

# 841 Overvåking av palsmyr

Første gjenanalyse i Goahteluoppal, Vest-Finnmark.  
Endringer fra 2006 til 2011

Annika Hofgaard & Heidi Elin Myklebost

NINA Rapport



## 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.

# Overvåking av palsmyr

Første gjenanalyse i Goahteluoppal, Vest-Finnmark. Endringer fra 2006 til 2011

Annika Hofgaard  
Heidi Elin Myklebost

Hofgaard, A. & Myklebost, H.E. 2012. Overvåking av palsmyr.  
Første gjenanalyse i Goahteluoppal, Vest-Finnmark. Endringer fra  
2006 til 2011. – NINA Rapport 841. 44 s.

Trondheim, april 2012

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2436-9

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Annika Hofgaard

KVALITETSSIKRET AV

Per Arild Aarrestad

ANSVARLIG SIGNATUR

Assisterende forskningssjef Signe Nybø (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)

Direktoratet for naturforvaltning

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Else Løbersli

FORSIDEBILDE

Annika Hofgaard

NØKKEWORD

Goahteluoppal, palsmyr, permafrost, overvåking, vegetasjon

KEY WORDS

Goahteluoppal, monitoring, palsa peatlands, permafrost, vegetation

#### KONTAKTOPPLYSNINGER

##### **NINA hovedkontor**

Postboks 5685 Sluppen  
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**

Framsenteret  
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](http://www.nina.no)

## Sammendrag

Hofgaard, A. & Myklebost, H.E. 2012. Overvåking av palsmyr. Første gjenanalyse i Goahteluoppal, Vest-Finnmark. Endringer fra 2006 til 2011. – NINA Rapport 841. 44 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 førstegangsundersøkelser i Goahteluoppal, Vest-Finnmark. Rapporten presenterer en kortfattet bakgrunn for behovet for overvåking av palsmyr, relevante klimadata for Goahteluoppal og overvåkingsmetoder (analyser av palsformasjoner, markslagsfordeling, teledybde og vegetasjonsfordeling). I et vedlegg gis detaljer for klimatiske forutsetninger og endring av palsmyrer i tid og rom. Goahteluoppal er et ca. 15 km<sup>2</sup> stort myrområde med palsformasjoner i store deler av området. Tre delområder innen området er brukt i overvåkingsstudiet. Palsformasjoner med dammer og erosjonsområder ble analysert i 2006 og 2011 med hensyn til størrelse, teledybde og posisjon ved bruk av analyser langs syv permanente analyselinjer. Registreringene er grunnlaget for analyser av forandringer over tid, sammen med 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 (8 variabler), busksjikt (3 variabler), teledybde samt palshøyde.

Utbredelsen av eldre velutviklede palser var nesten uforandret i perioden 2006 til 2011. Kun en mindre pals var tint og erstattet med en dam. Samtidig økte telen langs en av linjene, men det ble ikke registrert noen nye palsformasjoner. Dette medførte at den samlede utbredelsen av permafrost var uforandret fra 2006 til 2011. Imidlertid viste registreringer fra helikopter en permafrostreduksjon i dominerende palsformasjoner innen områdetets våtere partier hvor linjeanalyser ikke er mulig. Tilbakegangen i dominerende palsformasjoner skyldes først og fremst endringer i regionens klima over lang tid, mens den registrerte økningen i permafrostutbredelse langs en av linjene skyldes først og fremst ulike værforhold mellom analyseårene. Ulike værforhold mellom år er også avgjørende for hastigheten og trenden i den langsiktige utviklingen. I Goahteluoppal, som domineres av store palser, og der tilfeldig økning av permafrost motvirker den generelle tilbakegangen, vil palsmyrbiotopen sannsynligvis finnes i mange tiår fremover. Denne vurderingen tar imidlertid ikke hensyn til en eventuell generell endring av telenivå og vegetasjon på palsene, noe som vil kunne endre hastigheten til prosessen betraktelig. Buskdominerte områder har minket på palsene fra 2006 til 2011, samtidig som lavdekket har vært uendret. Dette er vegetasjonsforhold som er gunstige for langsiktig overlevelse av eldre palser fordi lavere og lysreflekterende vegetasjon har positiv påvirkning på telenivået. Neste analyse av området er planlagt i 2016.

Annika Hofgaard og Heidi Myklebost, NINA. Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim.  
[annika.hofgaard@nina.no](mailto:annika.hofgaard@nina.no)



## Abstract

Hofgaard, A. & Myklebost, H.E. 2012. Monitoring of palsa peatlands. First re-analysis in Goahteluoppal, Vest-Finnmark. Changes from 2006 to 2011. – NINA Rapport 841. 44p.

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 of Norway to the Dovre region in the south. This report presents the results from the first reanalyses five years after the initial investigations in Goahteluoppal, Vest-Finnmark. The report presents a short background to the need for palsa peatland monitoring, climate data relevant to the Goahteluoppal area and monitoring methods (analyses of palsa formations, distribution of land cover types, ground frost and vegetation). Details for climatic requirements and spatiotemporal changes of palsa peatlands are given in an appendix. Goahteluoppal is a ca. 15 km<sup>2</sup> peatland area with palsas over large parts of the area. Palsa formations, thermokarst ponds and erosion areas were analysed in 2006 and 2011 regarding size, thaw depth and location, by the use of analyses along seven permanent sampling lines. The line-recordings form together with photos along the lines and of selected palsa formations, 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 (8 variables), shrub layer (3 variables), thaw depth, and palsa height above surrounding mire areas.

The expanse of old well developed palsas was nearly unchanged in the period 2006 to 2011. Only one small palsa along the lines was gone in the period and replaced by a pond. At the same time the permafrost increased along one of the lines, but no new palsas were registered. In total the permafrost distribution was thus unchanged from 2006 to 2011. However, according to recordings by helicopter of dominating palsas in the wetter sections of the area where line analyses are not possible, showed signs of directional permafrost reduction since 2006. Recession of old palsa formations is primarily related to long-term regional climate changes, and changes in new permafrost distribution primarily to weather differences between individual sample years. Weather differences between years are vital to the rate and trend in the long-term development. In Goahteluoppal, which is dominated of large palsas, and where occasional formation of new permafrost counteracts the dominating recession process, the palsa biotope will most likely remain for many decades. This reckoning does not, however, take possible general changes of thaw depth and vegetation structure into account which could speed up the recession process considerably. Shrub dominated areas on the palsas has decreased during the 2006-2011 period along with unaltered lichen cover. This vegetation changes are favourable for long-term survival of old palsas through its positive impact on ground frost formation and role as co-driving force on thaw depth. The next analysis of the area is scheduled to 2016.

Annika Hofgaard and Heidi Elin Myklebost, NINA. P.O. Box 5685 Sluppen, NO-7485 Trondheim, Norway.

[annika.hofgaard@nina.no](mailto:annika.hofgaard@nina.no)

# Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	<b>3</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>4</b>
<b>Innhold</b> .....	<b>5</b>
<b>Forord</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Overvåkingsstudiets design</b> .....	<b>10</b>
2.1 Overvåkingsområder .....	10
2.2 Metoder .....	11
2.2.1 Analysefrekvens .....	11
2.2.2 Linjeanalyser.....	11
2.2.3 Fotodokumentasjon .....	13
2.2.4 GPS-registreringer.....	13
2.2.5 Flybilder .....	13
<b>3 Områdedata - Goahteluoppal</b> .....	<b>14</b>
3.1 Områdebeskrivelse.....	14
3.2 Klimadata.....	15
3.2.1 Lufttemperatur .....	15
3.2.2 Nedbør.....	17
3.2.3 Snødybde .....	17
3.3 Fly og satellittbilder.....	19
3.4 Overvåkingsdata fra 2006 .....	19
3.4.1 Områder og palsformasjoner .....	19
3.4.2 Linjeanalyser.....	21
3.4.3 Sprekkfrekvens .....	22
3.4.4 Artfrekvens.....	22
3.5 Datainnsamling 2011.....	23
<b>4 Resultat</b> .....	<b>24</b>
4.1 Palsformasjoner.....	24
4.2 Linjeanalyser .....	25
4.2.1 Tele, markslag og sprekkfrekvens .....	25
4.2.2 Sprekkfrekvens .....	26
4.2.3 Artfrekvens.....	32
4.3 Menneskelig påvirkning .....	32
<b>5 Diskusjon</b> .....	<b>34</b>
<b>6 Tidsplan</b> .....	<b>36</b>
<b>7 Referanser</b> .....	<b>36</b>
7.1 Rapporter innen overvåkingsprosjektet.....	36
7.2 Annen sitert litteratur .....	36
<b>8 Vedlegg 1: Klimatiske forutsetninger og endring av palsmyrer i tid og rom</b> .....	<b>38</b>
8.1 Sammansetting og struktur .....	38
8.2 Utbredning og klimatiske forutsetninger .....	39
8.3 Palsmyrdynamik .....	41
8.3.1 Temporale forandringer .....	41
8.3.2 Rumslige forandringer .....	43
8.4 Referanser.....	44

## 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 tredje 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 enkeltområder og i foreliggende rapport, for at de enklere skal kunne leses som selvstendige dokumenter. For mer fullstendig informasjon om begrunnelse og prosjektdesign henvises til nevnte rapporter.

Her rapporteres første 5-års gjenanalyse fra Goahteluoppal i Vest-Finnmark, for perioden 2006 til 2011. I tillegg til resultater 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 fotografier 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 Jorun B. 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, april 2012

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 pallsystemer i hele det sirkumpolare utbredelsesområdet vært karakterisert av degenerering, men hastigheten i denne trenden er høyst usikker (Payette et al. 2004, Fronzcek et al. 2009, Sannel 2010). Forventet global oppvarming spesielt på høye nordlige breddegrader har økt behovet for 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).

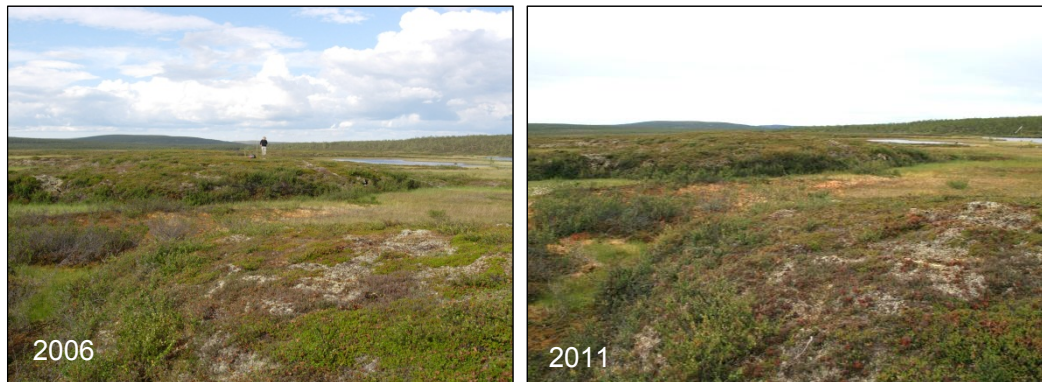
Palsmyrer inkorporerer både sensitive edafiske strukturer og sensitive biotiske samfunn. Den romlige og tidsmessige fordelingen av palser er avhengig av lokale og regionale klimafaktorer, og hvordan disse forandrer seg over tiår og århundrer. Det antas at ytterligere klimaoppvarming og/eller nedbørsøkning 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, Fronzcek et al. 2009, Sannel 2010). Økosystemene langs middelårsisotermer for 0 grader er sannsynligvis de mest sårbare for klimaendringer, og myr-områder i disse regionene har betydelig utveksling av drivhusgassene metan og karbondioksid med atmosfæren (Fronzcek 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 områder for bærplukking (i hovedsak molte) og samtidig viktige hekkeområder for en rik fuglefauna og rasteplasser for trekkende fugl. Fra et 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).

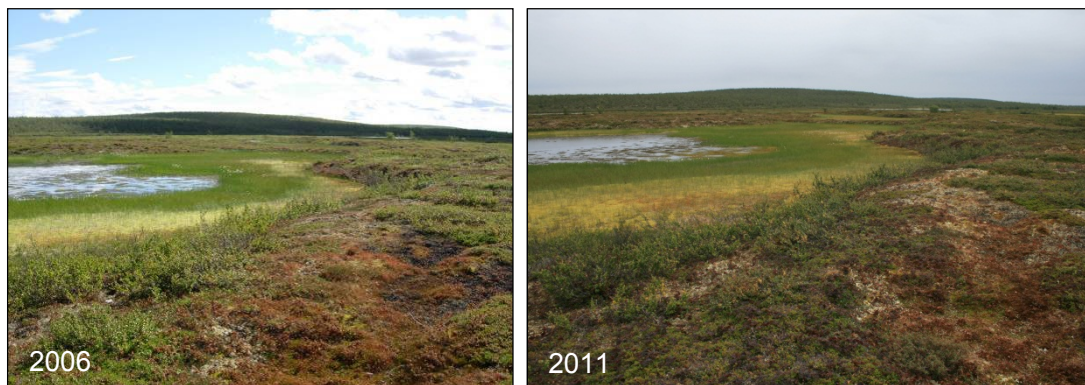
Palsmyrer forekommer i grenseområdene mellom de arktiske og boreale regionene, og mellom de alpine og boreale regionene (Luoto & Seppälä 2002). Palsene, som er torvdekte hauger skapt av permafrost, reiser seg karakteristisk over den omliggende myroverflaten (**Figur 1**). Haugenes høyde varierer fra 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 2 og 3**), torvringer rundt disse dammene, erosjonsområder (**Figur 4**) og midlertidige eller embryonale permafrostformasjoner som kun hever seg noen få desimeter over myroverflatens nivå. Til sammen utgjør disse terrengformasjonene og myrkomponentene palsmyrsystemer som er svært 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 fordelingen 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 mineraldom-

inerte palser forekommer. Detaljer for palsoppbygging og forutsetninger for palsvekst og palsnedbrytning er presentert i **Vedlegg 1**.



**Figur 1.** Del av en større pals som hever seg ca. to meter over myroverflaten. Ingen endringer ble registrert i perioden 2006 til 2011. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2012.



**Figur 2.** Palsplatå med dam der kun svært små forandringer har skjedd i perioden 2006 til 2011. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2012.



**Figur 3.** En mosaikk av torvmark med og uten permafrost, våte starr- og myrullområder og dammer etter tidligere palsformasjoner karakteriserer palsmyene nord for Goahteluoppal Fjellstue. Størrelsen til de to sentrale palsformasjonene i bildet har minnet noe i perioden 2006 til 2011 (merk at bildene ikke har identisk retning). Foto: A. Hofgaard. © NINA 2012.



