

717 Overvåking av palsmyr

Første 5-årsundersøkelse i Haukskardmyrin og Haugtjørnin, Dovre, 2010

Annika Hofgaard & Bodil Wilmann

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 5-årsundersøkelse i Hauuskardmyrin og Haugtjørnin,
Dovre, 2010

Annika Hofgaard & Bodil Wilmann

Hofgaard, A. & Wilmann, B. 2011. Overvåking av palsmyr. Første 5-årsundersøkelse i Haukskardmyrin og Haugtjørnin, Dovre, 2010. – NINA Rapport 717. 42 s.

Trondheim, mai 2011

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2304-1

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

[Åpen]

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Annika Hofgaard

KVALITETSSIKRET AV

Signe Nybø

ANSVARLIG SIGNATUR



Assisterende forskningssjef Signe Nybø (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)

Direktoratet for naturforvaltning

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Else Løbersli

FORSIDEBILDE

Annika Hofgaard

NØKKEWORD

Dovre, palsmyr, permafrost, overvåking, vegetasjon

KEY WORDS

Dovre, 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

Sammendrag

Hofgaard, A. & Wilmann, B. 2011. Overvåking av palsmyr. Første 5-årsundersøkelse i Haukskardmyrin og Haugtjørnin, Dovre, 2010. – NINA Rapport 717. 42 s.

Overvåking av palsmyr er et nasjonalt overvåkingsprogram initiert av Direktoratet for naturforvaltning, med oppstart i 2004. Programmet omfatter i alt seks utvalgte overvåkingsområder fra Finnmark i nord til Dovre i sør. I denne rapporten presenteres resultater fra første gjenanalyse fem år etter førstegangsundersøkelser på Haukskardmyrin og Haugtjørnin, Dovre. Rapporten presenterer en kortfattet bakgrunn for behovet for overvåking av palsmyr; relevante klimadata for Haukskardmyrin og Haugtjørnin; overvåkingsmetoder; analyser av palsformasjoner, markslagsfordeling, teledybde og vegetasjonsfordeling; og i et vedlegg gis detaljer for klimatiske forutsetninger og endring av palsmyrer i tid og rom. Haukskardmyrin er et ca 1 km² stort myrområde med palsformasjoner i store deler av området, men Haugtjørnin har kun få gjenværende palsformasjoner i et utstrakt område sammensatt av flere mindre myrområder. I de to områdene ble palsformasjoner med dammer og erosjonsområder analysert i 2005 og 2010 med hensyn til størrelse, teledybde og posisjon ved bruk av analyser langs åtte 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 (5 variabler), busksjikt (2 variabler), teledybde samt palshøyde.

Utbredelsen av eldre velutviklede palser har minket i perioden 2005 til 2010. Dette gjelder særlig for de sentrale delene av Haukskardmyrin og for gjenværende palsfragment i Haugtjørnin. I 2010 ble det samtidig registrert nye 1-2 år gamle palsformasjoner i deler av Haukskardmyrin. Dette medførte at den samlede utbredelsen av permafrost økte med 26 % fra 2005 til 2010 i Haukskardmyrin, og telenivået lå om lag 6 cm grunnere i 2010. I motsetning til Haukskardmyrin ble det i Haugtjørnin registrert en samlet nedgang i permafrostens utbredelse på ca 80 % fra 2005 til 2010, men med et telenivå som lå grunnere enn i 2005. Tilbakegangen i dominerende palsformasjoner i begge områdene skyldes fremst endringer i regionens klima over lang tid, og endringene i teledyp og permafrostutbredelse skyldes fremst værforskjeller mellom analyseårene. Disse værforskjellene mellom år er avgjørende for hastigheten og trenden i den langsiktige utviklingen. Om nedgangen i telens utbredelse innen Haugtjørnin fortsetter i samme hastighet som registrert for perioden 2005 til 2010, og uten nydannelse av palser som overlever over lengre tid, vil palsmyrbiotopen i Haugtjørnin være helt borte innen noen få år. I Haukskardmyrin der palsene er større og der nydannelse til dels motvirker den generelle tilbakegangen er situasjonen en annen. Her 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. Lavdominerte områder har minket på palsene fra 2005 til 2010 samtidig som krekling og myrull har økt. Dette er vegetasjonsendringer som er lite gunstige for langsiktig overlevelse av eldre palser fordi høyere vegetasjon har negativ påvirkning på telenivået. Neste analyse av området er planlagt til 2015.

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

Abstract

Hofgaard, A. & Wilmann, B. 2011. Monitoring of palsa peatlands. First 5-year re-analysis in Haukskardmyrin og Haugtjørnin, Dovre, 2010. – NINA Report 717. 42 pp.

The monitoring of palsa peatlands is a national monitoring project which was started in 2004 by the Norwegian Directorate for Nature Management. The entire project includes six selected monitoring areas from Finnmark in the north to the Dovre region in the south. This report presents the results from the first reanalyses five years after the first initial investigations in Haukskardmyrin og Haugtjørnin, Dovre. The report presents a short background to the need for palsa peatland monitoring; climate data relevant to the Haukskardmyrin og Haugtjørnin areas; monitoring methods; analyses of palsa formations and distribution of land cover types, ground frost and vegetation; and in an appendix are details for climatic requirements and spatiotemporal changes of palsa peatlands given. Haukskardmyrin is a ca 1 km² peatland area with palsas within large parts of the mire, but Haugtjørnin includes only a few small palsa fragments within an extended area composed of a number of mire areas. Palsa formations, thermokarst ponds and erosion areas was analysed in 2005 and 2010 regarding size, thaw depth and location, by the use of analyses along eight 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 (5 variables), shrub layer (2 variables), thaw depth, and palsa height above the surrounding water.

The expanse of old well developed palsas decreased in the period 2005 to 2020. In particular this accounts for the central parts of Haukskardmyrin and the remaining palsa fragments in Haugtjørnin. However, in Haukskardmyrin also new 1-2 year old palsas were recorded in 2010. The total permafrost distribution consequently increased with 26 % from 2005 to 2010 in Haukskardmyrin, and the thaw depth was 6 cm shallower in 2010. In Haugtjørnin a total permafrost distribution decrease corresponding to 80 % of the local distribution was registered for the 2005-2010 period, but the thaw depth was shallower. Recession of old palsa formations is primarily related to long-term regional climate changes, and changes in thaw depth and 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. If the permafrost decrease in Haugtjørnin proceeds at the same rate as recorded for the 2005 to 2010 period, and without formation of new palsas that survive over longer periods, then the palsa biotope will be gone from this area in a few years. In Haukskardmyrin where the palsas are bigger, and where formation of new permafrost could counteract the dominating recession process, the situation is different. The palsa biotope in this area 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. Lichen dominated areas on the palsas has decreased during the 2005-2010 period along with increase in crowberry and cotton grass cover. These vegetation changes are unfavourable for long-term survival of old palsas through its negative impact on ground frost formation and role as co-driving force on thaw depth. The next analysis of the area is scheduled to 2014.

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

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord	7
1 Innledning	8
2 Overvåkingsstudiens design	11
2.1 Overvåkingsområder.....	11
2.2 Metoder.....	12
2.2.1 Analysefrekvens.....	12
2.2.2 Linjeanalyser.....	12
2.2.3 Fotodokumentasjon.....	13
2.2.4 GPS-registreringer.....	14
2.2.5 Flybilder.....	14
2.2.6 Marktemperaturregistreringer.....	14
3 Områdedata – Dovre	15
Haukskardmyrin.....	15
Haugtjørnin.....	15
3.1 Klimadata.....	16
3.1.1 Lufttemperatur.....	16
3.1.2 Nedbør.....	18
3.1.3 Snødybde.....	18
3.2 Flybilder.....	19
3.3 Overvåkingsdata fra 2005.....	19
3.3.1 Områder og palsformasjoner.....	19
3.3.2 Linjeanalyser.....	20
3.3.3 Sprekkfrekvens.....	21
3.3.4 Artfrekvens.....	21
3.4 Datainnsamling 2010.....	22
4 Resultat	23
4.1 Palsformasjoner.....	23
4.2 Linjeanalyser.....	23
4.2.1 Tele og markslag.....	23
4.2.2 Artfrekvens.....	30
4.3 Marktemperaturregistreringer.....	31
4.4 Menneskelig påvirkning.....	31
5 Diskusjon	32
6 Tidsplan	34
7 Referanser	34
7.1 Rapporter innen overvåkingsprosjektet.....	34
7.2 Annen sitert litteratur.....	34

8 Vedlegg 1: Klimatiske forutsetninger og endring av palsmyrer i tid og rom	36
8.1 Sammensättning og struktur.....	36
8.2 Utbredning og klimatiske forutsetninger	37
8.3 Palsmyrdynamik	39
8.3.1 Temporale forandringer	39
8.3.2 Rumslige forandringer	41
8.4 Referanser	42

Forord

”Overvåking av palsmyr” er et nasjonalt overvåkingsprogram som finansieres av Direktoratet for naturforvaltning (DN), og som ble initiert av DN i 2002/2003 med oppstart i 2004. Norsk institutt for naturforskning (NINA) har det faglige og praktiske ansvaret for overvåkingen og for analyser av innsamlet data og rapportering, samt for konklusjoner fra prosjektet. Foreliggende rapport er den andre 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 enkelområder og i foreliggende rapport, for at de enklere skal kunne leses som selvstendige dokument. For mer fullstendig informasjon om begrunnelse og prosjektdesign henvises til nevnte rapporter.

Her rapporteres første 5-års gjenanalyse fra Haukskardmyrin og Haugtjørnin, Dovre, for perioden 2005 til 2010. I tillegg til resultatene og diskusjon av disse, gir rapporten en kortfattet bakgrunn for behovet for overvåking av palsmyr, metoder, valg av områder med palsformasjoner og analyselinjer for palsstruktur, markslagsfordeling, teledybde og vegetasjonsfordeling. I et vedlegg til rapporten gis detaljer for klimatiske forutsetninger og endring av palsmyrer i tid og rom. Rapportens fotografier er tatt av førsteforfatteren unntatt deler av Figur 12.

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

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

Trondheim, mai 2011

Annika Hofgaard

1 Innledning

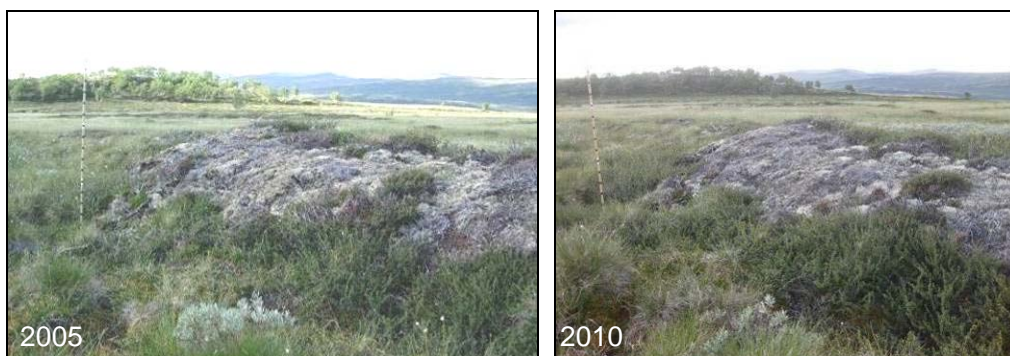
Palsmyrer er subarktiske myrkomplekser med permanent frosne torvhauger (palser). Disse myrkompleksene er karakteristiske og unike trekk på høye nordlige breddegrader i deler av Fennoskandia, Russland, Canada og Alaska. I senere tid har palssystemer i hele det sirkumpolare utbredelsesområdet vært karakterisert av degenerering, men hastigheten i denne trenden er høyst usikker (Payette *et al.* 2004, Fronzcek *et al.* 2009, Sannel 2010). Forventet global oppvarming spesielt på høye nordlige breddegrader har økt behovet av overvåkingsprogrammer som er designet for å spore endringer i sensitive økosystemer og de edafiske og biotiske strukturer de er avhengige av (IPCC 2001, 2007, ACIA 2005). Palsmyrer inkorporerer både sensitive edafiske strukturer og sensitive biotiske samfunn, og den romlige og tidsmessige fordelingen av palser er avhengig av lokale og regionale klimafaktorer og hvordan disse forandrer seg over tiår og århundrer. Det antas at ytterligere klimaoppvarming og/eller nedbørsøkning vil resultere i degenerering av de fleste palsområdene i de mest marginale områdene i løpet av noen få tiår (se Sollid & Sørbel 1998, Christensen *et al.* 2004, Luoto *et al.* 2004, Payette *et al.* 2004, 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 bærehøstingsområder (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).

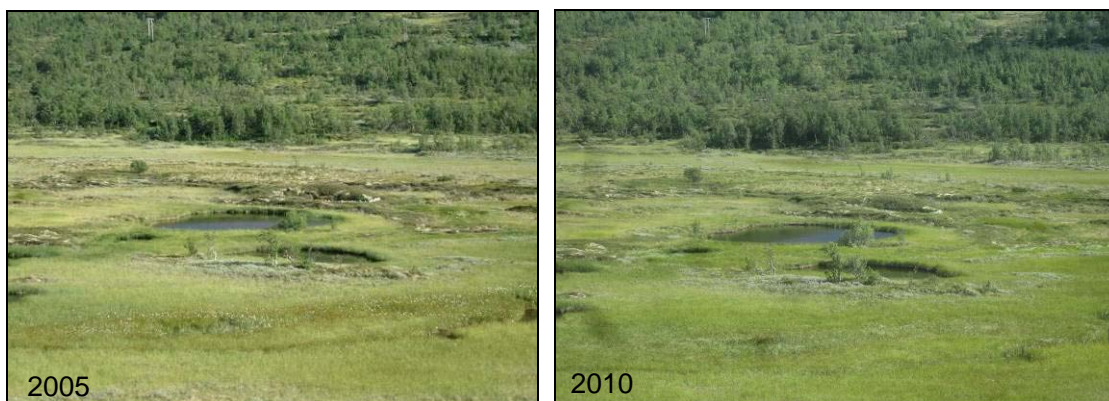
Palsmyrer forekommer i grenseområdene mellom de arktiske og boreale regionene, og mellom de alpine og boreale regionene (Luoto & Seppälä 2002). Palsene, som er de permafrostforårsakede torvdekte haugene, reiser seg karakteristisk over den omliggende myroverflaten (se forside). Haugenes høyde varierer fra under en meter (Figur 1) 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. Sammen utgjør disse terrengformasjonene og myrkomponentene palsmyrsystemer som er meget dynamiske over tid som følge av nydannelse, vekst og nedbrytning av palsene. Myrkomponentenes fordeling påvirker myrenes vegetasjonsstruktur, for eksempel gjennom innflytelse på hydrologiske faktorer og vindeksponering. Samtidig virker vegetasjonsstrukturen inn på fordelingen av permafrost gjennom innflytelse på snøfordeling, fuktighet og jordtemperatur. Dette gjør at frekvensen av tre-, busk-, urte-, gress-, mose- og lavdominert vegetasjon varierer på en påfallende mosaikkartet måte på myrene. Denne variasjonsbredden i det abiotiske og biotiske miljøet har en avgjørende betydning for palsmyrøkosystemenes struktur og funksjon i tid og rom.

I tillegg til torvpalser finnes mineralpalser. Mineralpalsene er mer sjeldne, men ligner i sin form og dynamikk på torvpalsene. De karakteriseres av tynt mose- eller lavdekte permafrostforårsaka-

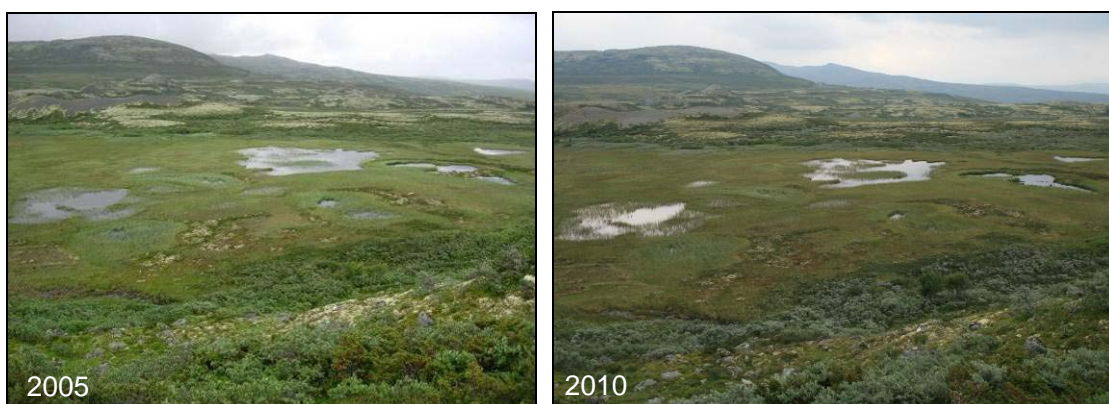
kede sandhauger som reiser seg over omgivelsene. Mellomformer mellom torvdominerte og mineraldominerte pals er forekommer. Detaljer for palsoppbygging, og forutsetninger for palsvekst og nedbryting er presentert i Vedlegg 1.



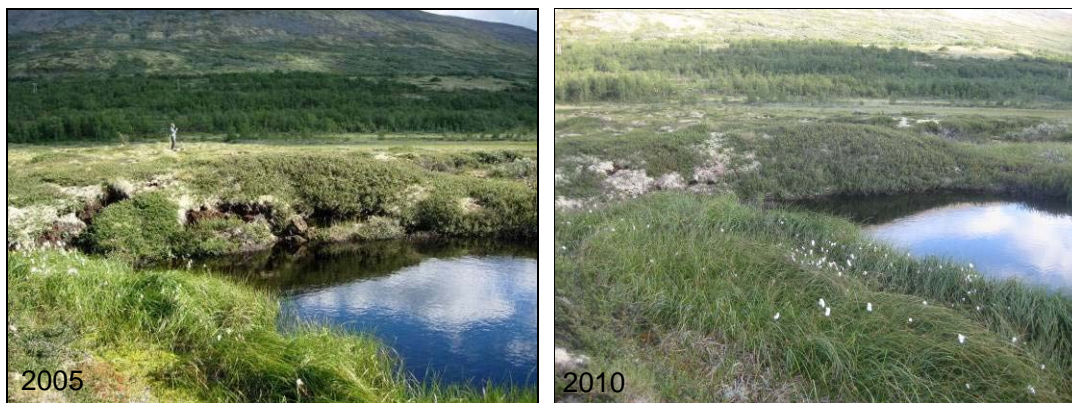
Figur 1: En mindre pals som hever seg ca en meter over myroverflaten på Haukskardmyrin. Palsen har kun gjennomgått mindre forandringer i perioden 2005 til 2010. Foto: Annika Hofgaard. © NINA 2011.



Figur 2: En mosaikk av torvmark med og uten permafrost, våte starr- og ullområder og dammer etter tidligere palsformasjoner karakteriserer Haukskardmyrin. Palsene har minket noe i størrelse i tiden mellom 2005 og 2010. Foto: Annika Hofgaard. © NINA 2011.



Figur 3: Haugtjørnin karakteriseres av torvringer etter pals som har tint og falt sammen og områder med gjenværende permafrost som har minket i perioden 2005 til 2010. Foto: Annika Hofgaard. © NINA 2011.



Figur 4: Palsplatå med dam på Haukskardmyrinområdet. Store deler av den torva som erosjonskanten bestod av i 2005 har falt ned i dammen, som hadde blitt betydelig større i 2010. Foto: Annika Hofgaard. © NINA 2011.

I Norge forekommer palsformasjoner i myr hovedsakelig innen to regioner, en i sør og en i nord. Regionen i sør er mer eller mindre helt begrenset til Dovre-området, mens den i nord er mer generell og dekker store deler av Troms og Finnmark, unntatt kystnære områder. Den kontinentale eller lokalkontinentale klimatypen som er rådende i disse områdene både i nord og sør, er en forutsetning for utvikling og overlevelse av palser i den relative varme og fuktige klimaregionen som Skandinavia tilhører, med sin sterke påvirkning fra atlantiske luftmasser (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.

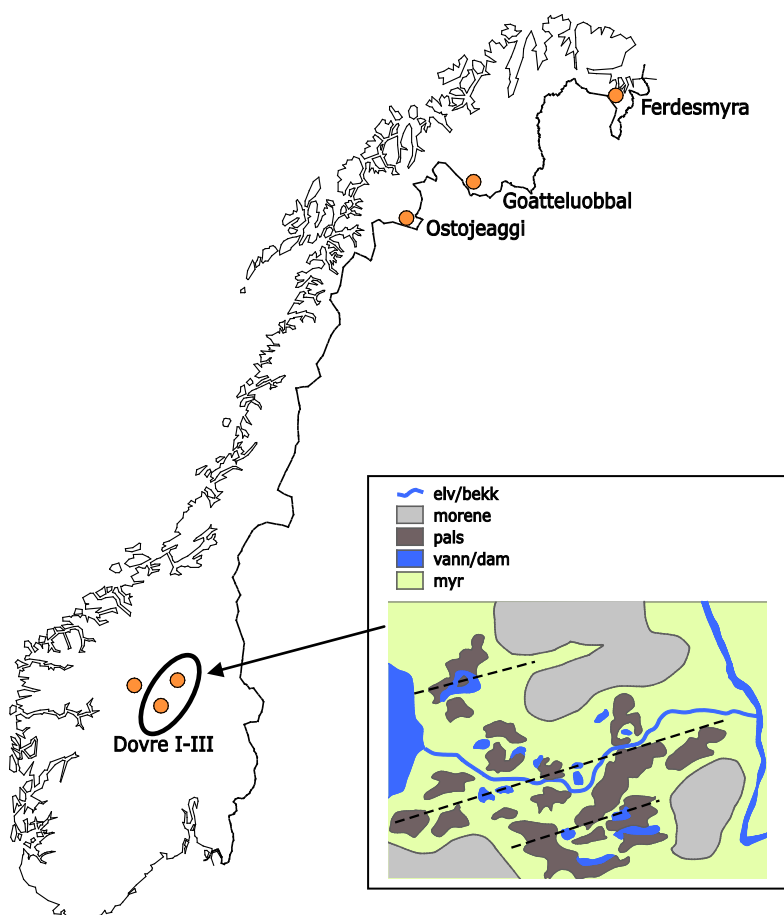
Det norske overvåkingsprogrammet for palsmyrer ble startet i 2004. Metodisk konsistente og langsiktige overvåkingsprosjekt for skandinaviske palsmyrområder har tidligere vært en mangelfull, selv om det har pågått forskning innen fagområdet over lang tid (se Hofgaard 2003 og 2004). Tidligere dokumentasjon har imidlertid hatt et litt ensidig fokus på sene utviklingsstadier og helhetsbildet har vært uklart. Et overvåkingsprogram må fange opp pågående flom av forandringer forårsaket av permafrostforandringer; inkludert forskjellige palsstrukturer, dannelse og gjengroing av dammer sammen med analyser av endringer i vegetasjonsstruktur og menneskelig påvirkning, for at reelle konklusjoner skal kunne dras. Etableringen av det norske overvåkingsprogrammet vil følgelig gi verdifull informasjon med relevans for forvaltningen og det vitenskapelige miljøet, både nasjonalt og internasjonalt. Dynamikken i palsmyrer utgjør en verdifull og egnet indikator innen temaområdet effekter av klimaforandringer. Det norske overvåkingsprogrammet er av særlig stor verdi fordi det omfatter områder 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 Overvåkingsstudiens design

2.1 Overvåkingsområder

Fem hovedområder fordelt på Finnmark og Troms i nord og Dovre-området i Sør-Norge inngår i overvåkingsprosjektet: Ferdesmyra, Goatteluobbal og Ostojeaggi i nord, og Haukskardmyrin/Haugtjørnin og Leirpullan i Dovre-området (Figur 5). Områdene er valgt for å representere dominerende geografiske og klimatiske miljøgradienter i Norge. Hovedgradienten følger den minkende innflytelsen av atlantiske luftmasser og den økende innflytelsen av arktiske luftmasser, fra sør til nord. Denne gradienten dekker den sørlige utbredelsesgrensen for sporadisk og fragmentert forekomst av permafrost i Skandinavia, og samtidig den vestre utbredelsesgrensen av den Nord-Eurasiske permafrostregionen. Områdene i sør representerer i tillegg en høydegradient, der Leirpullan som er et mineralpalsområde er valgt for å tydeliggjøre høydegradienten. Områdene i nord representerer en vest-øst gradient. I regionen mellom det sørlige og nordlige utbredelsesområdet for palsmyrer forekommer palser på noen få plasser, men ingen av disse lokalitetene er inkludert i overvåkingsprogrammet.

I hvert overvåkingsområde er det valgt ut delområder for detaljerte overvåkingsstudier. Grunnet forskjellene i størrelse mellom områdene (fra ca 0,1 til 15 km²) er ulike store andeler av myrområdene omfattet av overvåkingen. De mindre områdene inngår mer eller mindre i sin helhet, mens tilgjengelighet og representativitet har vært avgjørende for valg av delområder 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. Områdene presentert i denne rapporten er markert med en oval. Det innfelte kartet viser eksempel på palsområde med analyse-linjer for innsamling av abiotisk og biotisk datamateriale. © NINA 2011.

2.2 Metoder

2.2.1 Analysefrekvens

Overvåkingen er basert på gjenanalyser vært femte år, men bare et område er analysert per år. I løpet av overvåkingens første fem år (2004-2008) ble altså alle utvalgte overvåkingsområder (se Figur 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).

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 Haukskardmyrin og Haugtjørnin er kun "detaljlinjer" brukt.

For torvsprekker registreres antallet sprekker og sprekkebredde 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 underverdes. 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 (se Tabell 1) er brukt, men variabelen "lyng" er delt opp og registrert til art.

Tabell 1: Variabler som er registrerte ved linjeanalysene samt forkortelsene som er brukt i felt-protokollene. © NINA 2011.

markslag	lagg	vannsamling rundt eller langs palskanter, ev. dekket av torvmose og myrull
	mf	"myrflate" - myrens 0 m-nivå, nivå for dammer og bløtmyr
	np	nye palsdannelser / islinser i bløtmyr, vises ved nylig død vegetasjon
	p	pals
	pp	palsplatå
	pr	palsring
	t	"tue" – torvhaug uten permafrost
	d	dam
	pø1	grunn pø1 på palsoverflaten (fast bunn)
	bk	bruddkant; erosjonskant med torvblokker delvis eller helt uten vegetasjon
bunnsjikt	dt	død torv - sorte områder uten vegetasjon
	lav	kollektivt for lav
	mo	mose - alt utenom torvmose
	sph	kollektivt for torvmose (<i>Sphagnum</i> spp)
	st	strø
	va	vann
feltsjikt	cx	kollektivt for starr (<i>Carex</i> spp)
	hj	molte
	ris	lyng - kollektivt for bærlýngarter (<i>Vaccinium</i> spp) og krekling (<i>Empetrum</i>)
	ros	kvitlyng (<i>Andromeda polifolia</i>)
	ull	kollektivt for alle myrullarter (<i>Eriophorum</i> spp)
busksjikt	bna	dvergbjørk (<i>Betula nana</i>)
	skv	finnmarkspors (<i>Rhododendron tomentosum</i>)*
	sa	kollektivt for vier (<i>Salix</i> spp)
	()	arten forekommer men er ikke dominerende som busksjikt
teledybde	150	målt i cm, en målning per meter
	"150"	usikkert om det er tele eller sediment
	150+	tele ikke nådd på målt dybde
torvsprekker	s	angis i antall og bredde
høyde	60	angis i cm over myrens 0-nivå

*variabelen er ikke brukt i denne rapporten

2.2.3 Fotodokumentasjon

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

2.2.4 GPS-registreringer

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

2.2.5 Flybilder

Flybilder brukes i analyser av storskala forandringer 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 flybilde-materialets kvalitet varierer sterkt mellom tidsperioder. Dette er begrensende for detaljerte tidsanalyser av myrenes forandringer, men utgjør et grunnlag for framtidige analyser.

2.2.6 Marktemperaturregistreringer

I august 2005 ble seks temperaturmålere plassert på og i to av palsene på Haukskardmyrin (Figur 6). Målerne er fordelt på to grupper med temperaturregistrering ved torvoverflaten, ved teleoverflaten (på 50 cm dybde) og ved iskjernens kant på 100 cm dyp. Alle målerne ble startet klokken 16 norsk tid den 18. august og måler temperaturen med et intervall på to timer. Registrerte data lastes ned en gang per år. Temperaturovervåkingen i palsene gjøres i samarbeid med Universitet i Oslo og Meteorologisk institutt, og kun i Haukskardmyrin.



Figur 6: Sensordel av temperaturmålerne plasseres på respektive dybder og loggdelen gjemmes i vegetasjonen på pals-overflaten Foto: Annika Hofgaard. © NINA 2011.

3 Områdedata – Dovre

Dovre-regionen i de sentrale delene av Sør-Norge har de sørligste velutviklede palsmyrområdene i Skandinavia. Palsformasjoner forekommer i intervallet mellom ca 1000 og 1400 meter over havet. Regionen har et svakt kontinentalt klima med en årsmiddeltemperatur på ca -0,5 til -2,5°C, en vinternedbør på ca 170 mm, og en vegetasjonsperiode på ca 110-130 dager. Palsler forekommer sparsomt spredd i myrområder sammen med levninger fra tidligere palser og palsplatåer, som i dag nesten eller helt har kollapset. Palsene og levningene er i dag karakteristiske komponenter i deler av myrområdene (Figur 1-4). To av torvmyrene med palsdannelse er Haukskardmyrin og Haugtjørnin, på henholdsvis 1050 m.o.h. og 1120 m.o.h. Avstanden mellom de to myrene er ca 30 km.

Dokumentasjon av palsstrukturer og endringer i de siste tiårene finnes, i tillegg til overvåkingsprogrammets dokumentasjon, for deler av myrområdene Haukskardmyrin og Haugtjørnin (Sollid og Sørbel 1974, 1998). Sollid og Sørbel baserer sine studier på gjentatt fotografering og målinger av størrelse, høyde og forekomst av tele innen individuelle palsformasjoner. Den maksimale høyden for individuelle palser i regionen er som regel ca 1 meter, og den vanligste formen er små opp til noen hundre m² store palser/palsplatåer (Figur 2), men tydelige kuppelpalser er sjelden.

Nedenfor gis informasjon om status, beliggenhet, berggrunn og vegetasjon samt tilgjengelige klimadata og ulike typer områdedokumentasjon. Berggrunnsinformasjonen er hentet fra www.ngu.no og informasjon om vegetasjonsøkologisk region og vegetasjonsperiodens lengde (antall dager med temperatur på >5°C) stammer fra Moen (1999). Alle klimadata er hentet fra Meteorologisk institutt i Oslo (www.met.no). Haukskardmyrin og Haugtjørnin (Figur 7) tilhører den lett kontinentale seksjonen av de nordboreale (Nb-C1) og indifferent alpine (A-OC) vegetasjonsøkologiske regionene (Moen 1999), i likhet med de fleste områdene i overvåkingsprosjektet.

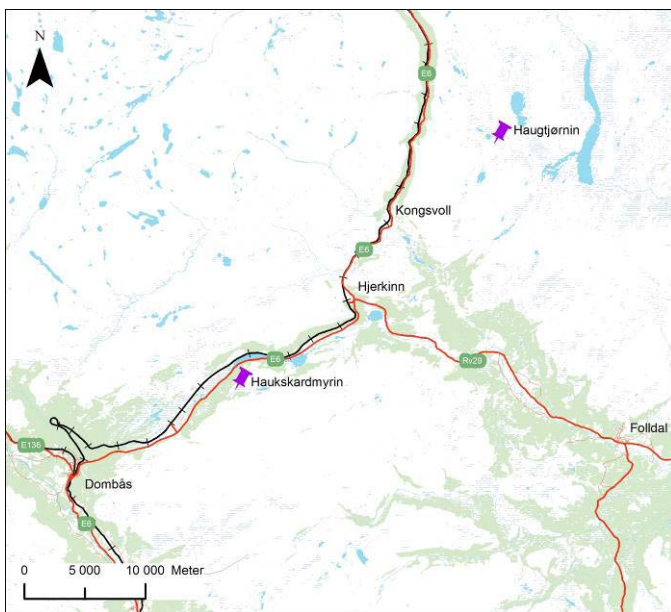
Haukskardmyrin

Status:	Naturresevat (vern fra 18. januar 1985)
Forvaltende myndighet:	Direktoratet for naturforvaltning/Statens naturoppsyn
Kart:	Hjerkinn 1519 III
Geografisk beliggenhet:	Oppland fylke, Dovre kommune, 62°04'N, 9°23'E
Høyde:	1050 m o.h.
Areal:	103 ha
Berggrunn:	Dioritt, monzodioritt
Meteorologisk stasjon:	Fokstua, Kongsvold, Folldal
Vegetasjonsøkologisk region:	Nb-C1
Dominerende myrtyper:	Palsene har stor utbredelse i myra sammen med flatmyr bevoskt med starr og ull
Litteratur:	Sollid & Sørbel 1998; Moen & Singsaas, 1994; Torbergesen 1979
Satellittbilder:	Landsat TM/ETM/MSS fra 1976, 1987, 1988, 1999, 2002
Eldre flybilder:	1957 serie 901 (1:10000) bilde F1 (kun deler av myra) 1963 serie 1431 (1:35000) bilde H13 1987 serie 9308 (1:15000) bilde A12-13
Fotodokumentasjon:	Sollid & Sørbel 1998; Hofgaard 2006
Adkomst:	Vei til Furuhauglie

Haugtjørnin

Status:	Inngår i Dovrefjell-Sunndalsfjella nasjonalpark (vern fra 24. oktober 2003)
Forvaltende myndighet:	Direktoratet for naturforvaltning
Kart:	Einunna 1519 I

Geografisk beliggenhet:	Sør-Trøndelag fylke, Oppdal kommune, 62°21'N, 9°45'E
Høyde:	1120 m o.h.
Areal:	Spredte mindre myrområder over et større område på 5x1 km
Berggrunn:	Kalkglimmerskifer, kalksilikatgneis
Meteorologisk stasjon:	Kongsvold, Mjøen, Follidal
Vegetasjonsøkologisk region:	A-OC.
Dominerende myrtyper:	Starr- og ullbevokst flatmyr med spredte fåtallige palsformasjoner
Litteratur:	Sollid & Sørbel 1974, 1998; Moen 1983; Moen & Singsaas 1994
Satellittbilder:	Landsat TM/ETM/MSS fra 1976, 1987, 1988, 1999, 2002
Eldre flybilder:	1963 serie 1431 (1:35000) bilde D21
Fotodokumentasjon:	Sollid & Sørbel 1974, 1998; Hofgaard 2006
Adkomst:	Vei til Bekkelægret



Figur 7: Lokaliseringen av overvåkingsområdene Haukskardmyrin og Haugtjørnin på Dovre.
© NINA 2011.

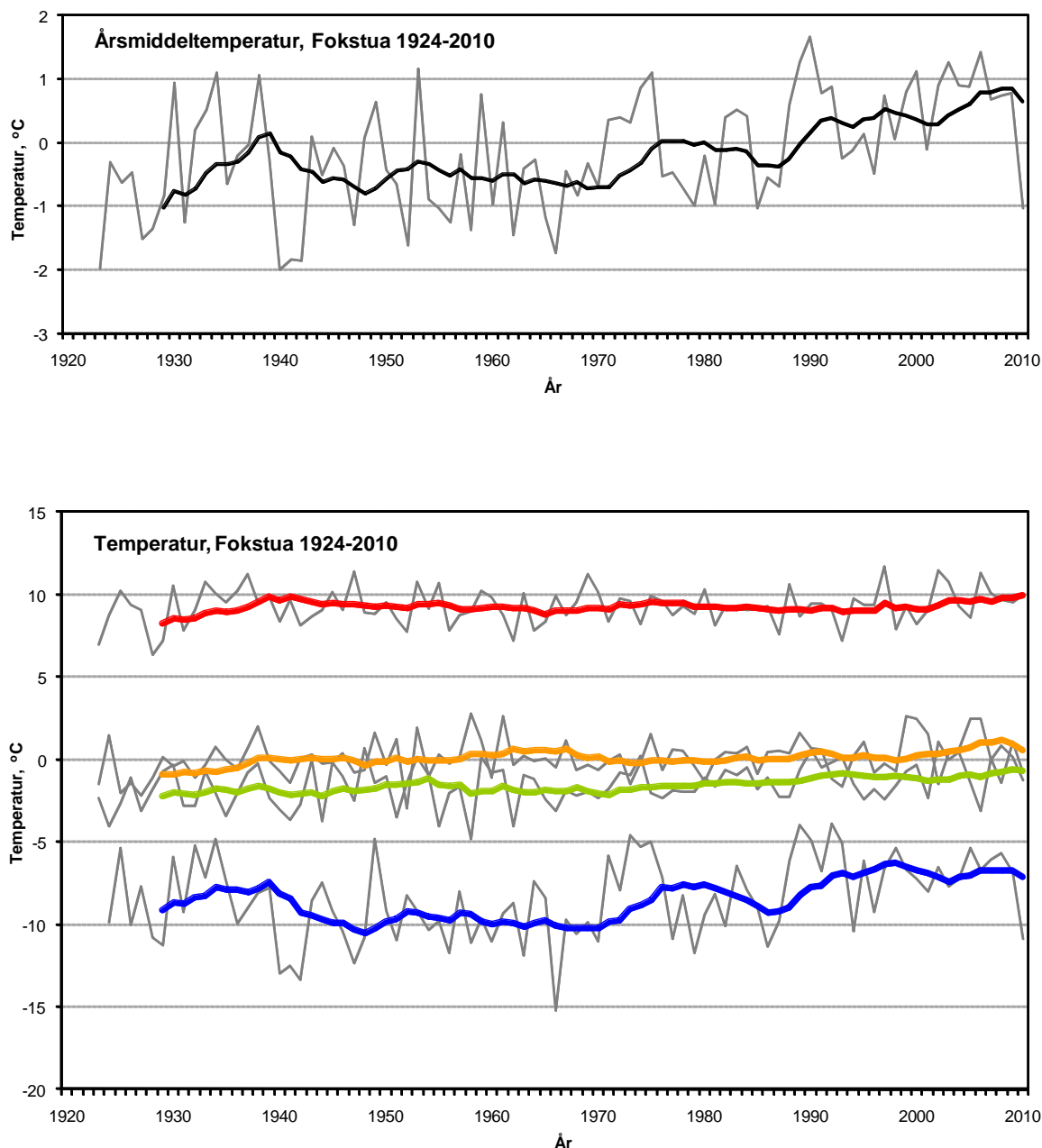
3.1 Klimadata

Fire klimastasjoner med registrering av ulike typer av klimadata og med ulike driftsperioder finnes innen en avstand på ca 6-51 km fra Haukskardmyrin, og på ca 9-44 km fra Haugtjørnin. Disse er: **Fokstua**, 6 og 44 km sørvest for Haukskardmyrin og Haugtjørnin, registrerer daglig temperatur og nedbør og har data fra 1924. **Kongsvold**, 21 km nordost respektive 9 km sørvest for områdene, har daglig temperatur og nedbørsdata fra 1980. **Follidal**, 32 km øst og 26 km sørøst, registrerer daglig nedbør med data fra 1895. **Mjøen**, 51 km nord-nordøst og 27 km nord, har daglige data for nedbør siden 1965. For detaljer se www.met.no. Fokstua er den stasjon som terrengmessig og høydemessig ligger mest likt både Haukskardmyrin og Haugtjørnin, dvs. i et relativt bredt og åpent dalføre i et lett kontinentalt preget fjellterreng. Fokstua har også de kvalitativt og kvantitativt best klimadata for sammenligning og analyser av utviklingen i overvåkingsområdet.

3.1.1 Lufttemperatur

Ifølge data fra Fokstua viser temperaturutviklingen i Dovre-området en økning i årsmiddelverdi siden 1920-tallet, og da i første rekke de siste 20 årene (Figur 8). I alt har områdetets temperatur økt med ca to grader, men perioden fra slutten av 1930-tallet til slutten av 1960-tallet er kjenne-tegnet av en svak temperaturnedgang. Endringene i årsmiddeltemperatur skyldes fremst endringer i vintertemperaturen (desember – februar) som karakteriseres av en nedgang på ca 2,5

grader fram til slutten av 1960-tallet og en økning i to perioder fram til slutten av 1990-tallet. Vintertemperaturen har økt med ca 3 grader siden begynnelsen av 1970-tallet. Sommertemperaturen (juni – august) viser relativt små endringer, og høst- (september – november) og vårtemperaturen (mars – mai) viser kun en svak økning siden målingene startet. Data for høsten viser imidlertid et svakt skifte i temperaturregime rundt 1960-tallet og de siste ca 10 år har hatt en middeltemperatur over 0 grader. Ellers har høsttemperaturen vært relativt stabil på rundt null grader.

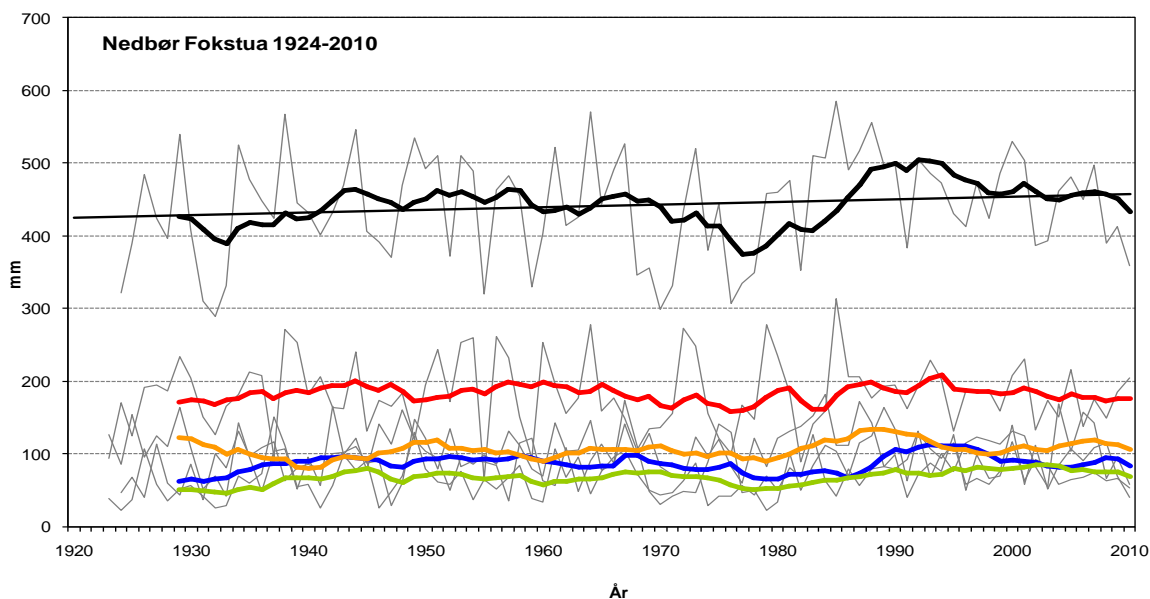


Figur 8: Temperaturutvikling for Fokstua i perioden 1924 til 2010. Den øvre figurdelen viser årstemperatur og den nedre figurdelen sesongstemperaturer. De fargede linjene viser utviklingen i løpende 10-årsmiddelverdier for **års-**, **vinter-**, **vår-**, **sommer-** og **høst**temperatur.

Kilde: www.met.no. © NINA 2011.

3.1.2 Nedbør

Områdets årsnedbør (10-årsmiddelverdier) har økt svakt fra ca 420 mm i begynnelsen av måleperioden til ca 460 mm i slutten av perioden. Den største forandringen skjedde fra midten av 1970-tallet til slutten av 1980-tallet da den årlige nedbørsmengden økte med ca 120 mm (Figur 9). Denne økningen kom hovedsakelig sommer og høst. Nedbør høst og vinteren har minket siden på 1990-tallet og fram til i dag. Perioden før oppgangen på 1980-tallet er den tørreste siden målingene startet bortsett fra enkelt år. Nedbørregimet om våren viser stort sett ingen trend i perioden for registrerte data, men har i likhet med de andre årstidene relativt lave verdier i perioden rundt 1980. I tillegg til de trender som nedbørdataene viser, karakteriseres området av en sterk mellomårsvariasjon der årene med mest nedbør har nesten 600 mm og de med minst rundt 300 mm.

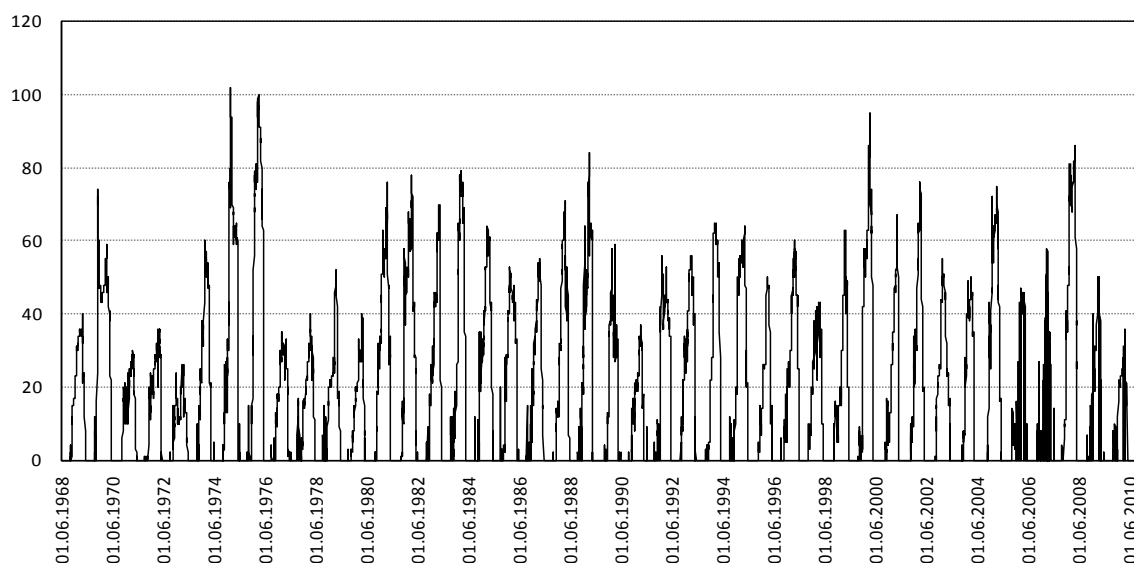


Figur 9: Nedbørutvikling i Fokstua i perioden 1924 til 2010. De fargede linjene viser utviklingen i løpende 10-årsmiddelverdier for års-, vinter-, vår-, sommer- og høstnedbør.

Kilde: www.met.no. © NINA 2011.

3.1.3 Snødybde

Dovre-området karakteriseres av store mellomårsvariasjoner i snømengde/snødybde (Figur 10). Enkelte år er den akkumulerte snødybden lavere enn 30 cm mens den i snørike år kan gå opp til ca en meter. De laveste verdiene er registrert i begynnelsen og slutten av 1970-tallet, og de høyeste midt på 1970-tallet. De fleste år begynner snøakkumuleringen i begynnelsen av oktober og pågår fram til og med mars måned. Den raskeste snøsmeltingsperioden er første halvdel av mai, og det er vanligvis snøfritt i månedsskiftet mai-juni. I overvåkingsperioden 2005-2010 har maksimal snødybde variert mellom over 80 cm (april 2008) og ca 35 cm (mars 2010).



Figur 10: Snødybde for Fokstua i perioden 1968 til 2010. Kilde: www.met.no. © NINA 2011.

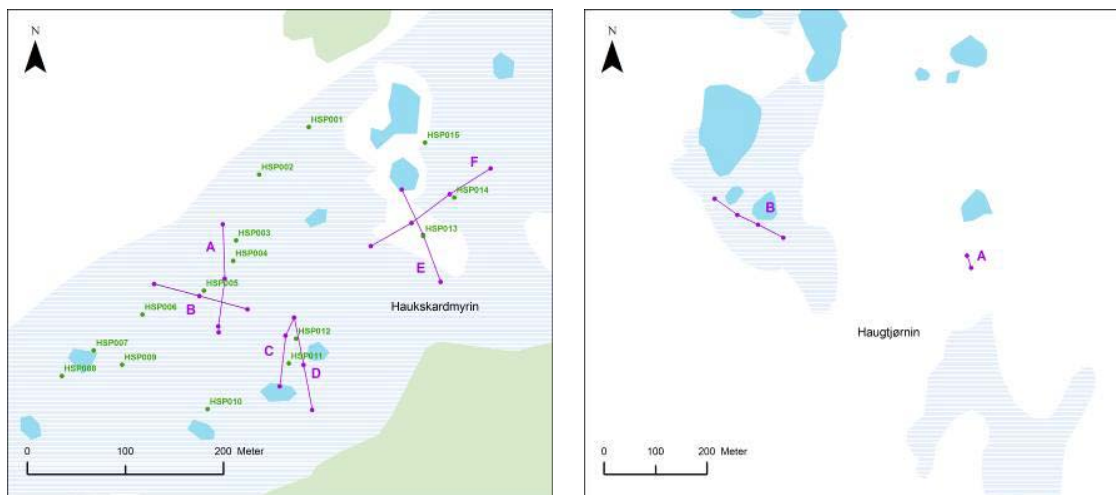
3.2 Flybilder

Det finnes eldre flybilder for Haukskardmyrin- og Haugtjørnin-områdene fra tre år, 1957, 1963 og 1987, men ingen av dem er i en skala som gjør det enkelt å analysere utviklingen i myrområdene i detalj. Bildene fra 1957 er i skalaen 1:10000 og ville gitt et relativt detaljert bilde av palsmyras strukturer men omfatter kun en meget begrenset del av Haukskardmyrin. Bildeserien fra 1963 er i skalaen 1:35000 og kan kun brukes til å se storskala forandringer i området. Bildene fra 1987 er i skalaen 1:15000 og gir en relativt god oversikt over dominerende palsmyrstrukturer som for eksempel frekvens og form av større vannsamlinger. Nyere bilder finnes fra 2009 med en oppløsning på 50 cm. Det begrensede antallet eldre bilder av god kvalitet og skalaforskjellene gjør at grunnlaget for detaljerte tidsserieanalyser blir begrenset.

3.3 Overvåkingsdata fra 2005

3.3.1 Områder og palsformasjoner

Velutviklede palsformasjoner forekom kun på begrensede deler av Haukskardmyrin og Haugtjørnin. Dette gjelder særlig Haugtjørnin der palsformasjonene var meget sparsomt forekommende. I begge områdene var frekvensen av tydelige kuppelpalser nesten fraværende. Ulike former av små palsplatåer dominerte permafrostområdene, mens myrene ellers er dominerte av bløt flatmyr med starr og ull, dammer og områder med vier. De største palsformasjonene på Haukskardmyrin var opp til ca 1,5 m høye eller litt høyere, mens palsene på Haugtjørnin kun var maksimalt ca 0,5 m høye i 2005. Arealet palsene dekket var også betydelig mindre i Haugtjørnin-området. Palsene i den sentrale delen av Haukskardmyrin ble valgt som overvåkingsområde sammen med to mindre områder i Haugtjørnin. I disse områdene ble posisjonene til 15 pals- eller palsplatåformasjoner GPS-markert og nummerert (Figur 11).



Figur 11: Palsposisjoner og plassering av analyselinjer i overvåkingsområdene Haukskardmyrin og Haugtjørnin. © NINA 2011.

De aller fleste palsene var i 2005 i en fase med dominerende nedbryting, og dette er en trend som har pågått over lang tid (se Sollid og Sørbel 1998). Levninger i form av torvringer etter tidligere palser som har kollapset er et dominerende innslag særlig i deler av Haugtjørnin (Figur 3). I 2005 ble det konkludert at det er trolig at mesteparten av de gjenværende palsformasjonene på Haugtjørnin-området vil bli borte innen få tiår om daværende klimatrend fortsetter. Fotodokumentasjon fra området viste en tydelig minking i individuell palsstørrelse mellom 1974 og 2005 (Hofgaard 2006). Områdets dominerende pals hadde tidlig på 1960-tallet en intakt overflate uten dammer og en størrelse som enkelt kunne observeres på flyfotoet fra 1963 (1:35000). I 2005 var kun et fragment med permafrost igjen og en torvring som omgir palsen indikerer den opprinnelige størrelsen.

Til tross for et over flere tiår forverret klima for palsoverlevelse så forekom det i 2005 noen få nye palsdannelser innen Haugtjørnin-området (Hofgaard 2006). Dette var også et tydelig innslag tidlig på 1970-tallet (Sollid og Sørbel 1998), men grunnet dominerende klimaregime siden den tid ble det i 2005 konkludert at nydannelse eller vekst av palsene trolig ikke vil kunne kompensere for tapet av eldre palsformasjoner, selv om embryonale palser forekommer tilfeldig.

Palsstrukturene på Haukskardmyrin var i 2005 tilsynelatende mer stabile enn på Haugtjørnin. En sammenligning mellom flybilder fra 1963 og 1987 viste relativt få forandringer. Mangelen på flybilder fra perioden mellom 1987 og 2005 vanskeliggjorde tolkning av utviklingen. I 2005 ble det antatt at palsformasjonenes betydelig høyere høyde og dermed større akkumulert ismengde, ville gjøre at de responderer noe mer langsomt på klimaendringer enn i Haugtjørnin-området (Hofgaard 2006).

3.3.2 Linjeanalyser

Til sammen åtte linjer ble i 2005 plassert ut i overvåkingsområdene Haukskardmyrin (seks linjer; Figur 11) og Haugtjørnin (to linjer; Figur 11) med en total lengde på 800 meter. Detaljer for linjenes plassering, lengde og trekk er redegjort for i Tabell 2, og fordeling av tele, markslag, bunn-, felt- og busksjiktsvegetasjon, samt palsenes høyde over omliggende myr er presentert i en linjefigur for hver linje (se Hofgaard 2006). Deler av dette materialet er presentert nedenfor sammen med resultatene fra 2010 (se avsnitt 4.2). Linjene er plassert slik at de fanger opp mest mulig av variasjonen i palsområdene.

Haukskardmyrin: Linje A har en nord-sørlig retning og krysser tre palsringer og et palsplatå. Linjen inkluderer noen dammer og litt flankerende myr. Linje B representerer samme område som linje A men krysser palsplatået med dammer og flankerende myr i en vest-østlig retning. Linjene C og D, og E og F krysser noen av de høyeste palsene på Haukskardmyrin og inkluderer i tillegg til palsformasjoner dammer og flankerende myr (Figur 11; Tabell 2).

Haugtjørnin: Linje A er meget kort og krysser to små unge palsformasjoner der den ene er knapt synlig i myroverflaten. Linje B krysser myrområdet som er avbildet i Figur 3, og palsformasjonene langs denne linja var kun ca 0,5 meter høye i 2005.

3.3.3 Sprekkfrekvens

Antallet torvsprekker og sprekkbredde ble registrert langs alle linjene i 2005. Antallet sprekker varierer langs linjene avhengig av antallet og omfanget av områder med palsdegenerering som omfattes av linjene. På Haukskardmyrin ble det registrert sprekker langs alle linjene, med høyest verdi for linje A. Alle linjene i dette området krysser flere palser med aktive fragmenteringskanter. Linjene på Haugtjørnin hadde ingen registrerte sprekker, noe som henger sammen med den meget begrensede høyden på palsene i dette området.

3.3.4 Artfrekvens

Finskala variasjon i bunn-, felt- og busksjiktvariabler ble i 2005 analysert langs 18 tilfeldig plasserte linjer i de sentrale delene av Haukskardmyrin. Linjene fordelte seg på markslagene lagg (2 linjer), pals (9) og dam (1), samt palskant (2) som inkluderte linjer i overgangsområder mellom pals og markslagene pøl, dam, tue og myrflate. Lagg- og damlinjene, som begge karakteriseres av ull og torvmose, inkluderte overgangssoner mot palsområder. Dette vistes ved forekomst av strø, lav, molte og dvergbjørk. Molte karakteriserte i tillegg overgangssoner i pals- og palsplataåområdene der mange små ujevnheter og fordypninger gir gode moltehabitater. Pals- og palskantlinjene hadde den mest diverse småskala-strukturen, men karakteriseres i første rekke av lav, lavvokst dvergbjørk, og lyng. I kantsonene overgår den på palsene lavvokste dvergbjørka til større buskform, der den får stor betydning for snøfordeling og marktemperatur.

Tabell 2: *Analyselinjenes plassering, lengde og trekk. © NINA 2011*

Navn	Lengde (m)	Formasjon	Linjestart	Linjeslutt	Retning (°)	Kommentarer (for pals-ID se Figur 11)
Haukskardmyrin						
A	105	platå	palsring	mineral-platå	178	Linjen som starter ved HSP003 krysser palsplatå HSP005 og to av dammene på platået. Linjen slutter der palsplatået går over i et mineralplatå.
B	100	platå	palsring	myrflata	280	Linjen starter ved HSP004, krysser palsplatå 005 og to dammer på platået, og går ut over omgivende flatmyr og en palsring. Linjen krysser linje A.
C	75	pals	palsring	myrflata	6	Linjen krysser pals 011 og 012, og en dam mellom dem.
D	100	pals	myrflata	myrflata	164	Linjen starter ved slutt punktet for linje C, krysser kanten av pals 012 og løper over det platå lignende partiet av pals 011.
E	100	pals	palsring	tuva	152	Linjen starter ved en liten bjørk, krysser pals 013 og en dam.
F	145	pals	myrflata	myrflata	52	Linjen krysser pals 013, en dam og pals 014. Linjen krysser linje E.
Haugtjørnin						
A	25	pals	kant av vierkratt	pals / myrflata	337	Kort linje som krysser en liten trolig relativt ung palsformasjon.
B	150	myrflata, pals	stein	myrflata	115	Linjen starter ved kanten av myra like ved en stor stein, krysser noen synkende palsformasjoner og noen dammer.

3.4 Datainnsamling 2010

Datainnsamlingen ble i 2010 utført på samme måte som i 2005 og i henhold til de beskrevne metodene (se avsnitt 2.2) unntatt av sprekkfrekvens som ikke ble registrert. Dette grunnes at palsoverflatene i fremst Haukskardmyrin karakteriseres av mange tuer som vanskeliggjør registrering og analyser av forandringer i sprekkfrekvens. I tillegg ble teledybde registrert for en ny pals som ikke fantes i 2005 (ved midten av linje A; Haukskardmyrin). Artsfrekvens langs de tilfeldig valgte 5-meterslinjene (artslinjer; se avsnitt 3.3.4) ble i 2010 kun registrert for linjer som representerte palsoverflaten (9 linjer). Datainnsamlingsperiode i 2010 var den samme som i 2005: 8.–12. august.

4 Resultat

4.1 Palsformasjoner

Utbredelsen av eldre velutviklede palser har minket i perioden 2005 til 2010. Dette gjelder særlig for de sentrale delene av Haukskardmyrin og for Haugtjørnin. På Haugtjørnin er forandringen i perioden 2005 til 2010 stor da palsen som omfattes av linje A tint helt, og langs linje B gjenstår kun noen små palsfragmenter (Figur 12). På Haukskardmyrin er forandringene totalt sett relativt begrensede, og alle eldre palsformasjoner som ble registrert i 2005 eksisterte fortsatt i 2010, men for enkelte palsformasjoner er forandringen stor (se forside og Figur 13).

Det ble i 2010, til tross for minkingen av eldre velutviklede palser, registrert nye 1-2 år gamle palsformasjoner på deler av Haukskardmyrin. Teledybden på disse nye lave permafrostfeltene med embryonale palsene lå på 40 centimeter ved analysetidspunktet i 2010. Deler av de nye palsformasjonene omfattes av linjeanalyser (se nedenfor).

4.2 Linjeanalyser

Plassering og trekk for individuelle linjer er presentert i avsnitt 3.3.2 ovenfor. Her presenteres kun forandringene i perioden 2005-2010 ved hjelp av statistikk for forekomst av tele, teledybde, markslag og vegetasjon for alle linjene. Detaljerte figureksemler gis for tre av linjene.

4.2.1 Tele og markslag

Antallet meter med tele langs analyselinjene har, sammenlagt for alle linjene i Haukskardmyrin økt med ca 26 %, og i Haugtjørnin minket med ca 81 % i perioden 2005 til 2010 (Tabell 3). Resultatet for Haugtjørnin er at det nesten ikke finnes gjenværende permafrost (Figur 12, Tabell 3). I Haukskardmyrin har telens utbredelse økt langs alle linjene unntatt en (linje D) (Tabell 3, Figur 14-19). Økningen skyldes både en utvidelse av permafrosten i eldre langtids eksisterende palser og nydannelse av permafrost i andre deler av myrområdet (Figur 14, 16 og 18). Middeldybden for telens posisjon langs palsdelene av analyselinjene var ved målingstidspunktet i 2010 ca 44 cm med en variasjonsbredde på 37-58 cm for Haukskardmyrin. For Haugtjørnin var middeldybden 42 cm (Tabell 3). Sammenlignet med posisjonen i 2005 representerer dette en heving av middeldybden med noen få cm i Haukskardmyrin og med ca 10 cm i Haugtjørnin, men det er relativt store variasjoner mellom og innen linjene. Minste oppmålte teledybde for linjene har minket for Haukskardmyrin med i gjennomsnitt 6 cm grunnere telenivå i 2010 enn i 2005 (fra 29 cm til 23 cm), men vært konstant for Haugtjørnin (35 cm) (Tabell 3).

Tabell 3: Telens fordeling, frekvens og dybde for linjene. © NINA 2011.

Linje- navn	Lengde, m	Antall, m		Frekvens, %		Gj.snitt dyp, cm*		Maks. dyp*		Min. dyp*		St.dev dyp*	
		2005	2010	2005	2010	2005	2010	2005	2010	2005	2010	2005	2010
Haukskardmyrin													
A	105	43	62	41,0	59,0	45,8	44,7	120	135	25	25	21,2	23,1
B	100	37	63	37,0	63,0	44,3	57,9	110	170	30	20	15,4	44,5
C	75	18	24	24,0	32,0	53,1	44,2	150	115	30	25	26,7	20,4
D	100	41	35	41,0	35,0	48,0	39,4	155	145	30	30	21,4	19,4
E	100	72	78	72,0	78,0	41,7	39,9	90	120	30	20	10,8	16,2
F	145	43	57	29,7	39,3	45,7	36,6	115	50	30	20	16,6	7,0
Sum/medelv.		254	319	40,8	51,1	46,4	43,8	123,3	122,5	29,2	23,3	18,7	21,8
Haugtjørnin													
A	25	8	0	32,0	0	55		80		40		14,4	
B	150	30	7	20,0	4,7	52,0	42,1	90,0	45,0	30,0	35,0	20,1	3,9
Sum/medelv.		38	7	26,0	2,3	53,5	42,1	85,0	45,0	35,0	35,0	17,3	3,9

*Beregninger basert kun på metre hvor tele forekommer



Figur 12: Det tidligere dominerende palsplatået innen Haugtjørnin-området har stadig minket i omfang siden 1970-tallet og kun noen få kvadratmeter med permafrost er igjen i 2010. Palsen er den samme som vises i høyre del av Figur 3. Kilde til bildene fra 1974 og 1996 er Johan Ludvig Sollid; 2005 og 2010 Annika Hofgaard. © NINA 2011.



Figur 13: De sentrale delene av Haukskardmyrin karakteriseres av gjengroende dammer og erosjonskanter, og krypende høye pals. Foto: Annika Hofgaard. © NINA 2011.

Markslagsfordelingen langs linjene viser en del tydelige forandringer i overvåkingsperioden (Tabell 4, Figur 15, 17 og 19). På Haukskardmyrin er det dominerende markslaget endret fra pals i 2005 til myrflate i 2010. Myrflate omfattet 46 % av arealet med linjeanalyser i 2010 (Tabell 4). På Haugtjørnin har myrflatedominansen fra 2005 økt med ca 18 % i perioden og omfattet i 2010 78 % av linjene. Økningen av myrflatefrekvens er fremst forårsaket av gjenngroing av dammer, lagg og sammenraste brottkanter, og tining av palsområder. Frekvensen av dammer har minket på Haukskardmyrin men økt med ca 40 % på Haugtjørnin da den dominerende palsformasjonen langs linje B tinet (Figur 12). Flere detaljer for markslagsforandringer i perioden 2005 til 2010 per linje og gruppert for område er presentert i Tabell 4, og bildeeksempler fra fire av linjene er presentert i figurene 20 til 23.

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. © NINA 2010.

Haukskardmyrin

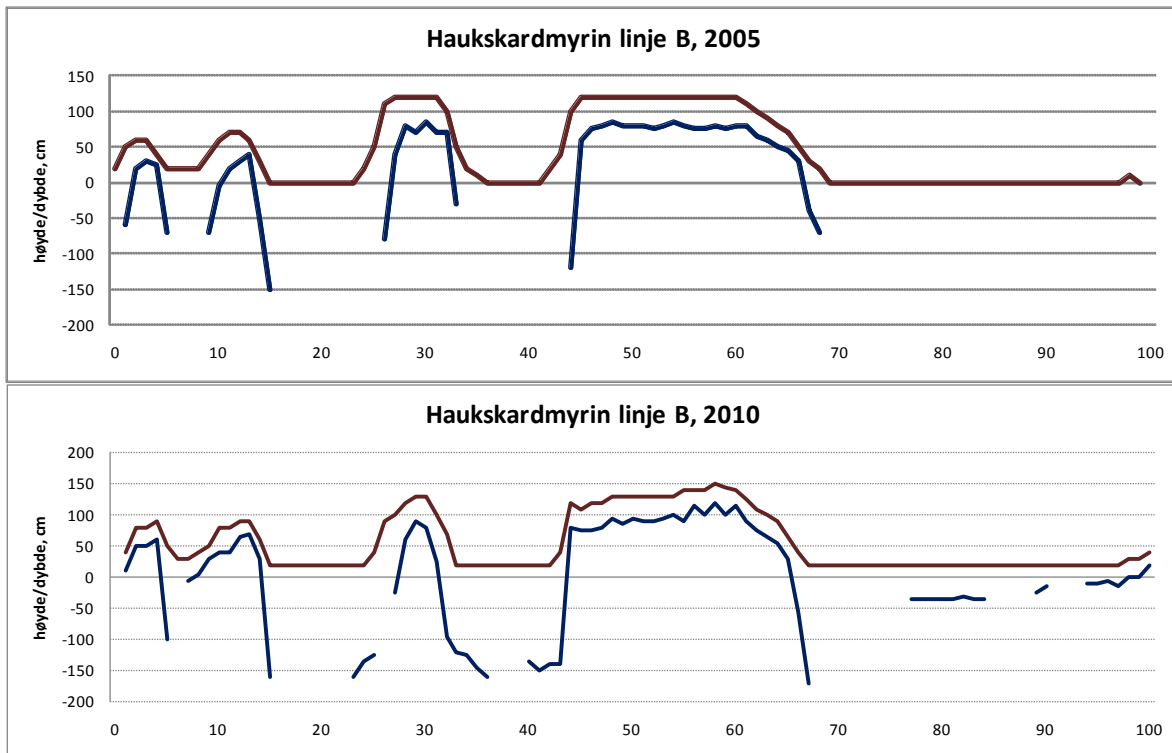
Palslinje	A		B		C		D		E		F	
	2005	2010	2005	2010	2005	2010	2005	2010	2005	2010	2005	2010
bruddkant	4 (3,8)	3 (2,9)	6 (6)	2 (2)	7 (9,3)	5 (6,7)	5 (5)	2 (2)	2 (2)	2 (2)	0	0
dam	22 (21)	0	16 (16)	18 (18)	26 (34,7)	31 (41,3)	30 (30)	31 (31)	8 (8)	9 (9)	20 (13,8)	14 (9,7)
lagg	0	2 (1,9)	3 (3)	0	0	0	0	4 (4)	0	0	4 (2,8)	0
myrflate*	43 (40,9)	75 (71,4)	37 (37)	48 (48)	24 (32)	23 (30,7)	18 (18)	31 (31)	25 (25)	14 (14)	80 (55,2)	98 (67,6)
pals	36 (34,3)	25 (23,8)	38 (38)	32 (32)	18 (24)	16 (21,3)	47 (47)	32 (32)	63 (63)	73 (73)	41 (28,3)	33 (22,8)
pøl	0	0	0	0	0	0	0	0	2 (2)	2 (2)	0	0

Haugtjørnin

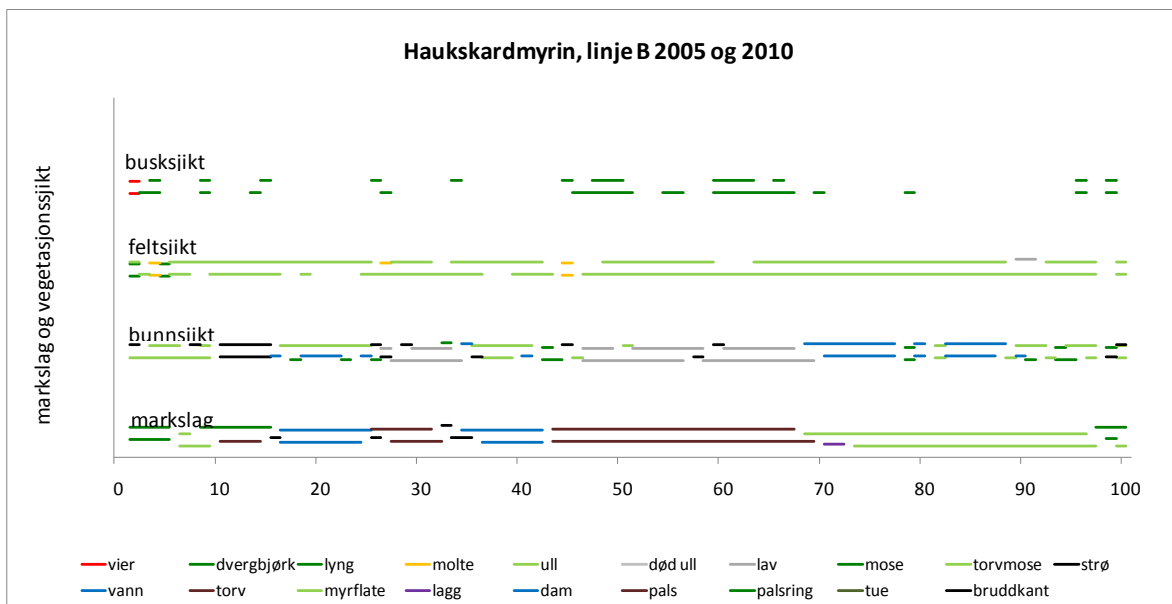
Palslinje	A		B	
	2005	2010	2005	2010
bruddkant	0	0	0	0
dam	0	0	17 (11,3)	24 (16)
lagg	2 (8)	0	7 (4,7)	5 (3,3)
myrflate*	15 (60)	25 (100)	101 (67,3)	112 (74,7)
pals	5 (20)	0	24 (16)	7 (4,7)
nypals	3 (12)	0	0	0
pøl	0	0	1 (0,7)	2 (1,3)

* myrflate, palsring og tue er slått sammen til myrflate

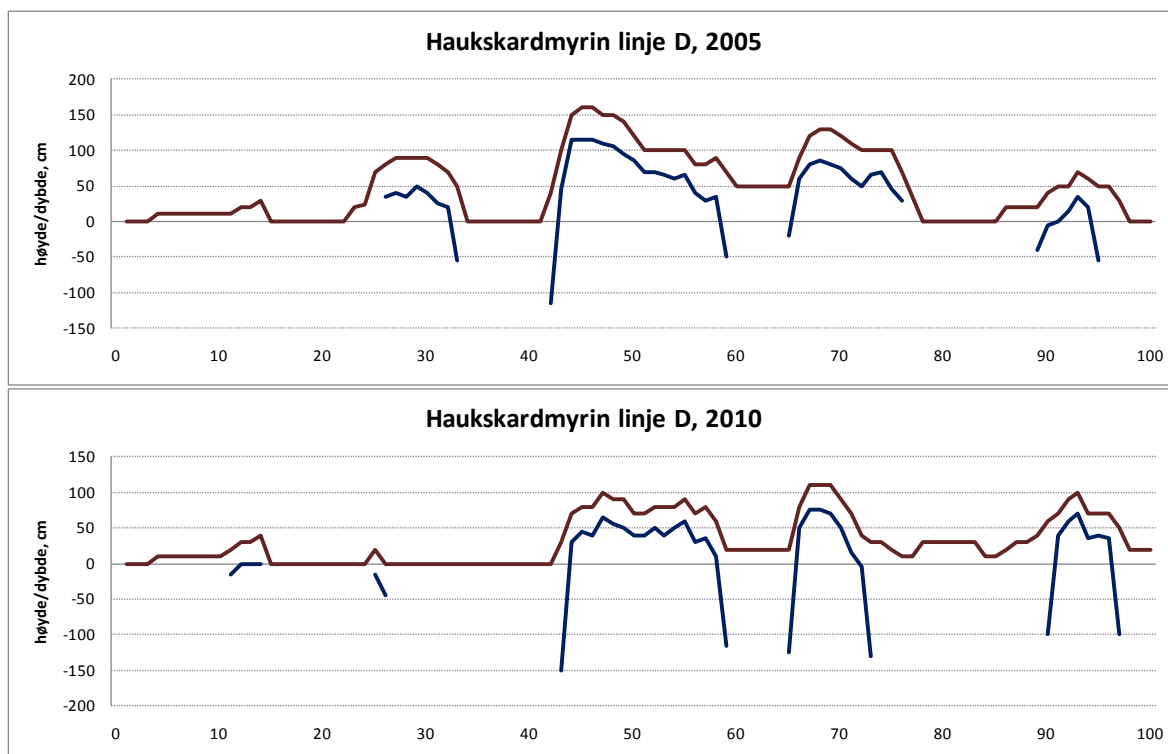
	Total			
	Haukskardmyrin		Haugtjørnin	
År	2005	2010	2005	2010
bruddkant	24 (3,8)	14 (2,2)	0	0
dam	122 (19,5)	103 (16,5)	17 (11,3)	24 (16)
lagg	7 (1,1)	6 (1)	9 (5,1)	5 (3,3)
myrflate*	227 (36,3)	289 (46,2)	116 (66,3)	137 (78,3)
pals	243 (39,7)	211 (33,8)	29 (16,6)	7 (4)
nypals	0	0	3 (12)	0
pøl	2 (0,3)	2 (0,3)	1 (0,7)	2 (1,3)



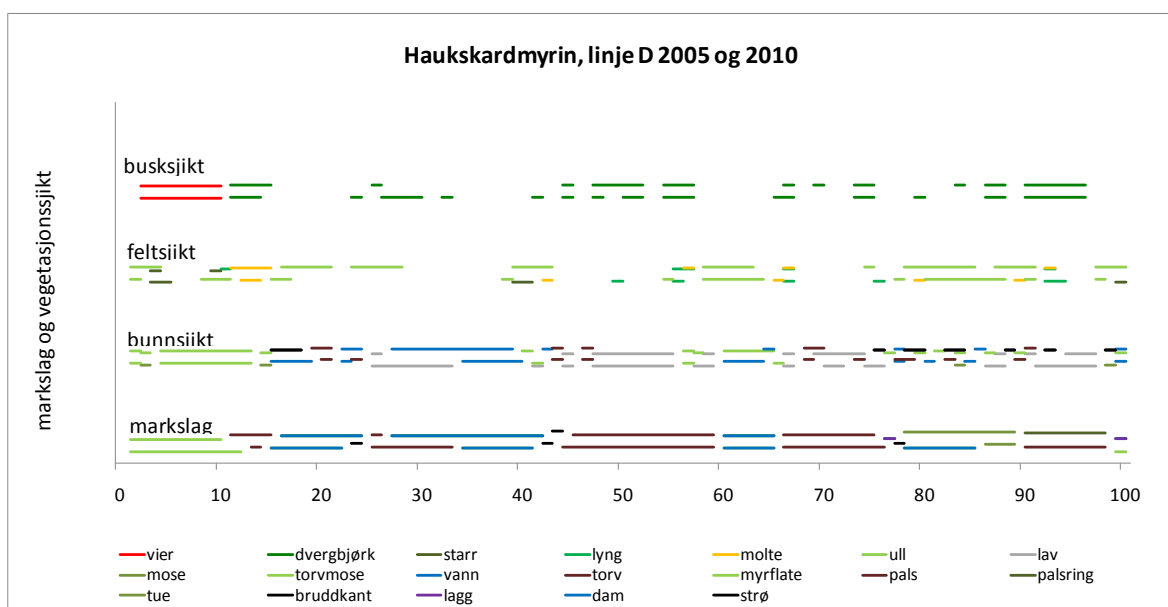
Figur 14: Høydestruktur og teledybde for linje B i 2005 og 2010. Brune linjer viser markhøyde og blå linjer teleforekomstens dybdenivå under overflaten. Merk at høydenivå ble målt noe forskjellig i de to årene (grunnet myras helling). © NINA 2011.



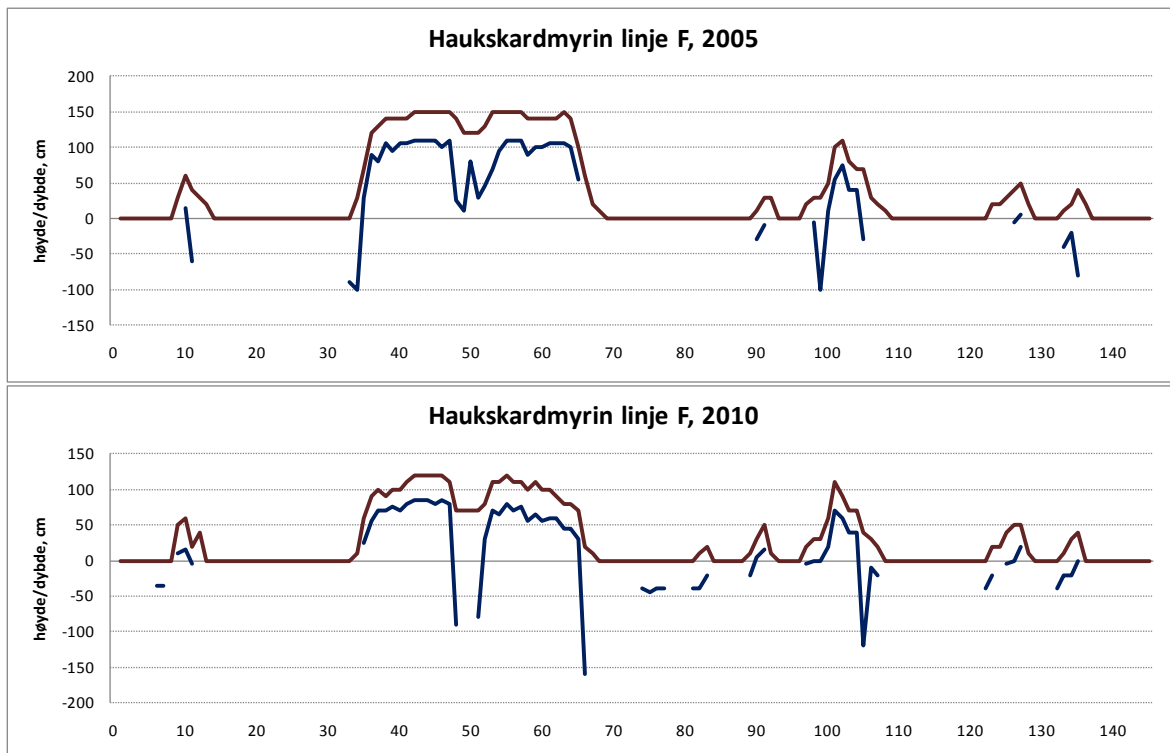
Figur 15: Fordeling av markslag og dominerende vegetasjon for linje B i 2005 og 2010. De fire grupperingene med linjer viser markslagsvariabler (nedre linjegruppering), bunnsjiktsvariabler (nest nederst), feltsjiktsvariabler (nest øverst) og busksjiktsvariabler (øverst). Innen hver gruppering vises informasjon for 2005 nederst og 2010 øverst. Fargekodenenes betydning vises nederst i figuren. © NINA 2011.



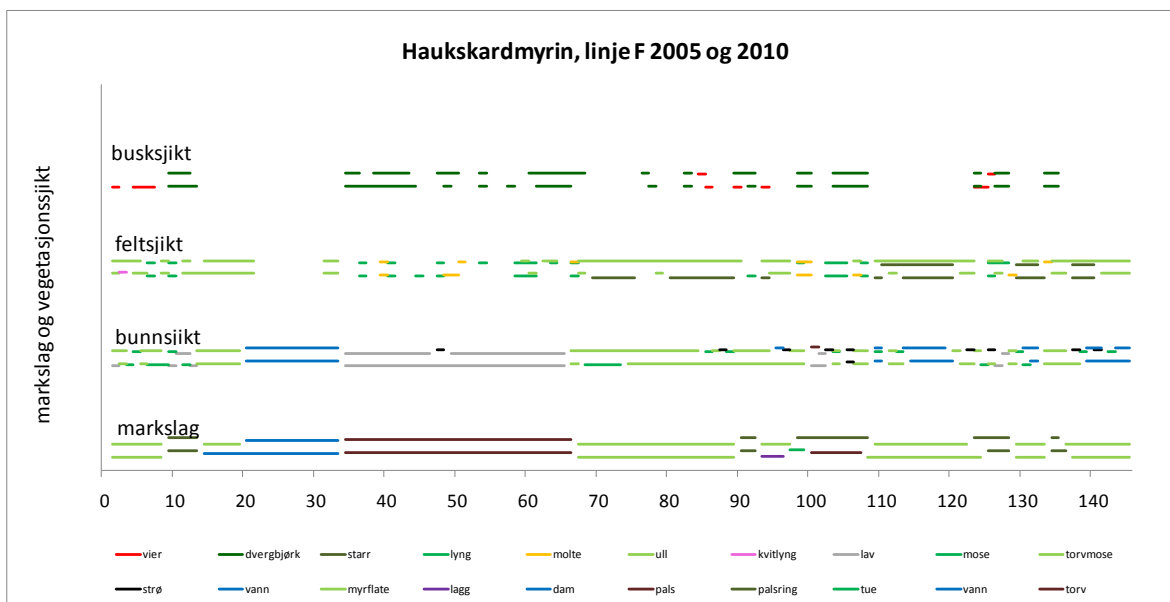
Figur 16: Høydestruktur og teledybde for linje D i 2005 og 2010. Brune linjer viser markshøyde og blå linjer teleforekomstens dybdenivå under overflaten. © NINA 2011.



Figur 17: Fordeling av markslag og dominerende vegetasjon for linje D i 2005 og 2010. De fire grupperingene med linjer viser markslagsvariabler (nedre linjegruppering), bunnsjiktvariabler (nest nederst), feltsjiktvariabler (nest øverst) og busksjiktvariabler (øverst). Innen hver gruppering vises informasjon for 2005 nederst og 2010 øverst. Fargekodenes betydning vises nederst i figuren. © NINA 2011.



Figur 18: Høydestruktur og teledybde for linje F i 2005 og 2010. Brune linjer viser markhøyde og blå linjer teleforekomstens dybdenivå under overflaten. © NINA 2011.



Figur 19: Fordeling av markslag og dominerende vegetasjon for linje F i 2005 og 2010. De fire grupperingene med linjer viser markslagsvariabler (nedre linjegruppering), bunnsjiktsvariabler (nest nederst), feltsjiktsvariabler (nest øverst) og busksjiktsvariabler (øverst). Innen hver gruppering vises informasjon for 2005 nederst og 2010 øverst. Fargekodenes betydning vises nederst i figuren. © NINA 2011.



Figur 20: Pals og deler av myrflateområde langs linje A (meter 50-100) med ny permafrostutbredelse i 2010 (område med død vegetasjon til høyre for linjen). Foto: Annika Hofgaard. © NINA 2011.



Figur 21: Palsområde langs linje B (meter 50-100) karakterisert av tuer dominert av myrull, krekling og dvergbjørk, og minkende frekvens av lav. Foto: Annika Hofgaard. © NINA 2011.



Figur 22: Myrflateområde og pals langs linje C (meter 0-50). Minkende palsstørrelse og aktive erosjonskanter har karakterisert mange av palsene innen Haukskardmyrin i 2005 til 2010. Foto: Annika Hofgaard. © NINA 2011.



Figur 23: Pals med eldre gjengroende dam langs linje D (meter 50-100).
Foto: Annika Hofgaard. © NINA 2011.

4.2.2 Artfrekvens

Variasjonen i busk-, felt- og bunnsjikt ble i 2010 analysert for ni palsoverflatelinjer og sammenlignet med 2005. Vegetasjonen på palsene er i begge årene karakterisert av dvergbjørk og lav som til sammen dekker ca 3/4 av overflaten, selv om frekvensen for lav varierer noe mellom årene. Samlet har bunnsjiktsdominert vegetasjon minket noe fra 2005 til 2010, samtidig som feltsjiktsdominerte områder økte. Nedgangen i bunnsjiktsdominans skyldes fremst en ca 20 % minking i lavdekke (Tabell 5).

Tabell 5: Endring i palsoverflatens busk-, felt- og bunnsjikts-sammensetting, Haukskardmyrin, mellom 2005 og 2010. © NINA 2011

	antall treff		% dekking		% endring 2005-2010
	2005	2010	2005	2010	
Busksjikt	111	113	24,7 %	25,1 %	1,8 %
Dvergbjørk	111	113	24,7 %	25,1 %	1,8 %
Feltsjikt	52	75	11,6 %	16,7 %	44,2 %
Myrull	14	30	3,1 %	6,7 %	114,3 %
Molte	15	13	3,3 %	2,9 %	-13,3 %
Blokkebær	2	2	0,4 %	0,4 %	0,0 %
Tyttebær	3	4	0,7 %	0,9 %	33,3 %
Krekling	18	26	4,0 %	5,8 %	44,4 %
Bunnsjikt	287	262	63,8 %	58,2 %	-8,7 %
Død torv	2	0	0,4 %	0,0 %	-100,0 %
Lav	260	205	57,8 %	45,6 %	-21,2 %
Mose	8	8	1,8 %	1,8 %	0,0 %
Torvmose	0	8	0,0 %	1,8 %	
Strø	17	41	3,8 %	9,1 %	141,2 %

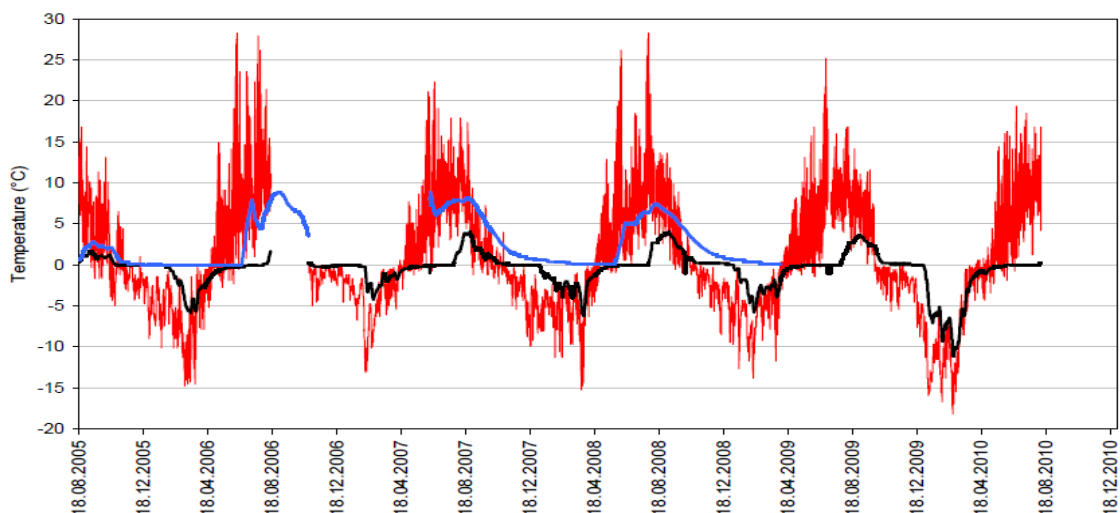
Et lavt og glissent busksjikt av dvergbjørk forekommer over store deler av palsene og langs analyselinjene (se Figur 1, 21 og 23), men karakteriserer fremst forsenkninger og hellinger mot

lavereliggende myrområder. Målingene i 2005 og 2010 viser at forekomsten av busksjikt på den eksponerte palsoverflaten ikke er endret i perioden (Tabell 5).

Det er til dels tydelige endringer i enkelte feltsjiktarters frekvens mellom 2005 og 2010 selv om feltsjiktet totalt kun dekker relativt liten del av palsoverflatene i begge årene. Noen av de mest påfallende frekvensendringene av artene innen feltsjiktet er økningen av myrull og krekling (Tabell 5, Figur 21). Kombinert indikerer minkingen av lav og økningen av myrull og krekling at overflatemiljøet er blitt fuktigere. Økningen av myrull indikerer også endringer i palsoverflatens topografiske småskalastruktur, med økt frekvens av tuer og forsenkninger.

4.3 Marktemperaturregistreringer

I perioden august 2005 til august 2010 har overflatetemperaturen variert mellom 28 °C og -18 °C (Figur 24). Temperaturen inne i palsen (målt på 50 cm dybde) har nådd de høyeste verdiene (ca 4 °C) i midten av august hvert år. Dette sammenfaller i tid med når flankerende torv og vann (målt ved palsens kant på 1 meters dybde) når sine høyeste temperaturverdier (ca 8 °C). Det er relativt kort periode vært år som palsen har en teledybde større enn 50 cm (kun ca 3 måneder; aug-okt). De laveste temperaturene i palsen (på -50 cm) ble registrert i vinteren 2010, da teletemperaturen i mars var enda ned til -12 °C. Dette sammenhenger med det tynne snødekket i 2010 (Figur 10), som trolig medførte at palsen var snøfri store deler av vinteren.



Figur 24: Temperaturforhold i en pals på Haukskardmyrin i perioden august 2005 til august 2010. Rød linje viser overflatetemperatur på palsens høyeste del, sort temperaturen på 50 cm dybde og blå linje på 100 cm dybde ved palskanten. © NINA 2011.

4.4 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 beskjeden menneskelig påvirkning kan virke destabiliserende. Palsene på Haugtjørnin har ikke vist noen tegn på forstyrrelse av menneskelig aktivitet. På Haukskardmyrin er situasjonen til del annerledes. Området har over lang tid blitt brukt som illustrasjonsområde for palsforekomst, med et ukjent antall besøkende per år. Besøkene har fremst vært knytta til undervisning med også turisme. Dette har ført til slitasje (tråkkskader) på de to mest markerte palsene, men i all hovedsak kan de dokumenterte forandringene og forskjellene mellom 2004 og 2009 skyldes andre forhold enn direkte menneskelig påvirkning. Men ettersom den vertikale størrelsen til disse palsene i dag er vesentlig mindre enn for noen år siden er de blitt meget sårbare for tråkk fra besøkende.

5 Diskusjon

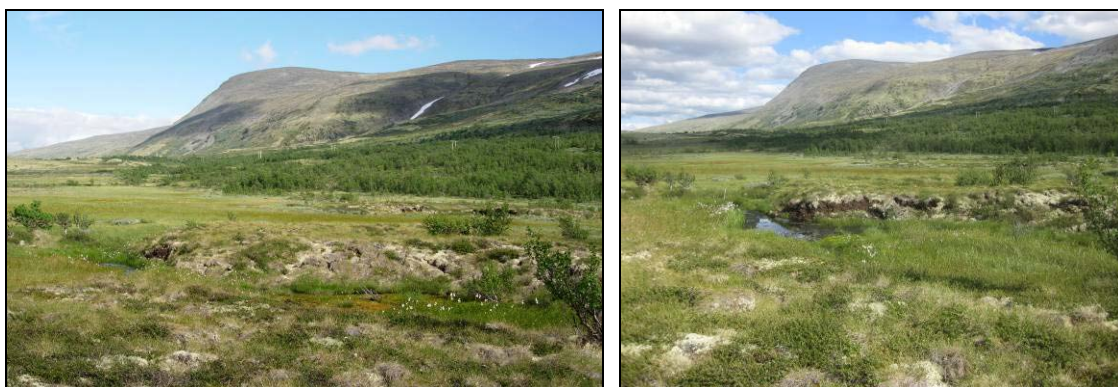
Palsfrekvens og palsstørrelse i de to Dovre-områdene har blitt redusert de siste tiårene, men overvåkingen viser at det også samtidig kan forekomme dannelse av nye permafrostområder. Langtidsforandringene i regionens klima styrer denne dynamikken i palsmyrsystemene, sammen med klimatiske ulikheter mellom år og eventuelle direkte menneskelige påvirkninger. Etersom palsene på Haukskardmyrin og Haugtjørnin ikke viser noen tydelige tegn på forstyrrelse av menneskelig aktivitet, antas det at de dokumenterte forandringene og forskjellene mellom 2005 og 2010 hovedsakelig har en klimatisk årsak.

Den registrerte økningen av tele på 26 % i Haukskardmyrin viser sammen med de visuelle resultatene med tilsynelatende minking av permafrost (se forside og Figur 25), på palsmyrforandringenes komplekse karakter. Den nesten totale tiningen av palsene på Haugtjørnin og tilbakegang av de større palsene på Haukskardmyrin er resultat av en prosess som har pågått over lang tid og er i tråd med forandringene mot et allerede varmere og fuktigere klima. Siden begynnelsen av 1970-talet har middeltemperaturen om vinteren økt med ca 3 grader, og årsmiddel-temperaturen har i det siste tiåret ligget over 0 grader. Denne temperaturutviklingen er ugunstig for palsenes vekst og overlevelse. Palsformasjoner i de våteste delene av myrene, som på Haugtjørnin er mest følsomme for denne type klimaendring. Store palter i tørrere deler vil kunne eksistere over lengre tid også i et ugunstig klima. Det er trolig at den relativt sett mer balanserte dynamikken i myras struktur som er dokumentert for Haukskardmyrin 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 Haukskardmyrin, enn det som er avdekket i overvåkningsperioden.

Til tross for et over flere tiår forverret klima for palsoverlevelse så forekom det både i 2005 (Hofgaard 2006) og 2010 noen få nye paldannelser på Haugtjørnin-området. Dette var også et tydelig innslag tidlig på 1970-tallet (Sollid og Sørbel 1998), men grunnet dominerende klimaregime siden den tid ble det i 2005 konkludert at nydannelse eller vekst av palsene trolig ikke vil kunne kompensere for tapet av eldre palsformasjoner, selv om embryonale palter forekommer tilfeldig. Undersøkelsene i 2010 har bekreftet denne vurderingen.

Tilbakegangen i dominerende palsformasjoner skyldes fremst endringer i regionens klima over lang tid. I tillegg skyldes endringene i teledybde og teleutbredelse fremst værforskjeller mellom analyseårene. I de to årene teledybden ble målt var sommertemperaturen nesten 1,5 °C varmere i 2010 (8,6°C i 2005; 10,0°C i 2010), men den mest betydningsfulle klimatiske forskjellen mellom analyseårene er at 2010 var den mest nedbørsfattige vinteren siden 1970-tallet, med nesten bare en tredjedel av nedbøren jevnført med vinteren 2005 (107,1 mm i 2005; 39,6 mm i 2010). Disse værforskjellene mellom år er avgjørende for hastigheten og trenden i den langsiktige utviklingen, men det er stor usikkerhet omkring både hvor stor betydning værforskjellene har for årlige variasjon i permafrostens utbredelse og for hastigheten til den langsiktige trenden (Frontzek *et al.* 2009, Sannel 2010). Selv om telens posisjon lå grunnere i 2010 enn i 2005, så gir ikke dataene grunnlag for å trekke en konklusjon om denne forskjellen representerer en forandring over tid eller kun skyldes værforskjeller mellom år. Været, både temperatur og nedbør, i de enkelte somre og vintre styrer teledybden mer enn trenden i klimaet. Om nedgangen i telens utbredelse på Haugtjørnin fortsetter i samme hastighet som registrert for perioden 2005 til 2010, og uten nydannelse av palter som overlever over lengre tid, vil palsmyrbiotopen i Haugtjørnin være helt borte innen noen få år. I Haukskardmyrin er situasjonen en annen der nydannelse motvirker den generelle tilbakegangen, og palsmyrbiotopen vil sannsynligvis ville finnes i mange tiår fremover. Denne beregningen tar imidlertid ikke hensyn til en eventuell generell endring av telenivå og vegetasjon på palsene som vil kunne endre hastigheten til prosessen betraktelig. Telens økte utbredelse i Haukskardmyrin og det grunnere telenivået i både Haukskardmyrin og Haugtjørnin kan mest sannsynlig forklares med at vinteren 2009-2010 var både uvanlig kald og uvanlig snøfattig. Man helt tilbake på 1970-tallet for å finne tilsvarende lavt snødekke, med unntak av 1991 (Figur 10).

Artsfrekvensanalysene viser at det i 2010 var like stor areal med høyere snøfangende vegetasjon (busksjiktsarter) som i 2005, men den registrerte minkingen av lavdominerte områder på palsene fra 2005 til 2010 samtidig med økning av krekling og myrull er vegetasjonsendringer som er lite gunstige for langsiktig overlevelse av eldre palser. Tilstedeværelse av et busksjikt og sammensetningen av felt- og bunnsjikt er av betydning for telens utvikling, og den registrerte forandringen kan få negativ påvirkning på telenivået. Økningen av myrull, som er begünstiget av kantsoner og lave forsenkninger i palsenes overflate, vil på sikt gi endringer i palsoverflatens småskalastruktur – dvs. økt frekvens av tuer. Denne endrede overflatestrukturen gir et tykkere, mer kontinuerlig og mer isolerende snødekke om vinteren. Dette reduserer den nødvendige avkjølingen av palsene om vinteren. Minkingen av lavdekke har størst betydning om sommeren da en reduksjon reduserer refleksjonen av solas varmestråling, hvilket vil lede til økt oppvarming av palsene. De to prosessene kan sammen få stor negativ påvirkning på palsvekst og palsoverlevelse, og i et varmere klima øker betydningen av palsoverflatens vegetasjon for palsenes overlevelse.



Figur 25: Pals 005 på Haukskardmyrin har i perioden 2005 til 2010 fått mer markante erosjonskanter og deler av palsen er i dag forvandlet til dam og myrullvegetasjon. Foto: Annika Hofgaard. © NINA 2011.

6 Tidsplan

Overvåkingen har siden starten i 2004 inkludert etablering og førstegangsanalyser av et overvåkingsområde per år, med start i Ostojeaggi. I løpet av overvåkingens første fem år (2004-2008) ble alle utvalgte overvåkingsområder (se Figur 5) analysert i følge planen nedenfor. Heretter er områdene planlagt gjenanalysert hvert femte år. Andre gjenanalyserte område er Haukskardmyrin og Haugtjørnin 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	Gohteluoppal
	2007	Dovre: Leirpullan
	2008	Ferdesmyra
Reanalyse I	2009	Ostojeaggi
	2010	Dovre: Haukskardmyrin og Haugtjørnin
	2011	Gohteluoppal
	2012	Dovre: Leirpullan
	2013	Ferdesmyra

7 Referanser

7.1 Rapporter innen overvåkingsprosjektet

- Hofgaard, A. 2003. Effects of climate change on the distribution and development of palsa peatlands: background and suggestions for a national monitoring project. NINA Project Report 21. 32 s.
- Hofgaard, A. 2004. Etablering av overvåkingsprosjekt på palsmyrer. NINA Oppdragsmelding 841, 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 Gohteluoppal, 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.

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., Friberg, 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., Friberg, T. & Luoto, M. (eds.) 2009. Climate change impacts on sub-arctic palsas 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.gcrio.org/online.html.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis - Summary for Policymakers. 10th session of Working group I of the IPCC. IPCC, Paris.
- Laberge, M.-J. & Payette, S. 1995. Long-term monitoring of permafrost change in a palsa peatland in Northern Québec, Canada: 1983-1993. *Arctic Alpine Research* 27: 167-171.
- Luoto, M., Heikkinen, R. K. & Carter, T. R. 2004. Loss of palsa mires in Europe and biological consequences. *Environmental Conservation* 31: 1-8.
- Luoto, M. & Seppälä, M. 2002. Modelling the distribution of palsas in Finnish Lapland with logistic regression and GIS. *Permafrost and Periglacial Processes* 13: 17-28.
- Luoto, M. & Seppälä, M. 2003. Thermokarst ponds as indicators of the former distribution of palsas in Finnish Lapland. *Permafrost and Periglacial Processes* 14: 19-27.
- Moen, A. 1983. Myrundersøkelser i Sør-Trøndelag og Hedmark i forbindelse med den norske myrreservatplanen. *K. norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapp. Bot. Ser.* 1983-4: 1-138.
- Moen, A. 1999. National Atlas of Norway. Vegetation. Norwegian Mapping Authority, Hønefoss, Norway. 200 s.
- Moen, A. & Singsaas, S. 1994. Excursion guide for the 6th I.M.C.G. fiels 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. *K. norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapp. Bot. Ser.* 1979-3: 1-68.



Takk til Arvid!

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

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

8.1 Sammansättning och struktur

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



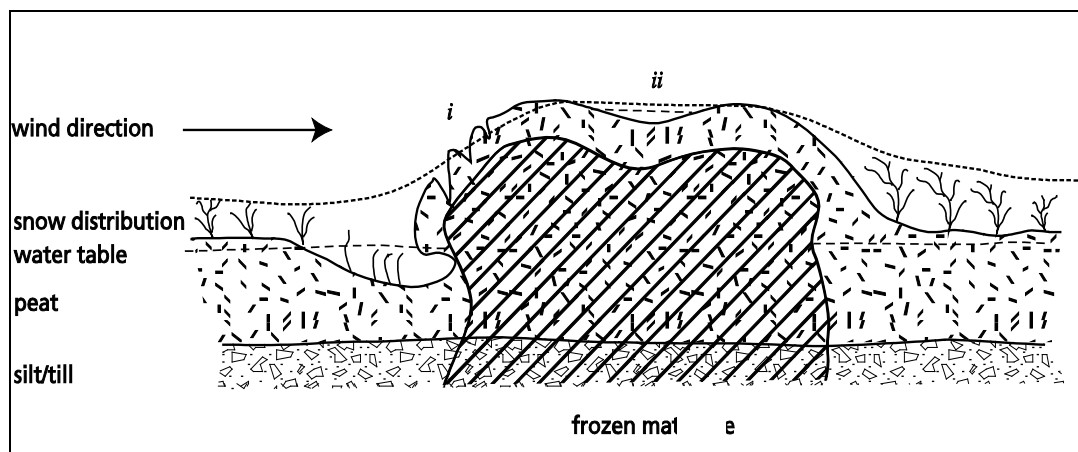
Figur 1:
Kupolformad pals
som højer sig ca
2.5 m över den om-
givande myrytan.
Ferdesmyra,
5 juli 2004.

Ordet pals härstammar från de finska och samiska språken och betyder torvkulle eller upphøjning i myr, men definitionen av ordet varierar något i den vetenskapliga litteraturen. Här i føreliggande rapport används definitionen ”peat hummocks with a core of frozen peat and/or mineral soil rising to a height of 0.5 – 10 m above a mire surface within the discontinuous permafrost zone” (Seppälä 1988). I tillegg till palsar och palsplatåer karakteriseras palsmyrar av en mosaik av torvmark utan permafrost, våta starrområden, och dammar orsakade av tidigare palsar som tinat och fallit ihop, samt torvringer rundt dessa dammar. Ett sådant palsmyrssystem är mycket dynamiskt över tid till följd av nybildning, tillvåxt och nedbrytning av palsar. Alla dessa terrångformationer är naturliga komponenter i palsmyren tillsammans med tilfeldig 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 tilfeldig permafrostformationer kan periodvis utgøra ett signifikant bidrag till myrens struktur.

Frekvensen av de ulike komponenterna åndras i både tid og rum (beskrivs utførligare nedan) og påverkar på så såt vegetationstrukturen på myrarna genom fråmst föråndringar av hydrologiska faktorer, vindexponering og betetryck. Samtidig som fördelningen av palsmyrens komponenter påverkar vegetationstrukturen så återverkar vegetationens struktur på fördelningen av permafrosten gjennom påverkan på snøfördelning, markfuktighet og mark-temperatur. Resultatet er att frekvensen tråd-, busk-, ørt-, grås-, moss- og lavdominerad vegetation varierer på ett utpråglat mo-

saikartat 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 säsongsfusen 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 höjdexpansion. 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 vidsträckt 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 tundra. Palsar och palsplatåers lokala och regionala utbredningen i tid och rum styrs av hur lokala och regionala klimatfaktorer varierar och förändras över decennier och sekel, men även variationer på kortare sikt är av betydelse, t.ex. för förekomsten av små för det mesta kortlivade palsar, s.k. embryopalsar (som kan vara starten till nya mer långlivade palsar). Överlevnaden hos dessa palsar styrs av vådrets utveckling under individuella år (Seppälä 1998, Sollid och Sørbel 1998). Även om förutsättningarna för permafrostaggregering och permafrostdegenerering huvudsakligen styrs av förändringar i temperatur-nederbördsbalansen så kan i tillägg mänskliga och ingrepp som påverkar på torvens isolerande förmåga och myrens hydrologiska balans ha avgörande betydelse. Särskilt känsliga för påverkan är de palsmyrmarker som ligger nära den klimatiska gränsen för sin existens, dvs. den sydliga utbredningsgränsen för sporadisk permafrost.

Klimatets långsiktiga förändringar på det norra halvklotet under efteristiden (Holocene) visar på en dominerande trend med gradvis avkylning från tidig till sen holocen tid men avbruten av kallare och varmare perioder som avviker från huvudtrenden. Den senaste kallare perioden var

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

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



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

De klimatiska gränserna som angetts för den Skandinaviska palsmyrutbredningen varierar i litteraturen beroende på vilka studieområden de utgår ifrån. Generellt sett så ligger den begränsande årsmedeltemperaturen något högre i norra Norge än i till exempel den svenska palsmyrzonen. Orsaken till detta är troligen att de nordnorska områdena har både mindre årsnederbörd och vinternederbörd (se Zuidhoff och Kolstrup 2000). I Sverige förekommer palsar främst i en zon som avgränsas av en årsmedeltemperatur på -2 till -3°C och mindre än 300 mm nederbörd under vintern (Zuidhoff och Kolstrup 2000). I norra Norge förekommer de huvudsakliga palsmyrmarkerna inom områden som avgränsas av en årsmedeltemperatur på upp till $+1^{\circ}\text{C}$ men med en vinternederbörd på ca 100 mm eller mindre (Åhman 1977). I Finland följer palsaregionens södra gräns mer eller mindre isotermen för -1°C och en årsnederbörd som ligger under 400 mm (Seppälä 1986). I södra Norges fjällområden där några av de klimatiskt mest marginella palsmyrområdena finns ligger årsmedeltemperaturen på ca 0°C . Detta är troligen nära eller över den temperatur som behövs för långsiktig överlevnad av palsmyrmarker

(Sollid och Sørbel 1998) under rådande nederbördsregim (ca 450 mm per år). Dessa relativt stora skillnader i temperatur- och nederbördsavgränsningar mellan de olika Skandinaviska områdena pekar på en känslig och viktig balans mellan de olika årstidernas temperatur- och nederbörds klimat, och kräver stor grad av försiktighet vid jämförelse mellan utveckling av permafrostformationer och enskilda klimatvariabler, som t.ex. vinternederbörd.

8.3 Palsmyrdynamik

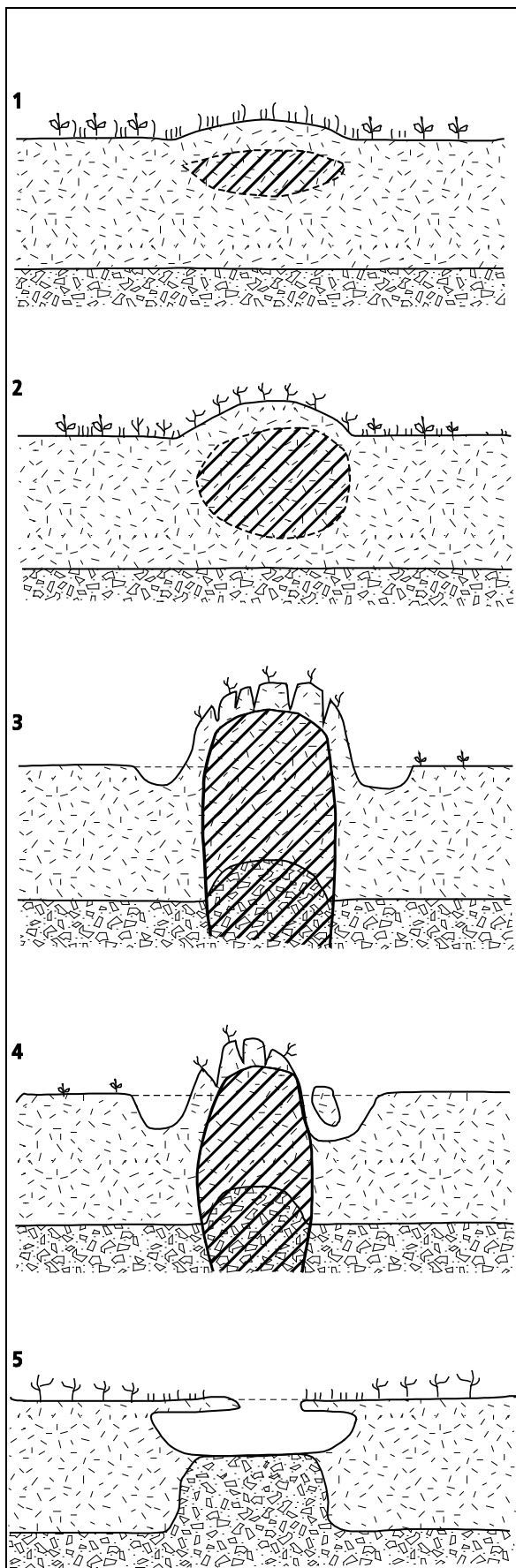
Lufttemperatur, snödjup och torvens isolerande förmåga är de tre dominerande faktorer som styr tillväxt och degenerering av palsar. Låga lufttemperaturer under både sommar och vinter är gynnsamt för palsutvecklingen, och snöns djup, fördelning och varaktighet under vintern är av essentiell betydelse för bildning och tillväxt av permafrost och islinser i myrmarken. Svala torra somrar gynnar bibehållandet och överlevnaden av palsar genom att torvens isolerande förmåga maximeras vid torra förhållanden vilket gör att värmeackumuleringen nedåt i palsen därmed blir minimerad och då särskilt under svala perioder. Varna 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 palsplataer (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 myrytan har vinden en betydande roll genom att torka ut ytskiktet och genom att minska snödjupet och varaktigheten under vintern. Genom upphöjningen kommer fuktighetsförhållandena att helt förändras i torvlagret vilket medför att vegetation strukturen förändras (artkomposition och frekvens). Ökad frekvens av lavar minskar ytterligare palsens absorption av värme under sommaren på grund av ökat albedo.



Figur 4:

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

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

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

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

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

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

8.3.2 Rumsliga förändringar

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

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



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: 978-82-426-2304-1

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

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger