nine permanent sampling lines. The line-recordings form together with photos along the lines and of selected palsa formations, and air photos, the basis for analyses of temporal and spatial changes. Results from the line-analyses are presented in tables and figures visualising small scale distribution of land cover types (10 variables), bottom layer (6 variables), field layer (5 variables), shrub layer (3 variables), thaw depth, frequency of cracks, and palsa height above the surrounding water. There are no air photos for the area after 1986, but air photos from this year and 1956 show relatively large changes within parts of the peatland with development of new fairly large palsas during the period up to 1986. These palsas have up to present disappeared or are substantially smaller. In 2004 new palsa formations were recorded in the same locations, but these palsas were considerably smaller in 2009. The compiled reduction in permafrost extent between 2004 and 2009 correspond to c. 1/6 of the total extent, and the thaw depth was about 25 cm deeper in 2009. These changes are caused both by long-term changes in the regional climate and differences between the individual years with analyses. If the reduction in permafrost extent continues at the same rate as recorded for the 2004-2009 period, and without surviving new palsas, the palsa biotope at Ostojeaggi will be gone in c. 70 years. This calculation does not, however, take a general lowering of the thaw depth into account which would speed up the process considerably. Vegetation changes in the period 2004 to 2009 are fairly limited but lichen dominated areas has increased on palsa surfaces. This indicates dryer conditions which might point to a general increase of the thaw depth during the monitoring period. The next analysis of the area is scheduled to 2014.

Annika Hofgaard and Bodil Wilmann, NINA, P.O. Box 5685 Sluppen, NO-7485 Trondheim, Norway
annika.hofgaard@nina.no

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord	7
1 Innledning	8
2 Overvåkningsstudien design	11
2.1 Overvåkningsområder	11
2.2 Metoder	12
2.2.1 Analysefrekvens	12
2.2.2 Linjeanalyser	12
2.2.3 Fotodokumentasjon	13
2.2.4 GPS-registreringer	14
2.2.5 Flybilder	14
3 Områdedata – Ostojeaggi, Troms	15
3.1 Klimadata	16
3.1.1 Lufttemperatur	16
3.1.2 Jordtemperatur (torv)	17
3.1.3 Nedbør	18
3.1.4 Snødybde	19
3.2 Flybilder	19
3.3 Overvåkingsdata fra 2004	20
3.3.1 Delområder	20
3.3.2 Palsformasjoner	21
3.3.3 Linjeanalyser	22
3.3.4 Sprekkfrekvens	23
3.3.5 Artfrekvens	24
3.4 Datainnsamling 2009	24
4 Resultat	25
4.1 Palsformasjoner	25
4.2 Linjeanalyser	25
4.2.1 Tele og markslag	25
4.2.2 Sprekkfrekvens	29
4.2.3 Artfrekvens	30
4.3 Menneskelige påvirkning	31
5 Diskusjon	32
6 Tidsplan	34
7 Referanser	34
7.1 Rapporter innen overvåkingsprosjektet	34
7.2 Annen sitert litteratur	34
8 Vedlegg 1: Klimatiske forutsetninger og endring av palsmyrer i tid og rom	36
8.1 Sammensättning och struktur	36
8.2 Utbredning och klimatiska förutsättningar	37

8.3	Palsmyrdynamik.....	39
8.3.1	Temporala förändringar	39
8.3.2	Rumsliga förändringar	41
8.4	Referanser	42

Forord

"Overvåking av palsmyr" er et nasjonalt overvåkingsprogram som finansieres av Direktoratet for naturforvaltning (DN), og som ble initiert av DN i 2002/2003 med oppstart i 2004. Norsk institutt for naturforskning (NINA) har det faglige og praktiske ansvaret for overvåkingen og for analyser av innsamlet data og rapportering, samt for konklusjoner fra prosjektet. Foreliggende rapport er den første statusrapporten i programmet med resultater fra gjenanalyser fem år etter førstegangsanalysen.

Vitenskapelig begrunnelse for prosjektet og det nasjonale og internasjonale behovet for overvåking av palsmyrutvikling er presentert i rapportene "Effects of climate change on the distribution and development of palsa peatlands: background and suggestions for a national monitoring project" (Hofgaard 2003) og "Etablering av overvåkingsprosjekt på palsmyrer" (Hofgaard 2004). Noe av innholdet i disse rapportene er gjengitt i de årlige rapportene for enkelte områder og i foreliggende rapport for at de enklere skal kunne leses som selvstendige dokument. For mer fullstendig informasjon om begrunnelse og prosjektdesign henvises til nevnte rapporter.

Her rapporteres første 5-års gjenanalyse fra Ostojeaggi, Troms, for perioden 2004 til 2009. I tillegg til resultatene og diskusjon av disse, gir rapporten en kortfattet bakgrunn for behovet for overvåking av palsmyr, metoder, valg av områder med palsformasjoner og analyselinjer for palsstruktur, markslagsfordeling, teledybde og vegetasjonsfordeling. I et vedlegg til rapporten gis detaljer for klimatiske forutsetninger og endring av palsmyrer i tid og rom. Rapportens samtlige fotografier fra Ostojeaggi er tatt av førsteforfatteren.

En vitenskapelig referansegruppe var knyttet til oppstarten av overvåkingsprogrammet, med deltagende forskere fra et bredt spekter av norske universiteter og forskningsinstitutter (se Hofgaard 2003).

En spesiell takk er rettet til Arvid E. Hofgaard for god hjelp i felt og innlegging av data; til DN og kolleger for kommentarer og nyttige diskusjoner under arbeidet med prosjektets ulike faser; og til Kari Sivertsen ved NINA for hjelp med noen av figurene.

Trondheim, mai 2010

Annika Hofgaard

1 Innledning

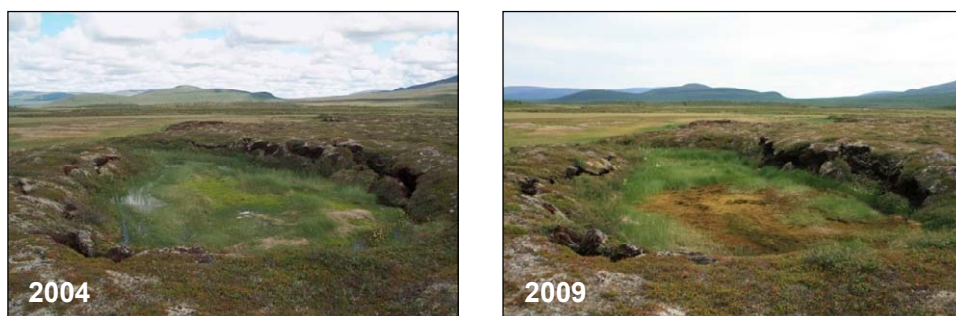
Palsmyrer er subarktiske myrkomplekser med permanent frosne torvhauger (palser). Disse myrkompleksene er karakteristiske og unike trekk på høye nordlige breddegrader i deler av Fennoskandia, Russland, Canada og Alaska. I senere tid har palssystemer i hele det sirkumpolare utbredelsesområdet vært karakterisert av degenerering, men hastigheten i denne trenden er høyst usikker. Forventet global oppvarming spesielt på høye nordlige breddegrader har økt behovet av overvåkingsprogrammer som er designet for å spore endringer i sensitive økosystemer og de edafiske og biotiske strukturer de er avhengige av (IPCC 2001, 2007, ACIA 2005). Palsmyrer inkorporerer både sensitive edafiske strukturer og sensitive biotiske samfunn, og den romlige og tidsmessige fordelingen av palser er avhengig av lokale og regionale klimafaktorer og hvordan disse forandrer seg over tiår og århundrer. Det antas at ytterligere klimaoppvarming og/eller nedbørsøkning vil resultere i degenerering av de fleste palsområdene i de mest marginale områdene i løpet av noen få tiår (se Sollid & Sørbel 1998, Christensen *et al.* 2004, Luoto *et al.* 2004, Payette *et al.* 2004, Fronzek *et al.* 2009). Økosystemene langs middeleårsisotermer for 0 grader er sannsynligvis de mest sårbare for klimaendringer, og myrområder i disse regionene har betydelig utveksling av drivhusgassene metan og kuldiksyd med atmosfæren (Fronzek *et al.* 2009). Disse områdene er følgelig også meget sårbare for menneskelige aktiviteter som påvirker de hydrologiske forholdene, torvoverflaten eller vegetasjonsstrukturen i myrområdene. Økt klimatisk marginalisering gjør at også beskjeden menneskelig påvirkning kan virke destabiliserende. Dette kan sette langsiktig overlevelse av arter med preferanse for det spesielle palsmyrmiljøet på spill, både lokalt og regionalt.

Unike trekk ved palsmyrer er at de er meget dynamiske over tid, med et heterogent miljø grunnet vekst og forfall av palser (Seppälä 1986, Luoto & Seppälä 2003). Foruten de unike myrkomponentene representerer palsmyrene sensitive heterogene biologiske systemer og distinkte økosystemtjenester som er avhengige av at myras struktur og dynamikk er opprettholdt. De er lokalt meget viktige bærehøstingsområder (i hovedsak molte) og samtidig viktige hekkeområder for en rik fuglefauna og rasteplasser for trekkende fugl. Fra biodiversitetssynspunkt er det alarmerende at den gradvise forsvinningen av de unike palsmyrhabitatene er en enveisprosess. Disse habitatene vil ikke bli erstattet i et fremtidig varmere klima. I naturtypebevaringssammenheng er palsområder høyt verdsatt i Europa; de er en av 65 prioriterte naturlige habitattyper i Annex I av EU-direktivet "The Habitats Directive" (2007).

Palsmyrer forekommer i grenseområdene mellom de arktiske og boreale regionene, og mellom de alpine og boreale regionene (Luoto & Seppälä 2002). Palsene, som er de permafrostforårsakede torvdekte haugene, reiser seg karakteristisk over den omliggende myroverflaten (se forside). Haugenes høyde varierer fra under en meter til flere meter og kan ha en overflatedekning på mange hundre kvadratmeter, hvor de større utgjør palsplatåer (Laberge & Payette 1995, Sollid & Sørbel 1998). I tillegg til palser og palsplatåer karakteriseres palsmyrer av en mosaikk av torvmark uten permafrost, våte starr- og myrullområder, dammer forårsaket av deler av tidligere palser som er falt sammen (figur 1), torvringer rundt disse dammene, erosjonsområder (figur 2) og midlertidige eller embryonale permafrostformasjoner som kun hever seg noen få desimeter over myroverflatens nivå (figur 3). Sammen utgjør disse terrengformasjonene og myrkomponentene palsmyrsystemer som er meget dynamiske over tid som følge av nydannelse, vekst og nedbrytning av palsene. Myrkomponentenes fordeling påvirker myrenes vegetasjonsstruktur, for eksempel gjennom innflytelse på hydrologiske faktorer og vindeksponering. Samtidig virker vegetasjonsstrukturen inn på fordelingen av permafrost gjennom innflytelse på snøfordeling, fuktighet og jordtemperatur. Dette gjør at frekvensen av tre-, busk-, urte-, gress-, mose- og lavdominert vegetasjon varierer på en påfallende mosaikkartet måte på myrene. Denne variasjonsbredden i det abiotiske og biotiske miljøet har en avgjørende betydning for palsmyrøkosystemenes struktur og funksjon i tid og rom.

I tillegg til torvpalser finnes mineralpalser. Mineralpalsene er mer sjeldne, men ligner i sin form og dynamikk på torvpalsene. De karakteriseres av tynt mose- eller lavdekte permafrostforårsakede sandhauger som reiser seg over omgivelsene. Mellomformer mellom torvdominerte og

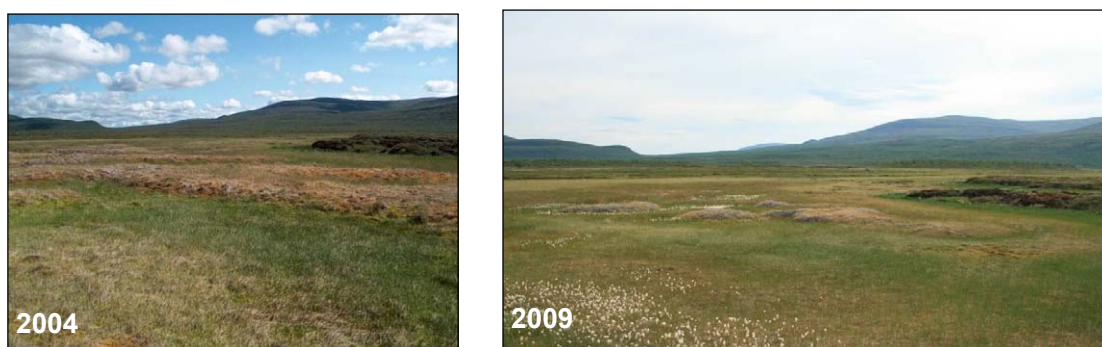
mineraldominerte palser forekommer. Detaljer for palsoppbygging, og forutsetninger for palsvekst og nedbryting er presentert i Vedlegg 1.



Figur 1: Deler av palsplatå med dam og eroderende kantområder. Dammen har kun gjennomgått mindre forandringer i perioden 2004 til 2009. Foto: Annika Hofgaard. © NINA 2010.



Figur 2: Erosjonskanter karakteriserer mange av palsene innen Ostojeaggi-området. Store deler av den torva som erosjonskanten bestod av i 2004 har falt ned i dammen, som hadde blitt betydelig større i 2009. Foto: Annika Hofgaard. © NINA 2010.



Figur 3: Embryonale nye palsformasjoner. Området med nye palser har minket siden 2004, men de palsenesom stod igjen i 2009 var noe høyere enn i 2004. Foto: Annika Hofgaard. © NINA 2010.

I Norge forekommer palsformasjoner i myr hovedsakelig innen to regioner, en i sør og en i nord. Regionen i sør er mer eller mindre helt begrenset til Dovre-området, mens den i nord er mer generell og dekker store deler av Troms og Finnmark, unntatt kystnære områder. Den kontinentale eller lokalkontinentale klimatypen som er rådende i disse områdene både i nord og sør, er en forutsetning for utvikling og overlevelse av palser i den relative varme og fuktige klimaregionen som Skandinavia tilhører, med sin sterke påvirkning fra atlantiske luftmasser. Klimaforandringer som påvirker den regionale eller lokale innflytelsen av disse luftmassene, det vil si graden av oseanitet, vil ha innflytelse på palsmyrenes utbredelse og struktur i Skandinavia. Følgelig vil palsmyrenes økologiske betydning på landskaps- og økosystemnivå også bli påvirket. Under siste del av 1900-tallet har utviklingen i palsmyrområdene vært dominert av tilbakegang, selv om noe nyutvikling har forekommet (se Hofgaard 2005 og 2008). Dette har økt behovet for hensiktsmessig og metodisk overvåking.

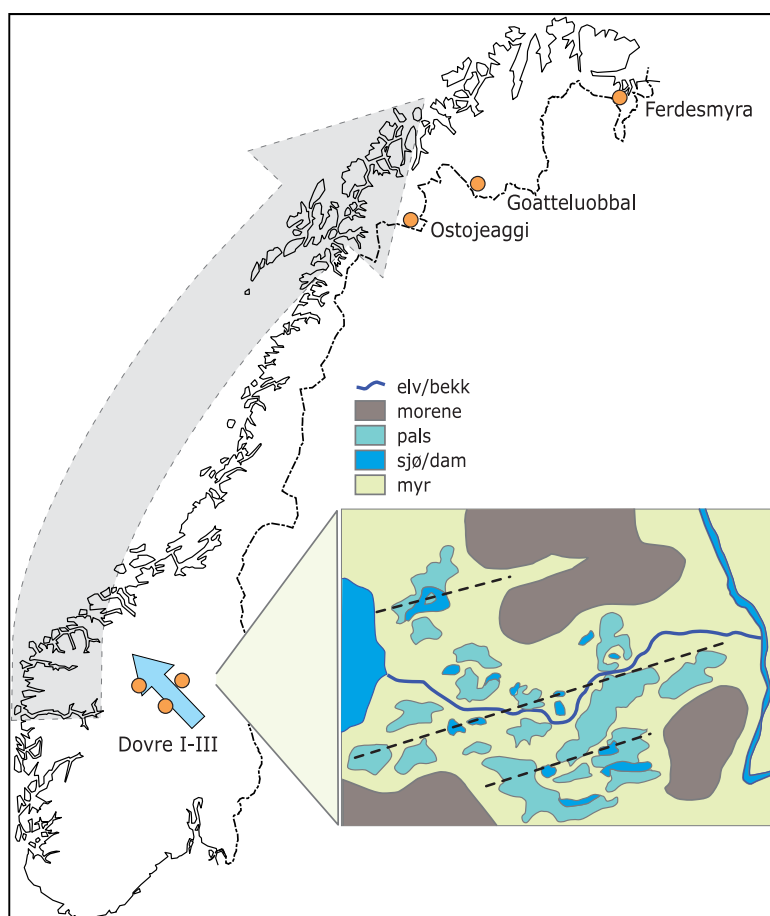
Det norske overvåkingsprogrammet for palsmyrer ble startet i 2004. Metodisk konsistente og langsiktige overvåkingsprosjekt for skandinaviske palsmyrområder har tidligere vært en mangelfull, selv om det har pågått forskning innen fagområdet over lang tid (se Hofgaard 2003 og 2004). Tidligere dokumentasjon har imidlertid hatt et litt ensidig fokus på sene utviklingsstadier og helhetsbildet har vært uklart. Et overvåkingsprogram må fange opp pågående flom av forandringer forårsaket av permafrostforandringer; inkludert forskjellige palsstrukturer, dannelse og gjengroing av dammer sammen med analyser av endringer i vegetasjonsstruktur og menneskelig påvirkning, for at reelle konklusjoner skal kunne dras. Etableringen av det norske overvåkingsprogrammet vil følgelig gi verdifull informasjon med relevans for forvaltningen og det vitenskapelige miljøet, både nasjonalt og internasjonalt. Dynamikken i palsmyrer utgjør en verdifull og egnet indikator innen temaområdet effekter av klimaforandringer. Det norske overvåkingsprogrammet er av særlig stor verdi fordi det omfatter områder innen store deler av det skandinaviske utbredelsesområdet for palsmyr, fra sørligste forekomst (Dovre) til de nordligste (Øst-Finnmark). Den klimatiske bakgrunnen og hvordan frekvensen av de ulike myrkomponentene med og uten permafrost endres i både tid og rom er beskrevet utførlig i de tidligere rapporter fra overvåkingsprosjektet (Hofgaard 2003 og 2004), men er også i korthet presentert i Vedlegg 1.

2 Overvåkingsstudiens design

2.1 Overvåkingsområder

Fem hovedområder fordelt på Finnmark og Troms i nord og Dovre-området i Sør-Norge inngår i overvåkingsprosjektet: Ferdesmyra, Goatluobbal og Ostojeaggi i nord, og Haukskardmyrin/Haugtjørnin og Leirpullan i Dovre-området (figur 4). Områdene er valgt for å representere dominerende geografiske og klimatiske miljøgradienter i Norge. Hovedgradienten følger den minkende innflytelsen av atlantiske luftmasser og den økende innflytelsen av arktiske luftmasser, fra sør til nord. Denne gradienten dekker den sørlige utbredelsesgrensen for sporadisk og fragmentert forekomst av permafrost i Skandinavia, og samtidig den vestre utbredelsesgrensen av den Nord-Eurasiske permafrostregionen. Områdene i sør representerer i tillegg en høydegradient, der Leirpullan som er et mineralpalsområde er valgt for å tydeliggjøre høydegradienten. Områdene i nord representerer en vest-øst gradient. I regionen mellom det sørlige og nordlige utbredelsesområdet for palsmyrer forekommer palser på noen få plasser, men ingen av disse lokalitetene er inkludert i overvåkingsprogrammet.

Innen hvert overvåkingsområde er det valgt ut delområder for detaljerte overvåkingsstudier. Grunnet forskjellene i størrelse mellom områdene (fra ca 0,1 til 15 km²) er ulike store andeler av myrområdene omfattet av overvåkingen. De mindre områdene inngår mer eller mindre i sin helhet, mens tilgjengelighet og representativitet har vært avgjørende for valg av delområder innen de større palsmyrene. Permanente analyselinjer er plassert i de utvalgte delområdene, og linjenes lengde og antall er tilpasset delområdenes størrelse og palsformasjonenes karakter og omfang.



Figur 4: Studiedesign med utvalgte overvåkingsområder langs de dominerende miljøgradientene. Den skyggelagte pilen indikerer forandringen i dominerende luftmasser, fra Atlantiske (fuktige) til Arktiske (tørre). Den turkise pilen i sør illustrerer en høydegradient. Linjene på tvers av palsmyrområdene på det innfelte kartet viser analyselinjene for innsamling av abiotisk og biotisk datamateriale. © NINA 2010.

2.2 Metoder

2.2.1 Analysefrekvens

Overvåkingen er basert på gjenanalyser vært femte år, men bare et område er analysert per år. I løpet av overvåkingens første fem år (2004-2008) ble altså alle utvalgte overvåkingsområder (se Figur 4) analysert en gang (førstegangundersøkelser). I neste femårsperiode (2009-2013) utføres første gjenanalyse i alle områder. Detaljer for hvilke områder som analyseres hvilke år er presentert i slutten av rapporten (se Tidsplan).

2.2.2 Linjeanalyser

Linjeanalysene er designet for å fange opp variasjoner og forandringer i palsstruktur, dominerende vegetasjon, frekvens av ulike markslag og tele innen valgte områder. Dette gjøres ved hjelp av detaljregistreringer innen syv variabelkategorier: markslag, bunnsjikt, feltsjikt, busksjikt, teledybde, palshøyde og torvsprekker (Tabell 1). Individuelle linjers lengde bestemmes av palsformasjonenes størrelse og frekvens av ulike markslag innen enkelte palsområder. Minimum linjelengde er som regel 50 meter, men dette er avhengig av områdets og palsenes størrelse. Registreringsfrekvensen langs linjene er én meter, det vil si for hver meter registreres verdier og/eller den dominerende variabelen innen hver kategori. På grunn av at registreringsarbeidet er relativt tidkrevende er metodene utarbeidet slik at linjeanalysene kan gjøres med to ulike intensiteter: "detaljlinjer" der alle variabler registreres, og "generelle linjer" der kun markslag, dominerende vegetasjon og torvsprekker registreres. Ved bruk av begge intensitetsnivåene bør minst en tredjedel av den totale linjelengden analyseres detaljert. Ettersom vegetasjonen innen hvert markslag og dominerende vegetasjonskategori er relativt homogen, kan det innsamlede materialet fra de to intensitetsnivåene sammenlignes og sammenstilles, og utgjør dermed et samlet grunnlag for analyse av forandringer over tid. For Ostojceaggi er både "detaljlinjer" og "generelle linjer" brukt.

For torvsprekker registreres antallet sprekker og sprekkbredde langs alle linjene (se tabell 1). Innen partier med aktiv og sterk degenerering, som for eksempel brottkanter, er det vanskelig eller umulig å definere enkelte sprekker og bredder (se figur 2). Derfor er slike partier angitt med total lengde langs linjene og inngår ikke i beregningen av antall sprekker per meter. Dette gjør at de to tallene må ses i sammenheng for at frekvensen av partier med sannsynlig forandring ikke undervurderes. Ved bruk av sprekker som variabel for sammenligning over tid må man være klar over at variabelverdien til dels er avhengig av fuktigheten ved analysetidspunktet. Antallet sprekker vil ikke forandres med fuktigheten, men bredden til enkelte sprekker vil kunne variere noe.

I tillegg til analyser langs palsstrukturlinjene er vegetasjonens artssammensetning analysert langs tilfeldig plasserte "artslinjer" innen et utvalgte delområde. Linjene representerer vegetasjonen på palsoverflaten og palsens grensesoner innen delområdene men ikke delområdet i sin helhet. Artslinjedataene er et grunnlagssupplement til de relativt grove analysene langs de lange palsstrukturlinjene. Artslinjenes lengde er 5 meter og registrering gjøres ved hjelp av en punktfrekvensmetode tilpasset linjeanalyser. Første vertikale punkttreff (punktbredde er 1 millimeter) av tilstedeværende arter/variabler registreres for hver tiende centimeter langs linjene (dvs. 50 verdier per linje). I tillegg er dominerende vegetasjonstype registrert for hver meter. De samme variablene som langs de lengre linjene (se tabell 1) er brukt, men variabelen "lyng" er delt opp og registrert til art: krekling, blokkebær og tyttebær.

Tabell 1: Variabler som er registrerte ved linjeanalysene samt forkortelsene som er brukt i felt-protokollene. © NINA 2010.

markslag	lagg	vannsamling rundt eller langs palskanter, ev. dekket av torvmose og myrull
	mf	"myrflate" - myrens 0 m-nivå, nivå for dammer og bløtmyr
	np	nye palsdannelser / islinser i bløtmyr, vises ved nylig død vegetasjon
	p	Pals
	pp	Palsplatå
	pr	Palsring
	t	"tue" – torvhaug uten permafrost
	d	dam
	pøl	grunn pøl på palsoverflaten (fast bunn)
	bk	brottkant; erosjonskant med torvblokker delvis eller helt uten vegetasjon
bunnsjikt	dt	død torv - sorte områder uten vegetasjon
	lav	kollektivt for lav
	mo	mose - alt utenom torvmose
	sph	kollektivt for torvmose (<i>Sphagnum</i> spp)
	st	strø
	va	vann
feltsjikt	cx	kollektivt for starr (<i>Carex</i> spp)
	hj	molter
	ris	lyng - kollektivt for bærlyngarter (<i>Vaccinium</i> spp) og krekling (<i>Empetrum</i>)
	ros	kvitlyng (<i>Andromeda polifolia</i>)
	ull	kollektivt for alle myrullarter (<i>Eriophorum</i> spp)
busksjikt	bna	dvergbjørk (<i>Betula nana</i>)
	skv	finnmarkspors (<i>Rhododendron tomentosum</i>)
	sa	kollektivt for vier (<i>Salix</i> spp)
	()	arten forekommer men er ikke dominerende som busksjikt
teledybde	150	målet i cm, en målning per meter
	"150"	usikkert om det er tele eller sediment
	150+	tele ikke nådd på målt dybde
torvsprekker	s	angis i antall og bredde
høyde	60	angis i cm over myrens 0-nivå

2.2.3 Fotodokumentasjon

Palsstrukturlinjene er fotodokumentert (objektivinnstilling tilsvarende 50 mm) for å visualisere både innsamlede data og forandringer over tid. Dokumentasjonen er gjort i linjenes retning, ved start, slutt og ved hver femtiende meter langs linjene. Metodikken er valgt for å gjøre omfotografering ved neste gangs analyse lettere. I tillegg er enkelte fotopunkter valgt ut for å representere ulike utviklingsstadier innen palser og palsplatåer, som for eksempel erosjonskanter, dammer og kortvarige palsformasjoner. Artslinjene er ikke fotodokumentert.

2.2.4 GPS-registreringer

Linjene er GPS-registrert (UTM: WGS 84 sone 34W) for å gjøre det lettere å gjenopprette linjer og analyseposisjoner ved gjenanalyser. Artslinjene er ikke GPS-registrerte. Posisjon for de ulike linjene vil også bli brukt ved analyser av fly- og satellittbilder.

2.2.5 Flybilder

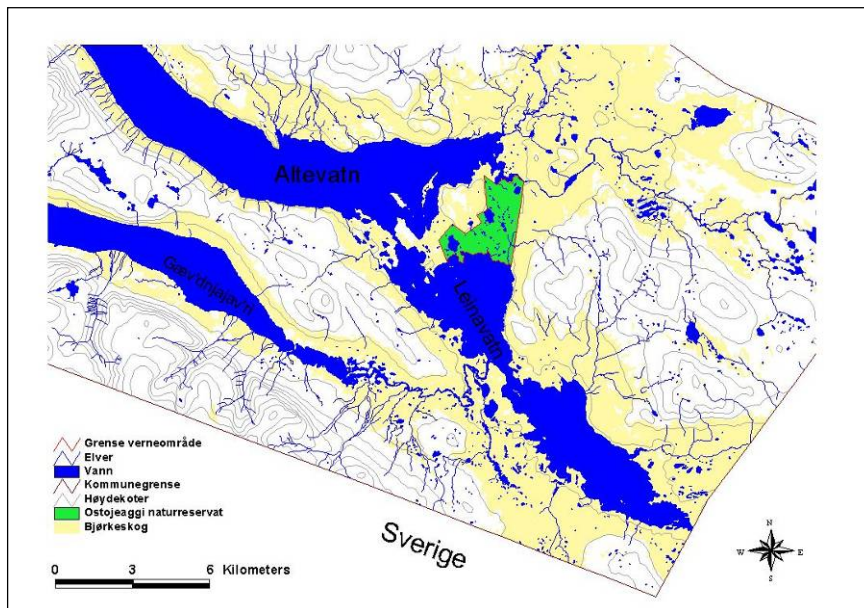
Flybilder brukes i analyser av storskallige forandringer i palsmyrenes struktur, dvs. frekvens av ulike markslagskomponenter (se Tabell 1). Flybilder og informasjon om tilgjengelige bilder stammer fra TerraTec AS på Statens kartverk som har ansvaret for og forvalter det nasjonale sentralarkivet for flybilder (se www.terratec.no). Flere av overvåkingsområdene (Figur 4) mangler nyere flybilder og flybildematerialets kvalitet varierer sterkt mellom tidsperioder. Dette er begrensende for detaljerte tidsanalyser av myrenes forandringer, men utgjør et godt grunnlag for framtidige analyser.

3 Områdedata – Ostojeaggi, Troms

Ostojeaggi ligger i den sydøstre delen av Troms fylke i Bardu kommune, og utgjør et ca 6 km² stort våtmarksområde mellom Altevatn og Leinavatn (Figur 5). Området domineres av en kontinental klimatype med en årsmiddeltemperatur på ca -1°C og en årsnedbør på ca 300 mm (verdiene står for 1961-1990). Lengden på vekstsesongen er ca 120 dager (antall dager med temperatur på >5°C; Moen1999). Den maksimale alderen på områdets palser er blitt beregnet til ca 1000 år men de fleste palsene antas å ha sin opprinnelse fra en relativt kort periode en gang mellom 1410 og 1710 (Vorren og Vorren 1976). Palsene som antas å stamme fra denne tidsperioden er som regel bare 0,75-1,5 meter høye men har ofte en stor overflate, såkalte palsplatåer (Figur 1). Foruten palsplatåene karakteriseres området av eldre kuppelformede palser (se forside) på opp til 3,5 meter og dammer etter eldre sammenfalte palser (Figur 1 og 2). Nye ofte kortlevende embryopalser som bare hever seg noen få desimeter over omgivelsene, danner også et karakteristisk innslag i myrområdet. På 1970-tallet ble relativt nye ca 2 meter høye palser observert i området. Disse antas å være forårsaket av den klimaforverringen som fant sted i perioden etter midten av 1900-tallet og fram til slutten av 1970-tallet (Vorren 1979).

Nedenfor gis informasjon om status, beliggenhet, berggrunn og vegetasjon samt tilgjengelige klimadata i tillegg til generell områdedokumentasjon. Bergrunnsinformasjonen er hentet fra www.ngu.no og informasjon om vegetasjonsøkologisk region fra Moen (1999). Ostojeaggiområdet tilhører i likhet med de fleste områdene i overvåkingsprosjektet vegetasjonsøkologisk region Nb-C1 som er den nordboreale sonens lett kontinentale seksjon (Moen 1999).

Status:	Naturrestat (vern fra 22. april 1983)
Forvaltningsmyndighet:	Fylkesmannen i Troms
Kart:	Geavdnjajavri 1531 I (Altevatn 1532 II, Julosvarri 1632 III, Leinavatn 1631 IV)
Geografisk beliggenhet:	Troms, Bardu kommune, 68°29'N 19°48'E
Høyde:	495 m o.h.
Areal:	5,7 km ²
Berggrunn:	Båndgneis (amfibolitt, hornblendegneis, glimmergneis), stedvis migmatittisk
Meteorologisk stasjoner:	Sætermoen, Innset i Bardu, Dividalen, og Abisko (Sverige)
Vegetasjonsøkologisk region:	Nb-C1
Dominerende myrtyper:	Palsene er dominerende i deler av myrlandskapet; flatmyr med starr og myrull, tueblandingsmyr, strengblandingsmyr
Litteratur:	Vorren og Vorren 1976; Vorren 1979; Hofgaard 2005
Flybilder:	1947 serie 255 (1:40000) bilde E5 1956 serie 811 (1:10000) bilde B5, C5 1986 serie 9062 (1:15000) bilde AL6
Fotodokumentasjon:	Hofgaard, juli 2004 og august 2009
Adkomst:	Båt over Altevatn



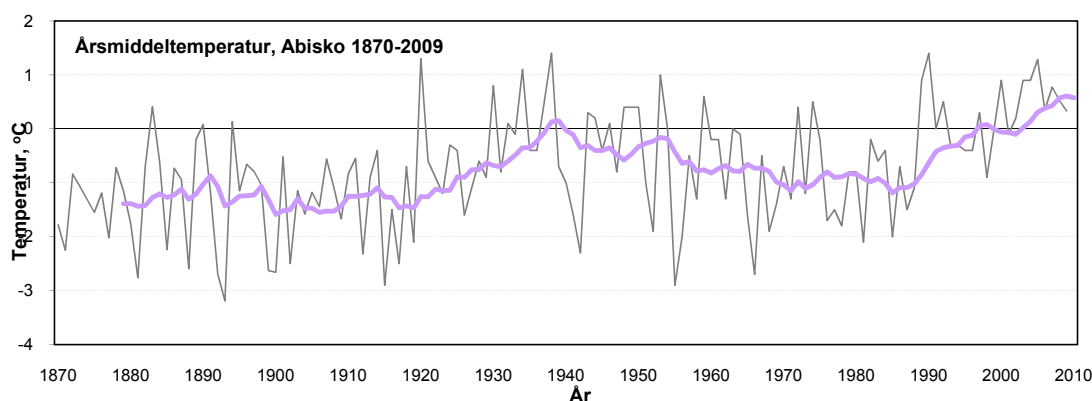
Figur 5: Naturresevatet Ostojeggi (Astujaeggi) sørøst i Bardu kommune, Troms fylke. © NINA 2010.

3.1 Klimadata

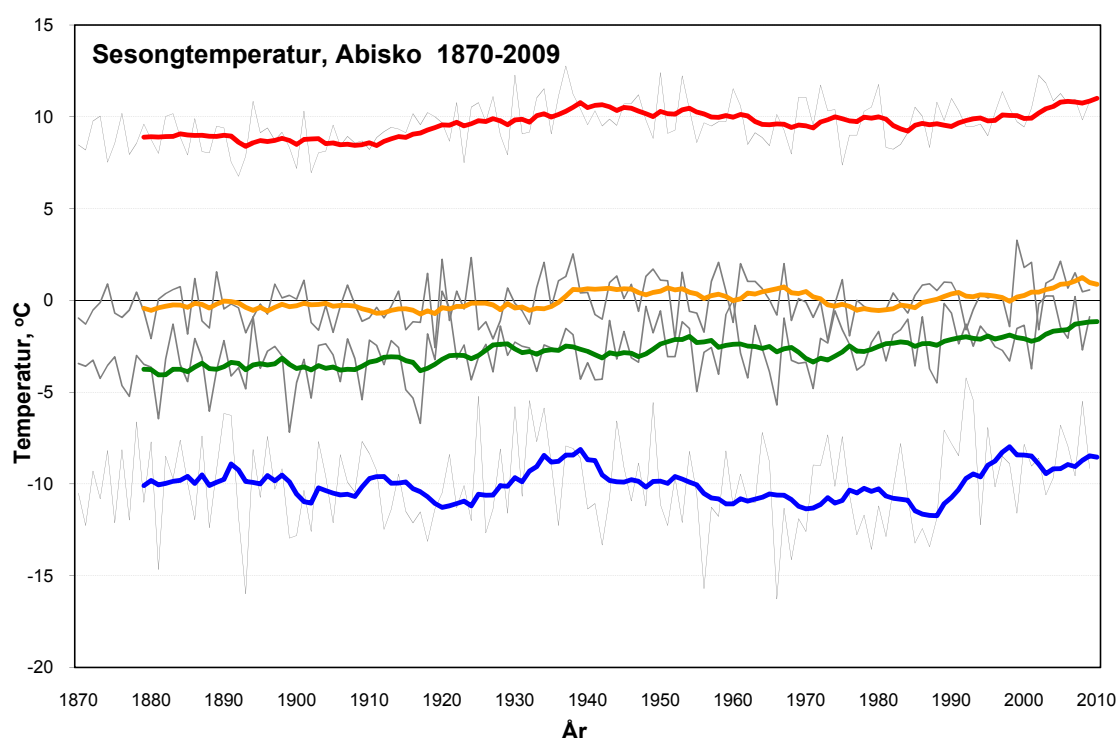
Fire klimastasjoner med registrering av ulike typer av klimadata og med ulik innsamlingshyppighet finnes innen en avstand på ca 70 km fra Ostojeggi. Disse er: **Sætermoen**, 72 km nordvest for Ostojeggi, registrerer daglige nedbør og har data fra 1952. **Innset**, Bardu, 39 km i nordvest har nedbørsdata fra 1907, men registreringene har ikke daglig oppløsning. **Dividalen**, 34 km nord, registrerer daglig temperatur og nedbør, og data finnes fra 1980. **Abisko**, Sverige, 42 km vest-sørvest, har daglige data for lufttemperatur og nedbør siden 1913 (beregnete og kalibrerte verdier for temperatur tilbake til 1868), og for snødjup siden 1988. I tillegg registreres data for jordtemperatur på tre ulike dybder (0,2 m, 0,5 m, 1,0 m) i torv og mineraljord. For detaljer se www.ans.kiruna.se. Abisko er den stasjonen som terrengmessig ligger mest likt Ostojeggi, dvs. i et bredt åpent dalføre i et kontinentalt preget fjellterreng med store dominerende vann (Tornetråsk respektive Altevatn/Leinavatn). Abisko har også både de kvalitativt og kvantitativt beste klimadata for sammenligning og analyser av utviklingen i overvåkingsområdet.

3.1.1 Lufttemperatur

Temperaturutviklingen i Ostojeggi-området siden siste del av 1800-tallet, ifølge data fra Abisko, viser en økning i årsmiddelverdi hovedsakelig i to perioder, en fra 1920 til slutten av 1930-tallet og en fra midten av 1980-tallet fram til i dag (figur 6). I alt har området temperatur økt med nesten to grader, men perioden fra slutten av 1930-tallet til slutten av 1980-tallet er kjennetegnet av en temperaturnedgang på til sammen ca en grad. I den første perioden med økende temperatur økte både sommer- og vintertemperaturen markant. I den siste perioden har alle årstider vist økt temperatur, men med tydeligst forandringer om vinteren (desember – februar) (figur 7). Vårtemperaturen (mars – mai) viser en forholdsvis jevn trend med en økning på i alt ca to grader siden målingene startet. Data for høsten viser et tydelig skifte i temperatur-regime midt på 1930-tallet. Fram til det tidspunktet lå høsttemperaturen relativt stabilt på rundt minus en halv grad, for siden å variere rundt ca pluss en halv grad (foruten en periode rundt 1980 da den lå på ca –0,5 grader).



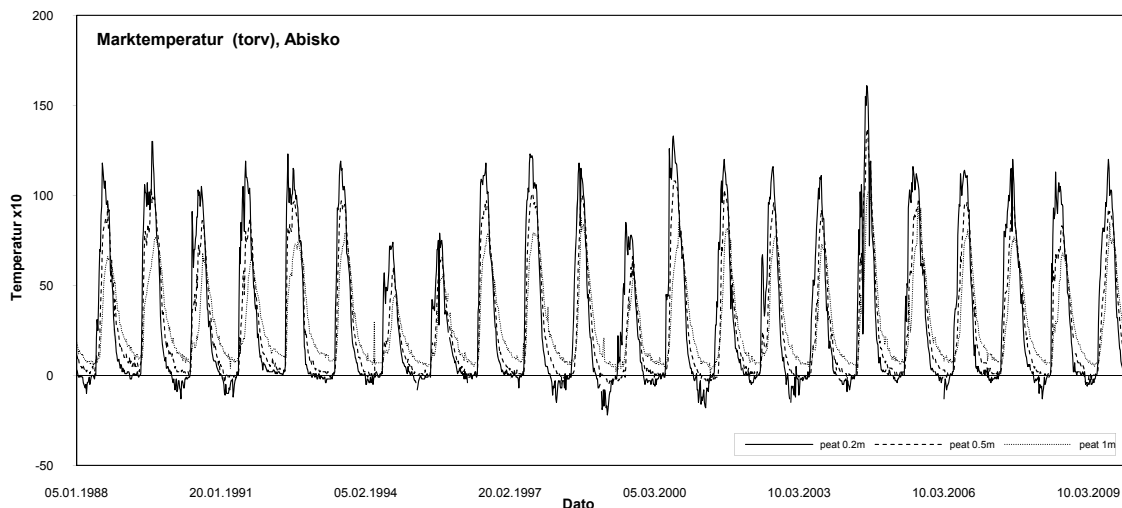
Figur 6: Årsmiddeltemperatur i Abisko, Sverige, ca 42 km vest-sørvest for Ostojeaggi i perioden 1870 til 2009. Den fargede linjen viser løpende 10-årsmiddelverdi. Kilde: www.ans.kiruna.se. © NINA 2010.



Figur 7: Lufttemperaturutvikling i Abisko, Sverige, ca 42 km vest-sørvest for Ostojeaggi i perioden 1870 til 2009. De fargede linjene viser utviklingen i løpende 10-årsmiddelverdier for **vin-**
ter-, **vår-**, **sommer-** og **høst**temperatur. Kilde: www.ans.kiruna.se. © NINA 2010.

3.1.2 Jordtemperatur (torv)

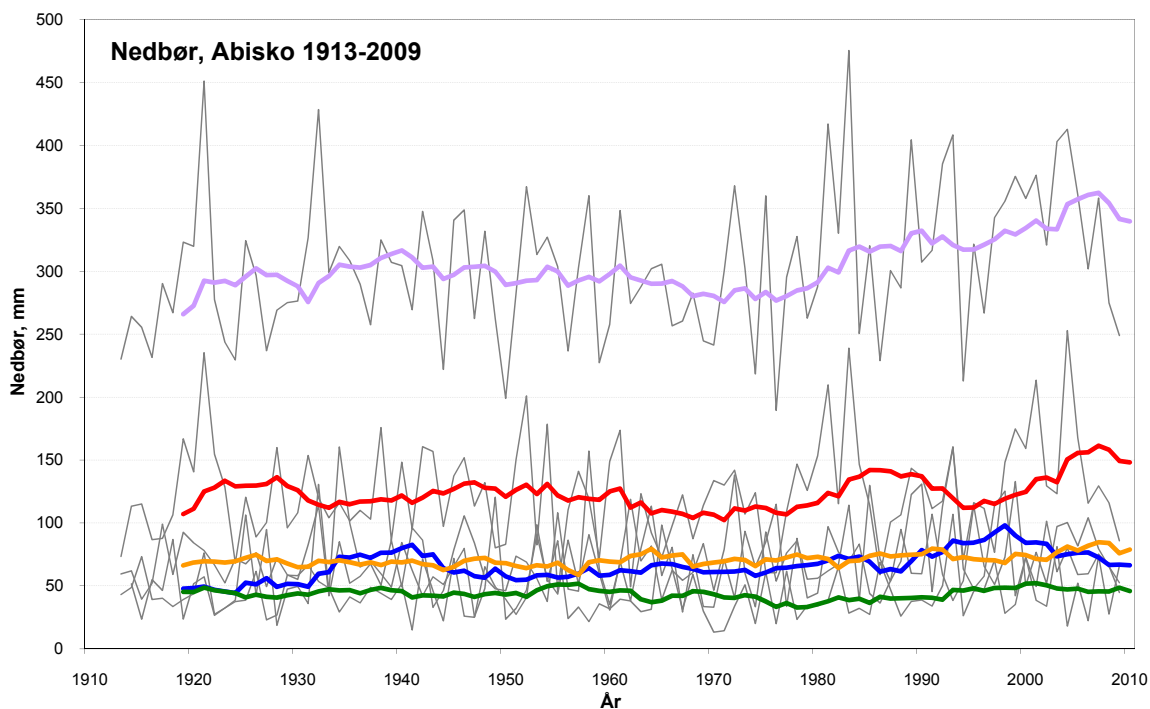
Den målte temperaturen i torv på de ulike dybdene 0,2 m, 0,5 m og 1 m viser relativt store avvik mellom enkelte år i perioden 1988 til 2009. Avvikene er størst nærmest overflaten, men det er ingen retningsbestemt trend i dataserien (figur 8). Det er større variasjon i sommertemperatur enn i vintertemperatur på alle tre målte dybder. Generelt ligger temperaturen på 1 meters dybde på ca +1 grad om vinteren og mellom 5 og 10 grader om sommeren. På 0,5 meter ligger vintertemperaturen på rundt 0 grader. Det samme gjelder også på 0,2 meters nivået for ca 50 % av de registrerte årene, selv om temperaturen der er vist å kunne gå ned til -1 til -2 grader for en del av årene.



Figur 8: Temperaturutvikling på tre ulike dybder (0,2m, 0,5m og 1m) i torvmark, Abisko, Sverige, 1988-2009. Kilde: www.ans.kiruna.se. © NINA 2010.

3.1.3 Nedbør

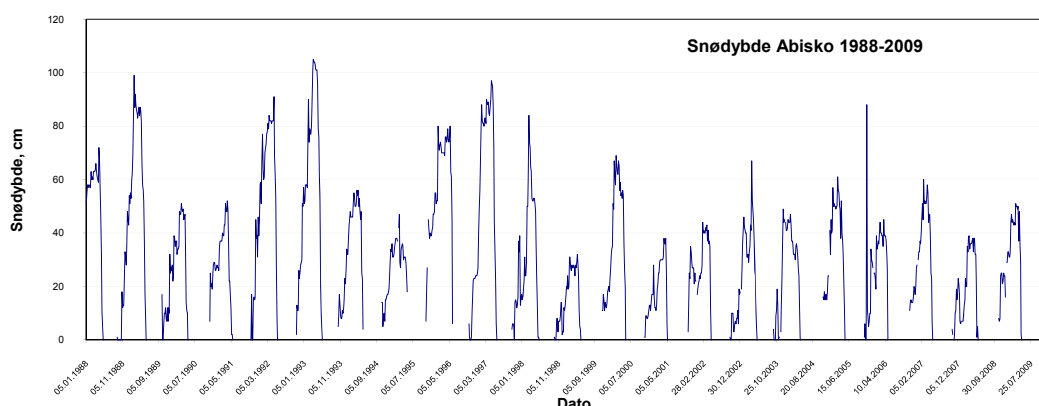
Områdets årsnedbør lå mer eller mindre stabilt på ca 300 mm per år fra tidlig på 1900-tallet fram til begynnelsen av 1960-tallet, da den minket noe fram til slutten av 1970-tallet (figur 9). Siden da har det skjedd en markant økning i årsnedbør fram til i dag selv om det har vært en svak minking i de siste årene. Den markante økningen skyldes økning i både sommernedbør (1980-tallet og 2000-tallet) og vinternedbør (1990-tallet). Nedbørregimet vår og høst viser stort sett ingen trend i perioden for registrerte data fra 1913 til i dag.



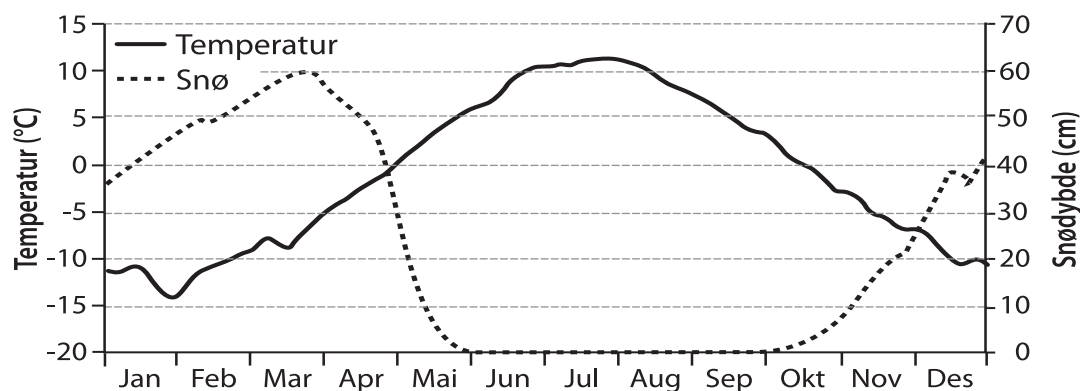
Figur 9: Nedbørutvikling i Abisko, Sverige, ca 42 km vest-sørvest for Ostojeaggi i perioden 1913 til 2009. De fargede linjene viser utviklingen i løpende 10-årsmiddelverdier for **års-**, **vin-**, **vår-**, **sommer-** og **høst**nedbør. Kilde: www.ans.kiruna.se. © NINA 2010.

3.1.4 Snødybde

Ostojeaggi-området karakteriseres av store mellomårsvariasjoner i snømengde/snødybde, noe som vises tydelig i data fra Abisko for perioden 1988 til 2009 (figur 10). Enkelte år er den akkumulerte snødybden kun ca 30 cm mens den akkumulerte snømengden i snørike år kan gå opp til ca 1 meter. Snørike år har minnet siden starten av målingene. I de fleste år begynner snøakkumuleringen i begynnelsen av oktober og fortsetter frem til og med mars måned. Den raskeste snøsmeltingsperioden er første halvdel av mai, og det er vanligvis snøfritt i månedsskiftet mai–juni (figur 11).



Figur 10: Snødybde fra målestasjonen i Abisko, Sverige, for perioden 1988 til 2009. Kilde: www.ans.kiruna.se. © NINA 2010.



Figur 11: Lufttemperatur og akkumulert snømengde i Abisko, Sverige, for januar til desember beregnet for perioden 1961 - 1990. Kilde: www.ans.kiruna.se. © NINA 2010.

3.2 Flybilder

Det finnes flybilder for Ostojeaggi-området fra tre år, 1947, 1956 og 1986, men ingen av dem er i en skala som gjør det enkelt å analysere utviklingen i myrområdet i detalj. Bildeserien fra 1947 er i skalaen 1:40000 og kan kun brukes til å se storskala forandringer i området, for eksempel de palsmyrområder øst for Ostojeaggi som forsvant ved demningen av Altevatr. Bildene fra 1956 er i skalaen 1:10000 og gir et langt mer detaljert bilde av palsmyras strukturer. Bildene fra 1986 er i skalaen 1:15000 og gir en relativt god oversikt over dominerende palsmyrstrukturer som for eksempel frekvens og form av større vannsamlinger. Det begrense-

de antallet bilder og skalaforskjellene gjør at grunnlaget for detaljerte tidsserieanalyser er begrenset. Det finnes ingen nyere flybilder for Ostojeaggi, dvs. etter 1986. Området er planlagt flyfotografert i 2011 (avhengig av værforhold).

3.3 Overvåkingsdata fra 2004

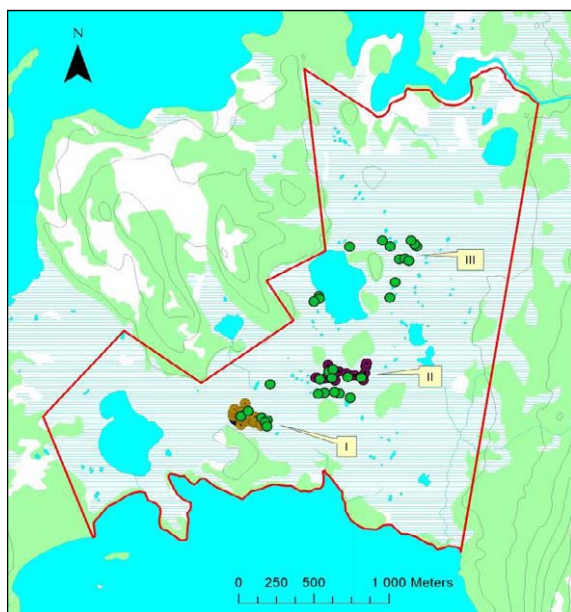
3.3.1 Delområder

Palsformasjoner forekommer innen hele Ostojeaggi-området men frekvensen av kuppelpalser og palsplatåer varierer mellom ulike deler av myra, som over store områder domineres av bløt flatmyr med starr og myrull. De største kuppelpalsene er opp til 3,5 m høye og kan dekke opp til noen tusen kvadratmeter, og palsplatåene som vanligvis kun er ca 1-1,5 meter høye dekker opp til flere tusen kvadratmeter. Tre delområder i de sentrale delene av myra ble i 2004 valgt som overvåkingsområder (figur 12). Mellomformer mellom kuppelpalser og palsplatåer forekommer både innen myra i sin helhet og innen de utvalgte delområdene. Datainnsamlingsperiode i 2004: 15.–18. juli.

Delområde I ble valgt for å representere de typiske palsplatåene innen Ostojeaggi. Et ca 200x75 meter stort palsplatå som dominerer delområdet ble valgt for utførlige studier langs analyselinjer. Fire linjer ble plassert innen platået og av disse er det *en* detaljert analyselinje og tre generelle linjer (se avsnitt 2.2.2 for beskrivelse). Platået var i 2004 relativt homogent og lite fragmentert av dammer eller erosjonsflikker, unntatt den nordvestre delen som karakteriseres av *en* meter høye brottkanter mot flankerende bløte myrområder. Platået har en markert kant mot flatmyrområdet nord for platået.

Delområde II er karakterisert av store høye kuppelpalser med markerte brottkanter mot mellomliggende dammer (figur 2). I den østre delen av delområdet går kuppelpalsene gradvis over i platåpalser. I områdets vestre del ligger en liten platåliggende pals som er sterkt fragmentert av degenereringsområder som danner dominerende dammer og erosjonsflikker. Fem analyselinjer (to detaljerte og tre generelle) ble plasserte innen delområdet i 2004 for å representere de ulike typene av palser, degenereringsområder, flatmyr og dammer.

Delområde III karakteriseres av store og høye kuppelpalser (se forside) som til dels henger sammen i store pals-komplekser i et vidstrakt flatmyrområde. Ingen detaljstudier eller linjer er lagt til dette delområdet.

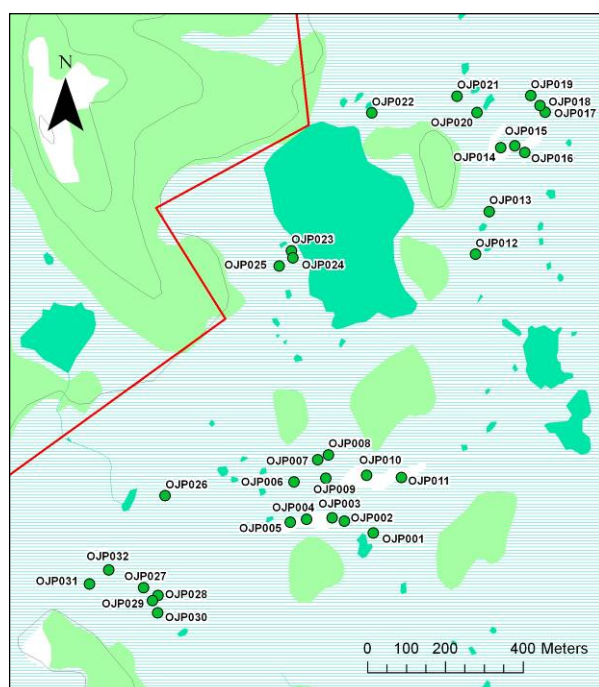


Figur 12: Palsmyrreservatet Ostojeaggi (Astujæggi) i Bardu kommune, Troms fylke, med de tre utvalgte delområdene. Grønne sirkler viser palsposisjoner innen de ulike delområdene; lysbrune og mørkbrune sirkler viser punkter langs analyselinjer. © NINA 2010.

3.3.2 Palsformasjoner

Innen de tre delområdene ble i 2004 posisjonene til 32 pals- og palsplatåformasjoner GPS-markert og nummerert (figur 13). Posisjonene til disse palsene og palsplatåene vil bli brukt i analyser av storskala forandringer i palsmyrsystemet ved bruk av flybilder (se avsnitt 2.2.5). Flybildene fra 1947, 1956 og 1986 er i ulike skalaer og gir dermed varierende muligheter til si noe om detaljforandringer i myrlandskapet. Noen generelle endringer kan imidlertid trekkes fram, men dette gjelder hovedsakelig for perioden 1956 til 1986. For eksempel var pals nr 28 og 29 kun indikerte som lyse områder (død torvmose) i myrflaten i 1956, og i 1986 var disse velutviklede palser med en diameter på ca 30 m. Disse palsene var i 2004 mindre i omfang og trolig betydelig lavere. Mange av palsene som utviklet seg i perioden 1956-1986 har fram til i 2004 enten minket i størrelse eller forsvunnet helt. Selv om hoveddelen av palsutbredelsen har sin opprinnelse i den Lille istid (ca 1450 til 1880; Grove 1988) med et gunstig klima for palsutvikling (Vorren & Vorren 1976; Payette *et al.* 2004) og at 1900-tallets betydelig varmere og fuktigere klima generelt har vært ugunstig for tilvekst av palser, så viser dette at nye palser har oppstått under spesifikke perioder også etter den Lille istid (Vorren 1979) og at noen av disse palsene fortsatt finnes. Ut fra erfaringer fra de to mer detaljstuderte delområdene I og II er det sannsynlig at de fleste av palsene med opprinnelse fra midten av 1900-tallet kun eksisterte et fåtalls tiår. Imidlertid ble det i 2004 observert nye lave embryonale palser/permafrostfelter på mange av plassene der palsene fra perioden 1956 til 1986 lå og siden hadde forsvunnet. Disse feltene stod fram som lyse myrområder med død torvmose (figur 3) der teledybden lå på 20 til 30 centimeter.

De fleste av de større og eldre palsene har gjennomgått relativt begrensede forandringer i størrelse og form i perioden 1947 til 1986, men trolig mer betydelige forandringer i tiden fram til i 2004. Et eksempel er pals nr 6 som i 1947 var en nesten sirkelformet og homogen pals med en diameter på ca 80 m. I 1956 hadde den en velutviklet sentral dam, og i 1986 hadde tydelige erosjonskanter utviklet seg på flere sider. I dag er palsen relativt smal og består av flere dammer og erosjonsflicker og med lengste sammenhengende palslengde på ca 50 m. Palsens overflate var i 2004 ca en tredjedel av den fra 1947.



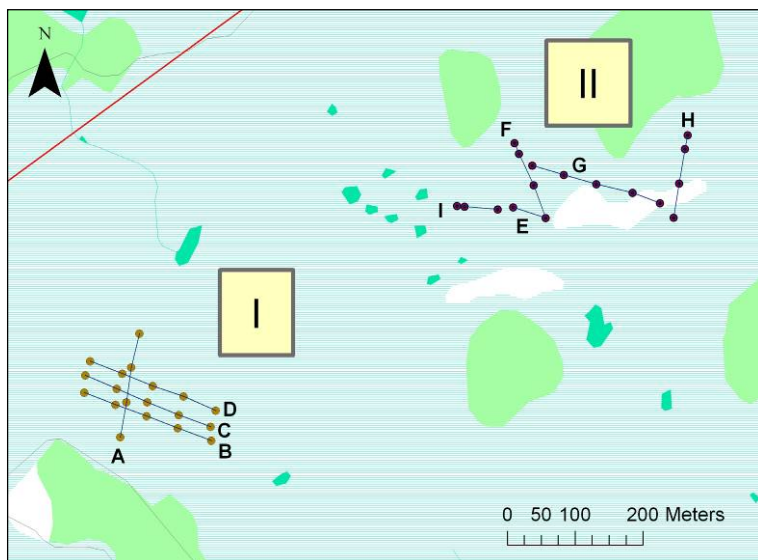
Figur 13: Oversikt over GPS-punkter for palsformasjoner i Ostojeaggi. © NINA 2010.

3.3.3 Linjeanalyse

Totalt ble ni linjer (A-I) plassert ut innen delområde I og II (figur 14). Av disse linjene er tre detaljanalyisert (linje A, E og F) og de seks øvrige linjene er analysert på "generelt" nivå. Detaljer for linjenes plassering, individuell lengde og trekk er redegjort for i tabell 2, og fordeling av tele, markslag, bunn- og feltsjiksvegetasjon, samt palsenes høyde over omliggende myr er presentert i en linjefigur for hver linje (se Hofgaard 2005). Linje A som krysser platået i delområde I gir sammen med linjene B-D informasjon om status og forandringer over tid for et relativt stort palsplatå typisk for regionen. Platået er flankert av en mer eller mindre velutviklet lagg som omfattes av linjene. Linje A inkluderer foruten et tverrsnitt av palsplatået, noen dammer, flankerende myr og felter med nye lave embryonale palser, "nypalser". Linjene B-D inkluderer foruten platået en rekke dammer, pøler, myr og laggområder.

Plasseringen av linjene E-I innen delområde II er tilrettelagt for å fange opp variasjonene i det kuperte området som representerer en relativt fremtredende del av Ostojeaggi. Området er karakterisert av store høye kuppelpalser der nedbryting og torverosjon i lengre tid preget utviklingen og har gitt bratte markerte brottkanter, dammer og torvrygger/torvringer etter palser som forsvant for lenge siden. Linje E krysser pals nr 9, som er en relativt liten kuppelpals (lengde ca 30) med bratte kanter. Linje F krysser den samme palsen og pals nr 8. I myr/dam-området mellom de to palsene fantes det i 1986 en torvrygg (informasjon fra flyfoto) som var bevokst med bjørketre som i dag gjenfinnes i dammen.

Linje G og H krysser palsene/palsområdene nr 8, 10 og 11 og spenner over flere dammer, myrområder med nye palsdannelser, brottkanter og pøler på palsoverflatene. Linje I krysser pals nr 6 som er beskrevet i avsnitt 3.3.2.



Figur 14: Plassering av analyselinjer innen område I og II.
© NINA 2010.

Tabell 2: Analyselinjenes lengde og trekk. © NINA 2010.

Navn	Område	Lengde, m	Analyse-nivå	Palstype	Kommentarer
A	1	150	detaljert	platå	Linjen krysser et større avlangt platåområde, omliggende erosjonskanter og lag, og nærliggende bløtmyr med "nypals"-partier.
B	1	200	generell	platå	Linjen løper langs platået nesten vinkelrett mot linje A, domineres av tørr palsplatå, krysser en del dammer og pøler, og omliggende lag.
C	1	200	generell	platå	Linjen løper parallelt med linje B (avvik med noen meter) og har stort sett samme trekk.
D	1	206	generell	platå	Linjen løper parallelt med linje B og C og har stort sett samme trekk, men passerer og et erosjonsområde ved platåets kant mot tiliggende myr.
E	2	50	detaljert	kuppel	Krysser pals 009 som preger hele linjen, i tillegg omfattes telefrie randsoner mot omliggende myrområder.
F	2	120	detaljert	kuppel	Linjen starter ved sluttpunktet for linje E, krysser pals 009 og 008 med mellomliggende erosjonsområde og dam. Svært kupert linje.
G	2	200	generell	kuppel	Linjen starter på pals 008, krysser 010, dammer mellom 008 og 010, og slutter ved kanten av palsområde 011. Kupert linje.
H	2	120	generell	platå	Krysser pals 009 som preger hele linjen, i tillegg omfattes telefrie randsoner mot omliggende myrområder.
I*	2	60	generell	kuppel	Linjen krysser pals 006 og de erosjonsflier og dammer som karakteriserer den platå-lignende palsen.

* Linjen er analysert som detaljlinje i 2009.

3.3.4 Sprekkfrekvens

I tillegg til ovenfor rapporterte variablene ble antallet torvsprekker og sprekkbredde registrert langs alle linjene (se tabell 1). Antallet sprekker varierte langs linjene avhengig av omfanget av områder med palsdegenerering som omfattes av linjene (tabell 2). Linje I som krysser den platå-lignende og sterkt fragmenterte palsen (nr 6) innen delområde II hadde i 2004 den høyeste frekvensen av sprekker, og linje H innen den østre platådelen av samme delområde hadde den laveste frekvensen.

3.3.5 Artfrekvens

Finskala variasjon i bunn-, felt- og busksjiktvariabler ble analysert langs 18 tilfeldig plasserte linjer innen delområde I i 2004. Linjene fordelte seg på markslagene lagg (4 linjer), pals (9), brottkant (2) og dam (3). Ettersom linjene er tilfeldig plassert inkluderer de også deler av andre markslag enn den kategorien de er klassifisert til. For eksempel inkluderte lagg- og damlinjene, som karakteriseres av vann, torvmose og myrull, elementer som tilhører overgangssoner mot palsområder. Dette vist ved forekomsten av torv, strø og mose. Molte og kvitlyng, ble registrert for alle fire markslagene og karakteriserer overgangssonene mellom habitatene. Dette karakteriserte også palsene og palsplataene der mange små ujamnheter og fordypninger gir gode habitater for disse artene. Blåbær forekom relativt hyppig i området men ble ikke registrert med noen punkttreff. Palslinjene hadde den mest diverse småskalastrukturen, men karakterisertes i første rekke av lav og krekling. I tillegg til ikkevegetert torv har disse også høy frekvens i brottkantlinjene.

3.4 Datainnsamling 2009

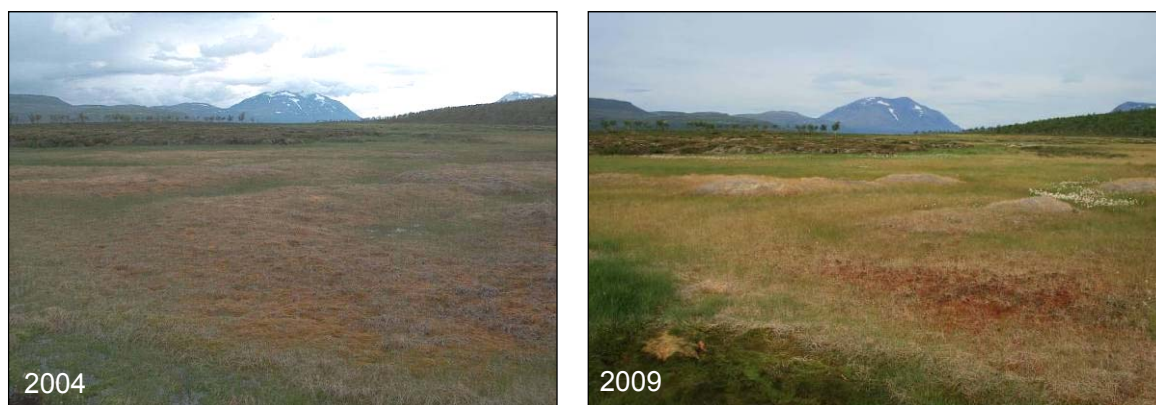
All datainnsamling ble i 2009 utført på samme måte som i 2004 og i henhold til de beskrevne metodene over (se avsnitt 2.2). Noen endringer i mengde innsamlet material ble imidlertid gjort. Linje I som krysser en relativt liten palsformasjon i rask endring ble analysert som detaljlinje i 2009. Dvs. at høyde og tele ble registrert for *en* ytterligere linje i 2009. I tillegg ble teledybde registrert for to nypalser som ikke fantes i 2004 (slutten av linje B og midten av linje G). Artsfrekvens langs tilfeldig valgte 5-meterslinjer (artslinjer; se avsnitt 3.3.5) ble i 2009 kun registrert for linjer som representerte palsoverflaten (9 linjer). Datainnsamlingsperiode i 2009: 8.–11. august.

4 Resultat

4.1 Palsformasjoner

Minking av permafrostutbredelse har preget Ostojeaggi i perioden 2004 til 2009, men grunnet mangelen på flybilder etter 1986 kan dette kun kvantifiseres for palser/områder med linjeanalyser (se nedenfor). Dog er forandringen relativt begrenset, og alle eldre palsformasjoner som ble registrert i 2004 eksisterte fortsatt i 2009. Felles trekk for palsene er at områder med brottkanter har blitt mer dominerende og at dammer og andre våte områder har økt noe i omfang.

De nye lave permafrostfeltene med embryonale palser der teledybden lå på 20 til 30 centimeter som ble registrert i 2004 (se 3.3.2) fantes fortsatt i 2009, men er blitt fragmenterte og begrenset til hovedsakelig et område nordøst for linje A med fire små palser (figur 15). Teledybden i dette området varierte i 2009 mellom 25 og 40 cm. Selv om området med nye palser minket i omfang så har høyden for de fire palsene økt noe og var i 2009 60 cm, med en teledybde på de høyeste punktene på 30 cm.



Figur 15: Nypalsområde nord for palsplatået i område I. Permafrostområdet har minket siden 2004, men gjenværende palser var høyere i 2009. Foto: Annika Hofgaard. © NINA 2010.

4.2 Linjeanalyser

Plassering og trekk for individuelle linjer er presentert i avsnitt 3.3.3 ovenfor. Her presenteres kun forandringene i perioden 2004-2009 ved hjelp av statistikk for forekomst av tele, teledybde, markslag, sprekkfrekvens og vegetasjon for alle linjene. Figureksemples gis for to av linjene.

4.2.1 Tele og markslag

Antallet meter med tele langs de detaljanalyserte linjene er, sammenlagt for alle linjene, mer enn halvert i perioden 2004-2009 (tabell 3). Selv om telens utbredelse har minket langs alle linjene så skyldes den største delen av nedgangen i telefrekvens fremst forandringer langs linje A, der et stort nypalsområde (57 m av linjen) har tint siden 2004. Men minking innen palsplatået er også tydelig (figur 16). Minkingen i lengdemeter totalt for eldre palsformasjoner er ca 17 %. Middeldybden for telens posisjon langs palsdelene av de detaljanalyserte linjene (figur 16-19) var ved målingstidspunktet i 2009 ca 65 cm med en variasjonsbredde på 35-147 cm (tabell 3). Sammenlignet med posisjonen i 2004 representerer dette en senking av middeldybden med ca 25 cm, men det er store variasjoner mellom og innen linjene.

Markslagsfordelingen langs linjene viser kun beskjedne forandringer i overvåkingsperioden (figur 17 og 19). Det dominerende markslaget er pals/palsplatå både i 2004 og 2009 med like over 50 % av arealet med linjeanalyser (tabell 4). For alle markslag og alle linjer har brottkantsområder økt mest (283 % økning), men disse omfatter kun en liten del av linjene (0,9 % i 2004; 3,5 % i 2009). Frekvensen for myrflate har økt med nesten 50 %, noe som er forårsaket av tining av nypalsområder (figur 20) og minking av laggområder. Selv om nypalsområdene minket med nesten 70 % så ble det i 2009 registrert noen nye og ekspanderende palsformasjoner som ikke fantes i 2004: langs linje G (lengde 12 m med tele på 50 cm dyp) og langs linje B (lengde 7 m med tele på 30-45 cm dyp; hvorav 2 m fantes i 2004). Frekvensen av dammer er totalt sett nesten uforandret, men har økt langs platålinjene og minket langs kuppelpalslinjene (gjengroning; figur 21). Detaljer for markslagsforandringer i perioden 2004 til 2009 per linje og gruppert for platålinjer og kuppelpalslinjer er presentert i tabell 4.

Tabell 3: Telens foredling, frekvens og dybde for linjene med "detaljregistrering" (se 2.2.2). © NINA 2010.

Linje- navn	Lengde, m	Antall m		Frekvens, %		Gj.snitt dyp, cm*		Maks. dyp*		Min. dyp*		St.dev dyp*	
		2004	2009	2004	2009	2004	2009	2004	2009	2004	2009	2004	2009
A	150	107	43	71,3	28,7	41,3	71,2	130	170	20	40	15,8	38,4
E	50	34	28	68,0	56,0	34,1	57,9	60	110	10	35	13,6	17,1
F	120	83	74	69,2	61,7	44,9	65,5	90	160	30	30	12,3	31,3
sum/medelv		224	145	69,5	48,8	40,1	64,9	93,3	146,7	20,0	35,0	13,9	28,9
I	60	-	21	-	35,0	-	81,2	-	185	-	35		40,1

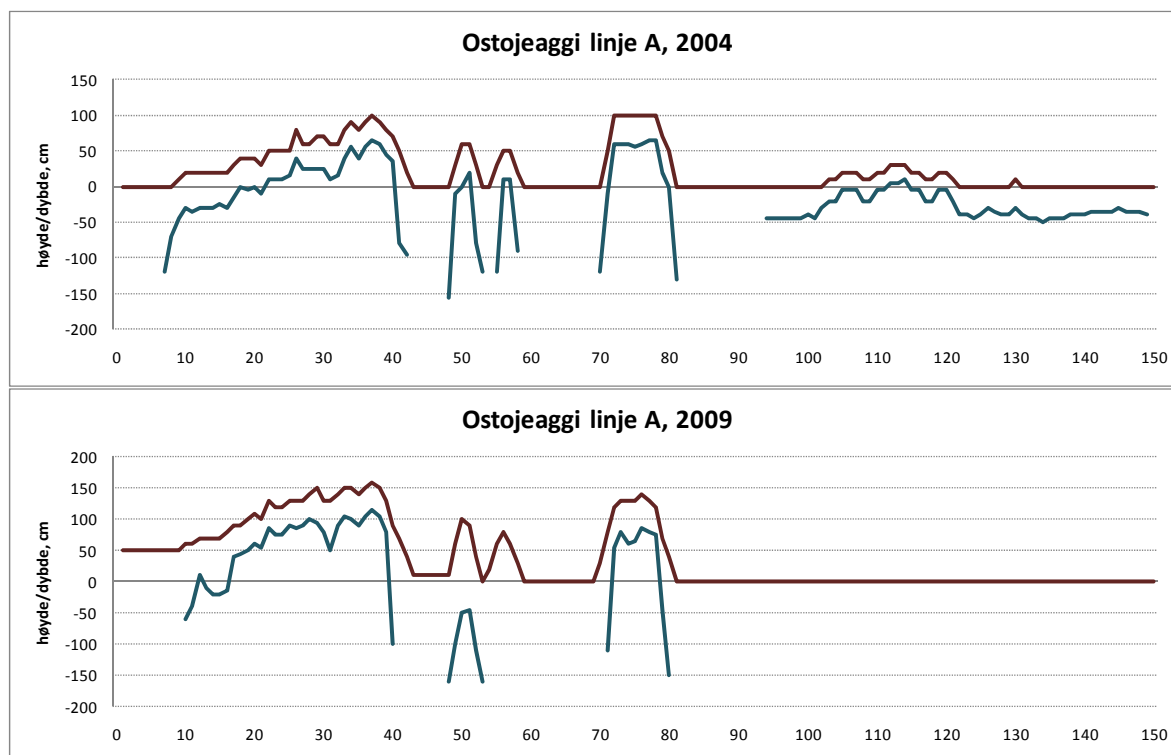
*Beregninger basert kun på metre hvor tele forekommer

Tabell 4: Forandring i markslagsfordeling for individuelle analyserte linjer gruppert for platålinjer og kuppelpalslinjer; angitt i antall meter og frekvens (%; i parentes). Markslag som har økt i perioden er markert med fet skrift i totalberegningen. © NINA 2010.

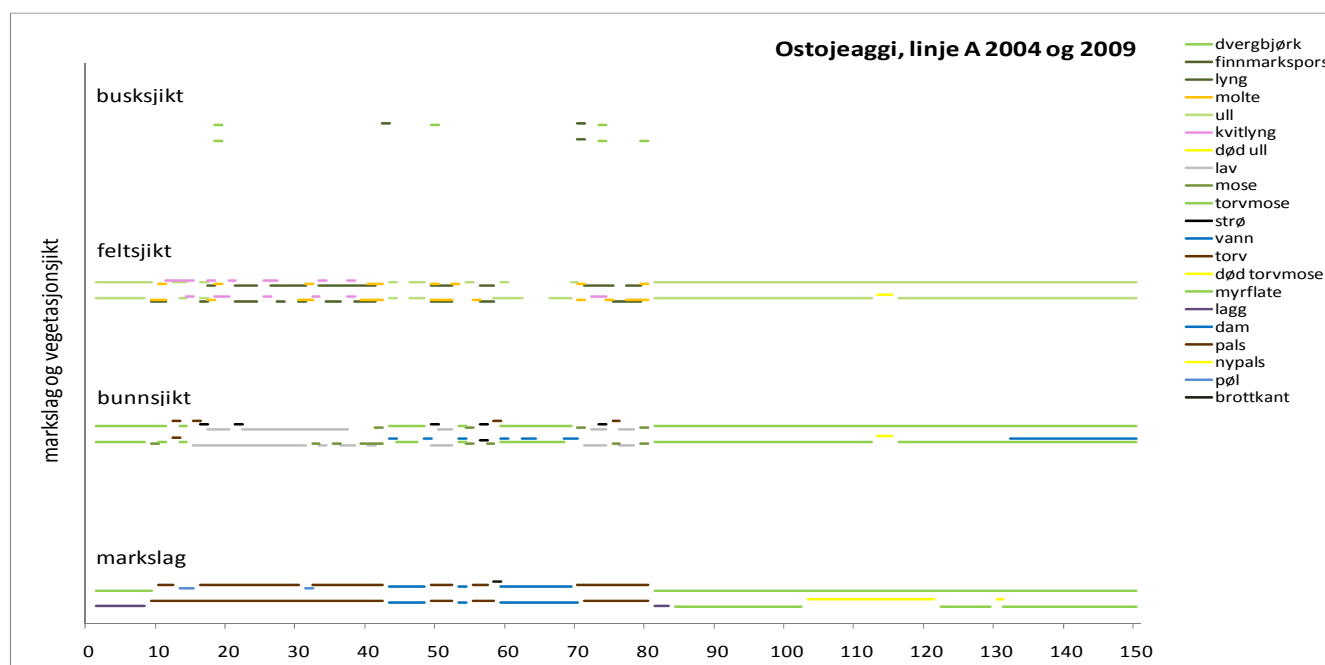
Palsplatålinjer		A		B		C		D		H		Total	
År		2004	2009	2004	2009	2004	2009	2004	2009	2004	2009	2004	2009
brottkant			1 (0,7)			5 (2,5)	12 (6,0)	2 (1,0)	6 (2,9)		6 (5,0)	7 (0,8)	25 (2,9)
dam*		20 (13,3)	19 (12,7)	27 (13,5)	28 (14,0)	22 (11,0)	29 (14,5)	19 (9,2)	24 (11,6)	39 (32,5)	33 (27,5)	127 (14,5)	133 (15,2)
lagg		11 (7,3)		12 (6,0)		8 (4,0)	2 (1,0)	11 (5,3)	7 (3,4)	12 (10,0)	3 (2,5)	54 (6,2)	12 (1,4)
myrflate**		47 (31,3)	79 (52,7)	19 (9,5)	28 (14,0)	13 (6,5)	18 (9,0)	33 (16,0)	41 (19,9)	18 (15,0)	25 (20,8)	130 (14,8)	191 (21,8)
nypals		20 (13,3)		2 (1,0)	7 (3,5)			5 (2,4)				27 (3,1)	7 (0,8)
palsplatå		52 (34,7)	47 (31,3)	129 (64,5)	123 (61,5)	136 (68,0)	125 (62,5)	134 (65,0)	125 (60,7)	50 (41,7)	51 (42,5)	501 (57,2)	471 (53,8)
pøl			4 (2,7)	11 (5,5)	14 (7,0)	16 (8,0)	14 (7,0)	2 (1,0)	3 (1,5)	1 (0,8)	2 (1,7)	30 (3,4)	37 (4,2)

Kuppelpalslinjer		E		F		G		I		Total	
År		2004	2009	2004	2009	2004	2009	2004	2009	2004	2009
brottkant			3 (6,0)		8 (6,7)	5 (2,5)	5 (2,5)		5 (8,3)	5 (1,2)	21 (4,9)
dam*				13 (10,8)		37 (18,5)	35 (17,5)	20 (33,3)	25 (41,7)	70 (16,3)	60 (14,0)
lagg		4 (8,0)	3 (6,0)	7 (5,8)	15 (12,5)	12 (6,0)		7 (11,7)	3 (5,0)	30 (7,0)	21 (4,9)
myrflate**		15 (30,0)	12 (24,0)	23 (19,2)	28 (23,4)	28 (14,0)	63 (31,5)	8 (13,3)	10 (16,7)	74 (17,2)	113 (26,3)
nypals						32 (16,0)	12 (6,0)			32 (7,4)	12 (2,8)
pals		31 (62,0)	32 (64,0)	77 (64,2)	69 (57,5)	77 (38,5)	85 (42,5)	25 (41,7)	17 (28,3)	210 (48,8)	203 (47,2)
pøl						9 (4,5)				9 (2,1)	0 (0,0)

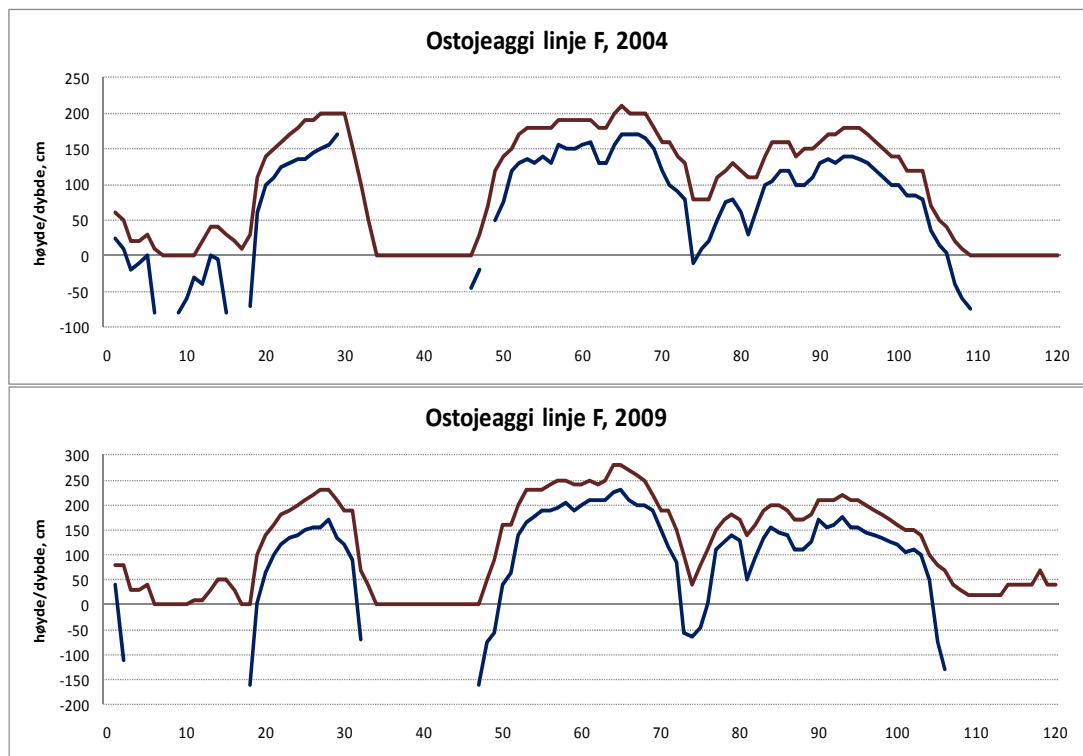
*dam og damfluk er slått sammen til dam; **myrflate, tue og palsring er slått sammen til myrflate



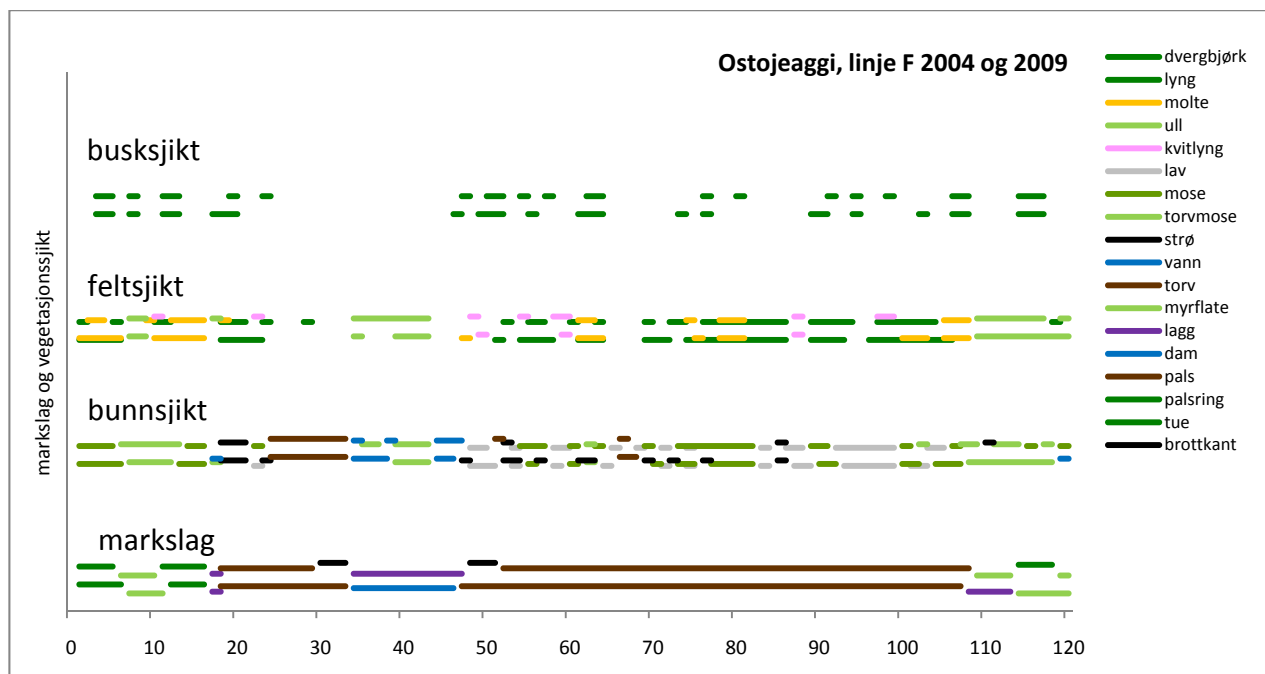
Figur 16: Høydestruktur og teledybde for linje A i 2004 og 2009. Brune linjer viser markhøyde og blå linjer teleforekomstens dybdenivå under overflaten. Merk at høydenivå ble målt noe forskjellig i de to årene (grunnet myras helling). © NINA 2010.



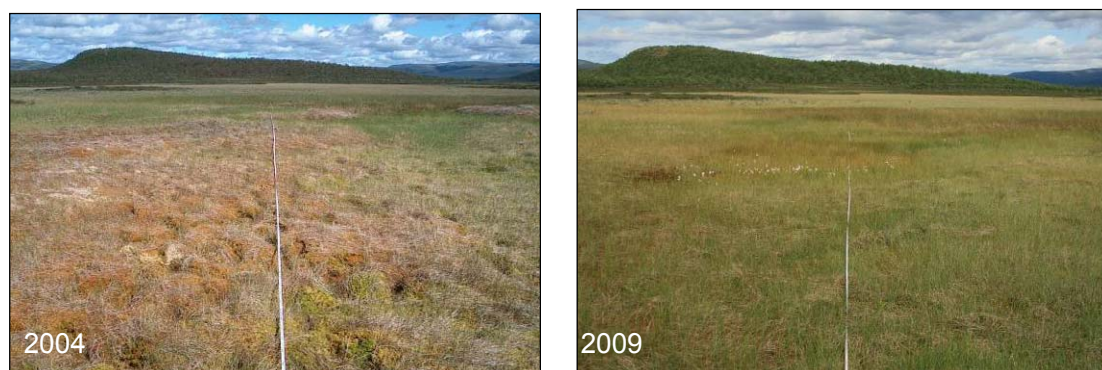
Figur 17: Fordeling av markslag og dominerende vegetasjon for linje A i 2004 og 2009. De fire grupperingene med linjer viser markslagsvariabler (nedre linjegruppering), bunnsjiktsvariabler (nest nederst), feltsjiktsvariabler (nest øverst) og busksjiktsvariabler (øverst). Innen hver gruppering vises informasjon for 2004 nederst og 2009 øverst. Fargekodenenes betydning vises til høyre i figuren. © NINA 2010.



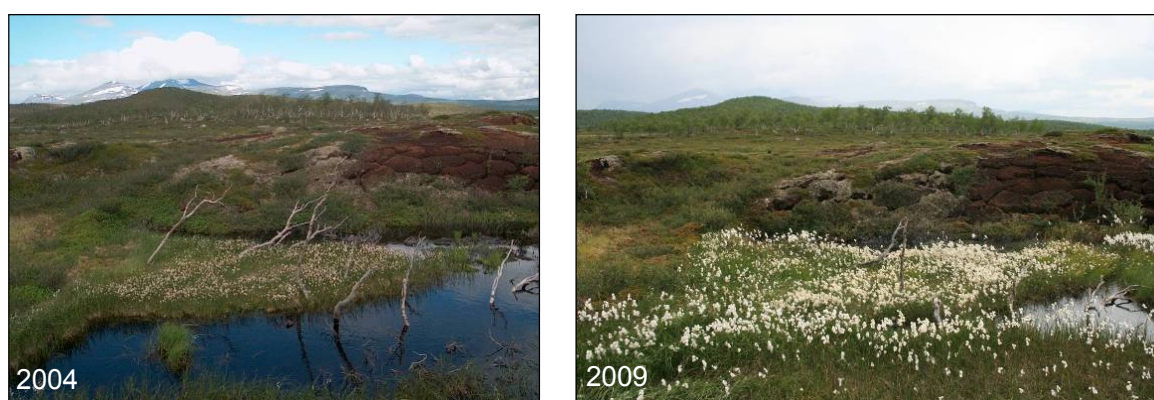
Figur 18: Høydestruktur og teledybde for linje F i 2004 og 2009. Brune linjer viser markhøyde og blå linjer teleforekomstens dybdenivå under overflaten. Merk at maksimalt høydenivå ble målt noe forskjellig i de to årene (grunnet myrass helling). © NINA 2010.



Figur 19: Fordeling av markslag og dominerende vegetasjon for linje F i 2004 og 2009. De fire grupperingene med linjer viser markslagsvariabler (nedre linjegruppering), bunnsjiktvariabler (nest nederst), feltsjiktvariabler (nest øverst) og busksjiktvariabler (øverst). Innen hver gruppering vises informasjon for 2004 nederst og 2009 øverst. Fargekodenes betydning vises til høyre i figuren. © NINA 2010.



Figur 20: Myrflateområde langs linje A (meter 100-150) med permafrostutbredelse (nypals) i 2004 som blitt borte i 2009. Jevnfør med figur 16. Foto: Annika Hofgaard. © NINA 2010.



Figur 21: Gjengroende dam mellom to palser. Området krysses av linje F (meter 34-46; se Figur 18 og 19). Dammen var tidligere en trebevokst del av en større sammenhengende pals. Foto: Annika Hofgaard. © NINA 2010.

4.2.2 Sprekkfrekvens

Antallet torvsprekker og sprekkbredde ble registrert langs alle linjene, og som i 2004 varierte antallet sprekker langs linjene (Tabell 5) avhengig av omfanget av områder med palsdegenerering som er inkludert (Tabell 4). Linje I som krysser den platåalignende og sterkt fragmenterte pals nr 6 innen delområde II hadde som i 2004 høy frekvens av sprekker, og linje H innen den østre platådelen av samme delområde hadde meget lav frekvens. Linje E viser den største forandringen siden 2004 med sterkt økt frekvens av sprekker med 1-5 cm bredde. Sammenlagt for alle linjene er det en økning på ca 60 % innen breddeklassene opp til 20 cm, men antallet sprekker i klassene over 20 cm har minnet. Dette skyldes i hovedsak at områder med brede sprekker utviklet seg til brottkantsområder. Områder med brottkant har økt betydelig for de fleste linjene.

Tabell 5: Antall sprekker fordelt på breddeklasser (cm), og lengde brottkant i m. © NINA 2010.

Linje- navn	Lengde, m	Antall sprekker		Sprekker pr m		1-5 cm		6-10 cm		11-20 cm		21-50 cm		>50 cm		Brottkant	
		2004	2009	2004	2009	2004	2009	2004	2009	2004	2009	2004	2009	2004	2009	2004	2009
A	150	9	7	0,06	0,05	2		2	2	2	3	3	1		1		1
B	200	5	8	0,03	0,04				4	3	1	2	3				
C	200	10	13	0,05	0,07	1	3	2	3	3	5	3	2	1		5	12
D	206	13	17	0,06	0,08	4	4	6	8	1	4	2	1			2	6
E	50	7	22	0,14	0,44	2	15	2	2	2	3	1	2			1	3
F	120	10	12	0,08	0,10	3	6	2	1	2	4	3	1			5	8
G	200	5	10	0,03	0,05			2	3	2	5	1	2			5	4
H	120	2	1	0,02	0,01				1	1				1			6
I	60	14	12	0,23	0,20	2	5	4	3	4	3	4	1				5
Sum	1306	75	102	--	--	14	33	20	27	20	28	19	13	2	1	18	45
Middelv	--	--	--	0,08	0,11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Endring 2004-2009			+36 %	--	+37,5 %	--	+136 %	--	+35 %	--	+40 %	--	-32 %	--	-50 %	--	+150 %

4.2.3 Artfrekvens

Variasjonen i busk-, felt- og bunnsjikt ble i 2009 analysert for 9 palsoverflatelinjer og sammenlignet med 2004. Vegetasjonen på palsene er i begge årene karakterisert av krekling og lav som til sammen dekker ca halvparten av overflaten, selv om frekvensen varierer noe mellom årene. Samlet har bunnsjiktsdominert vegetasjon økt fra 2004 til 2009, og busk- og feltsjiktsdominerte områder minnet. I 2004 dominerte feltsjiktsområder totalt sett, men i 2009 er dette endret till bunnsjiktsdominans.

Busksjiktsarter forekommer meget sparsomt på palsene (se figur 17 og 19), men karakteriserer forsenkninger og hellinger mot lavere liggende myrområder. Målingene i 2004 og 2009 viser at forekomsten av busksjikt på den eksponerte palsoverflaten har minnet noe (Tabell 6). Minkingen er gyldig fremst for dvergbjørk, og kan eventuelt skyldes bjørkemålerutbrudd i 2004 som hadde stor innvirkning på både bjørk og dvergbjørk i området. Det er til dels store endringer i enkelte feltsjiktsarters frekvens mellom 2004 og 2009 selv om feltsjiktet totalt kun endret sig i liten grad (minking). Noen av de mest påfallende frekvensendringer av artene innen feltsjiktet er minkingen i molte og myrull, og økningen av kvitlyng. Minkingen av molte og myrull indikerer at overflatemiljøet er blitt tørrere, og økningen av kvitlyng, som er begunstiget av kantsoner og lave forsenkninger i palsenes overflate, indikerer endringer i palsoverflatens småskalastruktur. Vegetasjonsforandringene som førte til bunnsjiktsdominans i 2009 skyldes fremst økt frekvens av lav og minking av ikke-vegetert torv.

Tabell 6: Endring i palsoverflatens busk-, felt- og bunnsjiktssammensetting i palsområde I, mellom 2004 og 2009. © NINA 2010.

	antall treff		% dekking		% endring 2004- 2009
	2004	2009	2004	2009	
Busksjikt	29	19	6,4 %	4,2 %	-34 %
Finnmarkspors	8	7	1,8 %	1,6 %	-13 %
Dvergbjørk	21	12	4,7 %	2,7 %	-43 %
Feltsjikt	229	197	50,9 %	43,8 %	-14 %
Kvitlyng	23	40	5,1 %	8,9 %	74 %
Blokkebær	8	6	1,8 %	1,3 %	-25 %
Tyttebær	2	6	0,4 %	1,3 %	200 %
Krekling	151	124	33,6 %	27,6 %	-18 %
Molte	34	18	7,6 %	4,0 %	-47 %
Myrull	11	3	2,4 %	0,7 %	-73 %
Bunnsjikt	192	234	42,7 %	52,0 %	22 %
Død torv	28	13	6,2 %	2,9 %	-54 %
Strø	62	80	13,8 %	17,8 %	29 %
Torvmose	0	5	0,0 %	1,1 %	--
Mose	22	23	4,9 %	5,1 %	5 %
Lav	80	113	17,8 %	25,1 %	41 %

4.3 Menneskelige påvirkning

Palsområder er meget sårbare for menneskelige aktiviteter som påvirker de hydrologiske forholdene rundt palsene eller palsoverflatene. Påførte skader kombinert med økt klimatisk marginalisering grunnet endringer i klimaet gjør at også beskjeden menneskelig påvirkning kan virke destabiliserende. Palsene innen Ostojeaggi viser ingen tegn på forstyrrelse av menneskelig aktivitet og de dokumenterte forandringene og forskjellene mellom 2004 og 2009 skyldes andre forhold enn direkte menneskelig påvirkning.

5 Diskusjon

Palsfrekvens og palsstørrelse i Ostojeaggi har blitt redusert de siste tiårene, men samtidig er også nye palser blitt dannet. Flyfotoene for Ostojeaggi fra 1947, 1956 and 1986 indikerer relativt omfattende forandringer med utvikling av nye store palser i deler av myra i perioden frem til 1986. Disse nye palsene var i 2004 enten borte, vesentlig mindre eller byttet ut med nye efemere palser, som igjen var tint eller mindre i størrelse i 2009.

Langtidsforandringene i regionens klima styrer denne dynamikken i palsmyrsystemene, sammen med klimatiske ulikheter mellom år og eventuelle direkte menneskelige påvirkninger. Etersom palsene innen Ostojeaggi ikke viser noen tegn på forstyrrelse av menneskelig aktivitet, antas at de dokumenterte forandringene og forskjellene mellom 2004 og 2009 hovedsakelig har en klimatisk årsak. Det er trolig at den relativt balanserte dynamikken i myras struktur som er dokumentert ved hjelp av flybilder fra 1947 frem til 1986 er endret til en raskere forandring i senere tid grunnet trenden i regionens klima. Siden midten på 1980-talet har årsmiddeltemperaturen økt med ca 1,5 grader, og den har i det siste tiåret ligget over 0 grader. I samme tid har nedbøren økt med ca 25 %, noe som sammen med temperaturøkningen er ugunstig for palsenes vekst og overlevelse. Nye og små palsformasjoner i de våteste delene av myra er mest følsomme for denne type klimaendring. Store palser i tørrere deler vil kunne eksistere over lengre tid også i et ugunstig klima.

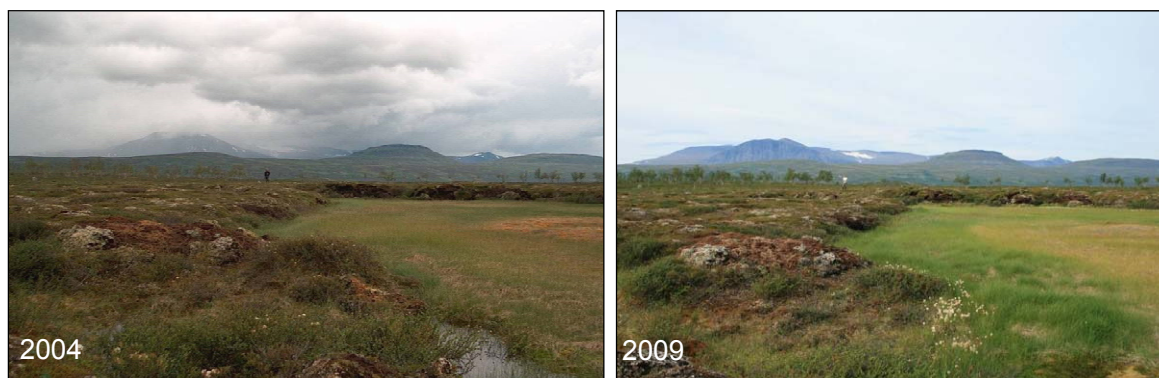
Den registrerte minken av tele på 17 % i eldre palsformasjoner tyder imidlertid på store pågående forandringer av myrsystemet selv om de visuelle forandringene mellom 2004 og 2009 ikke er så store. Overvåkingen viser også at Ostojeaggi er et meget dynamisk palsmyrområde der nåværende klima gir forutsetninger for nydannelse av palser. Likevel om minkingen av telens utbredelse fortsetter i samme hastighet som registrert for perioden 2004 til 2009 uten at nydannede palser overlever i lengre tid så vil palsmyrbiotopen i Ostojeaggi være helt borte innen ca 70 år. Denne beregningen tar imidlertid ikke hensyn til en eventuell generell senking av telens posisjon i palsene som vil kunne påskynde prosessen betraktelig.

Selv om telens posisjon lå betydelig dypere i 2009 enn i 2004 så gir ikke dataene grunnlag for å trekke en konklusjon om denne forskjellen representerer en forandring over tid eller kun skyldes værfor forskjeller mellom år og forskjellene i analysetidspunkt (tre uker senere i 2009). Været, både temperatur og nedbør, i de enkelte somrer styrer teledybden mer enn trenden i klimaet gjør, men ettersom både årsmiddeltemperatur og sommertemperatur har vist en økende trend er det sannsynlig at teledybden har økt i senere tid. I de årene teledybden ble målt var sommertemperaturen nesten like (10,9°C i 2004; 10,8°C i 2009), men i 2009 var den siste delen av sommeren ca 1 grad varmere. Den største klimatiske forskjellen mellom analyseårene er at 2004 ble registrert med den mest nedbørsrike sommeren siden målingene startet for nesten 100 år siden, med nesten dobbelt så mye nedbør som normalt 2009 er en av de tørreste årene i samme periode (252,8 mm i 2004; 85,8 mm i 2009). At 2004 var et "vått år" (dvs. ved analysetidspunktet) og 2009 et "tørt år" har ikke bare innvirket på teledybden men også på frekvensen av lagg og pøl som ble registrert. I 2009 var mange laggområder og pøler tørrlagde og ble trolig registrert med lavere frekvens enn de ville blitt en våt sommer.

Artfrekvensanalysene viser at det i 2009 er mindre areal med snøfangende vegetasjon (busk- og feltsjiktarter) enn i 2004, noe som er av betydning for telens utvikling. Med et stadig dypere telenivå øker betydningen av palsoverflatens vegetasjon. Dersom mindre snø fanges opp og blir liggende på palsene om vinteren vil isolasjonen minke og gagne veksten av tele. Dette vil derved kunne bremse trenden med synkende telenivå. Dette vil trolig ha liten innvirkning i et fortsatt varmere og fuktigere klima. Noen av palsenes karakterarter har endret frekvens i overvåkingsperioden, noe som trolig har en sammenheng med endret småskalastruktur i palsenes overflate og endring i telenivå. En av disse artene er kvitlyng, som er begunstiget av kantsoner og forsenkninger/pøler i palsenes overflate. Økt frekvens av arten indikerer en økende degenerering av palsenes tele. Nedgangen i molte og myrullarter indikerer i tillegg at overflatemiljøet er blitt tørrere, noe som kan ha en sammenheng med at telenivået lå lavere i 2009 enn 2004,

men det kan også tyde på at det har vært en generell senking av telenivået i overvåkingsperioden.

Til tross for dynamisk karakter, klimafølsomhet og generell minking av palsenes størrelse så har noen myrstrukturer i Ostojeaggi vært meget stabile over lang tid. For eksempel så har en V-formet innbuktning i nordre kanten av palsplatået i område I hatt samme form og størrelse siden første flyfotografering i 1947, og det har i stort sett ikke skjedd noen målbare forandringer i perioden 2004-2009 (figur 22).



Figur 22: Nordre kant av palsplatået med linjene A-D i område I. Posisjonen til kanten har vært stabil siden midten på 1900-talet og viser ingen forandringer i perioden 2004 til 2009. Foto: Annika Hofgaard. © NINA 2010.

6 Tidsplan

Overvåkingen har siden starten i 2004 inkludert etablering og førstegangsanalyser av et overvåkingsområde per år, med start i Ostojeaggi. I løpet av overvåkingens første fem år (2004-2008) ble alle utvalgte overvåkingsområder (se figur 4) analysert i følge planen nedenfor. Heretter er områdene planlagt gjenanalysert hvert femte år. Første gjenanalyserte område er Ostojeaggi som er rapportert i denne rapporten. Overvåkingen rapporteres med årlige rapporter til Direktoratet for naturforvaltning (se referanseliste 7.1).

Førstegangsundersøkelse	2004	Ostojeaggi
	2005	Dovre: Haukskardmyrin og Haugtjørnin
	2006	Goahteluoppal
	2007	Dovre: Leirpullan
	2008	Ferdesmyra
Reanalyse I	2009	Ostojeaggi
	2010	Dovre: Haukskardmyrin og Haugtjørnin
	2011	Goahteluoppal
	2012	Dovre: Leirpullan
	2013	Ferdesmyra

7 Referanser

7.1 Rapporter innen overvåkingsprosjektet

- Hofgaard, A. 2003. Effects of climate change on the distribution and development of palsa peatlands: background and suggestions for a national monitoring project. NINA Project Report 21. 32 s.
- Hofgaard, A. 2004. Etablering av overvåkingsprosjekt på palsmyrer. NINA Oppdragsmelding 841, 32pp.
- Hofgaard, A. 2005. Overvåking av palsmyr. Førstegangsundersøkelse i Ostojeaggi, Troms 2004. NINA Rapport 42. 29 s.
- Hofgaard, A. 2006. Overvåking av palsmyr. Førstegangsundersøkelse i Dovre 2005, Haukskardmyrin og Haugtjørnin. NINA Rapport 154. 35 s.
- Hofgaard, A. 2007. Overvåking av palsmyr. Førstegangsundersøkelse i Goahteluoppal, Vest-Finnmark 2006. NINA Rapport 257. 33 s.
- Hofgaard, A. 2008. Overvåking av palsmyr. Førstegangsundersøkelse i Leirpullan, Sør-Trøndelag 2007. NINA Rapport 364. 35 s.
- Hofgaard, A. 2009. Overvåking av palsmyr. Førstegangsundersøkelse i Ferdesmyra, Øst-Finnmark 2008. NINA Rapport 476. 34pp.

7.2 Annen sitert litteratur

- ACIA. 2005. Arctic climate impact assessment. Cambridge University press, Cambridge.
- Christensen, T.R., Johansson, T., Akerman, H.J., Mastepanov, M., Malmer, N., Friborg, T., Crill, P. & Svensson B.H. 2004. Thawing sub-arctic permafrost: Effects on vegetation and methane emissions. Geophysical Research Letters 31. L04501.
- Fronzek, S., Johansson, M., Christensen, T.R., Carter, T.R., Friborg, T. & Luoto, M. (eds.) 2009. Climate change impacts on sub-arctic palsa mires and greenhouse gas feedbacks. Reports of Finnish Environment Institute 3/2009.
- Grove, J.M. 1988. The Little Ice Age. Methuen, London.

- IPCC 2001. Working Group I Assessment Report, Climate Change 2001: The Scientific Basis (Summary for policymakers). www.gcric.org/online.html.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis - Summary for Policymakers. 10th session of Working group I of the IPCC. IPCC, Paris.
- Laberge, M.-J. & Payette, S. 1995. Long-term monitoring of permafrost change in a palsa peatland in Northern Québec, Canada: 1983-1993. *Arctic Alpine Research* 27: 167-171.
- Luoto, M., Heikkinen, R. K. & Carter, T. R. 2004. Loss of palsa mires in Europe and biological consequences. *Environmental Conservation* 31: 1-8.
- Luoto, M. & Seppälä, M. 2002. Modelling the distribution of palsas in Finnish Lapland with logistic regression and GIS. *Permafrost and Periglacial Processes* 13: 17-28.
- Luoto, M. & Seppälä, M. 2003. Thermokarst ponds as indicators of the former distribution of palsas in Finnish Lapland. *Permafrost and Periglacial Processes* 14: 19-27.
- Moen, A. 1999. National Atlas of Norway. Vegetation. Norwegian Mapping Authority, Hønefoss, Norway. 200 s.
- Payette, S., Delwaide, A., Caccianiga, M. & Beauchemin, M. 2004. Accelerated thawing of subarctic peatland permafrost over the last 50 years. *Geophysical Research Letters*, Vol 31, L18208, doi:10.1029/2004GL020358. 4 s.
- Seppälä, M. 1986. The origin of palsas. *Geografiska annaler*, A68, 141-147.
- Sollid, J.L. & Sørbel, L. 1998. Palsa bogs as a climate indicator – examples from Dovrefjell, Southern Norway. *Ambio* 27: 287-291.
- The Habitats Directive 2007. Council Directive 92/43/EEC on the Conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. Consolidated version 1.1.2007. <http://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/habitatsdirective>
- Vorren, K.-D. 1979. Recent palsa datings, a brief survey. *Norsk Geografisk Tidsskrift* 33: 217-219.
- Vorren, K.-D. & Vorren, B. 1976. The problem of dating a palsa. Two attempts involving pollen diagrams, determination of moss subfossil, and C14-datings. *Astarte* 8: 73-81.



Takk til Arvid!

8 Vedlegg 1: Klimatiske forutsetninger og endring av palsmyrer i tid og rom

Teksten nedenfor er hentet fra rapporten ” Etablering av overvåkingsprosjekt på palsmyrer. NINA Oppdragsmelding 841” (Hofgaard 2004).

8.1 Sammansättning og struktur

En pals är en permafrostorsakad torvklädd kulle som höjer sig över den omgivande myrytan (figur 1). Kullarnas höjd varierar från mindre än en meter till flera meters höjd och kan täcka en yta av många hundra kvadratmeter varav de större bildar palsplatåer (Laberge och Payette 1995, Sollid och Sørbel 1998).



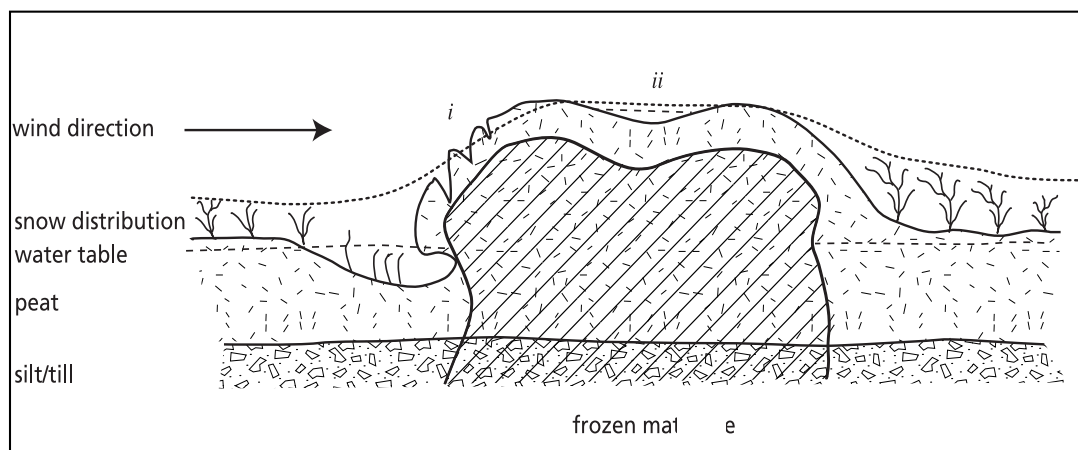
Figur 1:
Kupolformad pals
som höjer sig ca
2.5 m över den
omgivande
myrytan.
Ferdesmyra,
5 juli 2004

Ordet pals härstammar från de finska och samiska språken och betyder torvkulle eller upphöjning i myr, men definitionen av ordet varierar något i den vetenskapliga litteraturen. Här i föreliggande rapport används definitionen “peat hummocks with a core of frozen peat and/or mineral soil rising to a height of 0.5 – 10 m above a mire surface within the discontinuous permafrost zone” (Seppälä 1988). I tillegg till palsar och palsplatåer karakteriserar palsmyrar av en mosaik av torvmark utan permafrost, våta starrområden, och dammar orsakade av tidigare palsar som tinat och fallit ihop, samt torvringer runt dessa dammar. Ett sådant palsmyrssystem är mycket dynamiskt över tid till följd av nybildning, tillväxt och nedbrytning av palsar. Alla dessa terrängformationer är naturliga komponenter i palsmyren tillsammans med tillfälliga eller embryonala permafrostformationer som endast höjer sig någon eller några decimeter över myrytan (Sollid och Sørbel 1998; kallas pounus i Seppälä 1998). Dessa små och/eller tillfälliga permafrostformationer kan periodvis utgöra ett signifikant bidrag till myrens struktur.

Frekvensen av de olika komponenterna ändras i både tid och rum (beskrivs utförligare nedan) och påverkar på så sätt vegetationsstrukturen på myrarna genom främst förändringar av hydrologiska faktorer, vindexponering och betetryck. Samtidigt som fördelningen av palsmyrens komponenter påverkar vegetationsstrukturen så återverkar vegetationens struktur på fördelningen av permafrosten genom påverkan på snöfördelning, markfuktighet och mark-temperatur. Resultatet är att frekvensen träd-, busk-, ört-, gräs-, moss- och lavdominerad vegetation varierar på ett utpräglat

mosaikartat sätt över myrarna. Denna variationsbredd i den abiotiska och biotiska miljön har en avgörande betydelse för palsmyrekosystemens struktur och funktion i tid och rum.

Palsarnas huvudsakliga morfologiska komponent är den frusna torvkärnan omgiven av säsongsfrusen torv (figur 2). Tjockleken på det omgivande torvlagret varierar från någon decimeter till mer än en meter både inom och mellan olika palsmyrområden. Under den nivå som påverkas av tjäle omges palsens frusna del av ofrusen torv. Beroende på myrens torvdjup och palsens utveckling så kan permafrosten nå ner till eller inkludera myrens sediment- eller moränunderlag. Myrens vattenhaltiga minerogena underlag kan på så sätt bidra till palsens höjd expansion. I tillägg till frusen torv och sediment är islinser vanliga morfologiska strukturer i palsarna.



Figur 2:

Palsuppbyggnad, grundvattennivå i omgivande myrmark, och snöns fördelning under högvintern. Palsens frusna kärna är omgiven av ofrusen torv under sommaren, och vegetationens struktur på och runt palsen är formad av vind och snöförhållanden under vintern. i) exponerad yta som utsätts för vind och erosion; ii) tillfällig vattensamling (källa: Hofgaard 2003).

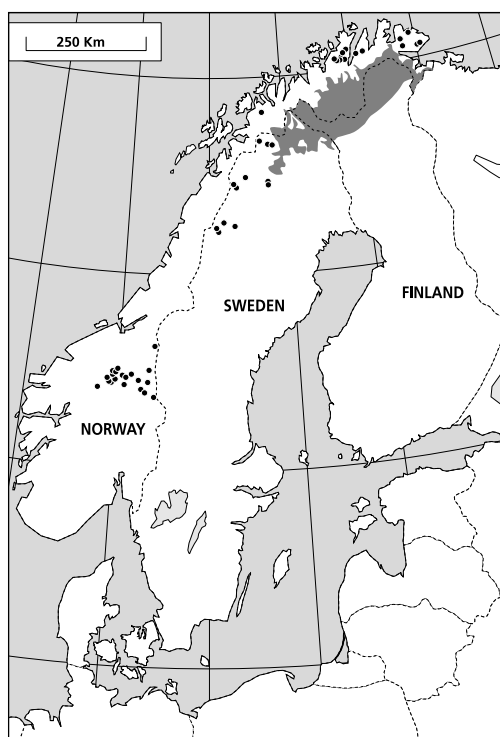
8.2 Utbredning och klimatiska förutsättningar

Palsmyrar förekommer i den circumpolära regionen med osammanhängande eller sporadisk permafrost i övergångszonen mellan boreala och arktiska/alpina områden. I detta vidsträckta område bildar palsar distinkta terrängformationer i subarktiska och subalpina myrmarker (Seppälä 1986, Laberge och Payette 1995). Utbredning indikerar ett nära samband med det periodiska och/eller årliga temperaturunderskottet som karaktäriserar övergångszonen mellan den slutna skogen och den arktiska eller alpina tundran. Palsar och palsplatåers lokala och regionala utbredningen i tid och rum styrs av hur lokala och regionala klimatfaktorer varierar och förändras över decennier och sekel, men även variationer på kortare sikt är av betydelse, t.ex. för förekomsten av små för det mesta kortlivade palsar, s.k. embryopalsar (som kan vara starten till nya mer långlivade palsar). Överlevnaden hos dessa palsar styrs av vådrets utveckling under individuella år (Seppälä 1998, Sollid och Sørbel 1998). Även om förutsättningarna för permafrostaggregering och permafrostdegenerering huvudsakligen styrs av förändringar i temperatur-nederbördsbalansen så kan i tillägg mänskliga och ingrepp som påverkar på torvens isolerande förmåga och myrens hydrologiska balans ha avgörande betydelse. Särskilt känsliga för påverkan är de palsmyrmarker som ligger nära den klimatiska gränsen för sin existens, dvs. den sydliga utbredningsgränsen för sporadisk permafrost.

Klimatets långsiktiga förändringar på det norra halvklotet under efteristiden (Holocene) visar på en dominerande trend med gradvis avkylning från tidig till sen holocen tid men avbruten av

kallare och varmare perioder som avviker från huvudtrenden. Den senaste kallare perioden var den några sekel långa så kallade Lilla Istiden som upphörde i slutet av 1800-talet (Grove 1988, Bradley och Jones 1992). Sedan dess har åter en period med uppvärmning dominerat det norra halvklotet, även om stora tidsmässiga och geografiska variationer har präglat perioden (Houghton et al. 1996). Dessa storskaliga klimatiska förändringarna påverkar utbredningen av zonen med osammanhängande eller sporadisk permafrost och förekomst och fördelning av permafrostformationer inom zonen

I Norge förekommer palsar i myrmarker främst inom två regioner, en i söder och en i norr men med några fåtal lokala förekomster däremellan (figur 3). Den södra regionen är mer eller mindre helt begränsad till Dovre – Femunden området medan den norra regionen är mer generell och täcker stora delar av Troms och Finnmarks fylken förutom kustnära områden. Den kontinentala eller lokalkontinentala klimattyp som är förhärskande i dessa områden är förutsättningen för bildning och överlevnad av palsar i denna annars relativt varma och fuktiga klimatregion som Skandinavien tillhör med sin starka inverkan av atlantiska luftmassor. Klimatförändringar som påverkar det regionala eller lokala inflytande av dessa luftmassor, det vill säga påverkar graden av oceanitet, kommer att påverka palsmyrarnas utbredning och struktur i Skandinavien. Följaktligen kommer palsmyrarnas ekologiska betydelse på landskaps- och ekosystemnivå därmed också att påverkas.



Figur 3:
Palsmyrutbredning i
Fennoskandien
(källa: Seppälä 1997, Sollid
och Sørbel 1998).

De klimatiska gränserna som angetts för den Skandinaviska palsmyrutbredningen varierar i litteraturen beroende på vilka studieområden de utgår ifrån. Generellt sett så ligger den begränsande årsmedeltemperaturen något högre i norra Norge än i till exempel den svenska palsmyrzonen. Orsaken till detta är troligen att de nordnorska områdena har både mindre årsnederbörd och vinternederbörd (se Zuidhoff och Kolstrup 2000). I Sverige förekommer palsar främst i en zon som avgränsas av en årsmedeltemperatur på -2 till -3°C och mindre än 300 mm nederbörd under vintern (Zuidhoff och Kolstrup 2000). I norra Norge förekommer de huvudsakliga palsmyrmarkerna inom områden som avgränsas av en årsmedeltemperatur på upp till $+1^{\circ}\text{C}$ men med en vinternederbörd på ca 100 mm eller mindre (Åhman 1977). I Finland följer palsaregionens södra gräns mer eller mindre isotermin för -1°C och en årsnederbörd som ligger under 400 mm (Seppälä 1986). I södra Norges fjällområden där några av de

klimatiskt mest marginella palsmyrområdena finns ligger årsmedeltemperaturen på ca 0°C. Detta är troligen nära eller över den temperatur som behövs för långsiktig överlevnad av palsmyrmarker (Sollid och Sørbel 1998) under rådande nederbördsregim (ca 450 mm per år). Dessa relativt stora skillnader i temperatur- och nederbördsavgränsningar mellan de olika Skandinaviska områdena pekar på en känslig och viktig balans mellan de olika årstidernas temperatur- och nederbörds klimat, och kräver stor grad av försiktighet vid jämförelse mellan utveckling av permafrostformationer och enskilda klimatvariabler, som t.ex. vinternederbörd.

8.3 Palsmyrdynamik

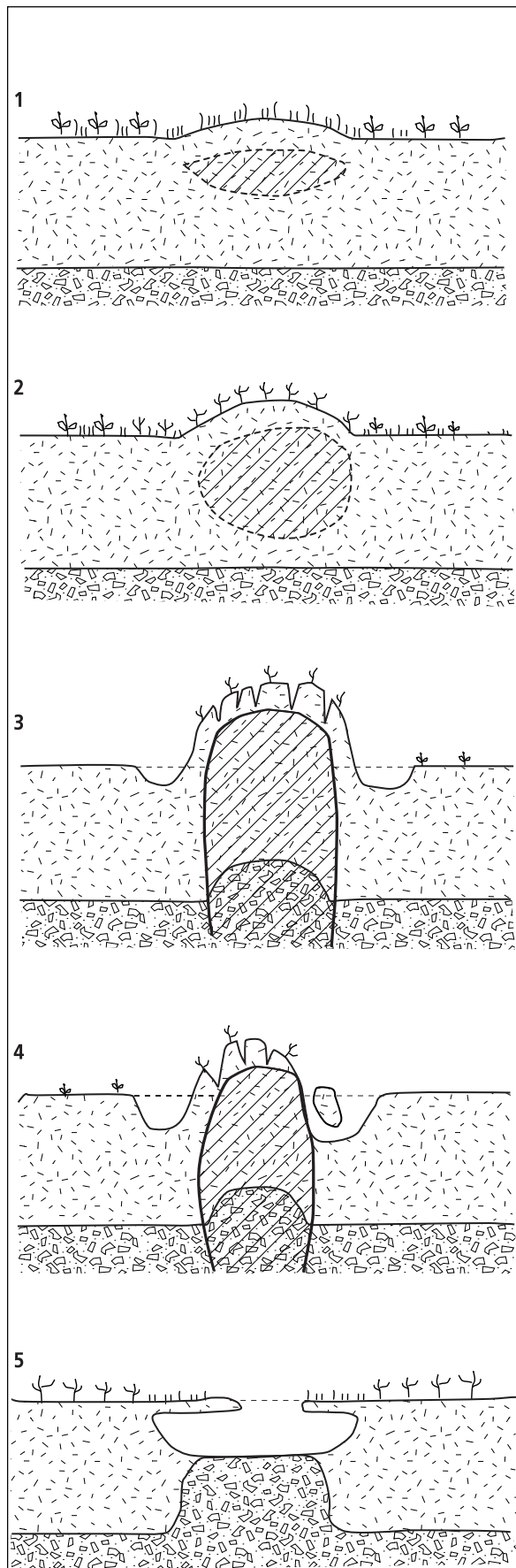
Lufttemperatur, snödjup och torvens isolerande förmåga är de tre dominerande faktorer som styr tillväxt och degenerering av palsar. Låga lufttemperaturer under både sommar och vinter är gynnsamt för palsutvecklingen, och snöns djup, fördelning och varaktighet under vintern är av essentiell betydelse för bildning och tillväxt av permafrost och islinser i myrmarken. Svala torra somrar gynnar bibehållandet och överlevnaden av palsar genom att torvens isolerande förmåga maximeras vid torra förhållanden vilket gör att värmeackumuleringen nedåt i palsen därmed blir minimerad och då särskilt under svala perioder. Varma fuktiga somrar har motsatt effekt och ökar nerbrytningsprocesser och försvinnande av palsar. Längre perioder med varmt och fuktigt klimat kan förvandla palsmyrmarker till myrmarker dominerade av våt moss- och starrvegetation och dammar men som huvudsakligen saknar torra upphöjda palsområden. Ett tjockt snötäcke hindrar kylan att tränga ner i myren och torven och en ökning av snötäckets tjocklek och varaktighet kan på så sätt hindra nybildning av palsar och gynna nedbrytning och försvinnande av permafrost i existerande palsar (Seppälä 1990, Zhang et al. 1990, Heimstra et al. 2002). Snödjup och torvtemperatur varierar emellertid lokal på grund av småskaliga variationer i topografi, vegetationsstruktur och vindens påverkan. I tillägg styr den inneboende successionen av utvecklingsstadier från initiering till förfall av individuella palsar dynamiken i palsmyrarna. Efter initiering och höjdtillväxt blir den upphöjda torven/palsen allt mer utsatt för erosion, en erosionsprocess som till slut orsakar total kollaps av palsen. Följaktligen så kommer påverkan av och interaktioner mellan de olika abiotiska och biotiska miljöfaktorerna att variera både i tid och rum. Palsmyrarnas utveckling kontrolleras således av komplexa relationer mellan edafiska, biotiska (vegetationsstruktur) och klimatiska förutsättningar.

8.3.1 Temporal förändringar

Både cykliska processer och episodiska händelser kan knytas till utvecklingen från initieringen till degenerering och kollaps av både kupolformade palsar och palsplatåer (Vorren 1972, Seppälä 1986, Zuidhoff 2002). Ett brett spektra av kunskap om dessa processer finns tillgänglig i den vetenskapliga litteraturen och konceptet med cyklisk palsutveckling som presenterats av bland andra Seppälä (1986) används som ram för den följande presentationen av olika utvecklingsstadier och processer (figur 4).

1. Palsformation initieras vid låga vintertemperaturförhållanden och ett tunt snötäcke som tillåter kylan att tränga ner till ett tillräckligt stort djup så att den bildade tjälen inte hinner smälta helt under efterföljande sommar. På grund av den kvarvarande tjälen så höjer sig ytan något över den omgivande myren.

2. Det behövs en serie av år med liknande förhållanden för att den frusna kärnan ska växa i storlek. Upphöjningen på myrens yta ökar i höjd också genom att vatten i torvens hålrum bildar islinser. Vid detta stadium när de övre delarna av palsen är tydligt markerade över myrtytan har vinden en betydande roll genom att torka ut ytskiktet och genom att minska snödjupet och varaktigheten under vintern. Genom upphöjningen kommer fuktighetsförhållandena att helt förändras i torvlagret vilket medför att vegetation strukturen förändras (artkomposition och frekvens). Ökad frekvens av lavar minskar ytterligare palsens absorption av värme under sommaren på grund av ökat albedo.

**Figur 4:**

Palsutveckling. 1) Nybildning av palsar sker under vintrar med låga temperaturer och tunt snötäcke som tillåter kylan att tränga tillräckligt djup ner för att inte smälta helt under efterföljande sommar. På grund av den kvarvarande tjälen kommer myrytan att höja sig något. 2) Palsens höjd ökar under kalla och torra år. När den övre delen kommit ovanför den omgivande myrytan ökar vindens uttorkande effekt och snödjupet minskar vilket också medför att vegetationen förändras. Tillsammans gynnar de nya fuktighets och vegetationsförhållandena ytterligare tillväxt av palsen. 3) Palsen har nått sitt mognadsstadium när den frusna kärnan har expanderat ner till myrens underlag. Lokala förhållanden i myren och klimatiska förutsättningar styr palsens form, storlek och varaktighet i detta utvecklingsstadium. 4) Under palsens tillväxt bildas sprickor av ökande storlek och djup i torvtäcket, och ytan blir därmed exponerad för vind- och regnerosion. Detta medför också ökad värmetransport djupare ned i palsen. I tillägg bidrar ökande mängd med vatten runt palsen strakt till ytterligare nedbrytning. 5) Efter en fullständig kollaps syns lämningar av den gamla palsen eller palsområden i form av cirkel- eller delvis cirkelformade kantryggar av torv, öppna dammar eller grupper av dammar, våta torvområden med mycket sparsam vegetation, och igenväxande områden. Under klimatiskt gynnsamma förhållanden kan nya palsar bildas i denna myrmiljö (Källa: främst Seppälä 1986).

3. Palsen har nått sitt mognadsstadium när den frusna kärnan har expanderat ner till det morän- eller sedimentlager som utgör myrens underlag. Lokala förhållanden i myren och klimatiska förhållanden är avgörande för tillväxthastigheten och för palsens form, storlek och varaktighet i detta utvecklingsstadium. I norra Fennoskandien kan individuella palsar växa upp till ca 7 meters höjd (Seppälä 1986). Åldersdatering av torv från palsar i detta mognadsstadium visar på en stor åldersvariation genom zonen med osammanhängande eller sporadisk permafrost från några hundra år till några tusen (Vorren 1972, 1979, Zoltai 1993, Zuidhoff och Kolstrup 2000). Under den period som palsen växer till i storlek bildas det ofta en damm som kan komma att helt omge palsen.

4. Under palsens tillväxt bildas sprickor av ökande storlek och djup i torvtäcket. Dessa sprickor medför en ökad värmetransport djupare ned i palsen som med tiden kommer att föra till att torvblock lossnar från palsens kanter. Genom denna process med förlust av torv och vegetation från palsens yta blir den allt mer exponerad för vind- och regnerosion. I tillägg bidrar ökande mängd värmeackumulerande vatten runt palsen strakt till ytterligare nedbrytning och smältning av palsens kärna (Sollid och Sørbel 1998).

Vattenackumulation är en av de vanligaste orsakerna till erosion av palsar. När det gäller palsplatåer så äger erosion rum både längs ytterkanter och på själva platån där försänkningar i ytan ger upphov till grunda vattensamlingar. Med tiden utvecklas vattensamlingarna till dammar som ytterligare ökar hastigheten på erosionsprocessen. I tillägg kan värmeackumulationen runt palsarna bidra till att upptiningen från botten ökar, och längre perioder (år, decennier) med sommar- och vinternederbörd över det normala har avgörande betydelse för bibehållande av palsar och permafrost.

5. Efter en fullständig kollaps syns lämningar av den gamla palsen eller palsområdet i form av cirkel- eller delvis cirkelformade kantryggar av torv, öppna dammar eller grupper av dammar, våta torvområden med mycket sparsam vegetation, och igenväxande områden. Under klimatiskt gynnsamma förhållanden kan nya palsar bildas i denna myrmiljö om både myrens torv- och hydrologiska förhållanden är i ett tillstånd som kan svara på klimatförhållanden som är gynnsamma för palsbildning (Laberge och Payette 1995).

Vid var och ett av de fem utvecklingsstadierna kan ogynnsamma väder- eller klimatförhållanden svänga utvecklingen eller förhindra ett tydligt cykliskt utvecklingsmönster. Till exempel så kan episodiska men dominerande erosionshändelser bli temporärt dominerande med mycket få tecken på cyklisitet.

8.3.2 Rumsliga förändringar

På den regionala skalan sätter dominerande klimatregimer gränserna för utbredning av palsmyrar och dess förändringar (se sektion 3). På den mindre landskapsskalan är förekomsten av myrmarker med lämpligt torvlager och lämpliga hydrologiska förhållanden avgörande för utbredningen (se sektion 2), och på den lokala skalan formar fördelningen av snö, de hydrologiska förhållandena, och vegetationsstrukturen utbredningen (se sektion 4.1). I tillägg är flera naturliga återverkningsmekanismer involverade på den lokala skalan. Till exempel, samtidigt som palsmyrens struktur och snöns fördelning är avgörande för utformningen av vegetationen så påverkar vegetationens struktur starkt den vindorsakade omfördelningen av snö, som i sin tur i stor utsträckning styr tillväxt och överlevnad av palsar.

Alla mänskliga aktiviteter som inverkar på palsmyrens hydrologiska förhållandena eller på vegetationens struktur kommer att på ett avgörande sätt påverka dess struktur. Ett ändrat betestryck kan till exempel genom att ändra vegetationsstrukturen förändra både torvens isolerande kapacitet och snöfördelningen, och bruket av terrängfordon kan förändra de hydrologiska förutsättningarna runt enskilda palsar och i myrmarkerna som helhet genom

söndertrasning av torv och rotsystem. Följaktligen blir de lokala miljöförutsättningarna för palsförkomst, tillväxt och nedbrytning förändrade.

På alla de tre rumsliga skalorna kommer klimatförändringar att orsaka förändringar i fördelningen av palsar, palsplatåer, dammar, våtmyrområden och olika vegetations typer. Av särskilt stor betydelse är förändringar i graden av oceanicitet som är en nyckelfaktor med stark inverkan på förekomst och frekvens av palsar, palsmyrmarker och vegetationstyper lokalt och regionalt (se Crawford 2000).

8.4 Referanser

- Bradley, R.S. & Jones, P.D. 1993. "Little Ice Age" summer temperature variations: their nature and relevance to recent global warming trends. *Holocene* 3: 367-376.
- Crawford, R.M.M. 2000. Ecological hazards of oceanic environments. *New Phytologist* 147: 257-281.
- Grove, J.M. 1988. *The Little Ice Age*. Methuen, London.
- Heimstra, C.A., Liston, G.E. och Reiners, W.A. 2002. Snow redistribution by wind and interactions with vegetation at upper treeline in the Medicine Bow Mountains, Wyoming, U.S.A. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 34: 262-273.
- Hofgaard, A. 2003. Effects of climate change on the distribution and development of palsa peatlands: background and suggestions for a national monitoring project. NINA Project Report 21. 32pp.
- Houghton, J. T., L. G. Meira Filho, B. A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg och K. Maskell, (ed.), 1996. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Laberge, M.-J. och Payette, S. 1995. Long-term monitoring of permafrost change in a palsa peatland in Northern Québec, Canada: 1983-1993. *Arctic Alpine Research* 27: 167-171.
- Seppälä, M. 1986. The origin of palsas. *Geografiska Annaler* 68 A: 141-147.
- Seppälä, M. 1988. Palsas and related forms. In: Clark, M.J. (ed.), *Advances in periglacial geomorphology*. John Wiley, Chichester, p. 247-278.
- Seppälä, M. 1990. Depth of snow and frost on a palsa mire, Finnish Lapland. *Geografiska Annaler* 72 A: 191-201.
- Seppälä, M. 1997. Distribution of permafrost in Finland. *Bulletin of the geological Society of Finland* 69, part 1: 87-96.
- Seppälä, M. 1998. New permafrost formed in peat hummocks (pounus), Finnish Lapland. *Permafrost and Periglacial Processes* 9: 367-373.
- Sollid, J.L. och Sørbel, L. 1998. Palsa bogs as a climate indicator – examples from Dovrefjell, Southern Norway. *Ambio* 27: 287-291.
- Vorren, K.-D. 1972. Stratigraphical investigations of a palsa bog in Northern Norway. *Astarte* 5: 39-71.
- Vorren, K.-D. 1979. Recent palsa datings, a brief survey. *Norsk Geografisk Tidsskrift* 33: 217-219.
- Zhang, T., Barry, R.G. och Haeberli, W. 1990. Numerical simulations of the influence of the seasonal snow cover on the occurrence of permafrost at high latitudes. *Norsk Geografisk Tidsskrift* 55: 261-266.
- Zoltai, S.C. 1993. Cyclic development of permafrost in the peatlands of Northwestern Alberta, Canada. *Arctic and Alpine Research* 25: 240-246.
- Zuidhoff, F.S. 2002. Recent decay of a single palsa in relation to weather conditions between 1996 and 2000 in Laivadalen, northern Sweden. *Geografiska Annaler* 84 A: 103-111.
- Zuidhoff, F.S. och Kolstrup, E. 2000. Changes in palsa distribution in relation to climate change in Laivadalen, northern Sweden, especially 1960-1997. *Permafrost and Periglacial Processes* 11: 55-69.
- Åhman, R. 1977. Palsar i Nordnorge. *Medd. Lunds Univ. Geografiska Institutionens Avhandlingar* 78, pp 165.

NINA Rapport 586

ISSN:1504-3312

ISBN: 978-82-426-2163-4



Norsk institutt for naturforskning

NINA hovedkontor

Postadresse: 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, 7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: NO 950 037 687 MVA

www.nina.no