**Figur 4.** Pals med bruddkant og et vinderosjonsområde på den mest vindutsatte siden (linje D). Deler av palsen i forgrunnen har tint i perioden 2006 til 2011 og danner nå et mindre laggområde. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2012.

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 regionen 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 (se **Vedlegg 1**).

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. I løpet av siste del av 1900-tallet har utviklingen i palsmyrområdene vært dominert av tilbakegang, selv om noe nyutvikling har forekommet (se Hofgaard 2005, 2008 og 2010). 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 mangelvare, 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 kunne fange opp den 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 i 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**.

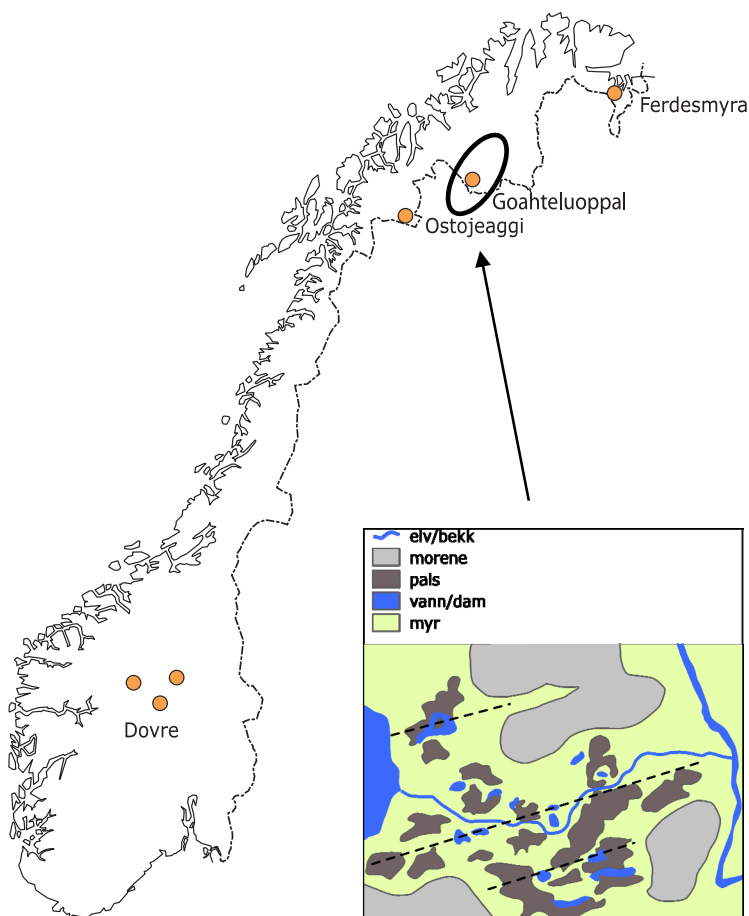


## 2 Overvåkingsstudiets design

### 2.1 Overvåkingsområder

Fem hovedområder fordelt på Finnmark og Troms i nord og Dovre-området i Sør-Norge inngår i overvåkingsprosjektet: Ferdesmyra, Goahteluoppal og Ostojeaggi i nord, og Haukskardmyrin/Haugtjørnin og Leirpullan i Dovre-området (**Figur 5**). Områdene er valgt for å representere dominerende geografiske og klimatiske miljøgradier 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 steder, men ingen av disse lokalitetene er inkludert i overvåkingsprogrammet.

I hvert overvåkingsområde er det valgt ut delområder for detaljerte overvåkingsstudier. Grunnet forskjeller i størrelse mellom områdene (fra ca. 0,1 til 15 km<sup>2</sup>) 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 på 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 5.** Studiedesign med utvalgte overvåkingsområder langs de dominerende miljøgradientene fra sør til nord. Området presentert i denne rapporten er markert med en oval. Det innfelte kartet viser eksempel på palsområde med analyselinjer for innsamling av abiotisk og biotisk datamateriale. © NINA 2012.

## 2.2 Metoder

### 2.2.1 Analysefrekvens

Overvåkingen er basert på gjenanalyser hvert femte år, men bare ett område er analysert per år. I løpet av overvåkingens første fem år (2004-2008) ble alle de utvalgte overvåkingsområder (se **Figur 5**) analysert en gang (førstegangsundersøkelser). 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, kapittel 6).

### 2.2.2 Linjeanalyser

Linjeanalysene er designet for å fange opp variasjoner og forandringer i palsstruktur, dominerende vegetasjon, frekvens av ulike markslag og tele/permafrost i valgte områder. Dette gjøres ved hjelp av detaljregistreringer i syv variabelkategorier: markslag, bunnsjikt, feltsjikt, busksjikt, teledybde, palshøyde og torvsprekker (**Tabell 1**). Individuelle linjers lengde bestemmes av palsformasjonenes størrelse og frekvens av ulike markslag i de 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 i 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 Goahteluoppal er kun "detaljlinjer" brukt.

For torvsprekker registreres antallet sprekker og sprekkbredde langs alle linjene (se **Tabell 1**). I partier med aktiv og sterk degenerering, som for eksempel bruddkanter, er det vanskelig eller umulig å definere enkelte sprekker og bredder. 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 mye 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" i et utvalgt delområde. Linjene representerer vegetasjonen på palsoverflaten og palsens grensesoner i 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 er brukt, men variabelen "lyng" er delt opp og registrert til art.

**Tabell 1.** Variabler som er registrert ved linjeanalysene samt forkortelser som er brukt i feltprotokollene. © NINA 2012.

<b>markslag</b>	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	bruddkant; erosjonskant med torvblokker delvis eller helt uten vegetasjon
<b>bunnsjikt</b>	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
<b>feltsjikt</b>	cx	kollektivt for starr ( <i>Carex</i> spp.)
	ull	kollektivt for alle myrullarter ( <i>Eriophorum</i> spp.)
	hj	molte ( <i>Rubus chamaemorus</i> )
	ris	lyng - kollektivt for bærlyngarter ( <i>Vaccinium</i> spp) og krebling ( <i>Empetrum nigrum</i> )
	ros	kvitlyng ( <i>Andromeda polifolia</i> )
	men	bukkeblad ( <i>Menyanthes trifoliata</i> )
	kråk	myrhatt ( <i>Potentilla palustris</i> )
	gras	kollektivt for gras
<b>busksjikt</b>	bn	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
<b>teledybde</b>	150	målt i cm, en målning per meter
	"150"	usikkert om det er tele eller sediment
	150+	tele ikke nådd på målt dybde
<b>torvsprekker</b>	s	angis i antall og bredde
<b>høyde</b>	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 gjenfotografering 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-registrert. Posisjon for de ulike linjene vil også bli brukt ved analyser av fly- og satellittbilder.

### 2.2.5 Flybilder

Flybilder brukes i analyser av storskalaforandringer i palsmyrenes struktur, dvs. frekvens av ulike markslagskomponenter (se **Tabell 1**). Flybilder og informasjon om tilgjengelige bilder stammer fra Statens kartverk som har ansvaret for og forvalter det nasjonale sentralarkivet for flybilder. Flere av overvåkingsområdene (**Figur 5**) mangler nyere flybilder og det eldre flybil-dematerialets kvalitet varierer sterkt mellom tidsperioder. Dette er begrensende for detaljerte tidsanalyser av myrenes forandringer, men utgjør et grunnlag for framtidige analyser.

## 3 Områdedata - Goahteluoppal

### 3.1 Områdebeskrivelse

Goahteluoppal er et stort myrområde ca. 30 km sørvest for Kautokeino i Vest-Finnmark (**Figur 6**). Området inkluderer et stort antall myrsystemer, store og små vann, dammer og bekker. Området har et kontinentalt klima med en årsmiddeltemperatur på ca.  $-2.3^{\circ}\text{C}$  og en årsnedbør på ca. 350 mm. Halvparten av nedbøren kommer i løpet av sommeren og kun 100 mm i perioden desember–mars. Området er dekket av snø omtrent 200 dager i året og vegetasjonsperioden er ca. 110–120 dager (Moen 1999). Detaljerte data om området og dens myr- og vegetasjonstyper er publisert i en rapport fra Tromsø museum (Granmo 1988). I rapporten er Goahteluoppal-området oppdelt i seks områder (**Figur 7**) med individuelle beskrivelser som inkluderer informasjon om palsforekomst, myrstruktur og vegetasjon.

Store deler av området er relativt utilgjengelig. Dette gjelder spesielt for områdene nord for Goahteluoppal Fjellstue (mesteparten av område 3 og områdene 5 og 6 i Granmo 1988) som karakteriseres av våte myrområder med fragmenterte palser, torvringer fra tidligere palser, dammer og laggområder (se forsidebilde; område 3). Noe mer tilgjengelige og tørrere myrområder med kuppelpalser og store palsplatåkomplekser med varierende grad av fragmentering forekommer innen myrområdene øst og sør for Goahteluoppal Fjellstue (områdene 1 og 2 i Granmo 1988). Palsene i de utilgjengelige delene er opp til fire-fem meter høye (Granmo 1988) og alderen er blitt anslått til 2000–3000 år (Åhman 1977), men nydannelse av palser har også forekommet i senere tid (Granmo 1988).

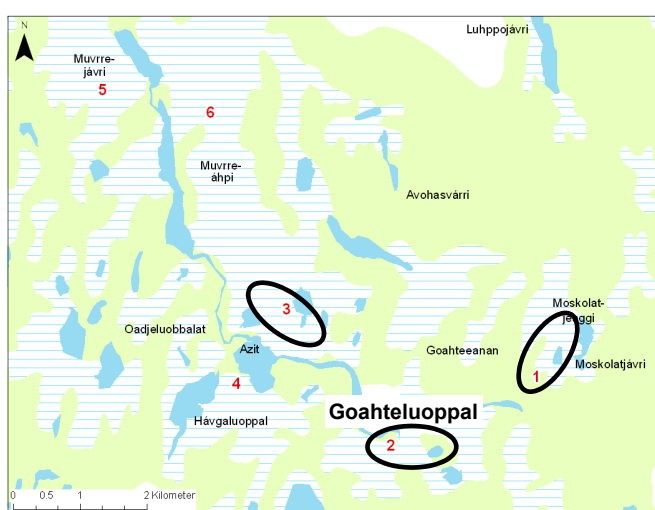
Grunnet områdets størrelse (ca.  $15 \text{ km}^2$ ) så kan kun meget begrensede deler dekkes av overvåkingens linjeanalyser. Tilgjengelighet sammen med representativitet utgjør grunnlaget for valg av delområder med linjeanalyser innen overvåkingsprogrammet generelt. Innen Goahteluoppal har tilgjengelighet fått relativt sett større betydning, og følgelig er deler innen områdene 1, 2 og 3 valgt for linjeanalyser (se **Figur 7**).

Nedenfor gis informasjon om status, beliggenhet, berggrunn og vegetasjon samt tilgjengelige klimadata og ulike typer områdedokumentasjon. Berggrunnsinformasjonen er henta fra [www.ngu.no](http://www.ngu.no) og informasjon om vegetasjonsøkologisk region og vegetasjonsperiodens lengde (antall dager med temperatur på  $>5^{\circ}\text{C}$ ) stammer fra Moen (1999). Alle klimadata er hentet fra Meteorologisk institutt i Oslo ([www.met.no](http://www.met.no)). Goahteluoppal i Vest-Finnmark (**Figur 6**) tilhører i likhet med de fleste områdene i overvåkingsprosjektet den lett kontinentale seksjonen av den nordboreale (Nb-C1) vegetasjonsøkologiske regionen (Moen 1999).

<i>Status:</i>	Uten vernestatus
<i>Kart:</i>	Adjit 1832 IV
<i>Geografisk beliggenhet:</i>	Finnmark, Kautokeino kommune, $68^{\circ}55'\text{N}$ $22^{\circ}22'\text{E}$
<i>Høyde over havet:</i>	435 m.o.h.
<i>Areal:</i>	6 områder på totalt ca. $15 \text{ km}^2$
<i>Berggrunn:</i>	Diorittisk til granittisk gneis, migmatitt
<i>Meteorologisk stasjon:</i>	Kautokeino, Suolovuopmi, Sihcajavri
<i>Vegetasjonsøkologisk region:</i>	Nb-C1
<i>Dominerende myrtyper:</i>	Palsene er et iøynefallende trekk i myrlandskapet som forøvrig består av flatmyr med starr og ull, tueblandingsmyr, strengblandingsmyr
<i>Litteratur:</i>	Granmo 1988, Hofgaard 2007
<i>Satellittbilder:</i>	Landsat TM/ETM fra 1987, 1988, 1992, 2000
<i>Flybilder:</i>	1958 serie 2033 (1:20000) bilde B 7-9, C 12-16, D 11-13 2003; digitale bilder (1:40000)
<i>Fotodokumentasjon:</i>	Granmo 1988, Nilsen 2004, Hofgaard 2006, 2011
<i>Adkomst:</i>	Sjøfly, helikopter, traktorvei



**Figur 6.** Myrområdet Gohteluoppal sørvest for Kautokeino, Vest-Finnmark. © NINA 2012.



**Figur 7.** Delområder innen myrområdet Gohteluoppal sørvest for Kautokeino, Vest-Finnmark. Inndelingen følger Granmo (1988; røde siffer). Områder med linjeanalyse er markert med ovaler. © NINA 2012.

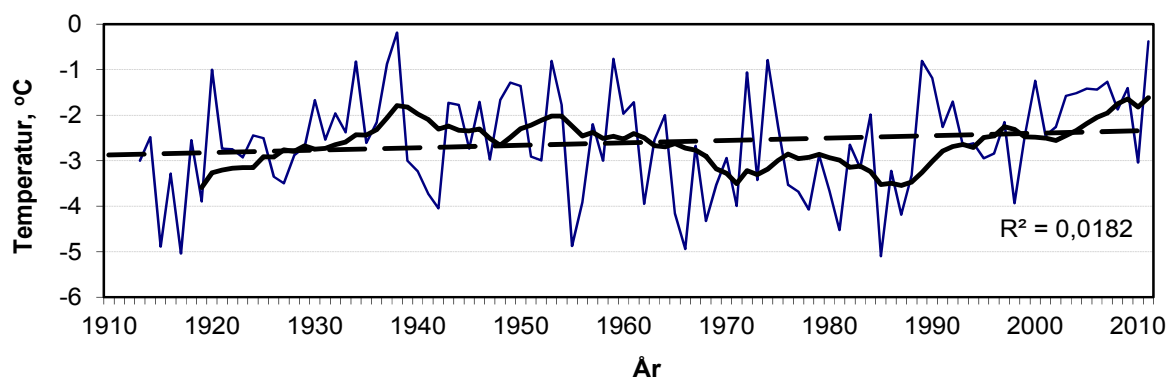
## 3.2 Klimadata

Tre klimastasjoner med daglige registreringer av temperatur og nedbørsdata, men med ulike driftsperioder finnes innen en avstand på ca. 30-47 km fra Gohteluoppal. Disse er: **Kautokeino** 30 km nordøst for området med registreringer av klimadata siden 1996; **Suolovuopmi** 40 km i øst-sørøst med registreringer siden 1963; og **Sihcjavri** 47 km øst-sørøst for Gohteluoppal med registreringer siden 1912 (temperatur siden 1913). For detaljer se [www.met.no](http://www.met.no). De to stasjonene Suolovuopmi og Sihcjavri representerer Gohteluoppal godt, både terrengmessig og høydemessig, dvs. deres beliggenhet i områder med lavvokst bjørkeskog, myr og relativt store vann tilsvarende området ved Gohteluoppal. Sihcjavri har de kvantitativt beste klimadataene av de to stasjonene og egner seg godt for analyser og beskrivelse av klimautviklingen i overvåkingsområdet.

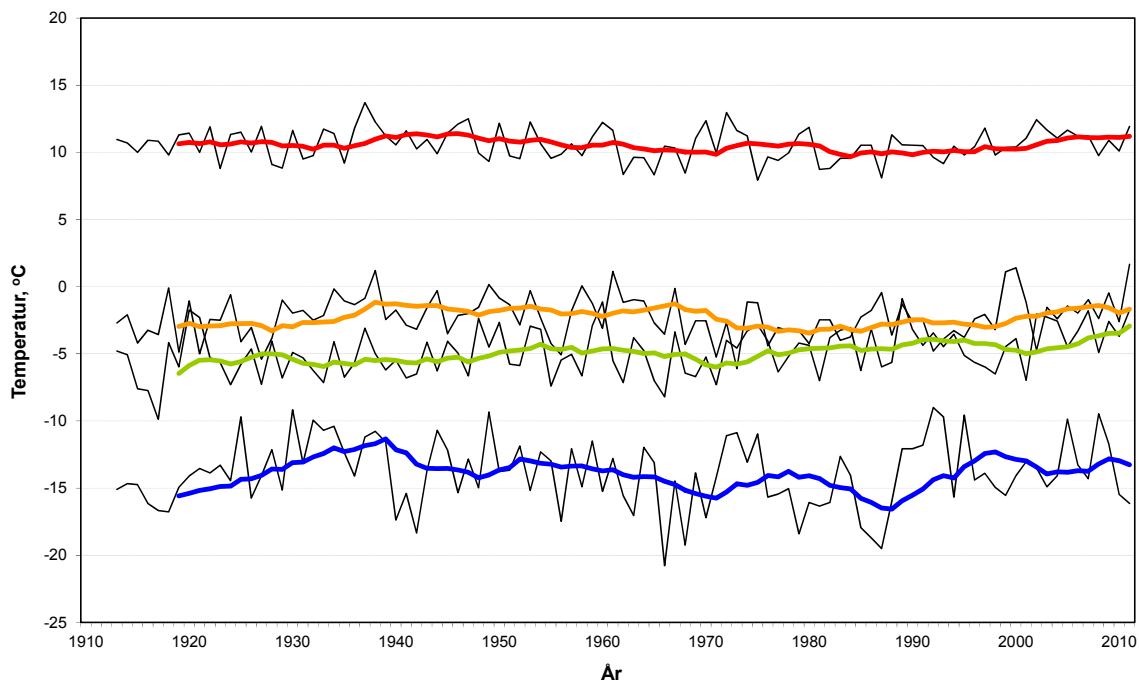
### 3.2.1 Lufttemperatur

Ifølge data fra Sihcjavri viser temperaturutviklingen i området en svak men signifikant økende trend i årsmiddelerverdi over hele perioden siden 1913 (**Figur 8**). Området karakteriseres av sterke variasjoner mellom år og mellom perioder av år, og temperaturtrendens signifikans skyldes utviklingen i det siste tiåret. De to varmeste årene er 1938 og 2011 med en årsmiddeltem-

peratur på  $-0,2^{\circ}\text{C}$  og  $-0,4^{\circ}\text{C}$ . Det kaldeste registrerte året er 1985 med  $-5,1^{\circ}\text{C}$ . 1930-, 1950- og 2000-tallet er de varmeste periodene, mens slutten av 1960-tallet til midten av 1980-tallet var preget av en serie av kalde år. Det er kun sommeren (juni-august) som har middeltemperaturer over null grader (**Figur 9**) med en middsverdi for hele perioden på  $10,6^{\circ}\text{C}$ . 1930-tallet og 2000-tallet er de varmeste tiårene med temperaturer på over 11 grader. Den varmeste sommeren er 1937 med  $13,7^{\circ}\text{C}$ , og kun ti år er registrert med sommertemperaturer over 12 grader siden målingen startet. Middels høsttemperatur er ca.  $-2,3^{\circ}\text{C}$ , men noen få år er registrert med temperaturer over 0 grader. Vinteren har den mest variable middeltemperaturen av sesongene med den kaldeste vinteren på  $-20,8^{\circ}\text{C}$  (1966) og den varmeste på  $-9,0^{\circ}\text{C}$  (1992). Fordelingen av relativt kalde og varme perioder/tiår følger mønsteret for årsmiddeltemperatur. Perioden mars-mai (vår/vårvinter) viser en svakt økende trend siden begynnelsen av 1900-tallet fra ca.  $-5,5^{\circ}\text{C}$  til ca.  $-3,8^{\circ}\text{C}$ , men variasjonene mellom år og mellom tiår er store. Kaldeste registrerte vår er 1917 med  $-9,9^{\circ}\text{C}$  og varmeste 1989 med  $-0,9^{\circ}\text{C}$ .



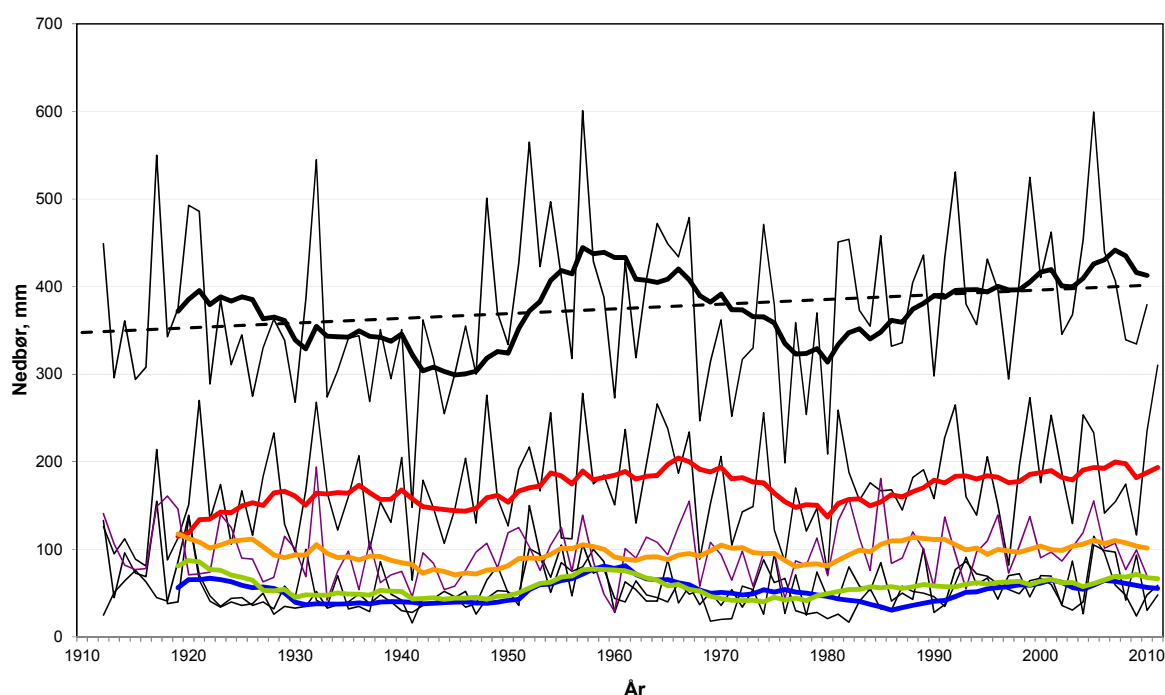
**Figur 8.** Årsmiddeler for temperatur fra Sihcjavri i perioden 1913 til 2011. Tykk linje viser utviklingen i løpende 10-års middeler og den stiplete linjen trenden for utvikling over hele perioden. Kilde: [www.met.no](http://www.met.no). © NINA 2012.



**Figur 9.** Temperaturutvikling per år og årstid for Sihcjavri i perioden 1913 til 2011. De fargede linjene viser utviklingen i løpende 10-års middeler for årstidene: årstid, vinter, vårvinter, sommer og høsttemperatur. Kilde: [www.met.no](http://www.met.no). © NINA 2012.

### 3.2.2 Nedbør

Områdets årsnedbør har økt fra ca. 350 mm i begynnelsen av måleperioden til ca. 400 mm i slutten av perioden. Den største og raskeste forandringen skjedde i perioden 1944-1957 da den årlige nedbørsmengden økte med drøyt 40 % (**Figur 10**). Denne økningen kom av en synkron nedbørsøkning i alle sesonger. Etter denne økningen minket nedbøren fram til 1980 etterfulgt av en ny økning i senere del av måleperioden. Nedbøren varierer også sterkt mellom sesonger og mellom år. Nesten halvparten av årsnedbøren kommer i perioden juni til august og ca. en fjerdedel om høsten. Mengden nedbør som kommer i løpet av vinter og vårvinter er stort sett like i hele perioden. Det tørreste registrerte året siden 1912 er 1941 med 148 mm, og de to mest nedbørrike årene er 1957 med 601 mm og 2005 med 599 mm.

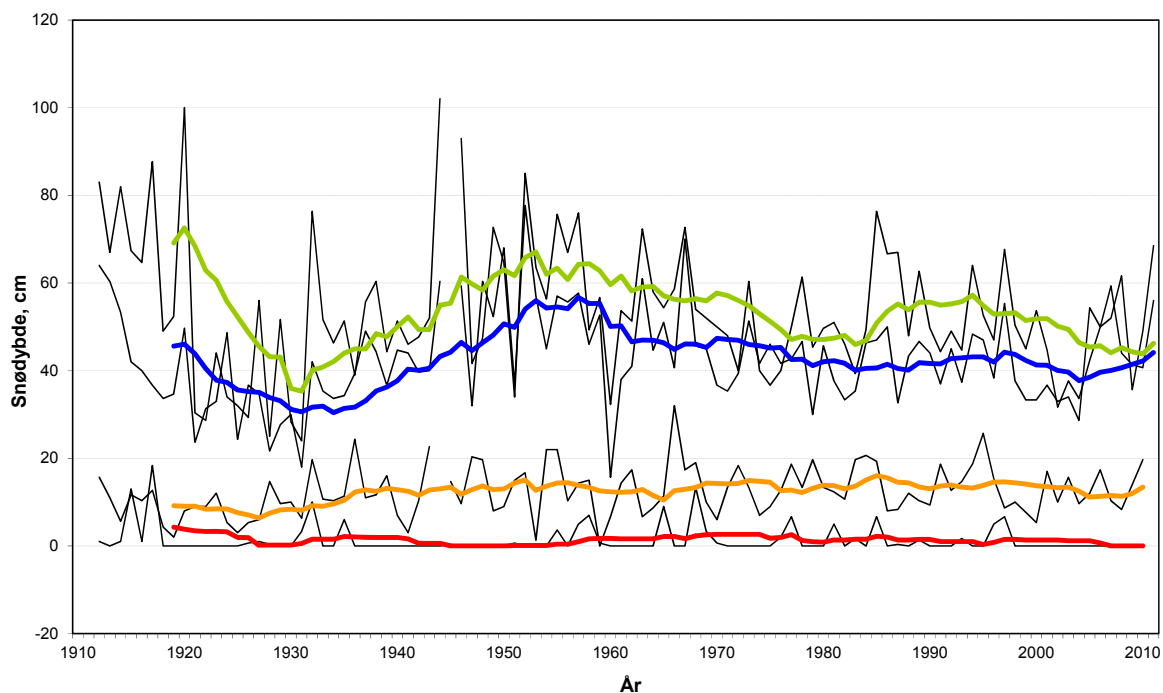


**Figur 10.** Nedbørutvikling i Sihcajavri i perioden 1912 til 2011. De fargede linjene viser utviklingen i løpende 10-års middelværddier for års-, vinter-, vårvinter-, sommer- og høstnedbør, samt lineær trend for årsverdiene over hele perioden. Kilde: [www.met.no](http://www.met.no). © NINA 2012.

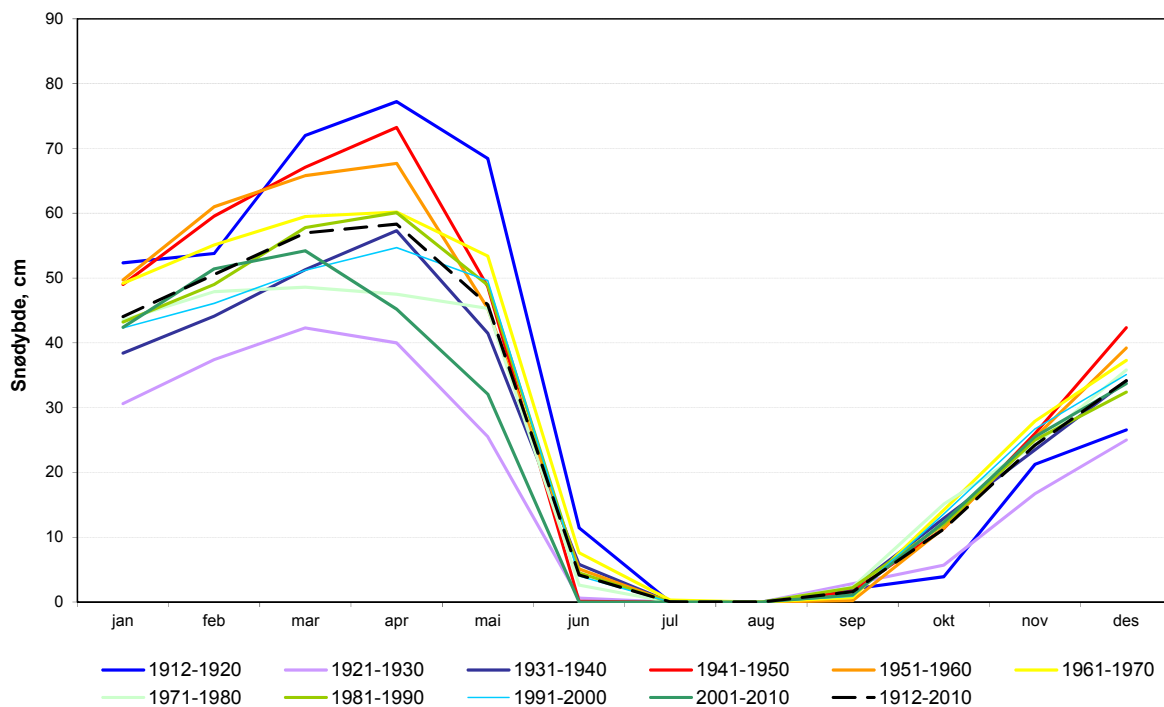
### 3.2.3 Snødybde

Området karakteriseres av store mellomårsvariasjoner i snømengde/snødybde. Mengden varierer også sterkt mellom lengre tidsperioder (**Figur 11**). Generelt minket snømengden (maksimum snødybde i slutten av vinteren) fra begynnelsen av 1900-tallet og fram til 1931. Deretter økte den fram til midten av 1950-tallet for igjen å minke fram til begynnelsen av 1980-tallet. Snødybden minket også i perioden 1997–2010.

