

Eablering av overvåkingsprosjekt på palsmyrer

Annika Hofgaard



LAGSPILL



ENTUSIASME



INTEGRITET



KVALITET

Norsk institutt for naturforskning

Eablering av overvåkingsprosjekt på palsmyrer

Annika Hofgaard

NINA publikasjoner

NINA utgir følgende faste publikasjoner:

NINA Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

NINA Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befaringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, års-rapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.

NINA Project Report

Serien presenterer resultater fra instituttets prosjekter når resultatene må gjøres tilgjengelig på engelsk. Serien omfatter original egenforskning, litteraturstudier, analyser av spesielle problemer eller tema, etc.

NINA Temahefte

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "allmennheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvern-avdelinger, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

NINA Fakta

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINAs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

I tillegg publiserer NINA-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Hofgaard, A. 2004. Etablering av overvåkingsprosjekt på palsmyrer. - NINA Oppdragsmelding 841. 32pp.

Trondheim, oktober 2004

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-1482-2

Rettighetshaver ©:

Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Annika Hofgaard

NINA

Ansvarlig kvalitetssikrer:

Sidsel Grønvik

NINA

Layout:

Annika Hofgaard, Kari Sivertsen

NINA

Kopiering: Norservice

Opplag: 100

Kontaktadresse:

NINA

Tungasletta 2

N-7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefax: 73 80 14 01

<http://www.nina.no>

Tilgjengelighet: open

Prosjekt nr.: 18504000

Ansvarlig signatur:



Oppdragsgiver:

Direktoratet for naturforvaltning

Referat

Hofgaard, A. 2004. Etablering av overvåkingsprosjekt på palsmyrer. - NINA Oppdragsmelding 841. 32pp.

Behovet for overvåking av sårbare økosystem har økt i takt med den forventede globale oppvarmingstrenden, og da spesielt i nordlige områder. I denne rapporten presenteres bakgrunn, design og overvåkingsområdene til et norsk overvåkingsprogram for palsmyrer etablert i 2004. Palsmyrer forekommer i sonen med usammenhengende eller sporadisk permafrost mellom boreale og arktisk/alpine områder. De norske palsmyrene eksisterer ved den vestre og sørlige grensen av det eurasiske hovedutbredelsesområdet i øst og opptrer i områder med en kontinental klimatype. Palsmyrenes klimatiske bestemte marginale geografiske posisjoner gjør at de lett påvirkes av miljøendringer og dermed er de også følsomme indikatorer og eksempel på effekter på både abiotiske og biotiske systemer. Fem palsmyrområder som representerer ulike klimatiske regioner fra nord til sør i Norge er valgt ut. Disse er Ferdesmyra og Goatteluobbal i henholdsvis Øst-Finnmark og Vest-Finnmark, Ostojeaggi i Troms samt Haugtjørnin og Hauuskardmyrin i Dovre-området i Sør-Norge. I Dovreområdet har det vært en nedgang i utbredelse og frekvens av palsmyrer i løpet av de siste ti-årene. I nord synes det å være en bedre balanse mellom tilvekst og nedbrytning. Pals- og myrmarksstrukturer (for eksempel marktypefrekvens, dominerende vegetasjon, teledybde, frekvens av torvsprekker) for ett av de fem utvalgte myrområdene analyseres per år med en etterfølgende analyse hvert femte år.

Abstract

Hofgaard, A. 2004. The establishment of a monitoring project for palsa peatlands. - NINA Oppdragsmelding 841. 32pp.

The anticipated global warming trend especially at high latitudes calls for extended monitoring programs of climate sensitive systems. This report present background, design and monitoring areas of the Norwegian monitoring program for palsa peatlands established in 2004. Palsa peatlands occur in the zone with discontinuous or sporadic permafrost between the boreal and arctic/alpine regions. In Norway, these peatlands are at the western and southern fringe of the main Eurasian distribution towards the east and are found in regions where the climate has a continental character. Their climatically defined marginal geographical position makes them susceptible to changes in the environment, and thus sensitive indicators and examples of effects on both abiotic and biotic system. Five peatland areas are selected to represent different climatic regions confined by variation in major environmental gradients from northern to south-central Norway. These are Ferdesmyra and Goatteluobbal in eastern and western Finnmark fylke, respectively, Ostojeaggi in Troms fylke, and Haugtjørnin and Hauuskardmyrin in the Dovre regions in southern Norway. In the southernmost region Dovre, selected peatlands have experienced a reduction in palsa frequency and distribution during last decades. In the north aggregation and degradation of palsas seem to be more balanced. Peatland and palsa structures (e.g. frequency of land cover types, dominating vegetation, depth of ground frost, frequency of peat cracks) of one of the selected areas will be analyzed per year with subsequent reanalyzes every fifth year after the initial year.

Forord

Direktoratet for naturforvaltning (DN) initierte i 2003 et nytt nasjonalt overvåkingsprosjekt for palsmyrer i Norge, med oppstart i 2004. Norsk institutt for naturforskning (NINA) har ansvaret for etablering av prosjektet og for overvåking og analyser samt for konklusjoner fra prosjektet.

Overvåkingsprosjektet for palsmyrer har sin bakgrunn i DN-prosjektet "Effekter av klimaendringer: nasjonalt overvåkingsprosjekt om utbredelse og utvikling av palsmyrer". Hensikten til det prosjektet var 1) å gi bakgrunnsinformasjon om utbredelse og forandringer av palsmyrer, og 2) designe et nasjonalt overvåkingsprogram. Dette prosjektet ble rapportert i en NINA Project Report (Hofgaard 2003) og danner grunnlaget for overvåkingsprosjektet. For å fylle kravene knyttet til de to punktene og for å gi prosjektet bredest mulig vitenskapelig forankring arrangerte NINA og DN en workshop i Trondheim i februar 2003 med deltakelse av forskere fra et bredt spekter av norske universiteter og forskningsinstitutter. Denne forskergruppen danner en vitenskapelig referansegruppe for overvåkingsprogrammet.

Her rapporteres bakgrunn, design og tidsplan til prosjektet "Overvåking av palsmyrer". Overvåkingen vil omfatte fem områder med analyse av ett område hvert år. En presentasjon av første års data fra det første etablerte overvåkingsområdet vil bli gitt i en egen rapport "Overvåking av palsmyrer – førstegangsundersøkelse i Ostojeaggi, Troms".

Jeg vil rette en takk til referansegruppen og DN for støtte og hjelpsomme diskusjoner under etableringsfasen av overvåkingsprosjektet, og jeg håper at leserne av rapporten har overbærenhet med at den er publisert på svensk.

Tromsø september 2004

Annika Hofgaard

Innehåll

Referat.....	3
Abstract.....	3
Forord.....	4
1 Inledning.....	6
2 Sammansättning og struktur.....	7
3 Utbredning og klimatiske forutsætninger.....	8
4 Palsmyrdynamik.....	10
4.1 Temporale forandringer.....	10
4.2 Rumslige forandringer.....	12
5 Övervakningsdesign.....	13
5.1 Övervakningsområden.....	13
5.2 Linjeanalyser.....	14
5.3 Fotodokumentation.....	14
5.4 GPS-registreringar.....	14
5.5 Fjærranalyser.....	14
5.5.1 Flygbilder.....	14
5.5.2 Satellitbilder.....	15
5.6 Klimatdata.....	15
6 Områdesbeskrivninger.....	16
6.1 Ferdesmyra.....	16
6.2 Goatteluobbal.....	18
6.3 Ostojeaggi.....	20
6.4 Dovre.....	22
6.4.1 Haugtjørnin.....	22
6.4.2 Haukskardmyrin.....	22
6.4.3 Dovre 3.....	25
6.4.3.1 Dalsætra.....	25
6.4.3.2 Leirpullan.....	25
7 Tidsplan.....	25
8 Referanser.....	26
Bilaga I:	"Recommendations for a monitoring program". fra NINA Project Report 21.
Bilaga II:	Vitenskapelig referanse gruppe.
Bilaga III:	Variabler som registreres vid linjeanalyse

1 Inledning

Behovet för övervakningsprogram som är designade att följa responsen hos känsliga ekosystem har ökat starkt under senare år som följd av den förväntade globala uppvärmningen – en uppvärmning som sannolikt blir mest märkbar inom polnära områden (IPCC 2001). Palsmyrar förekommer i gränsområdena mellan de arktiska och boreala regionerna och består av permafrostorsakade är myrkomplex där både känsliga edafiska strukturer och känsliga biotiska samhällen är sammanvävda. Det har antagits att ytterligare klimatuppvärmning och/eller nederbördsökning kommer att resultera i degenerering av de flesta palsar (dvs frusna torvkullar som höjer sig över den omgivande myrytan) inom några få decennier i de mest marginella områdena (se Laberge och Payette 1995, Sollid och Sørbel 1998, Luoto et al. 2004). Dessa områden är då också följaktligen de mest sårbara för mänskliga aktiviteter som påverkar vegetationsstrukturen, torvtäcket eller de hydrologiska förhållandena i myrmarken. Ökad klimatisk marginalisering medför att även lindrig mänsklig påverkan kan destabilisera hela edafiska och biotiska strukturer och därmed äventyra långsiktig överlevnad, både lokalt och regionalt, för arter knutna till den speciella miljö som palsmyrar utgör. Detta faktum bör ges ökat fokus i samband med skötsel- och bevarandeplaner för myrmark med palsbildning.

Den rumsliga och tidsmässiga fördelningen av palsar beror av lokala och regionala klimatfaktorer och hur dessa ändrar sig över decennier och sekler. I Norge är palsar vanliga kännetecken i myrmark främst i två regioner, en sydlig begränsad till Dovre och Femunden området, och en mer generell nordlig omfattande Troms och Finnmark (se nedan). Under 1900 talets senare del har utvecklingen i palsmyrområden dominerats av tillbakagång även om viss nybildning har förekommit. Dokumentationen är dock något vinklad eftersom den främst har omfattat palsar i sena utvecklingsstadier, och därmed blir helhetsbilden oklar. En övervakningsstudie av palsmyrområden måste fånga upp hela bredden av förändringar som variationer i permafrosten medför för palsstrukturer, dammar och mellanliggande myrområden, I tillägg bör övervakningen inkludera studier av förändringar av vegetationens struktur och det mänskliga utnyttjandet av myrområdena för att ge ett bra grundlag för hållbara slutsatser.

Generellt sett saknas metodiskt konsekventa övervakningsprojekt för palsmyrområden i Skandinavien även om det pågår forskning på området (Zuidhoff och Kolstrup 2000, Zuidhoff 2002, Luoto och Seppälä 2002, 2003, Luoto et al. 2004). Etableringen av ett norskt långsiktigt övervakningsprogram kommer att ge värdefull information med relevans för förvaltningen och den vetenskapliga miljön, både nationellt och internationellt. Den spatiotemporala dynamiken i palsmyrar kommer att genom ett sådant program utgöra en ändamålsenlig indikator inom temaområdet klimatförändringar och dess effekter. Övervakningsprogrammets bakgrund, studiedesign och metoder presenteras i denna rapport.

2 Sammansättning och struktur

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

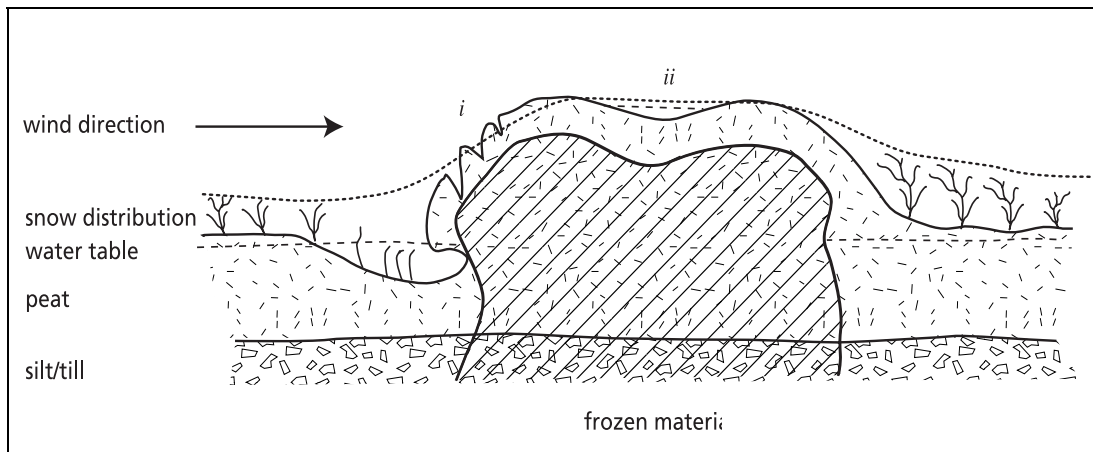


Figur 1:
Kupolformad pals som höjer sig ca 2.5 m över den omgivande myrytan. Ferdemyra, 5 juli 2004.

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

Frekvensen av de olika komponenterna ändras i både tid och rum (beskrivs utförligare nedan) och påverkar på så sätt vegetationsstrukturen på myrarna genom främst förändringar av hydrologiska faktorer, vindexponering och betestryck. Samtidigt som fördelningen av palsmyrens komponenter påverkar vegetationsstrukturen så återverkar vegetationens struktur på fördelningen av permafrosten genom påverkan på snöfördelning, markfuktighet och mark-temperatur. Resultatet är att frekvensen träd-, busk-, ört-, gräs-, moss- och lavdominerad vegetation varierar på ett utpräglat mosaikartat sätt över myrarna. Denna variationsbredd i den abiotiska och biotiska miljön har en avgörande betydelse för palsmyrekosystemens struktur och funktion i tid och rum.

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



Figur 2:

Palsoppbyggnad, grundvattennivå i omgivande myrmark, och snøns fordeling under hogvintern. Palsens frusna kärna er omgitt av ofrusen torv under sommaren, og vegetationens struktur på og rundt palsen er formet av vind og snøforholdene under vintern. i) eksponert yta som utsatt for vind og erosjon; ii) tilfeldig vannsamlings (källa: Hofgaard 2003).

3 Utbredning och klimatiska förutsättningar

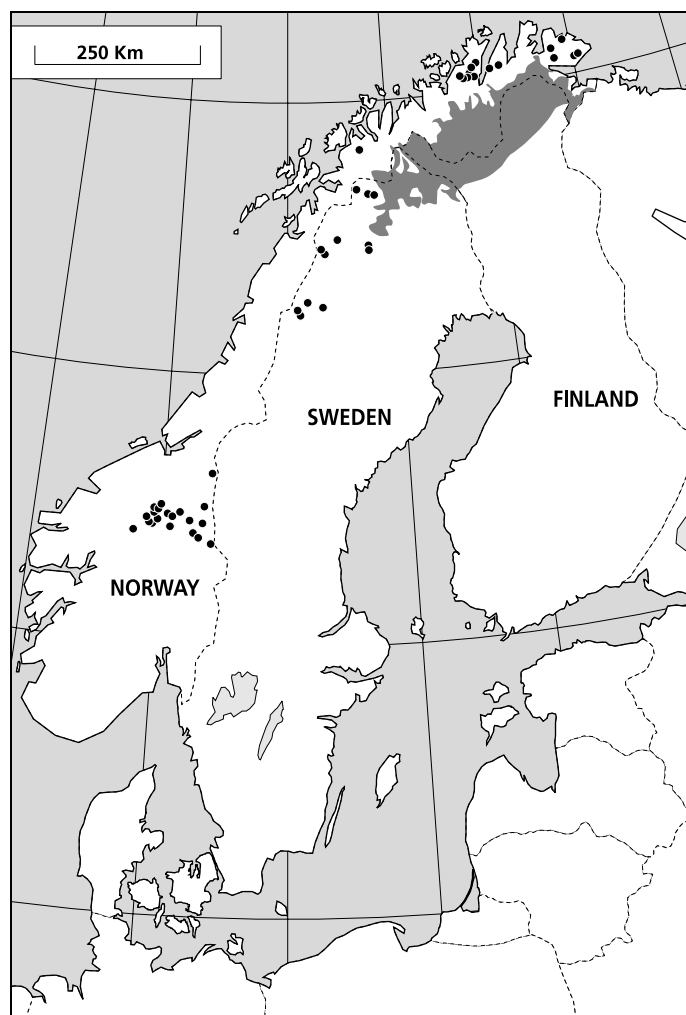
Palsmyrar förekommer i den circumpolära regionen med osammanhängande eller sporadisk permafrost i övergångszonen mellan boreala och arktiska/alpina områden. I detta vidsträckt område bildar palsar distinkta terrängformationer i subarktiska och subalpina myrmarker (Seppälä 1986, Laberge och Payette 1995).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

Klimatets långsiktiga förändringar på det norra halvklotet under efteristiden (Holocene) visar på en dominerande trend med gradvis avkylning från tidig till sen holocen tid men avbruten av kallare och varmare perioder som avviker från huvudtrenden. Den senaste kallare perioden var den några sekel långa så kallade Lilla Istiden som upphörde i slutet av 1800-talet (Grove 1988, Bradley och Jones 1992). Sedan dess har åter en period med uppvärmning dominerat det norra halvklotet, även om stora tidsmässiga och geografiska variationer har präglat perioden (Houghton et al. 1996). Dessa storskaliga klimatiska förändringarna påverkar utbredningen av zonen med osammanhängande eller sporadisk permafrost och förekomst och fördelning av permafrostformationer inom zonen

I Norge förekommer palsar i myrmarker främst inom två regioner, en i söder och en i norr men med några fåtal lokala förekomster däremellan (figur 3). Den södra regionen är mer eller mindre helt begränsad till Dovre – Femunden området medan den norra regionen är mer generell och täcker stora delar av Troms och Finnmarks fylken förutom kustnära områden. Den kontinentala eller lokalkontinentala klimattyp som är förhärskande i dessa områden är förutsättningen för bildning och överlevnad av palsar i denna annars relativt varma och fuktiga

klimategion 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.

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.



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

4 Palsmyrdynamik

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

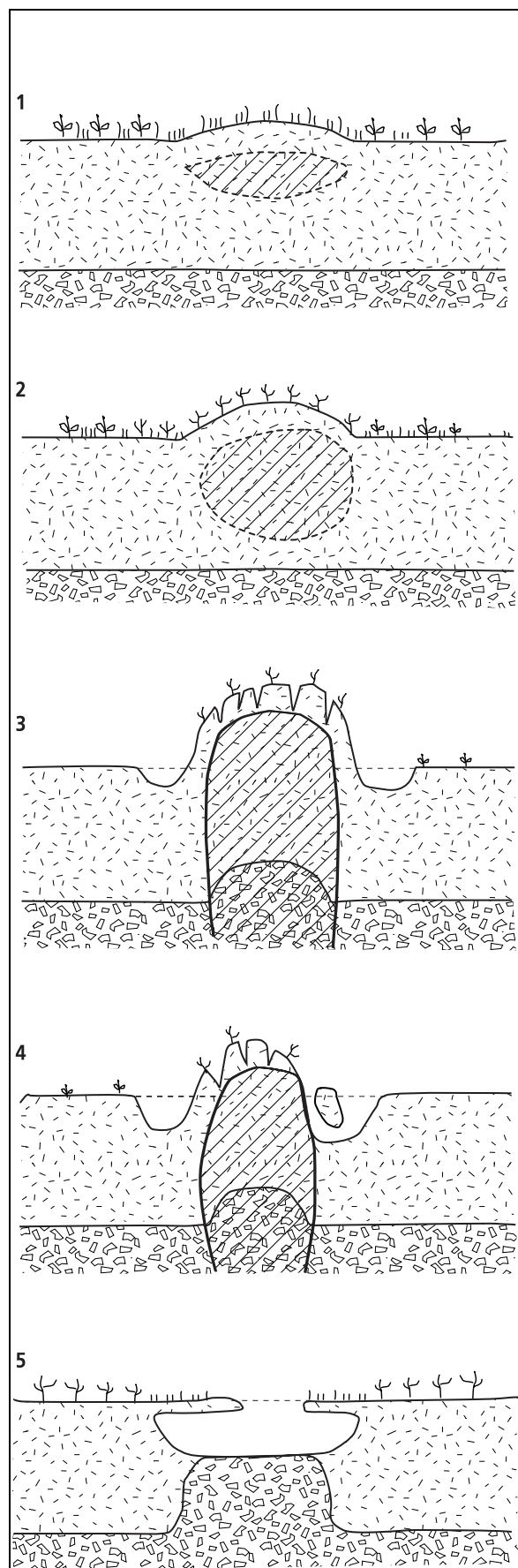
4.1 Temporala förändringar

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

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

2. Det behövs en serie av år med liknande förhållanden för att den frusna kärnan ska växa i storlek. Upphöjningen på myrens yta ökar i höjd också genom att vatten i torvens hålrum bildar islinser. Vid detta stadium när de övre delarna av palsen är tydligt markerade över 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.

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.



Figur 4:

Palsutveckling. 1) Nybildning av pals 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).

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

Vattenackumulation är en av de vanligaste orsakerna till erosion av palsar. När det gäller palsplataer så äger erosion rum både längs ytterkanter och på själva 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.

4.2 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.

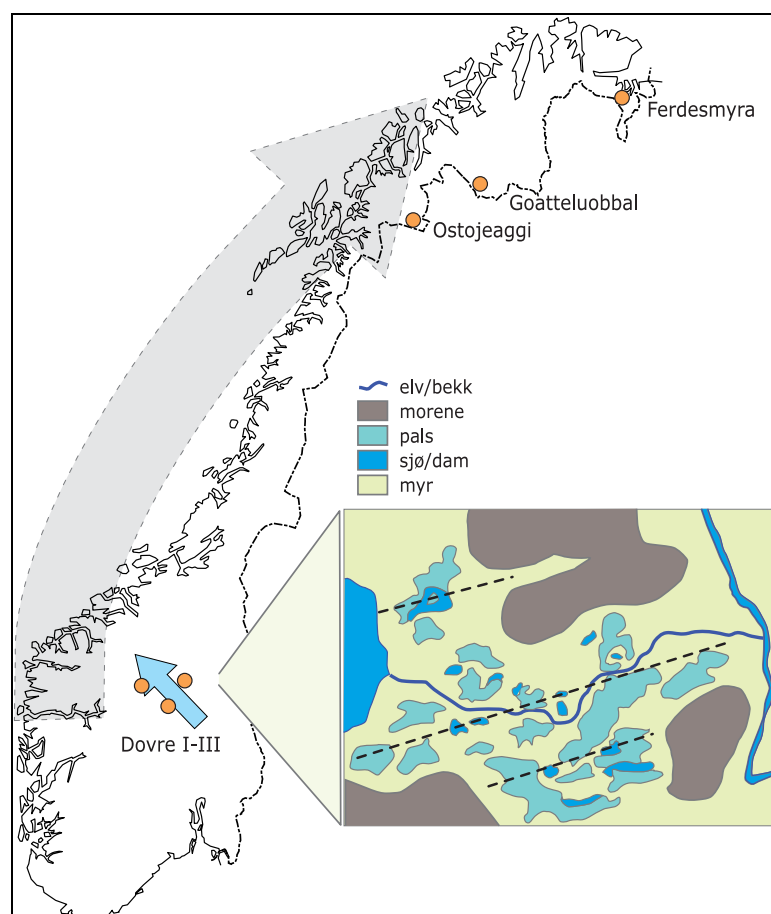
På alla de tre rumsliga skalorna kommer klimatförändringar att orsaka förändringar i fördelningen av palsar, palsplataer, dammar, våtmyrområden och olika vegetations typer. Av särskilt stor betydelse är förändringar i graden av oceanicitet som är en nyckelfaktor med stark inverkan på förekomst och frekvens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

5 Övervakningsdesign

5.1 Övervakningsområden

Fem övervakningsområden, Ferdesmyra, Goatteluobbal, Ostojeaggi, Haugtjørnin, och Haukskardmyrin, fördelade mellan Troms och Finnmark i norr och Dovre-området i södra Norge ingår i övervakningsprogrammet (se sektion 6 för detaljerad presentation). Områdena har valts så att de representerar de dominerande geografiska och klimatiska miljögradienterna i Norge. Huvudgradienten följer det minskade inflytandet av atlantiska luftmassor, och det ökade inflytandet av arktiska luftmassor, från söder till norr (figur 5). Denna gradient täcker den södra utbredningsgränsen för sporadisk och fragmenterad förekomst av permafrost i Skandinavien, samt samtidigt den västra utbredningsgränsen av den Nordeurasiska permafrostregionen. I söder har två myrområden valts inom det lokalkontinentala området där palsar förekommer. Områdena representerar en höjdgradient men för att denna gradient ska bli tydligare så är det en fördel om ännu ett område utses (se förslag i sektion 6.4.3). I norr har tre områden valts och dessa representerar en väst-öst gradient. I regionen mellan det sydliga och nordliga utbredningsområdet för palsmyrar förekommer palsar mycket lokalt eller tillfälligt, men inga av dessa lokaliteter är inkluderade i övervakningsprogrammet.

Inom de individuella utvalda områdena väljs avgränsade delområden ut för detaljerade övervakningsstudier. På grund av skillnaderna i storlek mellan områdena (från ca 0.1 till 15 km², se sektion 6) kommer olika stor del av myrområdena att omfattas av övervakningsstudien. De mindre områdena ingår mer eller mindre i sin helhet i studien medan tillgänglighet och representativitet är avgörande för val av delområden inom de större områdena. En serie permanenta analyslinjer läggs genom de utvalda delområdena och deras längd och antal anpassas till delområdets storlek och palsformationernas karaktär och omfång.



Figur 5: Studiedesign med utvalda övervakningsområden längs de dominerande miljögradienterna. Den skuggade pilen indikerar förändringen i dominerande luftmassor, från Atlantiska (fuktiga) till Arktiska (torra). Den blå pilen i söder illustrerar en höjdgradient. Linjerna genom palsmyrområdet på den infällda kartan visar transekter för insamling av abiotiskt och biotiskt data.

5.2 Linjeanalyser

Linjeanalyserna är designade att fånga upp variationer och förändringar av palsstruktur, dominerande vegetation, frekvens av olika markslag, och tjäldjup inom de utvalda delområdena. Detta görs med hjälp av detaljregistreringar inom sju variabelkategorier: markslag, bottenkikt, fältskikt, buskskikt, tjäldjup, höjd och torvsprickor (se bilaga III för beskrivning av de olika variablerna). De individuella linjernas längd bestäms av palsformationernas storlek och frekvensen av olika markslag inom palsmyrens delområden men minimum för linjerna är 50 meter. Registreringsfrekvensen längs linjerna är en meter, dvs för varje meter registreras värden och/eller den dominerande variabeln inom varje kategori. På grund av att registreringsarbetet är relativt tidskrävande görs linjeanalyserna med två olika intensiteter där ca en tredjedel av den totala linjelängden inom varje delområde analyseras detaljerat; dvs alla variabler registreras. För resterande två tredjedelar av linjerna registreras endast markslag, dominerande vegetation och torvsprickor. Eftersom vegetationen inom varje markslag är relativt homogen så kan det insamlade materialet från de två nivåerna av registreringsintensitet jämföras och sammanställas till gemensamma analyser, och utgör därmed ett samlat underlag för jämförelser över tid.

I tillägg till analyser längs palsstruktur- och frekvenslinjerna analyseras vegetationens artkomposition längs 15-20 slumpmässigt valda "artlinjer" inom de palsområden som ingår i delområdena. Data som insamlas längs artlinjerna utgör referensmaterial till de andra linjerna. Artlinjernas längd är 5 meter och registrering utförs med hjälp av en punktfrekvensmetod som anpassats till linjeanalyser där endast första vertikala träff på arter registreras för varje decimeter längs linjerna (dvs. 50 värden per linje). I tillägg registreras dominerande vegetationstyp för varje meter. Metervärdena och artkompositionen utgör grundlag för jämförelser med de längre palsstruktur- och frekvenslinjerna.

5.3 Fotodokumentation

Fotodokumentation görs längs alla långa linjer (gäller alltså inte artlinjer) vid start, slut och vid var femtionde meter längs linjerna. Fotograferingen görs i linjernas riktning för att visualisera det insamlade datat och för att underlätta omfotografering vid nästa analystillfälle. I tillägg väljs fotopunkter ut för att representera olika palsar och palsplatåers utvecklingsstadier, erosionskanter och dammars status, och förekomst av tillfälliga palsformationer i omgivande myrmark. Där det är topografiskt möjligt tas även översiktsfotografier som underlag för jämförelser över tid och som verifiering av flyg- och satellitbilder.

5.4 GPS-registreringar

Alla fotopunkterna längs linjerna GPS-registreras (UTM: WGS 84) för att möjliggöra och underlätta återfinnandet av linjer och foto/analys-positioner. I tillägg till positionsregistrering av alla fotopunkter registreras också artlinjernas position samt delområdenas palsformationer.

5.5 Fjärranalys

Flyg- och satellitbilder kommer att användas och analyseras för att kartlägg och övervaka utvecklingen av palsmyrar. Innan metoden kan tas i bruk på ett effektivt sätt och ge säkra resultat kommer det att krävas en hel del metodutvecklings- och verifieringsarbete. Det utvecklingsarbetet är för närvarande inte finansierat.

5.5.1 Flygbilder

Flygbilder finns för alla fem övervakningsområdena men tidsrummet som bilderna representerar och kvaliteten på bilderna varierar starkt. Högupplösliga bilder (med en upplösning som är större än 1:10000) finns inte för någon av områdena men bilder med en upplösning på 1:10000 – 1:20000 finns för alla områden utom Haugtjørnin. De bilderna

representerar främst slutet av 1950-talet men också en serie från 1972 (Ferdesmyra) och en från 1987 (Haukskardmyrin). Det begränsade antalet bilder för varje område gör att grundlaget för tidsserieanalyser blir mycket begränsat. Tre av områdena är representerade med mer än en bildeserie men bara i ett av områdena (Haukskardmyrin) representerar de en längre tidsperiod (1957-1987).

Flygbildsinformationen är hämtad från TerraTec AS på Statens kartverk som ansvarar för och förvaltar det nationala centralarkivet för flygfotografier (se www.terratec.no).

5.5.2 Satellitbilder

Satellitbilder finns från och med början av 1970-talet och utgör därmed ett 30-årigt grundlag för kontinuerlig övervakning av utvecklingen. I tillägg finns det Corona-bilder (svartvita icke digitaliserade bilder med en rumslig upplösning på 2-8 meter) för perioden 1961-1972.

Satellitbilder ger generellt bara en grov indikation på närvaro av permafrost och strukturella förändringar av palsmyrarna men högupplösliga nyare satellitbilder (Quickbird) kan ge mer detaljerad information och visa på förändringar på en skala på mindre än en meter. Se "Appendix I" i NINA Project Report 21 (Hofgaard 2003) för mer information om bruket av och möjligheter med satellitbilder.

Det är generellt stora kostnader knutna till köp och bruk av satellitdata men gratis data finns också tillgänglig: <http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>. Informationen i sektionerna 6.1 – 6.4 nedanför är hämtade från den Internet-adressen.

5.6 Klimatdata

Regionala och lokala klimatdata (från meteorologisk institutt i Oslo, www.met.no) med relevans för de individuella övervakningsområdena kommer att användas i analyserna av förändringar i palsmyrarna. I tillägg till data från *met.no* kommer data från Abisko meteorologiska station att användas för Ostojeaggi-området. Förändringar i temperatur- och nederbördsregimer kommer att vara centrala i analyserna tillsammans med förändringar i vindstyrka och riktning.

6 Områdesbeskrivninger

Nedan ges generella beskrivningar och specifik information om status, läge, berggrund och vegetation samt om tillgång på data rörande klimat, litteratur och olika typer av områdesdokumentation för de utvalda övervakningsområdena. Bergrundsinformationen är hämtad från www.ngu.no och information om vegetationsekologiskregion och vegetationsperiodens längd (antal dagar med en temperatur på $\geq 5^{\circ}\text{C}$ är hämtad från Moen (1998). De flesta områdena tillhör den vegetationsekologiskregionen Nb-C1 som är den nordboreala zonens lätt kontinentala sektion. Två av områdena i Dovreområdet tillhör den alpina zonen (A) och ett av dessa områden ligger i en övergångssektion (OC) mellan zonens kontinentala och oceaniska områden.

6.1 Ferdesmyra

<u>Status:</u>	Naturresevat
<u>Kart:</u>	Neiden 2334 II, Bugøyfjord 2334 I
<u>Geografisk beliggenhet:</u>	Finnmark, Sør-Varanger kommune, 69°44'N, 29°17'E
<u>Altitud:</u>	ca 70 m. o. h.
<u>Areal:</u>	ca 5x4 km
<u>Berggrunn:</u>	Båndgneis (amfibolitt, hornblendegneis, glimmergneis), stedvis migmatittisk
<u>Meteorologisk stasjon:</u>	Kirkenes lufthavn, Veines i Neiden
<u>Vegetasjonsøkologisk region:</u>	Nb-C1
<u>Dominerande myrtyper:</u>	Strengmyr og buskbevokst tuemyr med palsmyr innen begrensede deler
<u>Litteratur:</u>	Vorren 1972, 1979
<u>Satellittbilder:</u>	Landsat TM/ETM fra 1990, 1993, 2001,2002
<u>Flybilder:</u>	1957 serie 890 (1:20000) bild P29, Q29 1972 serie 4033 (1:15000) bild L7
<u>Fotodokumentasjon:</u>	-
<u>Adkomst:</u>	Vid vei (E6)

Ferdesmyra (figur 6) ligger i Sør-Varangers kommun i östra Finnmark och området har ett relativt kontinentalt klimat med en årsmedeltemperatur på ca -1°C , en årlig nederbörd på ca 370 mm och en vegetationsperiod på ca 120 dagar. Detaljerade data om torvdjup, torvkvallitet, förekomst av permafrost och frekvens av palsformationer, dammar och vegetationstyper finns tillgängliga i publikationer av Vorren (1972, 1979). Myren saknar tydliga nybildningar med pals men äldre palsar i olika stadier av tillväxt och degenerering förekommer och då främst i myrens norra och västra delar. De myrområdena karakteriseras av kupolformade palsar med en medelhöjd på ca 2.5 meter (figur 7) och med de högsta på upp mot 3.5 meter. De flesta palsar har ett torvlager på ca 1 meter eller mer, men palsar med tunnare torvlager, och palsar med en synlig mineralkärna ovanför myrens vattennivå förekommer. Åldern på myrens olika komponenter har uppskattats till ca 4000 år för den ombrotrofa torvens tillväxtstart, ca 2300 år för torvryggar, men de flesta palsformationer har troligen sitt ursprung i början av 1600-talet. Vorren drar i sina arbeten slutsatsen att palsarna främst härrör från några få klimatiskt extrema år under Lilla Istidens kulmination och att den pågående erosionen av palsarna startade som en följd av klimatförbättringar i början av 1900-talet (mellan första och tredje decenniet) då årsmedeltemperaturen ökade med ca 2°C och vintertemperaturen med ca 3.5°C .



Figur 6:
Norra delen av Ferdesmyra mot NV. 5 juli 2004.



Figur 7:
En av de högsta palsarna, ca 2,5 m, med omgivande lagg och myrmark inom Ferdesmyras norra del. 5 juli 2004.

6.2 Goatteluobbal

<u>Status:</u>	Uten vernestatus
<u>Kart:</u>	Adjit 1832 IV
<u>Geografisk beliggenhet:</u>	Finnmark, Kautokeino kommune, 68°55'N 22°22'E
<u>Altitud:</u>	435 m.o.h.
<u>Areal:</u>	6 områder på totalt ca 15 km ²
<u>Berggrunn:</u>	Diorittisk til granittisk gneis, migmatitt
<u>Meteorologisk stasjon:</u>	Kautokeino, Suolovuopmi, Sihcjavri
<u>Vegetasjonsøkologisk region:</u>	Nb-C1
<u>Dominerende myrtyper:</u>	Palsene er et iøynefallende trekk i myrlandskapet som i øvrig består av flatmyr med starr og ull, tueblandningsmyr, strengblandningsmyr
<u>Litteratur:</u>	Granmo 1988
<u>Satellittbilder:</u>	Landsat TM/ETM fra 1987, 1988, 1992, 2000
<u>Flybilder:</u>	1958 serie 2033 (1:20000) bild B 7-9, C 12-16, D 11-13
<u>Fotodokumentasjon:</u>	Granmo 1988, Nilsen 2004
<u>Adkomst:</u>	Sjøfly, traktorvei

Goatteluobbal är ett stort myrområde ca 30 km sydväst om Kautokeino i västra Finnmark som inkluderar ett stort antal myrkomplex, småsjöar, tjärnar, dammar och bäckar. Området präglas av ett kontinentalt klimat med en årsmedeltemperatur på ca -2.3°C och en årsnederbörd på ca 350 mm varav hälften faller under sommaren och endast ca 100 mm under perioden december – mars. Området är snötäckt drygt 200 dagar per år och vegetationsperioden är ca 110-120 dagar. Detaljerade data om området och dess myr- och vegetationstyper finns publicerade i en rapport från Tromsø museum (Granmo 1988) där också information om palsförekomst, frekvens och struktur ingår. Området karaktäriseras av torvringar från tidigare palsar, dammar, lagg områden, kupolpalsar och stora palskomplex med varierande grad av fragmentering och tillväxt (figur 8-9). Palsarna är i allmänhet mellan en och fem meter höga och deras ålder har uppskattats till 2000-3000 år (Åhman 1977) men även nybildning av palsar förekommer (Granmo 1988).

På grund av områdets storlek (ca 15 km²) så kan endast mycket begränsade delar ingå i övervakningsstudiens fält del men betydligt större delar i den fjärranalytiska delen. Åtkomlighet och representativitet kommer att utgöra grundlaget för val av detaljområden.



Figur 8:
Muvrresahpi. Foto Stein Nilsen, Fylkesmann Finnmark, 26. juni 2004



Figur 9:
Nordsiden av Vuolit Vuohcetjavri. Foto Stein Nilsen, Fylkesmann Finnmark, 26. juni 2004.

6.3 Ostojeaggi

<u>Status:</u>	Naturreservat
<u>Kart:</u>	Geavdnjajavri 1531 I (Altevatn 1532 II, Julosvarri 1632 III, Leinavatn 1631 IV)
<u>Geografisk beliggenhet:</u>	Troms, Bardu kommune, 68°29'N 19°48'E
<u>Altitud:</u>	495 m.o.h.
<u>Areal:</u>	ca 6 km ²
<u>Berggrunn:</u>	Båndgneis (amfibolitt, hornblendegneis, glimmergneis), stedvis migmatittisk
<u>Meteorologisk stasjon:</u>	Sætermoen, Innset i Bardu, Dividalen, Abisko
<u>Vegetasjonsøkologisk region:</u>	Nb-C1
<u>Dominerende myrtyper:</u>	Palsene er dominerende i deler av myrlandskapet; flatmyr med starr og ull, tueblandningsmyr, strengblandningsmyr Vorren 1979
<u>Litteratur:</u>	
<u>Satellittbilder:</u>	Landsat TM/ETM/MSS fra 1981, 1992, 1994, 2000
<u>Flybilder:</u>	1947 serie 255 (1:40000) bild E5 1956 serie 811 (1:10000) bild B5, C5 1958 serie 9062 (1:15000) bild AL6
<u>Fotodokumentasjon:</u>	Hofgaard 2004
<u>Adkomst:</u>	Båt over Altevatn

Ostojeaggi ligger i den sydöstra delen av Troms fylke i Bardu kommun och utgör ett ca 6 km² stort område mellan Altevatn och Leinavatn. Området domineras av en kontinental klimattyp med en årsmedeltemperatur på ca -1°C, årsnederbörd på ca 300 mm och en ca 120 dagar lång vegetationsperiod. Den maximala åldern på områdetets palsar har uppskattats till ca 1000 men de flesta antas ha bildats under en relativt kort någon gång mellan 1410 och 1710 (Vorren och Vorren 1976). Palsarna som antas härröra från denna period är som regel bara 0.75-1.5 m höga men har ofta en stor yta, så kallade palsplatåer (figur 10). Förutom palsplatåerna karakteriseras området av äldre kupolpalsar på upp till 3.5 m och dammar efter äldre kollapsade palsar (figur 11). Kortlivade embryopalsar som endast höjer sig någon enstaka decimeter över den omgivande myren utgör också ett karakteristiskt inslag i myrområdet. Under 1970-talet uppmärksammades nya ca 2 meter höga palsar i området och dessa antas ha orsakats av den klimatförsämring som ägde rum i perioden efter mitten på 1900-talet och fram till och med 1970-talet (Vorren 1979).



Figur 10:
Palsplatå med ett lokalt kollapsområde där en damm bildats. 15 juli 2004.



Figur 11:
En av de högsta palsarna, ca 3.5 m, i myrens centrala delar. 15 juli 2004.

6.4 Dovre

Dovre-regionen i sødra centrala Norge hyser de sydligaste välutvecklade palsmyrområdena i Skandinavien. Palsformationer förekommer i intervallet mellan ca 1000 och 1400 meter över havet. Regionen har ett kontinentalt klimat med en årsmedeltemperatur på ca -0.5 till -2.5°C, en vinternederbörd på ca 170 mm, och en vegetationsperiod på ca 110-130 dagar. Palsar förekommer sparsamt spridda i myrmarkerna tillsammans med lämningar från tidigare idag nästan eller helt kollapsade palsar och palsplatåer. Lämningarna utgör i dag karaktäristiska komponenter i myrmarkerna (figur 12 och 13). Förändringar under de senaste decennierna och strukturer i palsmyrmarkerna finns dokumenterade för några myrområden (Sollid och Sørbel 1974, 1998; Matthews et al. 1997). Sollid och Sørbel baserar sina studier på upprepad fotografering och mätningar av storlek höjd, och förekomst av tjäle i individuella palsformationer. Den maximala höjden för individuella palsar i regionen är i allmänhet ca 1 meter, och den vanligaste formen är små till upp till flera hundra m² stora palsplatåer (figur 14), men tydliga kupolpalsar är sällsynta (figur 15). De allra flesta palsarna befinner sig i en fas med dominerande nedbrytning, och fotografiska bevis visar en tydlig minskning i individuell palsstorlek mellan 1974 och 1996, men procentuella förändringar av myrmarkernas komponenter (t.ex. palsar, dammar, våtmyr, starrvegetation) har inte rapporterats. För närvarande under rådande klimatregim är det inte troligt att nybildning eller tillväxt av palsarna kommer att ske i de lägre liggande plasmyrarna (ca 1000-1200 m.ö.h.), även om embryopalsar tillfälligt kan förekomma.

6.4.1 Haugtjørnin (Dovre 1)

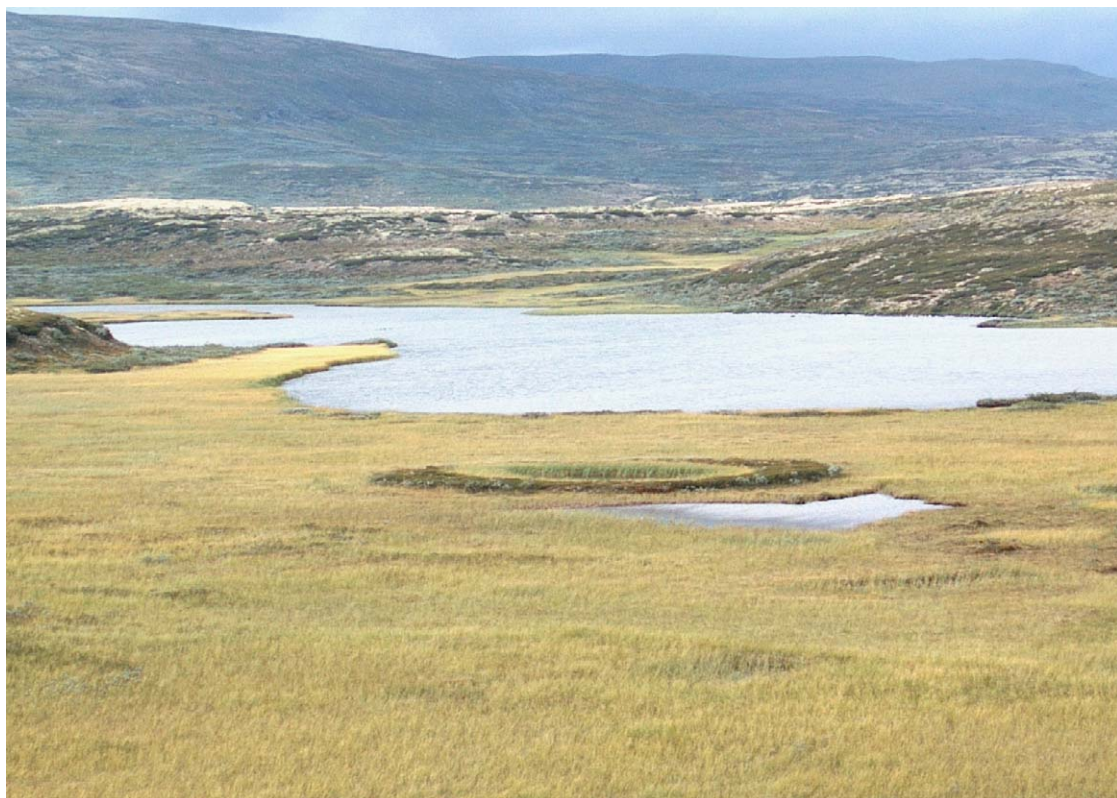
<u>Status:</u>	Inngår i Dovrefjell nasjonalpark
<u>Kart:</u>	Einunna 1519 I
<u>Geografisk beliggenhet:</u>	Sør-Trøndelag fylke, Oppdal kommune, 62°21'N, 9°45'E
<u>Altitud:</u>	1120 m.o.h.
<u>Areal:</u>	Spridde mindre myrområden over et større område på 5x1 km
<u>Berggrunn:</u>	Kalkglimmerskifer, kalksilikatgneis
<u>Meteorologisk stasjon:</u>	Kongsvold, Mjøen, Folldal
<u>Vegetasjonsøkologisk region:</u>	A-C1.
<u>Dominerende myrtyper:</u>	Starr- og ullbevokst flatmyr med spridde fåtallige palsformationer
<u>Litteratur:</u>	Sollid & Sørbel 1974, 1998; Moen 1983, 1994
<u>Satellittbilder:</u>	Landsat TM/ETM/MSS fra 1976, 1987, 1988, 1999, 2002
<u>Flybilder:</u>	1963 serie 1431 (1:35000) bild D21
<u>Fotodokumentasjon:</u>	Sollid & Sørbel (1974, 1998)
<u>Adkomst:</u>	Vei til Bekkelægret

6.4.2 Haukskardmyrin (Dovre 2)

<u>Status:</u>	Naturresevat
<u>Kart:</u>	Hjerkinn 1519 III
<u>Geografisk beliggenhet:</u>	Oppland fylke, Dovre kommune, 62°04'N, 9°23'E
<u>Altitud:</u>	1050 m. ö. h.
<u>Areal:</u>	103 ha
<u>Berggrunn:</u>	Dioritt, monzodioritt
<u>Meteorologisk stasjon:</u>	Fokstua, Kongsvold, Folldal
<u>Vegetasjonsøkologisk region:</u>	Nb-C1
<u>Dominerende myrtyper:</u>	Palsene har stor utbredelse i myren tilsammen med flatmyr bevokst med starr og ull
<u>Litteratur:</u>	Sollid & Sørbel 1998, Moen 1979, 1994
<u>Satellittbilder:</u>	Landsat TM/ETM/MSS fra 1976, 1987, 1988, 1999, 2002
<u>Flybilder:</u>	1957 serie 901 (1:10000) bild F1 (endest deler av myren) 1963 serie 1431 (1:35000) bild H13 1987 serie 9308 (1:15000) bild A12-13
<u>Fotodokumentasjon:</u>	Sollid & Sørbel 1998
<u>Adkomst:</u>	Vei til Furuhauglie



Figur 12:
Östra delarna av Haugtjørnin med rester av palsplatåer som har minskat markant i omfattning sedan 1970-talet. 25 augusti 2004.



Figur 13:
"Torvring" efter tidigare pals i norra delen av Haugtjørnin-området. 25 augusti 2004.



Figur 14:
Centrala delarna av Haukskardmyrin. 25 augusti 2004



Figur 15:
Centrala delarna av Haukskardmyrin med största palsen och omgivande damm. 25 aug. 2004

6.4.3 Dovre 3

Eftersom de enskilda områdena i Dovre-området är relativt små och består av få palsformationer är ytterligare ett övervakningsområde önskvärt för att ge ett starkare underlag för konklusioner om palsmyrutvecklingen i det södra utbredningsområdet.

6.4.3.1 Dalsætra

Området är utan aktiva palsformationer men karaktäriseras av torvryggar och dammar från tidigare palsaktivitet.

<u>Status:</u>	Naturreservat
<u>Kart:</u>	Einunna 1519 I
<u>Geografisk beliggenhet:</u>	Hedmark fylke, Folldal kommune, 64°18'N 10°03'E
<u>Altitud:</u>	940 m.o.h.
<u>Areal:</u>	ca 4x2 km, begrensede deler av reservatet består av myr
<u>Berggrunn:</u>	Kvartsdioritt, tonalitt, trondheimitt / glimmergneis, glimmerskifer, metasandstein, amfibolitt
<u>Meteorologisk stasjon:</u>	Folldal, Kongsvold
<u>Vegetasjonsøkologisk region:</u>	Nb-C1
<u>Dominerande myrtyper:</u>	-
<u>Litteratur:</u>	Moen 1983
<u>Satellittbilder:</u>	Landsat TM/ETM/MSS fra 1976, 1987, 1988, 1999, 2002
<u>Flybilder:</u>	1963 serie 1431 (1:35000) bild E26
<u>Fotodokumentasjon:</u>	-
<u>Adkomst:</u>	Vid vei

6.4.3.2 Leirpullan

Området karakteriseras av palsliknande permafrostformationer där den frusna kärnan består av sediment. På grund av den höga höjden är områdets torv/humusskikt tunt.

<u>Status:</u>	ingår i Dovrefjell nasjonalpark
<u>Kart:</u>	Snøhetta 1519 IV
<u>Geografisk beliggenhet:</u>	Sør-Trøndelag fylke, Oppdal kommune, 62°21'N 9°18'E
<u>Altitud:</u>	1437 m.o.h.
<u>Areal:</u>	ca 0.1 km ²
<u>Berggrunn:</u>	metasandstien, skifer
<u>Meteorologisk stasjon:</u>	Fokstua, Aursjøen, Kongsvold
<u>Vegetasjonsøkologisk region:</u>	A-OC
<u>Dominerande myrtyper:</u>	bekkedelta (ikke myr) med palslignande permafrostformasjoner
<u>Litteratur:</u>	Matthews et al. 1997
<u>Satellittbilder:</u>	Landsat TM/ETM/MSS fra 1976, 1987, 1988, 1999, 2002
<u>Flybilder:</u>	1963 serie 1431 (1:35000) bild D13 1981 serie 7128 (1:15000) bild D17 1982 serie 7584 (1:15000) bild D16
<u>Fotodokumentasjon:</u>	Matthews et al. 1997
<u>Adkomst:</u>	Sti 8 km fra Snøheimhytta

7 Tidsplan:

Vart och ett av de utvalda områdena återanalyseras vart femte år med start i norr i juli 2004. Planen för innevarande uppstartsperiod och kommande återanalyserperioder är enligt följande:

2004	Ostojeaggi
2005	Dovre område 1 (eller 1+2, se ovan)
2006	Goatteluobbal
2007	Dovre område 2 (eller 3, se ovan)
2008	Ferdesmyra
2009	Ostojeaggi
Osv	

8 Referenser

- Bradley, R.S. och 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.
- Granmo, A. 1988. Goatteluobbal – et våtmarksområde i Kautokeino. Botaniske verdier. TROMMURA, Tromsø Museums rapportserie nr. 64. 71pp.
- 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.
- IPCC 2001. Working Group I Assessment Report, *Climate Change 2001: The Scientific Basis (Summary for policymakers)*. www.gcrio.org/online.html.
- 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.
- Luoto, M., Heikkinen, R. K. och Carter, T. R. 2004. Loss of palsa mires in Europe and biological consequences. *Environmental Conservation* 31: 1-8.
- Luoto, M. och 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. och Seppälä, M. 2003. Thermokarst ponds as indicators of the former distribution of palsas in Finnish Lapland. *Permafrost and Periglacial Processes* 14: 19-27.
- Matthews, J.A., Dahl, S.-O., Berrisfjord, M.S. och Nesje, A. 1997. Cyclic development and thermokarstic degradation of palsas in the mid-alpine zone at Leirpullan, Dovrefjell, southern Norway. *Permafrost and Periglacial Processes* 8: 107-122.
- Moen, A. 1999. *National Atlas of Norway. Vegetation*. Norwegian Mapping Authority, Hønefoss, Norway. 200pp.
- 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 premafrost 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. 1974. Palsa bogs at Haugtjørnin, Dovrefjell, South Norway. *Norsk Geografisk Tidsskrift* 28: 53-60.
- 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.
- Vorren, K.-D. och Vorren, B. 1976. The problem of dating a palsa. Two attempts involving pollen diagrams, determination of moss subfossil, and C14-datings. *Astarte* 8: 73-81.
- Zhang, T., Barry, R.G. och Haeblerli, 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.

Bilagor

Bilaga I:

Recommendations for a monitoring program

As both climate and land use are profoundly affecting palsa peatland dynamics at the same time as there is an apparent time lag between cause and response, interpretation of responses will be difficult. Consequently, all methods used for data collection and analyses of data have to be carefully considered. The palsa peatlands occurrence throughout Norway can be correlated with a number of thermal indicators (e.g. mean seasonal and annual temperatures, precipitation values, degree-days, etc.) to establish statistical relationships between climate variables and the distribution of palsa peatlands. However, this does not mean that the same natural forces are limiting the local occurrence and distribution along gradients in latitude and oceanicity. Thus to be able to draw profound and broad ranging conclusions on how changes in the climate are effecting the distribution and structure of palsa peatlands a monitoring program covering a broad range of climate settings is needed. A three-dimensional transect-approach capturing the variability given by the geographic and climatic diversity represented throughout Norwegian palsa peatlands would be desirable. Preferably the main transect follows the decreasing impact of Atlantic air masses (and increasing Arctic air masses) along a latitudinal gradient from Dovre in south central Norway to Finnmark County in the north.

Along this main transect, which covers the area from the southern fringe of the Scandinavian zone with discontinuous permafrost to the western fringe of the northern Eurasian permafrost region, will secondary transects be aligned. In the south the secondary transect will be an altitudinal transect within the local continental area where palsa peatlands occur. In the north, however where palsa peatlands occur in a broader geographic and climatic context secondary transects will be aligned along coastal inland gradients (i.e. increasing continentality). Between the northern and southern part of the main transect palsa peatlands only rarely occur or have a pronounced local or ephemeral occurrence. Consequently, secondary transects cannot be aligned but individual localities should be included along the main latitudinal transect. At each local site and along the secondary transects will individual palsa peatlands be selected. The third dimension consists of transects for field data acquisition across selected peatlands (described below). The number of these transects per selected peatland will depend on the size of the peatland, and the density of recorded data along transects will vary between data variables as given below.

Geographical areas and environmental gradients

Given the proposition above the following areas/localities are suggested to represent the gradients (Figure 5): i) In the Dovre – Femunden region will a set of palsa peatlands be chosen at different altitudes representing a gradient with decreasing annual temperature in a southern continental region. ii) If possible one locality in Sylane will be chosen to represent a site with apparent oceanic influence (high mean annual precipitation). iii) Astujæggi in southeastern Troms will represent the climatic transition zone between areas dominated by Atlantic masses to the south and Arctic air masses to the north. iv) and v) In western and eastern Finnmark, respectively, palsa structures are common components in a good number of peatlands except in the most coastal areas. Two localities will be chosen along each of two coast-inland gradients (one in the west and one in the east). Færdesmyra will be one of the eastern localities while the other three needs to be selected. These localities provide the necessary diversity of climatic environments for studies of non-climatic natural dynamics in palsa peatlands and changes caused by long-term and short-term climate changes.

Methods

Climate variables

In each study area, data loggers will be used for temperature recordings at ground level and at different depth in selected palsas and surrounding peatland without permafrost. The data loggers will be downloaded approximately every second year (depending on the recording fre-

quency). The retrieved data will be compared with both regional meteorological data and data from local meteorological stations (as close as possible to each study area). In addition, precipitation and snow data from these stations will be included in the study.

Land cover types

Classification, area coverage, and changes through time of land cover types (palsas, palsa plateaus, rim ridges, ponds, dry peatlands without permafrost, wet peatlands without vegetation, sedge dominated areas, shrub and/or tree dominated areas) will be studied by both remote sensed data and data collected from the ground.

Both air-borne and space-borne remote sensed data can be useful in analyzes of property changes in palsa peatlands through time. However, the precision decreases with decreasing size and height of permafrost feature, and it is currently unlikely that palsa plateaus and dry peatlands without permafrost can be separated. Consequently, there is a need for further development including comparison with detailed ground data before the method can be in operative use and provide reliable data on changes of permafrost in palsa peatlands in general. However, frequency and size changes of ponds, sedge dominated areas, dry peatlands, and dominating dome shaped palsas could preferably be analyzed over larger areas by remote-sensing. Detailed information on possibilities and challenges in connection with data retrieval from images originating from air borne and space borne platforms are given in Appendix I.

Ground data will be retrieved along lines across the peatlands. The same cover types, as for remote sensing will be used and the grain size for data collection will be 1m. GPS positions will be recorded for all lines to ensure highest possible accuracy through time. Additionally, all ponds will be classified according to their position in the peatland: height elevation above the main water level, surrounding the palsas, in the center of old decayed palsas, or in depressions on elevated palsa surfaces.

Morphology

The morphology of all permafrost features along the lines and above the water level of the surrounding peatland will be recorded. Measured variables will be palsa type, vegetation cover, height, shape, degree of decay, frequency and size of cracks, and thaw depth. In addition to these analyzes along the lines selected palsa features will be mapped in more detail using the same variables in addition to measurements of size and permafrost distribution (ground radar).

Vegetation

The vegetation structure will be recorded in selected areas (random selection) within all land cover types represented in each studied peatland. By the use of a point method adopted to analyses along line transects (Hofgaard unpubl.) will species composition, dominating species in the shrub layer, dwarf shrub layer, field layer, and the bottom layer be recorded along with data on the frequency of non vegetated patches and edaphic substrates. The used accuracy will be 10 point recordings per meter and layer.

Human impact

Human activities have had and have an apparent impact on these peatlands through drainage, use of peat as fuel and litter, grazing by domestic and semi domestic stock, and use of vehicles (snowmobiles, four-wheel drives, and motorbikes) with consequences for hydrological properties, vegetation structure and erosion of palsas. Signs of present as well as historic human activities will be recorded along with an estimation of the size of the impacted area. To some extent, this will be subjective data although needed in the evaluation of changes (dynamics and trends) of the peatlands.

Monitoring intensity and reporting

A monitoring program with a five years interval is probably most convenient for capturing of both long-term changes and some of the short-term. To some extent, there is a risk that a five years interval will be too coarse to register for example temporary new frost mounds, at the same time as it possibly is frequent enough to avoid misinterpretations of these events. In Québec, Canada, a monitoring program with ten-year intervals is used in one case (Laberge and Payette 1995). However, they are monitoring an area that is climatically not as close to the limit of palsa existence as at least the southern and western Scandinavian palsa peatlands

are. A ten-year Norwegian monitoring program would probably not capture some of the rapid changes that might occur due to a combined effect of changed climate and land use in these areas. Results from the monitoring project should be reported and published after the initial recording and after each repeated survey.

Group of expertise

The Norwegian Institute for Nature Research will have the administrative and scientific responsibility for the monitoring project within the economic frames given by the Norwegian Directorate for Nature Management. The responsibility includes scientific design, arrangements for data collection, methods, data analyses, and publication. To make sure that the most optimal decisions are taken throughout the initial period of the monitoring program a group of scientific expertise will be connected to the project. This group that is identical to the workshop group that met in Trondheim in February 2003 (cf. Appendix II), is representing a broad range of relevant scientific fields, geographical regions, and Norwegian universities and institutes.

Possibilities, strengths, weaknesses

The climatic and geographic regions of Norway are ideal for the proposed monitoring project along and across the fringe of the zone with discontinuous permafrost. In addition, the broad scientific surrounding of the project (group of expertise) would warrant a successful project through time. The methods for collection of data described above can and has to be further developed and detailed descriptions of each measured parameter are needed before the monitoring project is launched. However, used methods and spatial and temporal frequency of data collection is all dependent on the funding situation and to what degree it will allow monitoring of palsa peatlands over a broad climatic range.

Bilaga II:

Vitenskapelig referanse gruppe.

Annika Hofgaard	Seniorforsker, NINA	annika.hofgaard@nina.no
Asbjørn Moen	Professor, NTNU	asbjorn.moen@vm.ntnu.no
Atle Nesje	Professor, UiB	atle.nesje@geol.uib.no
Else Løbersli	Rådgiver, DN	else.lobersli@dirnat.no
Hans Tømmervik	Forsker, NINA	hans.tommervik@nina.no
Johan Ludvig Sollid	Professor emeritus, UiO	j.l.sollid@geografi.uio.no
Karl Dag Vorren	Professor, UiTø	karldag@ibg.uit.no
Ketil Isaksen	Seniorforsker, DNMI	ketil.isaksen@met.no
Kjell Arild Høgda	Seniorforsker, NORUT-IT	kjell-arild.hogda@itek.norut.no
Signe Nybø	Rådgiver, DN	signe.nybo@dirnat.no
Svein-Olaf Dahl	Førsteamanuensis, UiB	svein.dahl@geog.uib.no
Terje Klokk	Rådgiver, DN	terje.klokk@dirnat.no

Bilaga III:

Variabler som registreras vid linjeanalyserna

markslag	lagg*	vattensamling runt eller längs palskanter, ev. täckt av Sphagnum och ull
	mf	myrflata - myrens 0 m-nivå, nivå för dammar och blötmyr
	np	nya palsbildningar/islinser i blötmyr, visas genom att vegetationen nyligen dött
	p	pals
	pp	palsplatå
	pr	palsring
	d	damm
	pöl	grund pöl på palsens yta (fast botten och går att gå igenom)
	t	"tuva" - torr myrmark
bottenskikt	dt	död torv - svarta områden utan vegetation
	lav	kollektivt för all lav
	mo	mossa - allt utom vitmossa (Sphagnum)
	sph	Sphagnum coll
	st	strö (=förna)
	va	vatten
fältskikt	cx	kollektivt för alla starrarter (Carex)
	hj	hjortron
	ris	kollektivt för alla Vaccinium-arter + kråkris (Empetrum)
	ros	rosling (Andromeda polifolia)
	säv	tuvsäv (Trichophorum caespitosum)
	ull	kollektivt för alla ull arter (Eriophorum)
buskskikt	b.na	dvärgbjörk (Betula nana)
	skv	skvattram (Ledum palustre)
	sa	kollektivt ör alla videarter (Salix)
	()	förekomst av arten men ej dominerande som buskskikt
tjäldjup	150	tjäldjup i cm, en mätning per meter
	"150"	osäkert om det är tjäle eller sediment
	150+	tjäle ej nådd på det uppmätta djupet
torvsprickor	s	spricka, anges i antal och bredd
höjd	60	höjd i cm över myrens 0-nivå

* = förkortningar som används i fältprotokollen

NINA Oppdragsmelding 841

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-1482-1

NINA Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor • Tungasletta 2 • 7485 Trondheim

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

<http://www.nina.no>