Snøakkumulasjonen begynner de fleste år i september/oktober og pågår fram til og med april måned (**Figur 12**). I perioden 1912–1930 var snødybden i oktober vesentlig lavere enn for øvrige tiår. Enkelte år er den akkumulerte snødybden i april (måned med generelt størst snødybde) lavere enn 30 cm, mens den i snørike år kan gå opp til mer enn en meter (**Figur 11**). De laveste verdiene for senvinter er registrert i perioden 1921–1931 og 1960, og de høyeste på 1910-tallet, midt på 1940-tallet og i 1952. Den raskeste snøsmeltingsperioden er andre halvdel av mai og i juni (**Figur 12**). Kun juli og august er uten registrert snødybde.



**Figur 11.** Snødybde for Sihcajavri i perioden 1912 til 2011 presentert som sesongvise middelværdier av største snødybde for enkeltmåneder. De fargede linjene viser utviklingen i løpende 10-årsmiddelværdier for *vinter*-, *vårvinter*-, *sommer*- og *høst*snødybde. Data mangler for perioden oktober 1944 til mai 1945. Kilde: [www.met.no](http://www.met.no). © NINA 2012.



**Figur 12.** Årsvariasjon i snødybde for Sihcajavri fordelt på tiår og for hele perioden 1912 til 2011, beregnet fra største registrerte snødybde per måned. Kilde: [www.met.no](http://www.met.no). © NINA 2012.



### 3.3 Fly og satellittbilder

Det finnes flybilder for Goahteluoppal fra 1958 i skalaen 1:20000 og fra 2003 i skalaen 1:40000. I tillegg ble det foretatt flybildeopptak i 2011, men disse bildene er enda ikke tilgjengelige for analyse. Skalaen 1:20000 og 1:40000 er imidlertid ikke fin nok for å analysere utviklingen i myrområdene i detalj, men kan gi en relativt god oversikt over storskalaforandringer i myrområdenes dominerende palsmyrstrukturer, som for eksempel frekvens og form av større vannsamlinger.

Satellittbilder finnes fra begynnelsen av 1970-tallet og utgjør dermed et ca. 30-årig grunnlag for kontinuerlig overvåking av utviklingen. Disse gir likevel bare en grov indikasjon på tilstedeværelse eller tidligere tilstedeværelse av palsformasjoner som har gitt opphav til større dammer i myrområdene. Strukturelle forandringer på en skala mer egnet for overvåkingsprogrammet kan skaffes via for eksempel høyoppløselige satellittbilder (Quickbird), men disse medfører en meget stor kostnad (se "Appendix I" i Hofgaard 2003 og Lauknes et al. 2012 for mer informasjon om muligheter med satellittbilder).

### 3.4 Overvåkingsdata fra 2006

#### 3.4.1 Områder og palsformasjoner

Palsformasjoner forekommer innen mesteparten av Goahteluoppal-området, men frekvensen av kuppelpalser og fragmenterte palsplatåer varierer mellom ulike deler. Over store områder dominerer bløt flatmyr med starr og myrull. De største kuppelformede palsene er 3-5 m høye og deres dekning i areal varierer strekt fra noen hundre kvadratmeter til opp til flere tusen kvadratmeter. Palsplatåene er vanligvis fragmenterte og inneholder partier med kuppelpalser. Tre delområder representert med fragmenterte palsplatåer og større og mindre kuppelpalser i ulike utviklingsstadier, er valgt som overvåkingsområder med linjeanalyser (**Figur 13**). Mellomformer mellom kuppelpalser og palsplatåer forekommer vanligvis både innen myra i sin helhet og innen de utvalgte delområdene.

Delområde 1 representerer de typiske fragmenterte palsplatåene innen Goahteluoppal-området. Et ca. 700 x 300 meter stort "palsplatå" dominerer delområdet. En 320 m lang linje (linje A) er plassert på tvers av det tidligere sammenhengende platået. "Platået" er sterkt fragmentert og karakteriseres av palspartier, dammer og erosjonsflier, og av noen meter høye bruddkanter mot flankerende bløte myrområder. Området ligger på vestsiden av et relativt stort vann, Moskolatjavri (**Figur 14**).

Delområde 2 ved sørsiden av vannet Goahteluoppal, er karakterisert av vekselvis sumpskog og myr med små, spredte palser og palsområder i ulike utviklingsstadier. Spredte ca. 3 m høye kuppelpalser med markerte bruddkanter mot omringende lag og dammer forekommer i området, sammen med lave og flate palser uten bruddkanter. Tre analyselinjer (linjene E, F og G) er plasserte innen delområdet for å representere de ulike typene av palser, degenereringsområder, flatmyr og laggområder (**Figur 15**).

Delområde 3 karakteriseres i sør av store og høye palser, som til dels henger sammen i palskonglomerat, og et omfattende flatmyrområde med fragmenterte palser og palsringer i nord (se forside). Tre analyselinjer (linjene B, C og D) er plasserte innen delområdets søndre del, rett nordøst for vannet Azit. Disse representerer områdets store palser med vekstområder, degenereringsområder, dammer og laggområder, samt flankerende myrområder (**Figur 16**).



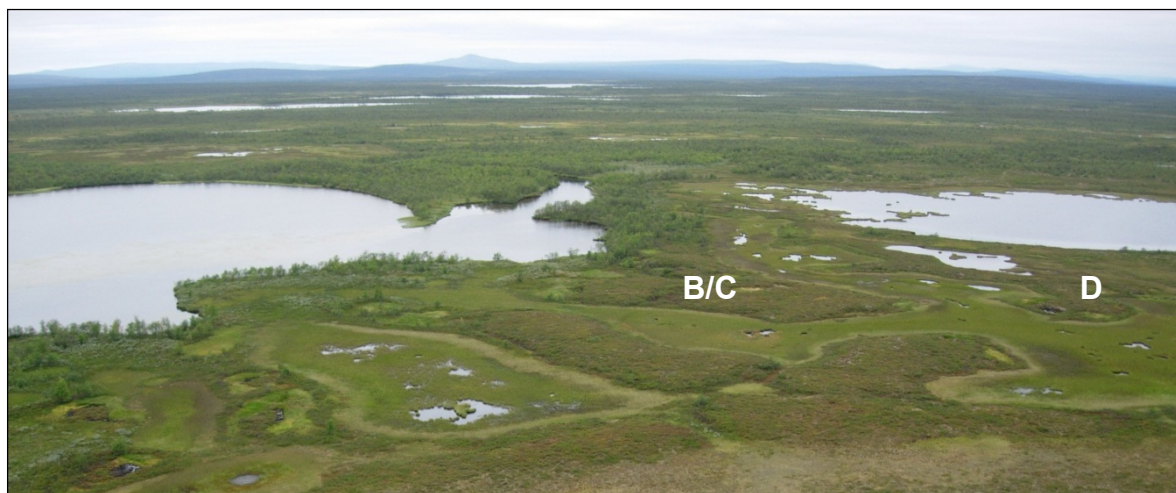
**Figur 13.** Plassering av analyselinjer i overvåkingsområdene innen Goahteluoppal. Delområdene er nummerert. © NINA 2012.



**Figur 14.** Delområde 1. Linje A krysser palsplatået og dammen i bildets venstre del. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2012.



**Figur 15.** Delområde 2. Linjene F og G krysser den bueformede palsen (pil). Foto: A. Hofgaard. © NINA 2012.



**Figur 16.** Delområde 3. Linjene B, C og D krysser to av palsene i vestre del av området. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2012.

Flybildene for området fra 1958 og 2003 gav grunnlag for analyser av forandringer over tid, men den relativt grove skalaen på 1:20000 og henholdsvis 1:40000 medførte at detaljerte analyser ikke var fullt mulig. En sammenligning av markslagsfordelingen innen myrene over 45-årsperioden ble foretatt og viste tydelige forandringer innen store deler av Goahteluoppal, men begrensede endringer innen andre deler. Spesielt i de våteste myrområdene hadde arealet med pals minnet samtidig som våte myrflateområder økte. I de tørrere områdene var markslagsfordelingen mer eller mindre den samme for de to tidspunktene, selv om noen palspartier rundt dammer var blitt borte og utviklet til myrflateområder, og at noen åpne dammer fra 1958, i 2003 var bevokst med myrull og starr.

Innen delområde 2 hadde de vestre delene gjennomgått relativt store forandringer. Det er et begrenset område men de fleste palsene var i 2003 i en fase med dominerende nedbryting eller var helt borte siden 1958. I de østre delene, som har få våte myrområder, var forandringene over 45-årsperioden beskjedne. De søndre delene av delområde 3 hadde i likhet med de østre delene av delområde 2 ikke gjennomgått store forandringer. Innen de sentrale og nordre delene, som domineres av våte utilgjengelige myrområder, var imidlertid forandringene til dels store, med avtagende palsstørrelse, gjengroing av dammer og nydannelse av dammer. Det ble i 2006 ikke registrert nydannelser av palser i noen av områdene.

### 3.4.2 Linjeanalyser

Til sammen 7 linjer ble i 2006 plassert ut innen de tre delområdene (**Figur 13**): en linje i delområde 1, tre linjer i delområde 2 og tre linjer i delområde 3; med en total lengde på 791 meter. Detaljer for linjenes plassering, lengde og trekk er vist i **Tabell 2**. Fordeling av tele, markslag, bunn-, felt- og busksjiksvegetasjon, samt palsenes høyde over omliggende myr er presentert i de enkelte linjefigurene (se nedenfor). Linjene ble plassert slik at de fanger opp mest mulig av variasjonen i palsområdene.

Linje A (delområde 1) krysser et fragmentert palsplatå og inkluderer syv palsformasjoner, to dammer og partier med myrflate (**Figur 14**). Linje B og C (delområde 3) krysser en stor pals med noen dammer, et bruddkant- og laggområde og flankerende myr (**Figur 16**). Palsen er en av de høyeste i området. Forandringene langs linjene A, B og C var beskjeden i perioden mellom 1958 og 2006. Linje D krysser den østre delen av en relativt smal pals nord for palsen med linjene B og C. Palsen er relativt lav og linjen inkluderer palsens erosjonskanter, en dam og flankerende myr (**Figur 16**). I 1958 var mesteparten av linjens myrflateområder en del av pal-

sen. Linje E (delområde 2) krysser to synkende og relativt lave palser og flankerende lagg og myr. De to palsene hengte delvis sammen i 1958. Linjene F og G (delområde 2) krysser en ca. 2,5 meter høy pals med erosjonskanter av ulik alder på alle sider (**Figur 15**), men palsen viste beskjedne endringer siden 1958.

**Tabell 2.** Analyselinjenes plassering, lengde og trekk. © NINA 2012.

Linje-navn	Del-område	Lengde (m)	Formasjon	Linjestart	Linjeslutt	Retning (°)	Kommentarer
A	1	320	palsplata	palsring	myrflate	86	Linjen krysser syv palser og tre dammer innen det fragmenterte palsplatået
B	3	140	pals	bjørkekratt	myrflate	65	Linjen krysser en stor pals, en gammel dam, en markert bruddkant og en dam på palsen; linjen krysser linje C
C	3	100	pals	palsring	myrflate	352	Linjen krysser linje B, og inkluderer i tillegg til palsen tre bruddkanter og to dammer
D	3	50	pals	palsring	myrflate	68	Linjen krysser områder med myrflate, lagg, bruddkant, pals og palsring
E	2	81	pals	myrflate	myrflate	270	Linjen krysser to synkende palser
F	2	50	pals	palsring	myrflate	227	Linjen krysser en relativt høy men synkende pals omkranset av markerte laggområder
G	2	50	pals	myrflate	myrflate	324	Samme pals som linje F krysser

### 3.4.3 Sprekkfrekvens

Antallet torvsprekker og sprekkbredde ble i 2006 analysert langs alle linjene. Antallet sprekker varierte langs linjene avhengig av antallet og omfanget av områder med palsdegenerering langs linjene. Det ble registrert sprekker langs fem av linjene, med høyeste verdi for linje F innen delområde 2. Linjene B, C, D og F krysser flere aktive fragmenteringsområder og bruddkanter som gav lokalt høy frekvens av sprekker. Linjene E og G hadde ingen registrerte sprekker. Innen partier med aktiv og sterk degenerering, som for eksempel bruddkanter, kan det være vanskelig eller umulig å definere enkeltsprekker og bredder. Slike partier ble derfor angitt med total lengde langs linjene og inngikk ikke i beregningen av antall sprekker per meter. Detaljdata for 2006 er presentert nedenfor sammen med data fra 2011 (se avsnitt 4.2.2).

### 3.4.4 Artfrekvens

Finskala variasjon i bunn-, felt- og busksjiktvariabler ble analysert langs 21 tilfeldig plasserte linjer innen delområde 1 og 3. Linjene fordelte seg på markslagene pals (12 linjer), myrflate (5) og lagg (4). De samme variablene som langs de lengre linjene (se tabell 1) ble registrert, men variabelen for lyng ble delt opp og registrert til art: krekling, blokkebær, blåbær og tyttebær. Ettersom linjene ble tilfeldig plassert inkluderte de også deler av andre markslag enn den kategorien de er klassifisert til. For eksempel inkluderte lagg, som karakteriseres av torvmose, mose og molte, elementer som tilhører overgangssoner mot palsområder (f.eks. forekomsten av strø, lyng og busker). Molte karakteriserte generelt overgangssonene mellom habitatene. Dette gjeldet også innen pals- og palsplataområdene der mange små ujevnheter og fordypninger gir gode moltehabitater. Grunnet nattefrost uken før analysene i 2006 ble frekvensen for molte

noe lavere enn den ellers ville vært. Palslinjene var karakterisert av lavvokst dvergbjørk, finnmarkspors og lyng. I kantsonene av palsene gikk den lavvokste dvergbjørken og finnmarksporsen over til en større buskform.

### **3.5 Datainnsamling 2011**

Datainnsamlingen ble i 2011 utført på samme måte som i 2006 og i henhold til de beskrevne metodene (se kapittel 2.2). Artsfrekvens langs de tilfeldig valgte 5-meterslinjene (artslinjer; se kapittel 3.4.4) ble i 2011 kun registrert for linjer som representerte palsoverflaten (18 linjer). Datainnsamlingsperioden i 2011 (8.–12. august) var den samme som i 2006 (9.–16. august).



## 4 Resultat

### 4.1 Palsformasjoner

Utbredelsen av eldre velutviklede palser har minket noe i perioden 2006 til 2011, men i områder med linjeanalyser er forandringene totalt sett relativt liten. Nesten alle palsformasjoner som ble registrert i 2006 eksisterte fortsatt i 2011, men for enkelte palsformasjoner er forandringen stor (detaljer er presentert i kapittel 4.2). Innen de nordlige våtere områdene av Goahteluoppal hvor det ikke er etablert analyselinjer (**Figur 7**; delområdene 5 og 6, og mellom 3 og 6) er forandringene tilsynelatende mer omfattende med palsdegenerering som hovedtrekk. Dette kan imidlertid ikke kvantifiseres grunnet mangelen på flybilder (se kapittel 3.3), men bilder tatt fra helikopter viser tydelige endringer i perioden fra 2006 til 2011 (**Figur 17** og **18**).

Det ble i 2011 ikke registrert nye palsformasjoner i områdene med linjeanalyser, men områder med død myrull og død torvmose (se lyse partier på forsidebildet) tyder på at det i senere tid har forekommet nye permafrostområder som hatt noen års varighet. Teledybden på nye permafrostfelter er om sommeren normalt ca. 20 til 40 centimeter. Dersom telen blir værende utover hele sommeren, dør myrvegetasjonen og danner lyse lett gjenkjennbare og karakteristiske områder.



**Figur 17.** Bildene som er tatt fra helikopter viser en pals nord for område 3 (Figur 7) der endringene har vært betydelige i perioden 2006 til 2011. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2012.



**Figur 18.** Bildene som er tatt fra helikopter viser en del av et stort palsområde nord for område 3 (Figur 7). Palsformasjon a har minket betydelige i perioden 2006 til 2011 mens b kun viser små endringer. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2012.



## 4.2 Linjeanalyser

Plassering og trekk for individuelle linjer er presentert i avsnitt 3.4.2. Her presenteres kun forandringene i perioden 2006 til 2011 ved hjelp av statistikk for forekomst av tele, teledybde, markslag og vegetasjon for alle linjene. Detaljerte figureksemples gis for tre av linjene.

### 4.2.1 Tele, markslag og sprekkfrekvens

Antall meter med tele langs analyselinjene, sammenlagt for alle linjene i Goahteluoppal, har vært konstant i perioden 2006 til 2011 (**Tabell 3**). Fordelt på delområder så har antall meter med tele økt med ca. 11 % i delområde 1 (linje A), vært tilnærmelsesvis uforandret i delområde 3 (linjene B, C og D) og avtatt med ca. 33 % i delområde 2 (linjene E, F og G).

Økningen i teleutbredelse i område 1 skyldes trolig at dyptliggende tele var mer utbredt i 2011 (**Figur 19-22**). Det kan imidlertid ikke utelukkes at forskjeller i registrering kan ha påvirket resultatet, ettersom tele som ligger dypere enn ca. 1,5 meter er vanskelig å detektere. Formen på de ulike palsformasjonene tyder også på at endringen var liten, og det samme gjelder for delområde 3 (**Figur 23 og 24**). Den store tilbakegangen i teleutbredelse i delområde 2 skyldes først og fremst forandringer langs linje E der den minste av linjens to palser har tint og blitt borte i perioden 2006 til 2011, og at den andre palsen har minnet kraftig i størrelse og telemengde (**Figur 25**). Resultatet er at kun 25 % av linjen har gjenværende permafrost, og den forsvunne palsen er erstattet av en dam omkranset av myrull (**Figur 26**).

Middeldybden for telens forekomst langs palsdelene av analyselinjene var ved målingstidspunktet i 2011 ca. 61 cm med et standardavvik på 23 cm (**Tabell 3**). Sammenlignet med posisjonen i 2006 representerer dette en senking av middeldybden med 10 cm, men det er relativt store variasjoner mellom og innen linjene. Minste oppmålte teledybde for linjene er relativt konstant med et gjennomsnitt på 35-37 cm (**Tabell 3**).

**Tabell 3.** Telens fordeling, frekvens og dybde for linjene. © NINA 2012.

Linje- navn	Lengde, m	Antall, m		Frekvens		Gj. Snitt dyp, cm*		Maks. dyp, cm*		Min. dyp, cm*		St.dev dyp, cm	
		2006	2011	2006	2011	2006	2011	2006	2011	2006	2011	2006	2011
A	320	149	187	46,6	58,4	51,6	74,9	140	190	35	40	14,4	44,2
B	140	84	81	60,0	57,9	56,3	64,9	150	180	35	35	20,4	31,9
C	100	68	67	68,0	67,0	49,3	53,4	95	150	35	30	9,4	21,5
D	50	16	16	32,0	32,0	46,6	48,8	70	110	40	35	7,9	18,1
E	81	42	20	51,9	24,7	55,0	55,0	140	95	30	35	21,2	14,0
F	50	33	29	66,0	58,0	56,4	62,1	75	80	35	35	9,5	11,1
G	50	18	13	36,0	26,0	57,8	65,4	80	130	35	50	10,2	20,3
Sum/gj.snitt		410	413	51,5	46,3	53,3	60,6	107,1	133,6	35,0	37,1	13,3	23,0

\*Beregninger basert kun på metre hvor tele forekommer

Markslagsfordelingen langs linjene viser en del tydelige forandringer i overvåkingsperioden (**Tabell 4, Figur 20, 22 og 24**). Pals, som er det dominerende markslaget har minnet noe, men dekker litt over 50 % i både 2006 og i 2011. Myrflate har økt noe i perioden fra ca. 22 % av arealet med linjeanalyser i 2006 til ca. 25 % i 2011 (**Tabell 4**). Økningen av myrflatefrekvens er først og fremst forårsaket av gjengroing av dammer og lagg langs linjene A og E. Økningen i markslagstypen dam er årsaket av at en av palsformasjonene langs linje E tint (**Figur 25 og 26**). Flere detaljer for markslagsforandringer i perioden 2006 til 2011 per linje er presentert i **Tabell 4**, og bildeeksempler fra fire av linjene er presentert i **Figur 4 og Figur 27- 30**.

**Tabell 4.** Forandring i markslagsfordeling for individuelle analyserte linjer, angitt i antall meter og frekvens (%; i parentes). Markslag som har økt i perioden er markert med fet skrift i totalberegningen og reduksjon er markert med kursiv skrift. © NINA 2012.

Markslag	A		B		C		D		E	
	2006	2011	2006	2011	2006	2011	2006	2011	2006	2011
bruddkant	0	0	11 (7,9)	8 (5,7)	5 (5,0)	2 (2,0)	2 (4,0)	2 (4,0)	0	0
dam	71 (22,2)	67 (20,9)	17 (12,1)	17 (12,1)	10 (10,0)	8 (8,0)	0	0	0	16 (19,8)
lagg	6 (1,9)	1 (0,3)	14 (10,0)	22 (15,7)	0	0	0	2 (4,0)	17 (21,0)	3 (3,7)
myrflate	65 (20,3)	76 (23,8)	14 (10,0)	6 (4,3)	17 (17,0)	17 (17,0)	25 (50,0)	27 (54,0)	23 (28,4)	38 (46,9)
pals	169 (52,8)	167 (52,2)	81 (57,9)	84 (60,0)	67 (67,0)	71 (71,0)	17 (34,0)	15 (30,0)	41 (50,6)	24 (29,6)
palsring*	9 (2,8)	9 (2,8)	3 (2,1)	3 (2,1)	1 (1,0)	2 (2,0)	6 (12,0)	4 (8,0)	0	0

Markslag	F		G	
	2006	2011	2006	2011
bruddkant	4 (8,0)	0	0	0
dam	0	0	0	0
lagg	5 (10,0)	6 (12,0)	2 (4,0)	2 (4,0)
myrflate	6 (12,0)	5 (10,0)	27 (54,0)	28 (56,0)
pals	30 (60,0)	33 (66,0)	16 (32,0)	15 (30,0)
palsring*	5 (10,0)	6 (12,0)	5 (10,0)	5 (10,0)

Total A-G	
2006	2011
22 (2,8)	12 (1,5)
98 (12,4)	<b>108 (13,7)</b>
44 (5,6)	36 (4,6)
177 (22,4)	<b>197 (24,9)</b>
421 (53,2)	409 (51,7)
29 (3,7)	29 (3,7)

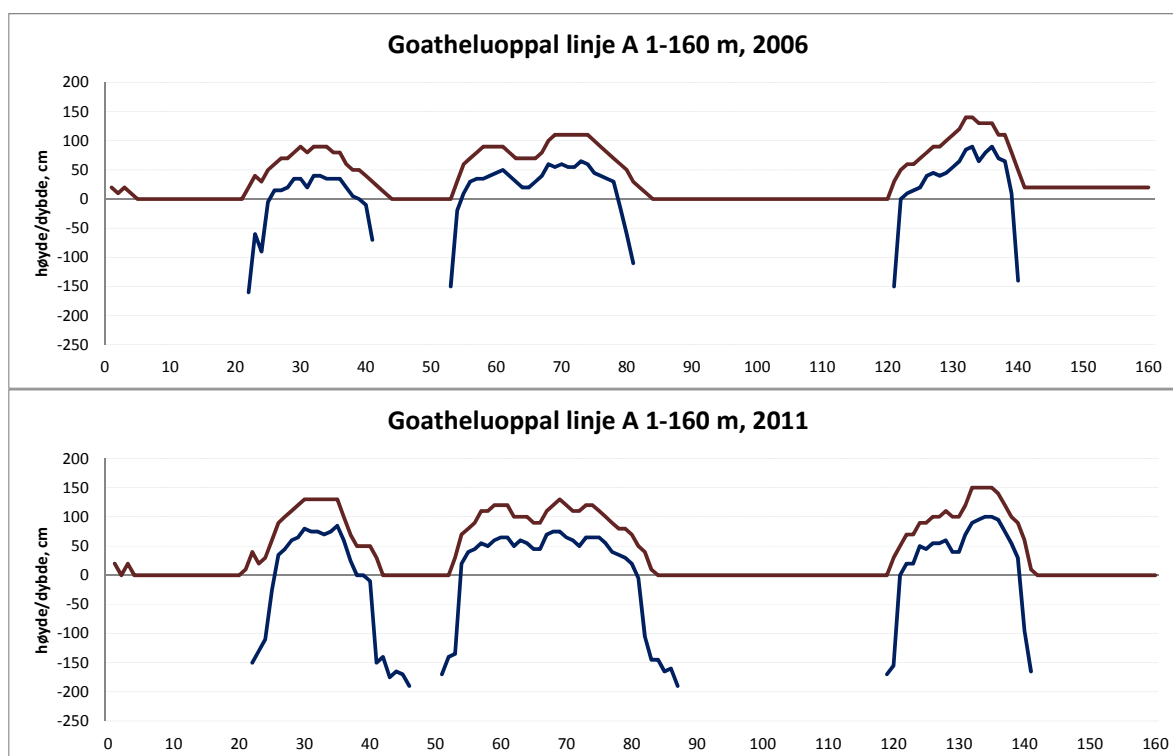
\*palsring og tue er slått sammen til palsring

## 4.2.2 Sprekkfrekvens

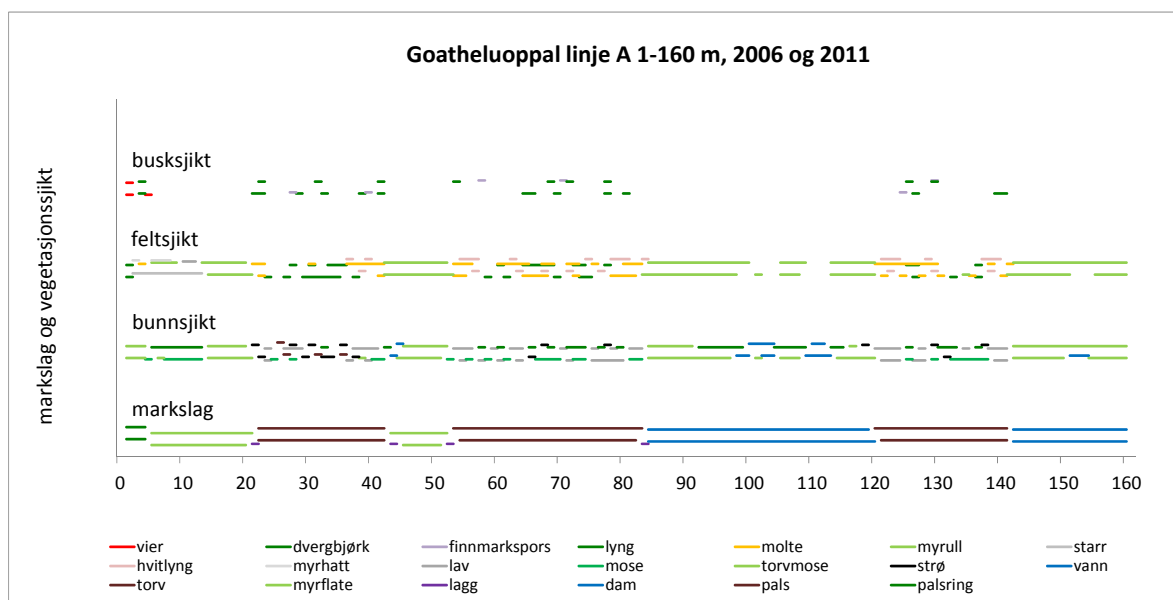
Antallet sprekker per meter er konstant over analyseperioden, men det totale antallet små sprekker har økt samtidig som bruddkantfrekvensen er redusert (**Tabell 5**). Økningen i små sprekker skyldes forandringer i delområde 1 (linje A), og reduksjon i antall meter med bruddkant skyldes forandringer i delområde 3 (linjene B, C og D), der deler av bruddkanter fra 2006 har rast sammen og forsvunnet ned i tilgrensende dammer.

**Tabell 5.** Frekvens av sprekker langs linjene, fordelt på sprekkbredde og antall per meter total for linjene og per breddekategori. Bruddkant er gitt i total lengde (m) og inngår ikke i beregningen av antall sprekker per meter. © NINA 2012.

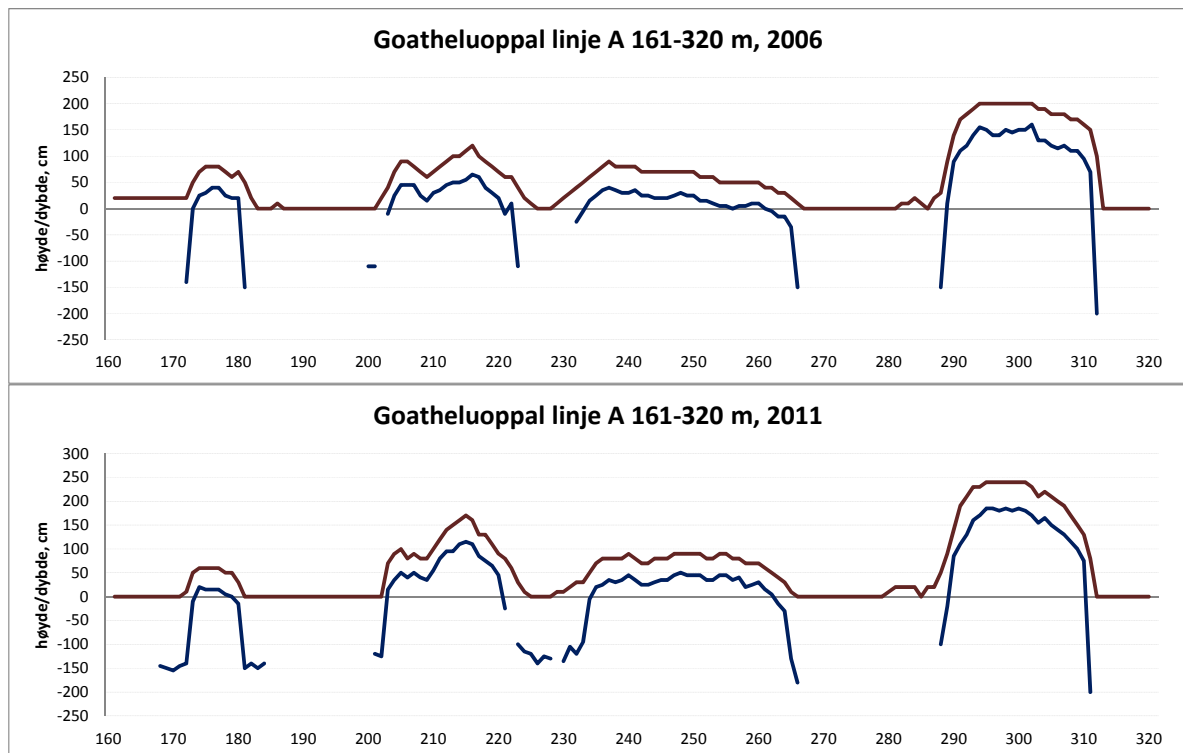
Linje-navn	Lengde, m	Antall sprekker				Antall pr. kategori									
		Totalt		pr. m		0-5 cm		6-10 cm		11-20 cm		21-50 cm		bruddkant, m	
		2006	2011	2006	2011	2006	2011	2006	2011	2006	2011	2006	2011	2006	2011
A	320	13	20	0,04	0,06	5	13	1	3	5	2	2	2		
B	140	4	5	0,03	0,04		1	2		1	1	1	3	11	8
C	100	2	4	0,02	0,04	1			2	1	2			5	2
D	50	1	0	0,02	0,00					1				2	2
E	81	0	1	0,00	0,01						1				
F	50	7	7	0,14	0,14	2		3	3		3	2	1	4	
G	50	3	4	0,06	0,08	1	2	1	1	1	1				
sum/medelv.		30	41	0,04	0,05	9	16	7	9	9	10	5	6	22	12



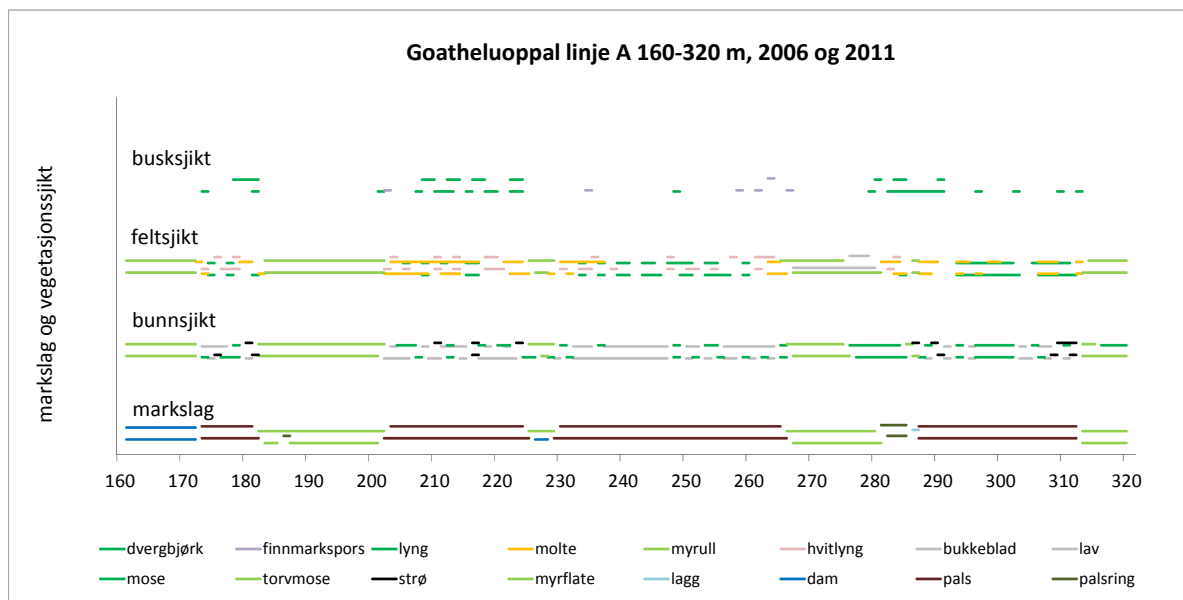
**Figur 19.** Høydestruktur og teledybde for linje A (1-160 m) i 2006 og 2011. Brune linjer viser markhøyde og blå linjer teleforekomstens dybdenivå under overflaten. Merk at maksimal høydenivå ble målt noe forskjellig i de to årene (pga. myras helling). © NINA 2012.



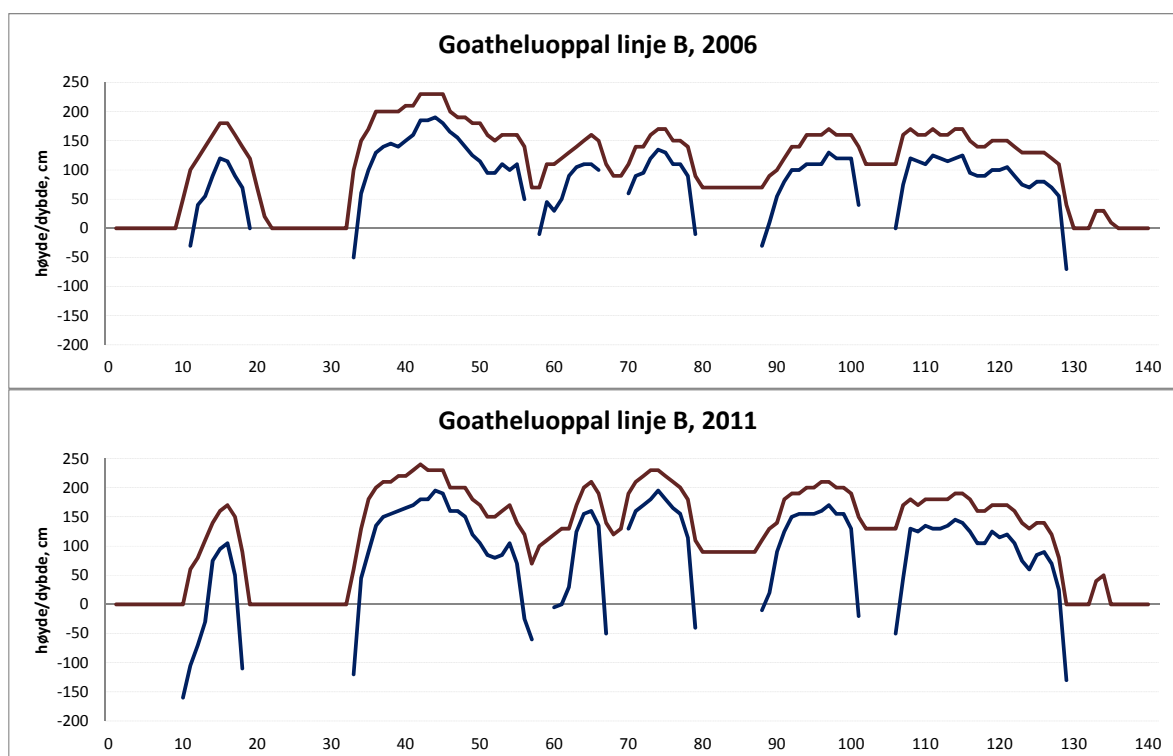
**Figur 20.** Fordeling av markslag og dominerende vegetasjon for linje A (1-160 m) i 2006 og 2011. De fire grupperingene med linjer viser markslagsvariabler (nedre linjegruppering), bunnsjiktvariabler (nest nederst), feltsjiktvariabler (nest øverst) og busksjiktvariabler (øverst). Innen hver gruppering vises informasjon for 2006 nederst og 2011 øverst. Fargekodenes betydning vises nederst i figuren. © NINA 2012.



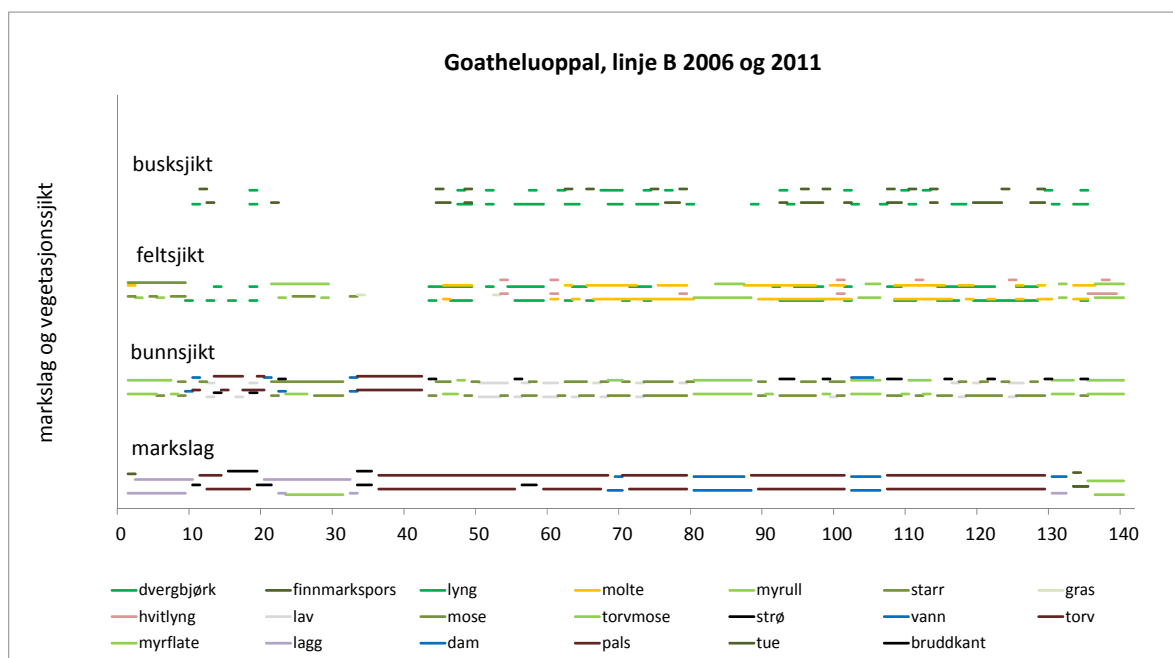
**Figur 21.** Høydestruktur og teledybde for linje A (161-320 m) i 2006 og 2011. Brune linjer viser markhøyde og blå linjer teleforekomstens dybdenivå under overflaten. Merk at maksimal høydenivå ble målt noe forskjellig i de to årene (pga. myras helling). © NINA 2012.



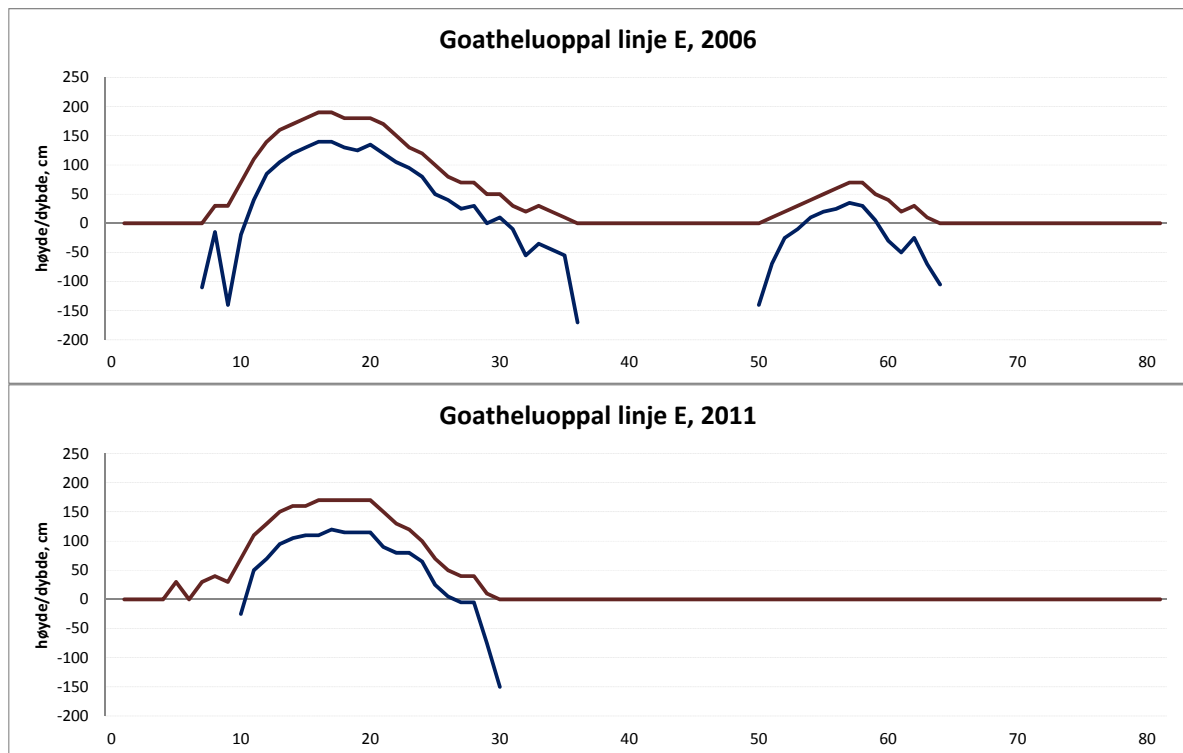
**Figur 22.** Fordeling av markslag og dominerende vegetasjon for linje A (161-320 m) i 2006 og 2011. De fire grupperingene med linjer viser markslagsvariabler (nedre linjegruppering), bunnsjiktvariabler (nest nederst), feltsjiktvariabler (nest øverst) og busksjiktvariabler (øverst). Innen hver gruppering vises informasjon for 2006 nederst og 2011 øverst. Fargekodenes betydning vises nederst i figuren. © NINA 2012.



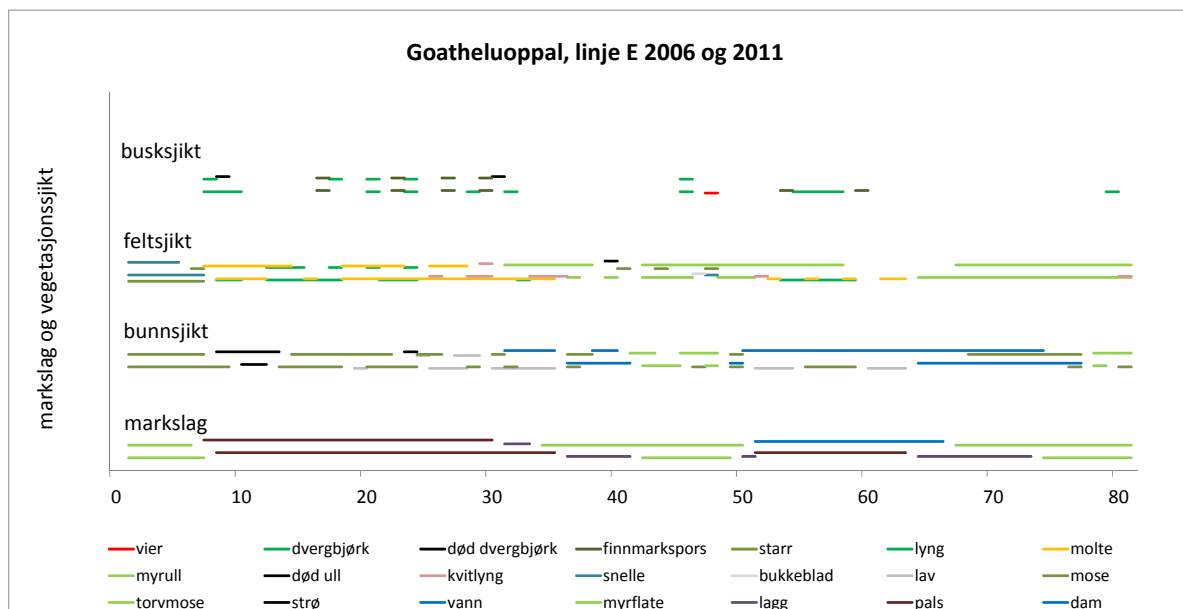
**Figur 23.** Høydestruktur og teledybde for linje B i 2006 og 2011. Brune linjer viser markhøyde og blå linjer teleforekomstens dybdenivå under overflaten. Merk at maksimal høydenivå ble målt noe forskjellig i de to årene (pga. myras helling). © NINA 2012.



**Figur 24.** Fordeling av markslag og dominerende vegetasjon for linje B i 2006 og 2011. De fire grupperingene med linjer viser markslagsvariabler (nedre linjegruppering), bunnsjiktsvariabler (nest nederst), feltsjiktsvariabler (nest øverst) og busksjiktsvariabler (øverst). Innen hver gruppering vises informasjon for 2006 nederst og 2011 øverst. Fargekodenes betydning vises nederst i figuren. © NINA 2012.

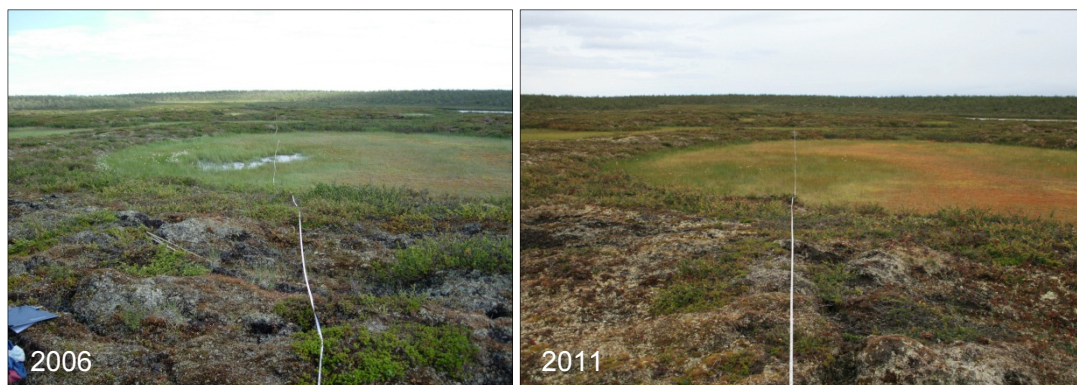


**Figur 25.** Høydestruktur og teledybde for linje E i 2006 og 2011. Brune linjer viser markshøyde og blå linjer teleforekomstens dybdenivå under overflaten. Merk at maksimal høydenivå ble målt noe forskjellig i de to årene (pga. myras helling). © NINA 2012.



**Figur 26.** Fordeling av markslag og dominerende vegetasjon for linje E i 2006 og 2011. De fire grupperingene med linjer viser markslagsvariabler (nedre linjegruppering), bunnsjiktsvariabler (nest nederst), feltsjiktsvariabler (nest øverst) og busksjiktsvariabler (øverst). Innen hver gruppering vises informasjon for 2006 nederst og 2011 øverst. Fargekodenes betydning vises nederst i figuren. © NINA 2012.





**Figur 27.** Gjengroende dam langs linje A (foto fra punkt 130 m). Foto: A. Hofgaard. © NINA 2012.



**Figur 28.** Palsområdet langs linje B (foto fra linjestart) er karakterisert av buskvegetasjon med dvergbjørk og finnmarkspors. Foto: A. Hofgaard. © NINA 2012.



**Figur 29.** Aktive erosjonskanter karakteriserer palsen langs linje D (foto fra linjestart). Foto: A. Hofgaard. © NINA 2012.



**Figur 30.** En flat, synkende pals med et laggområde i forgrunnen i 2006 langs linje E er om-dannet til en dam i 2011 (foto fra linjeslutt). Foto: A. Hofgaard. © NINA 2012.

### 4.2.3 Artsfrekvens

Variasjonen i busk-, felt- og bunnsjikt ble i 2011 analysert for 18 palsoverflatelinjer og sammenlignet med 2006 (12 linjer). Vegetasjonen på palsene er i begge årene karakterisert av dvergbjørk i busksjiktet, molte og krekling i feltsjiktet og av lav og strø i bunnsjiktet. Tilsammen dekker de ca. 70 % av overflaten både i 2006 og 2011, selv om frekvensen for dvergbjørk og krekling varierer noe mellom årene. Samlet har busksjiktsdominert vegetasjon avtatt noe fra 2006 til 2011, samtidig som felt- og bunnsjiktsdominerte områder økte (**Tabell 5**). Et lavt og glissent busksjikt av dvergbjørk og finnmarkspors forekommer over store deler av palsene og langs analyselinjene (se **Figur 20, 22, 24 og 26**) men karakteriserer først og fremst forsenkninger og hellinger mot lavereliggende myrområder (**Figur 28**). Nedgangen i busksjiktsdominans mellom 2006 og 2011 skyldes den registrerte reduksjonen av dvergbjørk (**Tabell 5**). Det er til dels tydelige endringer i enkelte feltsjiktsarters frekvens mellom 2006 og 2011, selv om feltsjiktet totalt kun dekker en relativt liten del av palsoverflatene i begge årene. Noen av de mest påfallende frekvensendringene av arter innen feltsjiktet er reduksjon av tyttebær og økningen av krekling (**Tabell 5**). En ny art (tranebær) og artsgruppe (torvmose) indikerer at overflatemiljøet er blitt fuktigere. Imidlertid er alle registrerte endringer relativt små og kan trolig skyldes variasjonen i artslinjenes plassering mellom undersøkelsene i 2006 og 2011.

## 4.3 Menneskelig 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 en beskjeden menneskelig påvirkning kan virke destabiliserende. Palsene i Goahteluoppal-området har ikke vist noen tegn på at dokumenterte endringer som kan knyttes til menneskelig aktivitet, men områdene rundt palsene er brukt til ulike typer av motorisert ferdsel. Dette vises tydelig langs kartfestede kjøretraseer og spredte tilfeldige kjøretraseer som ser ut til å ha økt i overvåkingsperioden. Samlet gjør dette at vegetasjonsskader forårsaket av barmarkskjøring og kjøring seint i vintersesongen når snøen er delvis borte, er relativt vanlige i Goahteluoppal (se **Figur 17**).

**Tabell 5.** Endring i artssammensetning i palsoverflatens busk-, felt- og bunnsjikt, Goahte-luoppal delområde 1 og 3 fra 2006 til 2011. © NINA 2012.

Vegetasjons- sjikt	antall treff*		% dekning		% endring 2006-2011
	2006	2011	2006	2011	
<b>Busksjikt</b>	<b>133</b>	<b>155</b>	<b>22,2 %</b>	<b>17,2 %</b>	<b>-22,3 %</b>
Dvergbjørk	92	78	15,3 %	8,7 %	-43,5 %
Finnmarkspors	41	77	6,8 %	8,6 %	25,2 %
<b>Feltsjikt</b>	<b>219</b>	<b>357</b>	<b>36,5 %</b>	<b>39,7 %</b>	<b>8,7 %</b>
Molte	69	110	11,5 %	12,2 %	6,3 %
Blokkebær	7	10	1,2 %	1,1 %	-4,8 %
Tyttebær	54	42	9,0 %	4,7 %	-48,1 %
Krekling	78	153	13,0 %	17,0 %	30,8 %
Tranebær	0	3	0,0 %	0,3 %	
Hvitlyng	11	39	1,8 %	4,3 %	136,4 %
<b>Bunnsjikt</b>	<b>248</b>	<b>388</b>	<b>41,3 %</b>	<b>43,1 %</b>	<b>4,3 %</b>
Død torv	12	3	2,0 %	0,3 %	-83,3 %
Lav	93	136	15,5 %	15,1 %	-2,5 %
Mose	51	91	8,5 %	10,1 %	19,0 %
Torvmose	0	16	0,0 %	1,8 %	
Strø	92	142	15,3 %	15,8 %	2,9 %

\* analysene er basert på 12 linjer i 2006 og 18 linjer i 2011

## 5 Diskusjon

Palsfrekvens og palsstørrelse i de tre analyserte delområdene i Goahteluoppal er nesten uendret de siste fem årene, men overvåkingen viser også en relativt rask palsreduksjon i de våtere og utilgjengelige delene av Goahteluoppal. Langtidsendringene i regionens klima styrer dynamikken i palsmyrsystemene, sammen med klimatiske ulikheter mellom år og eventuelle direkte menneskelige påvirkninger. Ettersom palsene i Goahteluoppal-området ikke viser noen tydelige tegn på forstyrrelse av menneskelig aktivitet, antas det at de dokumenterte endringene fra 2006 til 2011 hovedsakelig har en klimatisk årsak.

Selv om registreringene av den totale frekvensen av tele langs linjene viser uendrede forhold, viser bildene tatt fra helikopter en tilsynelatende reduksjon av permafrost. Samlet viser dette palsmyrforandringenes komplekse karakter. Den totale tiningen av en av palsene langs linjene og tilbakegang av de større palsene i de våtere områdene i Goahteluoppal er et resultat av en prosess som har pågått over lang tid og er i tråd med forandringene mot et allerede varmere og fuktigere klima. Siden midten av 1980-talet har årsmiddeltemperaturen økt med ca. 2 °C selv om den fortsatt ligger under 0 grader. Denne temperaturutviklingen er ugunstig for palsenes vekst og overlevelse.

Palsformasjoner i de våteste delene av myrene er mest følsomme for denne type klimaendring. Store palser i tørrere deler av myrene vil kunne eksistere over lengre tid, også i et ugunstig klima. Det er trolig at den relativt sett mer balanserte dynamikken i myras palsstruktur, som er dokumentert for de tre delområdene med linjeanalyser, kan forklares av forskjellene i myrenes struktur. Men det er også trolig at dersom trenden i regionens klima fortsetter vil permafrostforandringene kunne bli endret til et raskere forløp også i disse områdene, enn det som er avdekket i overvåkingsperioden. Klimaendringer som har pågått over lang tid har ført til, og fører til, endringer som kan registreres. Selv om temperaturutviklingen for området siden begynnelsen av 1900-tallet kun viser svingninger og ingen sterk langsiktig trend (**Figur 8**), så kan det ikke utelukkes at svingningene har en betydning. Imidlertid er det mer sannsynlig at den langsiktige økningen i nedbør (**Figur 10**) siden begynnelsen av 1900-tallet har vært mer avgjørende for reduksjon i palsstørrelse innen visse områder.

Til tross for et over flere tiår forverret klima for palsoverlevelse og palsvekst så viste lokal økning av tele og områder med død vegetasjon at ny permafrostutvikling kan forekomme. Det er imidlertid lite trolig at nydannelse eller vekst av palsene vil kunne kompensere for tapet av eldre palsformasjoner, selv om embryonale palser kan forekomme tilfeldig.

De registrerte endringer i teledybde og teleutbredelse skyldes trolig først og fremst ulike værforhold mellom analyseårene. I de to årene teledybden ble målt, var årstemperaturen nesten 1 °C varmere i 2011 (-1,4 °C i 2006; -0,4 °C i 2011), men den mest betydningsfulle klimatiske forskjellen mellom analyseårene er at vintertemperaturen i 2011 var ca. 3 °C kaldere (-13,3 °C i 2006; -16,1 °C i 2011) kombinert med at nedbøren var ca. 40 % lavere jevnført med vinteren 2006 (96,1 mm i 2006; 58,9 mm i 2011). Disse værforskjellene mellom år er avgjørende for hastigheten og trenden i den langsiktige utviklingen, men det er stor usikkerhet omkring både hvor stor betydning værforholdene har for årlig variasjon i permafrostens utbredelse og for hastigheten til den langsiktige trenden (Frontzek *et al.* 2009, Sannel 2010).

Selv om telens posisjon lå noe dypere i 2011 enn i 2006, gir ikke dataene grunnlag for å trekke en konklusjon om denne forskjellen representerer en forandring over tid eller at den kun skyldes ulike værforhold mellom år. Været, både temperatur og nedbør, i de enkelte somre og vintrer styrer teledybden mer enn trenden i klimaet. For eksempel må man helt tilbake til begynnelsen av 1980-tallet og 1930-tallet for å finne tilsvarende tynt snødekke over en rekke av år (**Figur 11**), men variasjonen mellom enkelte år er stor. De beskjedne endringene over analyseperioden tyder på at palsmyrbiotopen i Goahteluoppal vil sannsynligvis eksistere i mange tiår fremover, særlig i de tørrere delene av området. Denne vurderingen tar imidlertid ikke hensyn



til en eventuell generell endring av telenivå og vegetasjon på palsene som vil kunne endre hastigheten til prosessen betraktelig.

Artsfrekvensanalysene viser at det i 2011 var et noe mindre areal med høyere snøfangende vegetasjon (busksjiktsarter) enn i 2006. Denne endringen sammen med beskjedne artsendringer i feltsjiktet og uendret frekvens av lavdekke er en gunstig utvikling for langsiktig overlevelse av eldre palser. Denne endringen av overflatestrukturen gir et tynnere, mer fragmentert og mindre isolerende snødekke om vinteren. Dette er gunstig for den nødvendige avkjølingen av palsene om vinteren. Mengden lavdekke har størst betydning om sommeren da det styrer størrelsen på refleksjonen av solas varmestråling (en reduksjon i lavdekke vil føre til økt oppvarming av palsene). De to prosessene kan sammen få stor påvirkning på palsvekst og pals-overlevelse, og i et varmere klima øker betydningen av palsoverflatens vegetasjon for palsenes overlevelse. Tilstedeværelse av et busksjikt og sammensetningen av felt- og bunnsjikt (**Figur 31**) er derfor viktige komponenter i overvåkingen av palsmyrsystemer gjennom påvirkningen på telenivået og teleutbredelsen.



**Figur 31.** Et lavt busksjikt med dvergbjørk og finnmarkspors karakteriserer palsene i Goahteluoppal sammen med krekling og molte i feltsjiktet og lav og strø i bunnsjiktet (bildet er fra linje A). Foto: A. Hofgaard. © NINA 2012.



## 6 Tidsplan

Overvåkingen har siden starten i 2004 inkludert etablering og førstegangsanalyser av ett overvåkingsområde per år, med start i Ostojeaggi. I løpet av overvåkingens første fem år (2004-2008) ble alle utvalgte overvåkingsområder (se **Figur 5**) analysert i følge planen nedenfor. Deretter er tre områder gjenanalysert etter fem år og to planlagt i de kommende år. Tredje gjenanalyserte område er Goahteluoppal 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
Gjenanalyse I	2009	Ostojeaggi
	2010	Dovre: Haukskardmyrin og Haugtjørnin
	<b>2011</b>	<b>Goahteluoppal</b>
	2012	Dovre: Leirpullan
	2013	Ferdesmyra
Gjenanalyse II	2014-2018	

## 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, 32 s.
- 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. 34 s.
- Hofgaard, A. & Wilmann, B. 2010. Overvåking av palsmyr. Første 5-årsundersøkelse i Ostojeaggi, Troms, 2009. – NINA Rapport 586. 42 s.
- Hofgaard, A. & Wilmann, B. 2011. Overvåking av palsmyr. Første 5-årsundersøkelse i Haukskardmyrin og Haugtjørnin, Dovre. – NINA Rapport 717. 42 s.

### 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](http://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.
- Lauknes, T.R., Larsen, Y., Høgda, K.A., Tømmervik, H. & Hofgaard, A. 2012. Bruk av fjernmåling i palsmyrovervåking. – NINA Rapport 803. 36 pp.
- 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. 1983. Myrundersøkelser i Sør-Trøndelag og Hedmark i forbindelse med den norske myrreservatplanen. – Kongelige norske vitenskapelige selskaps Museum Rapport Botaniske Serier 1983-4: 1-138.
- Moen, A. 1999. National Atlas of Norway. Vegetation. Norwegian Mapping Authority, Hønefoss, Norway. 200 s.
- Moen, A. & Singaas, S. 1994. Excursion guide for the 6<sup>th</sup> I.M.C.G. field symposium in Norway 1994. Univ. Trondheim – Vidensk. Mus. Rapp. Bot. Ser. 1994-2: 1-159.
- 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.
- Sannel, A. B. K. 2010. Temporal and spatial dynamics in subarctic peat plateaus and thermokarst lakes. – Doctoral Thesis in Physical Geography at Stockholm University.
- Seppälä, M. 1986. The origin of palsas. – *Geografiska annaler*, A68, 141-147.
- Sollid, J.L. och Sørbel, L. 1974. Palsa bogs at Haugtjørnin, Dovrefjell, South Norway. – *Norsk Geografisk Tidsskrift* 28: 53-60.
- 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>.
- Torbergson, E.M. 1979. Myrundersøkelser i Oppland i forbindelse med den norske myrreservatplanen. – Kongelige norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapp. Bot. Ser. 1979-3: 1-68.



Takk til Jorun

## 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 er en permafrostorsakad torvklædd kulle som højer sig over 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).



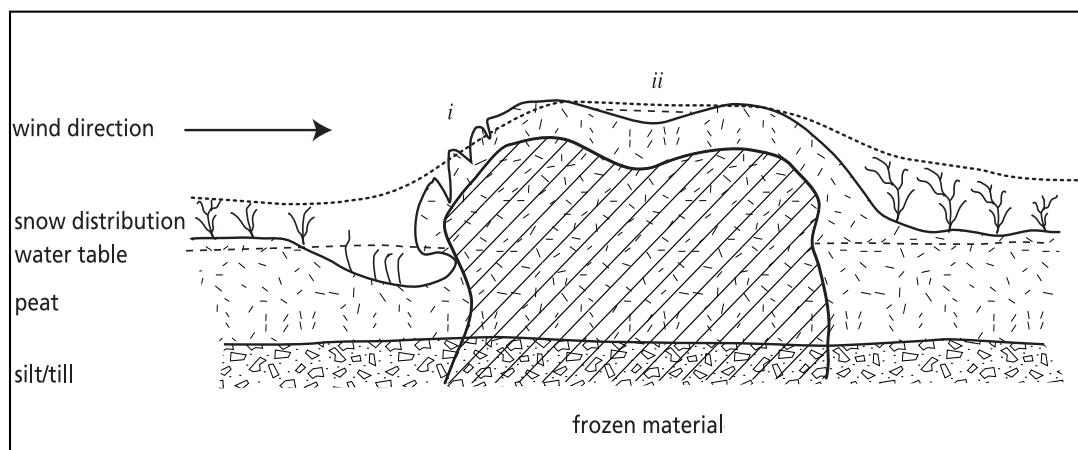
**Figur 1:**  
Kupolformad pals  
som højer sig ca.  
2.5 m över den om-  
givande myrytan.  
Ferdesmyra,  
5 juli 2004.

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 tillägg till palsar och palsplatåer karakteriseras palsmyrar av en mosaik av torvmark utan permafrost, våta starrområden, och dammar orsakade av tidigare palsar som tinat och fallit ihop, samt torvringar 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 højer 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 betestryck. Samtidigt som fördelningen av palsmyrens komponenter påverkar vegetationsstrukturen så återverkar vegetationens struktur på fördelningen av permafrosten genom påverkan på snöfördelning, markfuktighet och marktemperatur. 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).*

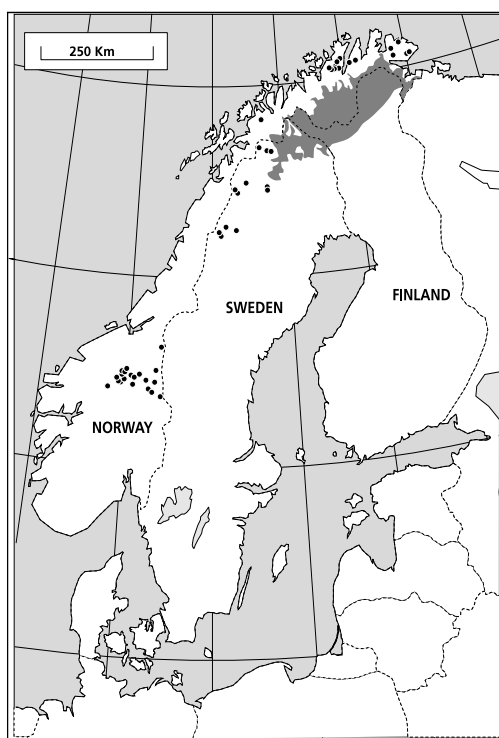
## 8.2 Utbredning och klimatiska förutsättningar

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 vädrets 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  $-3^{\circ}\text{C}$  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 isotermer för  $-1^{\circ}\text{C}$  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  $0^{\circ}\text{C}$ . Detta är trolig-



gen 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

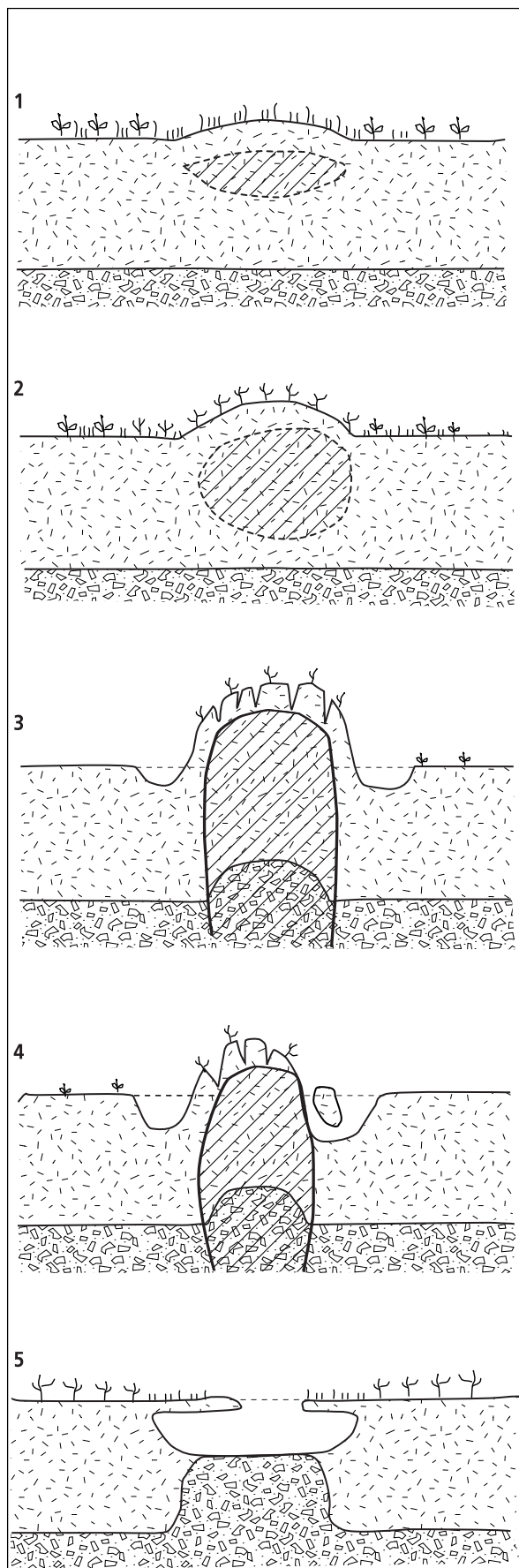
Lufttemperatur, snödjup och torvens isolerande förmåga är de tre dominerande faktorer som styr tillväxt och degenerering av palsar. Låga lufttemperaturer under både sommar och vinter är gynnsamt för palsutvecklingen, och snöns djup, fördelning och varaktighet under vintern är av essentiell betydelse 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. Värme 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 Temporala 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. Till- samman gynnar de nya fuktighets och vegetationsförhållandena ytterligare till- växt av palsen. 3) Palsen har nått sitt mognadsstadium när den frusna kärnan har expanderat ner till myrens underlag. Lokala förhållanden i myren och klima- tiska förutsättningar styr palsens form, storlek och varaktighet i detta utvecklings- stadium. 4) Under palsens tillväxt bildas sprickor av ökande storlek och djup i torv- täcket, 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 vege- tation, 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 palsplataer så äger erosion rum både längs ytterkanter och på själva plattan 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 förhållanden eller på vegetationens struktur kommer att på ett avgörande sätt påverka dess struktur. Ett ändrat betetryck 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. & 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 & K. Maskell, (ed.), 1996. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. – Cambridge University Press, Cambridge.
- 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.
- 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. & 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. & 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. & 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.







*Norsk institutt for naturforskning (NINA) er et nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innen naturforskning. Vår kompetanse utøves gjennom forskning, utredningsarbeid, overvåking og konsekvensutredninger.*

*NINAs primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskningen er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjoner, tverrfaglighet og økosystemtilnærming. Offentlig forvaltning, næringsliv og industri samt Norges forskningsråd og EU er blant NINAs oppdragsgivere og finansieringskilder.*

*Virksomheten er hovedsakelig rettet mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer et bredt spekter av tjenester gjennom forskningsprosjekter, miljøovervåking, utredninger og rådgiving.*

ISSN:1504-3312  
ISBN: 978-82-426-2436-9

## Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, NO-7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, NO-7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: [firmapost@nina.no](mailto:firmapost@nina.no)

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger