

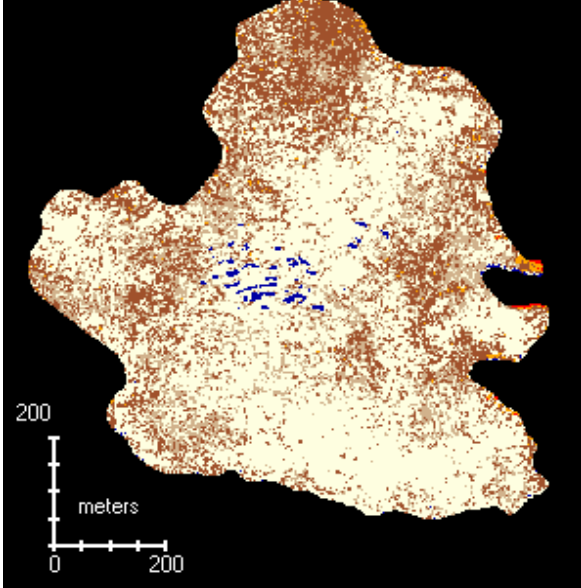
Mycket högupplösande satellitdata för upptäckt av långsiktiga vegetations- förändringar på öppna mossar

Statusrapport 2006

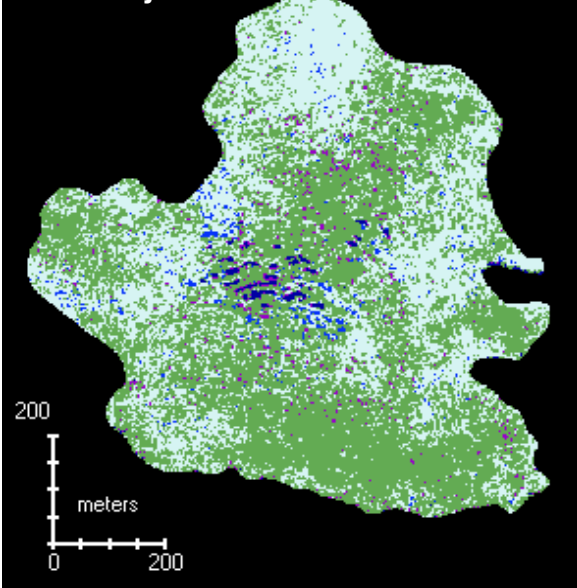


LÄNSSTYRELSEN
HALLANDS LÄN

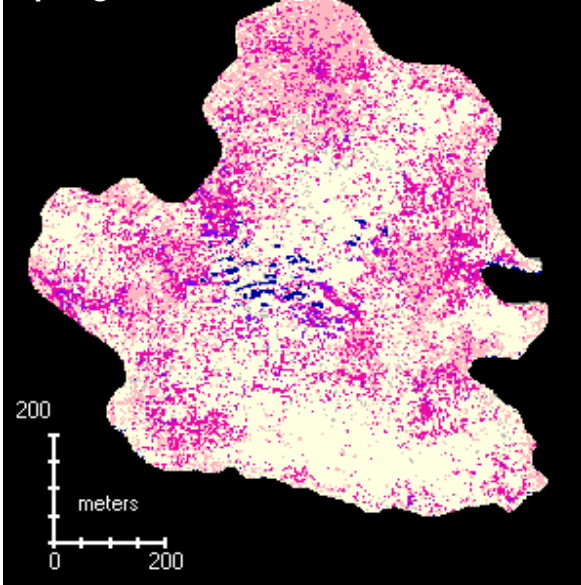
Ombrotrof-eutrof



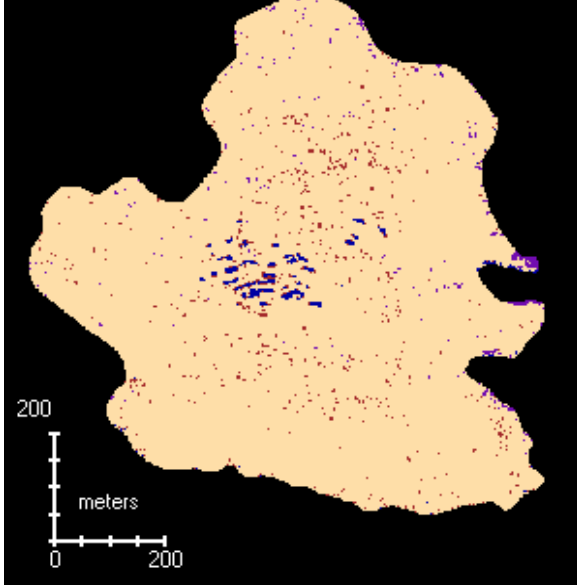
Tuva-hölja



Sphagnumtäckning



Kärr-mosse



Titel: Mycket högupplösande satellitdata för upptäckt av långsiktiga vegetationsförändringar på öppna mossar. Statusrapport 2006.

Utgivare: Länsstyrelsen i Hallands län

Författare:

Laine Boresjö Bronge
Vattenfall Power Consultant AB
Box 527
162 16 Stockholm

Lars-Åke Flodin
Länsstyrelsen i Hallands län
Enheten för naturvård & miljöövervakning
301 86 Halmstad

Urban Gunnarsson
Växtekologiska avdelningen
Uppsala universitet
Villavägen 14
752 36 Uppsala

Beställningsadress:

Länsstyrelsen i Hallands län
Enheten för naturvård & miljöövervakning
301 86 Halmstad

Meddelandeserie: Meddelande 2007:27

ISSN: 1101-1084

ISRN: LSTY-N-M-07/27.SE

Tryck: Länsstyrelsens tryckeri, 2007

Omslagets framsida: Fyra härledda kartor över Lyng mosse visande de viktigaste ekologiska gradienterna. Kartorna är baserade på klassningsresultat från QuickBird-data.

Förord

Föreliggande rapport redovisar resultat från ett flerårigt projekt som syftar till att utveckla en satellitbildsbaserad metod för upptäckt och övervakning av långsiktiga vegetationsförändringar på öppna myrar i Syd- och Mellansverige. Projektet drivs i samverkan med länsstyrelserna i Halland och Jönköpings län, och med Växtekologiska avdelningen vid Uppsala Universitet, med huvudsaklig finansiering från Rymdstyrelsen och Naturvårdsverket. Länsstyrelserna i Halland och Jönköpings län bidrar till projektet både finansiellt och med eget arbete.

Fältbilderna i Halland är tagna av Lars-Åke Flodín, fältfotona från Store Mosse nationalpark av Urban Gunnarsson.

Omslagsbilden visar fyra härledda kartor över Lyng mosse visande de viktigaste ekologiska gradienterna. Kartorna är baserade på klassningsresultat från QuickBird-data.

Råcksta 14 maj 2007

För mer information kontakta

Laine Boresjö Bronge, Vattenfall Power Consultant (laine.boresjo.bronge@vattenfall.com)

Lars-Åke Flodín, Länsstyrelsen Hallands län (lars-ake.flodin@n.lst.se)

Yvonne Liliegren, Länsstyrelsen Jönköpings län (yvonne.liliegren@f.lst.se)

Urban Gunnarsson, Växtekologiska avdelningen, Uppsala universitet
(urban.gunnarsson@ebc.uu.se)

Innehåll

SAMMANFATTNING.....	5
SUMMARY	7
1 INTRODUKTION.....	9
1.1 Bakgrund och syfte	9
1.2 Användarbehov	10
1.3 Mål	11
1.4 Genomförande	11
2 STUDIEOMRÅDEN OCH DATAKÄLLOR.....	12
2.1 Studieområden	12
2.1.1 Norra Halland.....	12
2.1.2 Store Mosse nationalpark.....	16
2.1.3 Några vegetationsmässiga skillnader mellan Hallandsmyrarna och Store Mosse nationalpark.....	16
2.2 Datakällor.....	18
2.2.1 Satellitdata.....	18
2.2.2 Fältdata.....	22
2.2.3 Kartdata.....	22
2.2.4 Differentiell GPS	23
3 MYRVEGETATION	25
3.1 Indelningsgrunder	25
3.2 Ekologiska gradienter	25
4 METODIK.....	26
4.1 Fältinventering	26
4.2 Analys av mycket högupplösande data.....	31
4.2.1 Metodutveckling	31
4.2.2 Formulering och beskrivning av indelningssystem	33
4.2.3 Multivariat analys av myrvegetationen.....	33
4.2.4 Klassificering	34
4.3 Analys av SPOT-data.....	34
4.3.1 Reflektanskalibrering av SPOT 5 data.....	35
4.3.2 Kalibrering mot QuickBird-data och klassificering av SPOT-data	35
4.3.3 Regional analys.....	35
4.4 Analys av återupprepbarhet	37
4.5 Generalisering.....	38
4.6 Utvärdering	38
4.6.1 Slumpning av kontrollpunkter	38
4.6.2 Generering av ytor för fältkontroll.....	38
4.6.3 Fältbedömning	39
5 RESULTAT.....	40
5.1 Klassningsmetod.....	40
5.2 Indelningssystem	41
5.2.1 Multivariat analys – DCA-ordination	54
5.2.2 Ekologiska gradienter	54

5.2.3 Kol och kvävekoncentrationer i torv.....	56
5.3 Spektral karakteristik	57
5.3.1 Multivariat analys – CCA-ordination	64
5.4 Klassningsresultat	66
5.4.1 Norra Halland.....	66
5.4.2 Store Mosse nationalpark.....	74
5.4.3 Några fenologiska aspekter	77
5.4.4 SPOT	79
5.4.5 Regional analys	86
5.5 Klassningsnoggrannhet.....	89
5.6 Återupprepbarhet	90
6 DISKUSSION OCH SLUTSATSER	94
7 REKOMMENDATIONER	96
REFERENSER	97

SAMMANFATTNING

För att kunna uppfylla de nationella och regionala miljömålen samt Natura-2000-uppföljningen behöver Naturvårdsverket och Länsstyrelserna kostnadseffektiva metoder som kan producera jämförbara resultat vid återkommande tillfällen.

Två myrhabitat av intresse för bl a Natura-2000-uppföljningen är högmossar (habitat 7110), degenererade högmossar (habitat 7120) och öppna svagt välvda mossar, fattiga och intermediära kärr och gungflyn (habitat 7140). Den hotbild som identifierats för habitaterna omfattar förutom ingrepp som dikning, torvbrytning, vägdragning etc, också ökad våtdeposition av kväve, vilket medför att andelen vitmossor minskar samtidigt som andelen gräs, buskar och träd ökar.

Syftet med föreliggande projekt är att utveckla en satellitbildsbaserad metod för upptäckt och övervakning av långsiktiga vegetationsförändringar på öppna mossar och kärr i Syd- och Mellansverige. Målet är en metod som utnyttjar den höga detaljeringsgraden i mycket högupplösande satellitdata tvåfalt, dels för övervakning av förändringar i botten-, fält- och trädskikt i utvalda nyckelobjekt, dels för kalibrering av SPOT-data för regional analys av samma företeelser.

Projektet drivs av Vattenfall Power Consultant i samverkan med Naturvårdsverket, Länsstyrelserna i Halland och Jönköpings län samt med Växtekologiska avdelningen vid Uppsala universitet.

Projektet har bedrivits inom i huvudsak två studieområden utmed den sk kvävenedfallsgradienten, dels inom ett område i norra Halland omfattande tre mossar, dels över Store Mosse nationalpark i Jönköpings län. Metodutveckling genomfördes 2004 för att länka detaljerade fältdata till mycket högupplösande satellitdata, QuickBird, som i sin tur används för kalibrering av SPOT-data för regional analys. Ett preliminärt indelningssystem och en preliminär klassningsmetod utarbetades baserade på fältinmätta provtytor. Indelningssystemet och klassningsmetoden förfinades därefter under 2005-2006 utifrån fortsatt insamling av fältdata med återkoppling till klassningsresultat. Under 2006 togs klassningsresultat fram i QuickBird-data över Hallandsområdet som utvärderades i fält baserat på utslumpade kontrolltytor. Ett preliminärt klassningsresultat genererades också för Store Mosse nationalpark, men för detta område återstår att genomföra en utvärdering av resultatet. En regional analys baserad på SPOT-data har också påbörjats över Hallands och Jönköpings län. Slutprodukt och underlag för återkommande uppföljning är ett antal härledda kartor som visar de viktigaste ekologiska gradienterna.

Den klassningsmetod som utarbetats på basis av den spektrala analysen är baserad på stegvis grånivåklippning i enskilda band och i kvoter mellan band. Genom att analysera spektrala signaturer för ett stort antal fältinmätta ytor har det varit möjligt att finna grupperingar av ytor som har gemensamma spektrala egenskaper och också vissa gemensamma egenskaper i täckningsgrad av olika vegetationskomponenter. De olika beslutsgränserna är satta utifrån de fältinmätta ytorna så att dessa grupperingar av ytor särskiljs på ett enhetligt sätt i en stegvis hierarkisk klassificeringsprocedur. Klassningsstrukturen är utformad så att den inom samma ramar tillåter urskiljande av fler klasser där så behövs för att samma metod ska vara användbar från Halland till Småländska höglandet.

Indelningssystemet omfattar tolv klasser som är definierade så att förändringar som har sin grund i miljötrender som t ex kvävedeposition, igenväxning, ska kunna upptäckas och kvantifieras. Utifrån det ursprungliga indelningssystemet kan kartor som visar de viktigaste ekologiska gradienterna produceras. Dessa kartor visande näringsgradienten, fuktighets-

gradienten, vitmosstäckning och rik-fattiggradienten är tänkta att utgöra underlag för kommande uppföljning och förändringsanalys.

Den utvärdering som genomförts för QuickBird-resultaten i Halland visar på mycket hög klassningssäkerhet och ligger på drygt 90 % i genomsnitt om svårbedömda ytor i fält som ligger på gränsen mellan två klasser accepteras som korrekt i endera fallet. Accepteras endast första bedömningsalternativet som korrekt sjunker noggrannheten till ca 80 %.

Den analys av återupprepbarhet som genomförts med SPOT-data under närmast ideala förhållanden över Store Mosse nationalpark (samma registreringsdatum men med olika SPOT-instrument och olika registreringsvinklar) visar på avvikelser för de olika klasserna på max ± 3 %. Detta ger en uppfattning om hur stora förändringarna måste vara i en övervakningssituation för att inte utgöras av brus i metoden.

För en framtida operationell övervakning baserad på utvecklad metodik tänker vi oss ett koncept där QuickBird-data i ett väl utplacerat "nät" av observationspunkter utnyttjas till både detaljerad uppföljning av vissa centrala och värdefulla Natura 2000-myrar och för kalibrering av SPOT-data för en regional analys. Styrkan i detta koncept är att man både får detaljerad information över nyckelobjekten och kan följa regionala trender på basis av i stort sett alla myrar i en region.

En fungerande tillförlitlig metod enligt beskrivet koncept skulle både ge kompletterande information och betydande tidsvinster gentemot traditionell miljöövervakning, samt dessutom ge möjlighet till areell bedömning av olika förändringar, något som inte är möjligt med fältbaserade insatser.

SUMMARY

The Swedish Environmental Protection Agency (SEPA), and on a regional level the County Administrations, have the responsibility to follow up the environmental quality objectives established by the Swedish Parliament, and also to ascertain that the preservation goals established within the Natura 2000 management can be fulfilled (SEPA web site). Two wetland habitats of interest for the Natura 2000 management are raised bogs (habitat 7110), de-generated raised bogs (habitat 7120), and transition mires and quaking bogs (habitat 7140). The open plane of these bog types represents a rather species poor environment dominated by *Sphagnum*-mosses and with only scattered plants in the field layer. Among the goals proposed for these Natura 2000 habitats for favourable preservation status are the following (SEPA web site):

- The coverage of plant species should not increase and the parts dominated by *Sphagnum*-mosses should not decrease (threat: nitrogen deposition).
- The area of the open bog plane and the tree coverage should be unchanged or decrease, and the tree coverage should be < 30 % crown closure (threats: nitrogen deposition, hydrological disturbance).

Cost-effective methods for detection and monitoring of these peatlands are of great interest for the follow-up of environmental goals and the Natura 2000 management, and also for questions relating to Global Change. This project aims to develop a satellite-data based method that is calibrated against detailed field data and uses the detail level of very high resolution satellite data in two ways, for detailed monitoring of bottom-, field- and tree layer changes in specific bog sites, and for calibration of SPOT data for regional monitoring of the same features.

The project is managed by Vattenfall Power Consultant and is carried out in co-operation with the Swedish Environmental Protection Agency, the County Administrations of Jönköping and Halland, and with the Department of Plant Ecology, Uppsala University. Two main study areas in the counties of Halland and Jönköping, along the nitrogen deposition gradient, are used for the method development.

The project uses very high-resolution satellite data from QuickBird in combination with SPOT-data. Method development was carried out during 2004 to link detailed field data with the very high-resolution satellite data, which are then used to “calibrate” SPOT data for regional analysis. A preliminary classification scheme and a preliminary classification method were developed based on a large number of field-investigated vegetation plots. The classification scheme and method were improved during 2005-2006 based on additional field data and classification tests. During 2006 a final classification result was produced and evaluated for the Halland bog areas. The evaluation was carried out based on randomly selected mire plots that were judged in the field. A regional analysis based on SPOT-data has also been started up. Final classification products and base for future monitoring of changes are derived maps showing important ecological gradients.

The developed classification method is based on step-wise grey level slicing in single bands and in ratios between bands. By analysis of spectral signatures for a large number of field-measured vegetation plots it has been possible to find groups of vegetation plots that have common spectral characteristics and also certain vegetation characteristics in common. The different decision limits are set on basis of the field data so that these groups of homogeneous vegetation plots can be discriminated in a uniform way in a step-wise hierarchical classification procedure. The classification structure is also designed in a way that allows for

discrimination of a greater number of classes within the same structure if needed due to regional variation.

The classification scheme covers twelve classes that are defined so that changes that are caused by environmental trends such as for example nitrogen deposition, causing overgrowth, will be possible to detect and quantify. Based on the original scheme, derived maps can be produced, showing important ecological gradients. These maps showing the nutrient gradient, the moisture gradient, *Sphagnum* coverage and eutrophication gradient will be used as the basis for future follow-up of changes.

The evaluation carried out for the QuickBird results in Halland shows very high total classification accuracies, in average slightly more than 90 % for the best calculation.

The analysis of repeatability of the classification result that was carried out in SPOT data under almost ideal conditions (the same recording date, but with different SPOT instruments and viewing angles) shows maximal deviations in areal extent for the different classes of $\pm 3\%$. Thus, this gives an idea of how big the changes have to be to be detectable with the method.

For future operational monitoring based on the developed methods we suggest a concept where QuickBird-data are used in a net of well-distributed observation plots both for detailed analysis of key Natura 2000 mires and for calibration of SPOT-data for regional analysis. The strength of this concept is that both detailed information can be obtained for key object as well as regional trends can be followed on the basis of almost all mires in a region.

A working reliable method according to the described concept would give both complementary information and considerable time savings compared to traditional environmental monitoring, and would additionally also give possibility to spatial analysis of different changes, something that is very time-consuming with field based inventory.

1 INTRODUKTION

1.1 Bakgrund och syfte

Naturvårdsverket (NV) och Länsstyrelserna har ansvar för att följa upp de nationella miljökvalitetsmålen, och ansvarar också för att gynnsam bevarandestatus bibehålls inom de områden som ingår i Natura-2000-nätverket.

Riksdagen har antagit 16 nationella miljökvalitetsmål. Målen beskriver de egenskaper som vår natur- och kulturmiljö måste ha för att samhällsutvecklingen ska vara ekologiskt hållbar. För varje miljökvalitetsmål finns en ansvarig myndighet. Naturvårdsverket har ansvaret för tio av de sexton miljömålen varav ett är **”Myllrande våtmarker”** för vilket anges att ”Våtmarkernas ekologiska och vattenhushållande funktion i landskapet skall bibehållas och värdefulla våtmarker bevaras för framtiden” (Naturvårdsverkets web-sida <http://www.environ.se/>).

Natura 2000 utgör ett nätverk av EU:s mest skyddsvärda naturområden och skapades för att hejda utrotningen av växter och djur och för att bevara deras livsmiljöer för framtiden. I Sverige har Naturvårdsverket det övergripande ansvaret för att styra och koordinera det samlade arbetet med Natura 2000 där uppföljningssystemet utgör en integrerad del. Länsstyrelserna ska genomföra och följa upp arbetet med implementering av Natura 2000 i länet och även samordna insatserna med miljömålsuppföljningen. Inom Natura-2000-uppföljningen finns ett flertal myrhabitat definierade för vilka nationella bevarandemål uppställts och parametrar definierats för att det ska vara möjligt att övervaka att gynnsam bevarandestatus bibehålls. För att kunna uppfylla de nationella och regionala miljömålen samt Natura-2000-uppföljningen behöver Naturvårdsverket och Länsstyrelserna kostnadseffektiva metoder som kan producera jämförbara resultat vid återkommande tillfällen.

I Sverige ökade kvävedepositionen främst efter 1950-talet och nådde sin kulmen runt 1990 (Naturvårdsverket, 2003). Depositionen är högst i södra och sydvästra Sverige och minskar mot norr och nordost. Nederbördsmätningar på öppet fält i t.ex. Halland ger en genomsnittlig deposition på omkring 13 kg oorganiskt kväve per hektar och år, ungefär lika fördelat på nitrat- och ammoniumkväve. Mellanårsvariationerna kan vara stora och beror främst på variationer i nederbörd. Någon trend kan inte ses under mätperioden 1987/88-2003/04 (Liljergren, 2005).

Forskning och miljöövervakning i Sverige och övriga delar av norra Europa har visat på ibland snabba förändringar av vegetationens utveckling i våtmarker. En förändring pågår av struktur och växtsammansättning på myrar som kan relateras till kvävedepositionen. Gradienten av kvävenedfall (N) i Sverige från sydväst till norr är en viktig komponent i de processer som styr myrekosystemen. I södra Sverige har depositionen överskridit en kritisk nivå där t.ex. ombrotrofiskt växande *Sphagnum*-arter (olika vitmossarter) inte längre är begränsade av kväve, utan istället blir hämmade av de höga kvävevärdena (Gunnarsson & Rydin, 2000). Längre norrut har ännu inte kvävenedfallet nått denna kritiska nivå (Aerts et al., 1992). Under de senaste 50 åren har det ökande kvävenedfallet (i kombination med annan mänsklig påverkan) lett till minskad *Sphagnum*-täckning och ökad täckning av ris och andra kärlväxter på ombrotrofa myrar (Malmer & Wallén, 1999; Gunnarsson et al., 2002). Även i sydöstra Norge har liknande förändringar konstaterats (Nordbakken, 2001). Den ökade kvävedepositionen har också lett till att arter som normalt återfinns i kärr (t ex pors och ängsull) under senare tid har ökat på öppna mossar (Gunnarsson & Flodin, 2007).

Andra förändringar som observerats i södra och mellersta Sverige är en ökning av tall på myrarna (Gunnarsson & Rydin, 1998; Gunnarsson et al., 2000) och av pors, gräs och halvgräs i magra *Sphagnum*-dominerade kärr (Flodin & Gunnarsson, manuskript).

Markanvändningen har naturligtvis en stor påverkan på vegetationen i våtmarkerna. Under första hälften av 1900-talet var slåtter av kärrvegetationen ett vanligt sätt att öka mängden vinterfoder. Även den omfattande dikningsverksamheten hade stor påverkan, så att vegetation som gynnas av torrare förhållanden bredde ut sig i myrmarker. Miljöövervakning i Sydvästsverige visade överraskande på att vegetation som gynnas av våtare förhållanden åter bredd ut sig på mossar. Detta kan eventuellt vara ett resultat av att många diken inte underhålls utan sätts igen med en minskning av den dränerande funktionen som följd (Gunnarsson & Flodin, 2007). Det kan också vara frågan om förändringar som kan ha sin orsak i variationer i nederbörds mängden (Gunnarsson & Flodin, 2007), så att vegetation som gynnas av torrare respektive våtare miljöer tidvis breder ut respektive drar sig tillbaka i våtmarkerna.

Den hittills utförda forskningen och miljöövervakningen har skett på objektsnivå och utförts i form av vegetationsanalyser. Det finns därför ett behov av att på regional skala fånga in och kvantifiera förändringarna av vegetationen i våtmarker enligt det uppdrag som finns för miljömåls- och Natura-2000-uppföljningen.

Analyser av högupplösande satellitbilder kan i detta sammanhang vara en kostnadseffektiv metod för att upptäcka och övervaka dessa förändringar i ett regionalt perspektiv. I ett nyligen avslutat projekt med finansiellt stöd från Rymdstyrelsen, Naturvårdsverket och Länsstyrelserna i Dalarna och Gävleborgs län, har en satellitbildsbaserad metod utvecklats för övervakning av förändringar i våtmarker (Boresjö Bronge, 2002; 2006). Den utvärdering som genomförts visar på hög träffsäkerhet i detektering av igenväxning (> 90 %) och på potentialen hos satellitdata när det gäller kartering av förändringar som kan relateras till balansen mellan bottenskiktets (*Sphagnum*) och fältskiktets täckningsgrad. Metoden är dock utformad för att hitta relativt snabba förändringar som påverkat en mindre del av myrarna i ett område. För gradvisa förändringar som påverkar många myrar i en region behövs ett helt nytt koncept som också omfattar kalibrering mot fältdata. Fältdata mäts dock normalt på en mycket detaljerad nivå och kan inte användas direkt för kalibrering av satellitdata som har regional täckning. Objektiva metoder behövs därför som kan utgöra länken mellan detaljerade fältundersökningsprogram och satellitdata som Landsat TM eller SPOT, vilka möjliggör förändringsanalyser över stora områden. I detta sammanhang är mycket högupplösande data av intresse, både för detaljerad övervakning av vissa nyckelobjekt och som länk mellan fältdata och satellitdata med grovre upplösning.

Metoder för att använda flygbilder för upptäckt och uppföljning av förändringar på högmossar har tidigare föreslagits av Ihse et al. (1996) och Leine (1999). Flygbilder är en mycket värdefull informationskälla bakåt i tiden, men för framtida övervakning är högupplösande satellitdata att föredra tack vare bättre och kontrollerad radiometri.

Föreliggande arbete har till syfte att utveckla en metod som utnyttjar den höga detaljeringsgraden i mycket högupplösande satellitdata. Vi vill i första hand detektera och kvantifiera förskjutningen i de vegetationsgradienter som har sin grund i miljötrender. Enligt sentida forskning (se ovan) är dessa (1) eutrofiering, (2) förändring av vitmossmattornas utbredning och (3) igenväxning av träd, buskar och ris.

1.2 Användarbehov

Natura 2000-övervakningen har ett stort behov av kostnadseffektiva metoder för uppföljning av förändringar. Tre av de utpekade Natura 2000 habitaterna är mer eller mindre öppna myrmarker: Högmossar (7110), Degenererade högmossar (7120) och Öppna svagt välvd mossar, fattiga och intermediära kärr och gungflyn (7140). Naturtyperna har stor utbredning i Sverige. Av t ex habitat 7140 finns ca 931 400 ha, varav 106 823 ha är utpekade inom Natura

2000. Mycket av basinventeringsarbetet av dessa habitat skall ske genom tolkning av kartor och flygbilder. Enligt förslag till fältmanualen är avsikten att även uppföljningen skall ske genom fjärranalys av flyg- och satellitbilder (Länsstyrelsen i Jönköpings län). Fältinsatserna skall inskränka sig till visa speciella områden och NILS-provytor. Det är alltså endast en liten andel av habitaterna som inventeras i fält. I detta sammanhang kan analys av högupplösande satellitbilder ge information om viktiga miljötrender som eutrofiering och igenväxning av Natura 2000 habitaterna.

De våtmarker som är aktuella i föreliggande projekt är också i ett internationellt perspektiv av stort intresse då de utgör en viktig kolsänka och man förutspår att framtida klimatförändringar kommer att ha stor effekt på deras utbredning och funktion som kolbindare. Torvmarker lagrar idag ca en tredjedel av det atmosfäriska kolet på en yta som utgör mindre än 3 % av jordens yta, vilket gör dem extremt viktiga för den globala kolbudgeten och för växthusgasbalansen (Rydin & Jeglum, 2006).

1.3 Mål

Målen för utvecklingsarbetet är följande:

- att utveckla en metod för klassificering av olika täckningsklasser (botten- fält- och trädskikt) i mycket högupplösande data som är kalibrerad mot fältdata och som kan användas för att upptäcka förändringar som har sin grund i miljötrender, som t ex kvävedeposition, igenväxning,
- att beskriva i vilken omfattning mycket högupplösande data kan användas för kalibrering av SPOT-data för regional analys av samma förändringar,
- utvärdera metodens tillförlitlighet och användbarhet,
- beskriva metoden och inhämta användarrekommandationer.

1.4 Genomförande

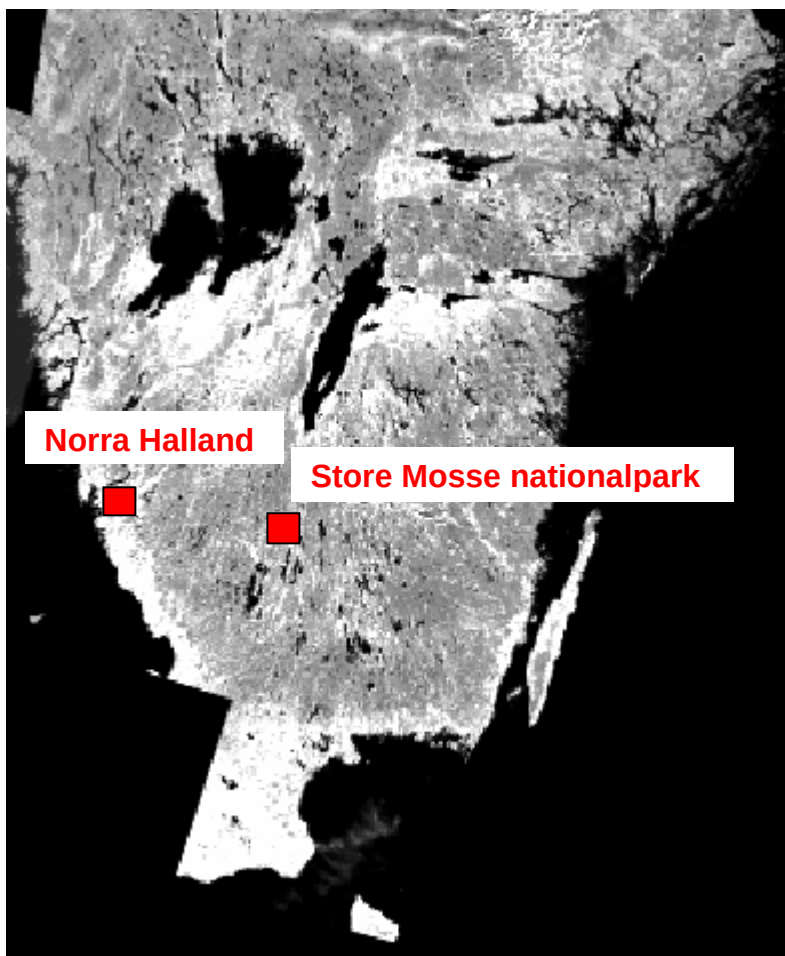
Projektet drivs av Vattenfall Power Consultant i samverkan med Naturvårdsverket och Länsstyrelserna i Halland och Jönköpings län. Samverkan sker också med Avdelningen för Västekologi vid Evolutionsbiologiskt Centrum vid Uppsala Universitet, som bedriver myrforskning i linje med detta projekt.

Projektet har hittills bedrivits inom i huvudsak två studieområden utmed den sk kvävenedfallsgradienten, dels inom ett område i norra Halland omfattande tre mossar, dels över Store Mosse nationalpark i Jönköpings län. Metodutveckling genomfördes 2004 för att länka detaljerade fältdata till mycket högupplösande satellitdata, QuickBird, som i sin tur används för kalibrering av SPOT-data för regional analys. Ett preliminärt indelningssystem och en preliminär klassningsmetod utarbetades baserat på fältinmätta provytor. Indelningssystemet och klassningsmetoden förfinades därefter under 2005-2006 utifrån fortsatt insamling av fältdata med återkoppling till klassningsresultat. Under 2006 togs klassningsresultat fram i QuickBird-data över Hallandsområdet som utvärderades i fält baserat på utslumpade kontrolltytor. Ett preliminärt klassningsresultat genererades också för Store Mosse nationalpark, men för detta område återstår att genomföra en utvärdering av resultatet. En regional analys baserad på SPOT-data har också påbörjats över Hallands och Jönköpings län. Slutprodukt och underlag för återkommande uppföljning är ett antal härledda kartor som visar de viktigaste ekologiska gradienterna.

2 STUDIEOMRÅDEN OCH DATAKÄLLOR

2.1 Studieområden

Val av studieområden har skett i samverkan med Länsstyrelserna i Halland och Jönköpings län samt med Växtekologiska avdelningen, Uppsala Universitet. Ursprungligen planerades att nyttja fem studieområden inom en sydväst-nordöstlig gradient i södra Sverige där olika nivåer av kvävedeposition kunde förväntas och där också lämpliga fältdata för kalibrering fanns. Dock erhöles inte QuickBird-data för alla dessa områden och utvecklingsarbetet kom därför att fokuseras till två mossar i ett område i norra Halland samt Store Mosse nationalpark i Jönköpings län (figur 1).

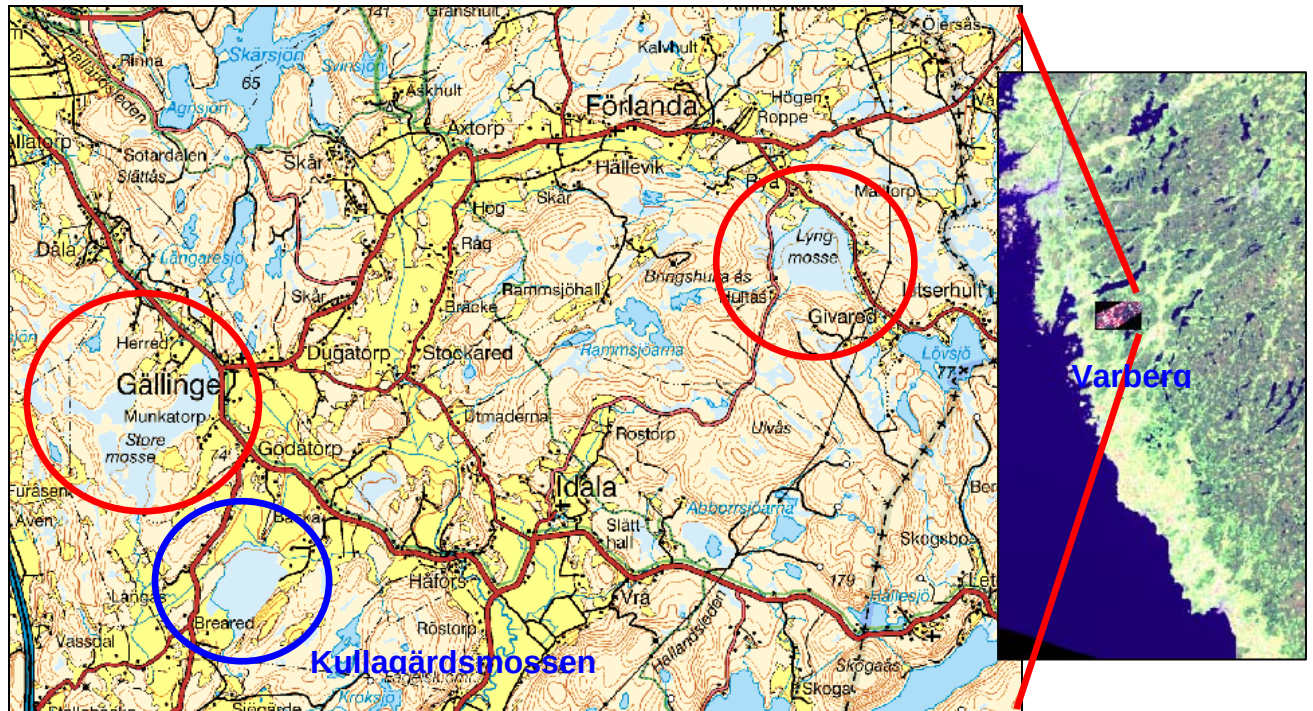


Figur 1. Studieområdena inlagda på en Sverigemosaik (Landsat TM band 4).

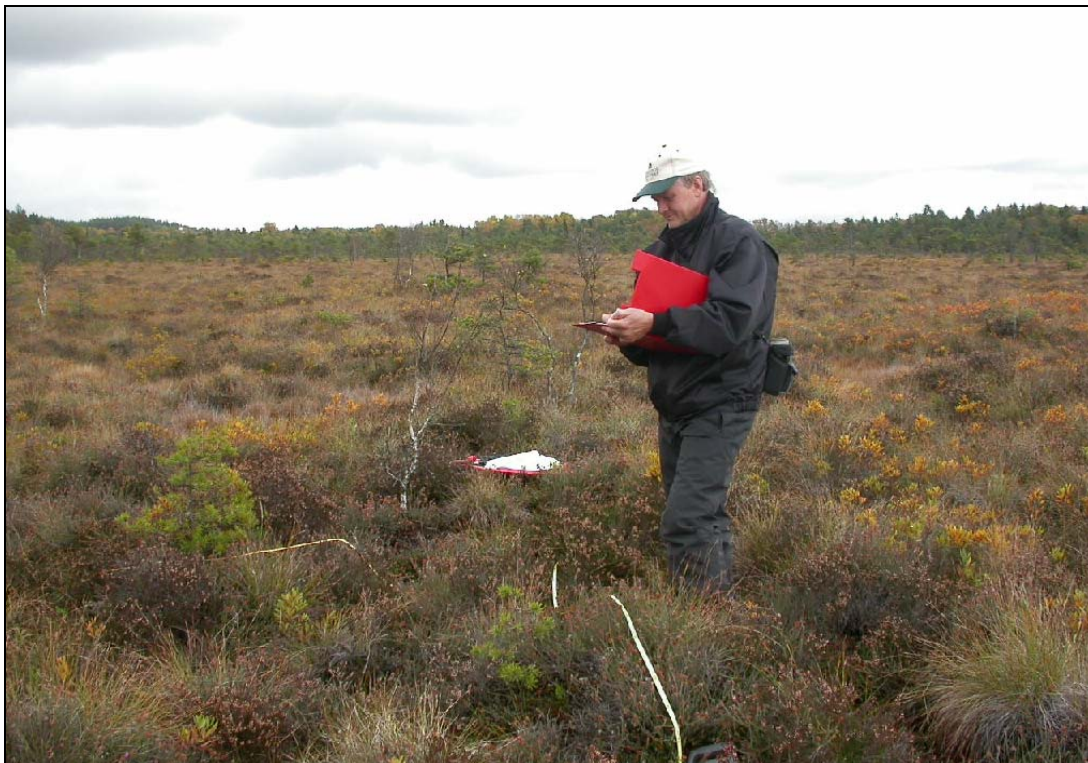
2.1.1 Norra Halland

Två mossar i norra Halland inom det topografiska kartbladet Kungsbacka 2B SO, Store mosse sydväst om Gällinge och Lyng mosse sydost om Förlanda (figur 2a) har utgjort studieområden i Halland. Båda mossarna är klass 1-objekt enligt VMI (Forslund & Rundlöf, 1985) och ingår i det miljöövervakningsprogram för myrar som Länsstyrelsen i Halland bedriver inom länet (Gunnarsson & Flodin, 2007). Mossarna är något olika till sin karaktär. Store Mosse består av två stora välvda mosseplan och ett mindre som skiljs åt av fattigkärr. Vegetationen på mossen är relativt uniform och domineras av tuvvegetation, med endast ett fåtal större höljet utan uppenbara strukturer. Lyng mosse har däremot fler tydliga och stora höljet i det excentriska mosseplanet. Centralt på mosseplanet finns flera stora mossegölar och kantskogen utgör en relativt smal zon (Naturvårdsverket, 2007).

Kullagårdsmossen (figur 2a) har inte analyserats i utvecklingsarbetet men har ingått som ett oberoende objekt i utvärderingen av klassningsresultatet. Kullagårdsmossen är en lite mindre myr med ett välvt mosseplan. Den är vegetationsmässigt sett relativt lik Store Mosse, med en dominans av ristuvor och endast ett fåtal höljor. Den saknar också tydliga strukturer. Figur 3-5 visar QuickBird-data för de olika mossarna.



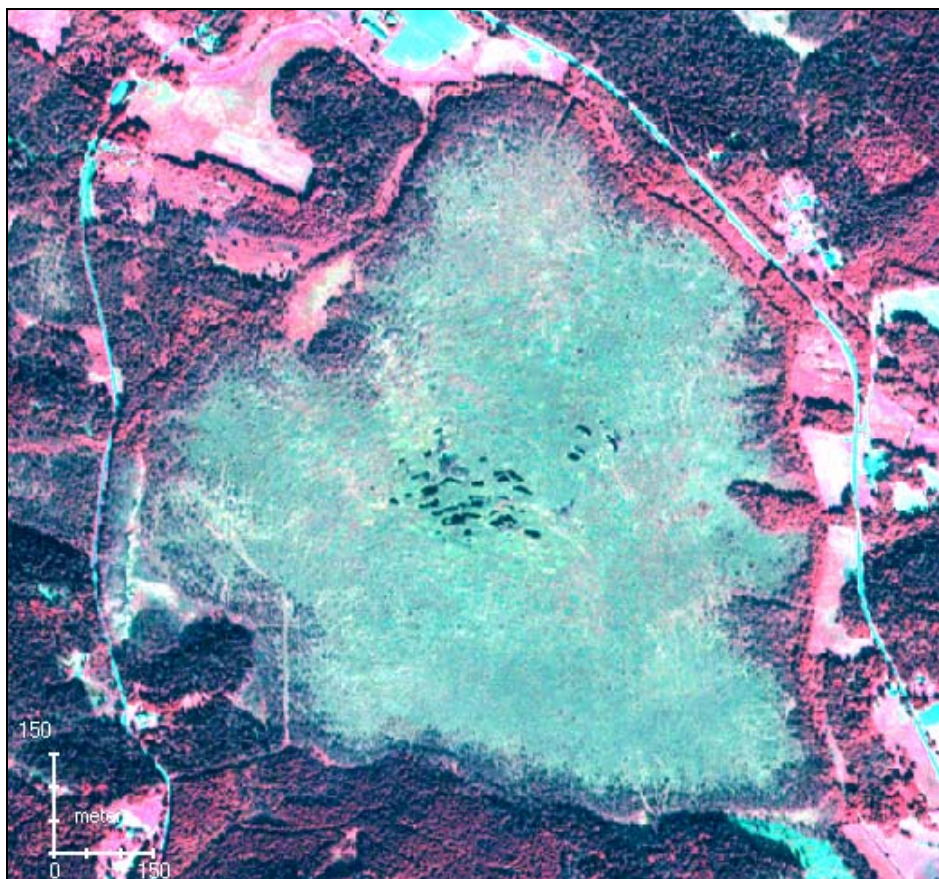
Figur 2a. Studieområdena i norra Halland, Store mosse och Lyng mosse, är inringade i rött. I blått visas Kullagårdsmossen som enbart använts för utvärdering. Utsnitt ur Vägkartan, ©Lantmäteriet (avtalsnr M2004/5028).



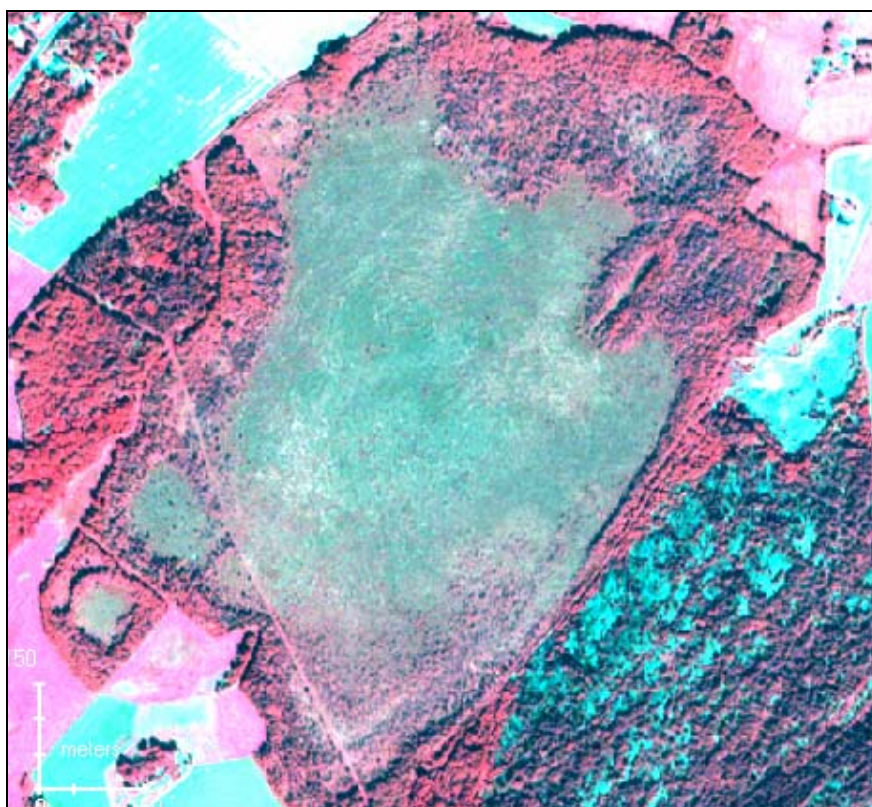
Figur 2b. Vy från Store mosse, norra Halland. Lars-Åke Flodin från Länsstyrelsen i Halland.



Figur 3. Store mosse i norra Halland. QuickBird-data från 11 augusti 2003 (IR, rött, grönt i RGB).



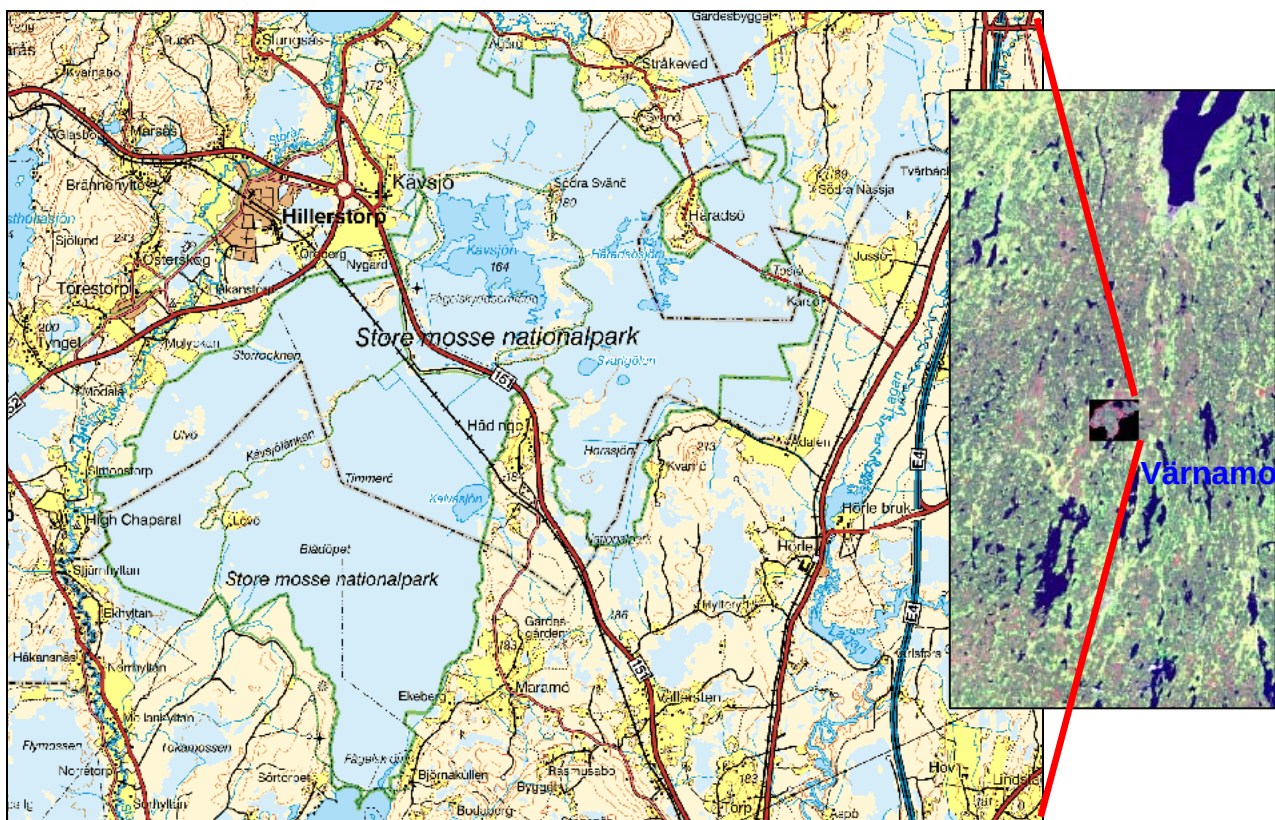
Figur 4. Lyng mosse i norra Halland. QuickBird-data från 11 augusti 2003 (IR, rött, grönt i RGB).



Figur 5. Kullagårdsmossen i norra Halland. QuickBird-data från 11 augusti 2003 (IR, rött, grönt i RGB).

2.1.2 Store Mosse nationalpark

Store Mosse nationalpark i Jönköpings län utgör det andra stora studieområdet (figur 6 - 8). Vegetationen är mycket komplex och varierad och omfattar troligtvis stora delar av den myrvegetation som finns representerad på sydsvenska höglandet. Store Mosse är sammansatt av flera skilda plattåformade mosseplan som avdelas av stora kärrdråg och några stora kärrområden. Mossen är omgiven av huvudsakligen sandiga jordar. Mossens är som djupast 6,9 m i de södra delarna (Svensson 1965). Vegetationen har beskrivits noggrannt av Svensson (1965) och är till stor del en tuv-höljemosaik. Höljorna är i vissa delar stora lösbottnar med enbart lite vitag som vegetationsbildare, på andra ställen stora mjukmattor dominerade av *Sphagnum cuspidatum*, *S. papillosum*, *S. magellanicum* och vitag. Tuvorna består huvudsakligen av ljung, kråkris, småtallar, och *S. rubellum*.



Figur 6. Store Mosse nationalpark i Jönköpings län. Utsnitt ur Vägkartan, ©Lantmäteriet (avtalsnr M2004/5028).

2.1.3 Några vegetationsmässiga skillnader mellan Hallandsmyrarna och Store Mosse nationalpark

Nederbördsmängden är större i de halländska mossarna än på Store Mosse nationalpark. Detta är troligen en av förklaringarna till att mossarna i Halland har lite annorlunda vegetation. Främst skiljer sig vegetationen genom att man kan finna pors, myrlilja och *Sphagnum papillosum* på ombrotrofa mossar i Halland. Vegetationen är trots den stora nederbördsmängden i Halland inte mer dominerad av blöta mjukmattor och lösbottnar, utan är mer likartad tuvig med små mjukmattor emellan. Klockljung och myrlilja är mindre vanliga på Store Mosse nationalpark än i Halland.



Figur 7. Store Mosse nationalpark i Jönköpings län. QuickBird-data från 29 juli 2004 (IR, rött, grönt i RGB).



Figur 8. Vy från Store Mosse nationalpark.

2.2 Datakällor

2.2.1 Satellitdata

Projektet utnyttjar mycket högupplösande satellitdata från QuickBird för detaljerad analys av specifika mossar i kombination med SPOT5-data för regional analys. Tabell 1 och 2 ger en sammanställning av respektive satellits spektralband och markupplösning.

QuickBird registrerar i ett pankromatiskt band (svartvitt) med en markupplösning på 0.6 m, och fyra multispektrala band (färg) med 2.4 m markupplösning. Baserat på dessa band är det också möjligt att skapa en färgbild med 0.6 m upplösning genom s k "resolution merge" där färginformationen, baserat på statistiska metoder, sammanvägs med det pankromatiska bandet. Både ursprunglig färginformation med 2.4 m markupplösning och 0.6 m sammanvägda data används i projektet. Sammanvägningen är baserad på principalkomponentanalys, med kubisk faltning som återsamlingsmetod (ERDAS, 2003). Figur 9 visar en jämförelse mellan QuickBird pankromatiska och multispektrala data respektive sammanvägda data med 0.6 m färginformation.

SPOT5 registrerar i ett pankromatiskt (2.5/5 m markupplösning) och 4 multispektrala band (10/20 m markupplösning). Till skillnad från QuickBird registrerar inte SPOT i blått men har i stället ett band inom mellan-IR-området, vilket ger mycket värdefull tilläggsinformation för vegetationsanalyser. Figur 10 visar en jämförelse mellan QuickBird 2.4 m data och SPOT5-data med jämförbara band samt en SPOT-komposit där mellan-IR-informationen tagits med.

Tabell 3 ger en sammanställning av de QuickBird och SPOT-data som analyseras i projektet. Täckningen av de olika SPOT-scenerna redovisas i figur 11. Alla data har ortorektifierats av Metria, Kiruna, före analys. För att garantera tillräcklig noggrannhet vid ortorektifieringen av QuickBird-scenerna mättes kontrollpunkter in i fält inom scenerna med cm-noggrannhet med differentiell GPS (se avsnitt 2.2.4). Dessa punkter levererades till Metria, Kiruna, som sedan utförde ortorektifieringen.

Tabell 1. QuickBird's spektrala band och markupplösning (<http://www.digitalglobe.com>).

Band	Våglängdsområde (nm)	Markupplösning (m)
Pankromatisk	445-900	0.61 i nadir
Multispektral band 1	450-520 (blått)	2.44 i nadir
Multispektral band 2	520-600 (grönt)	2.44 i nadir
Multispektral band 3	630-690 (rött)	2.44 i nadir
Multispektral band 4	760-900 (nära IR)	2.44 i nadir

Tabell 2. SPOT-5's spektrala band och markupplösning (<http://www.spotimage.com>).

Band	Våglängdsområde (nm)	Markupplösning (m)
Pankromatisk	480-710	2.5 eller 5
Multispektral band 1	500-590 (grönt)	10
Multispektral band 2	610-680 (rött)	10
Multispektral band 3	780-890 (nära IR)	10
Multispektral band 4	1580-1750 (mellanIR)	20

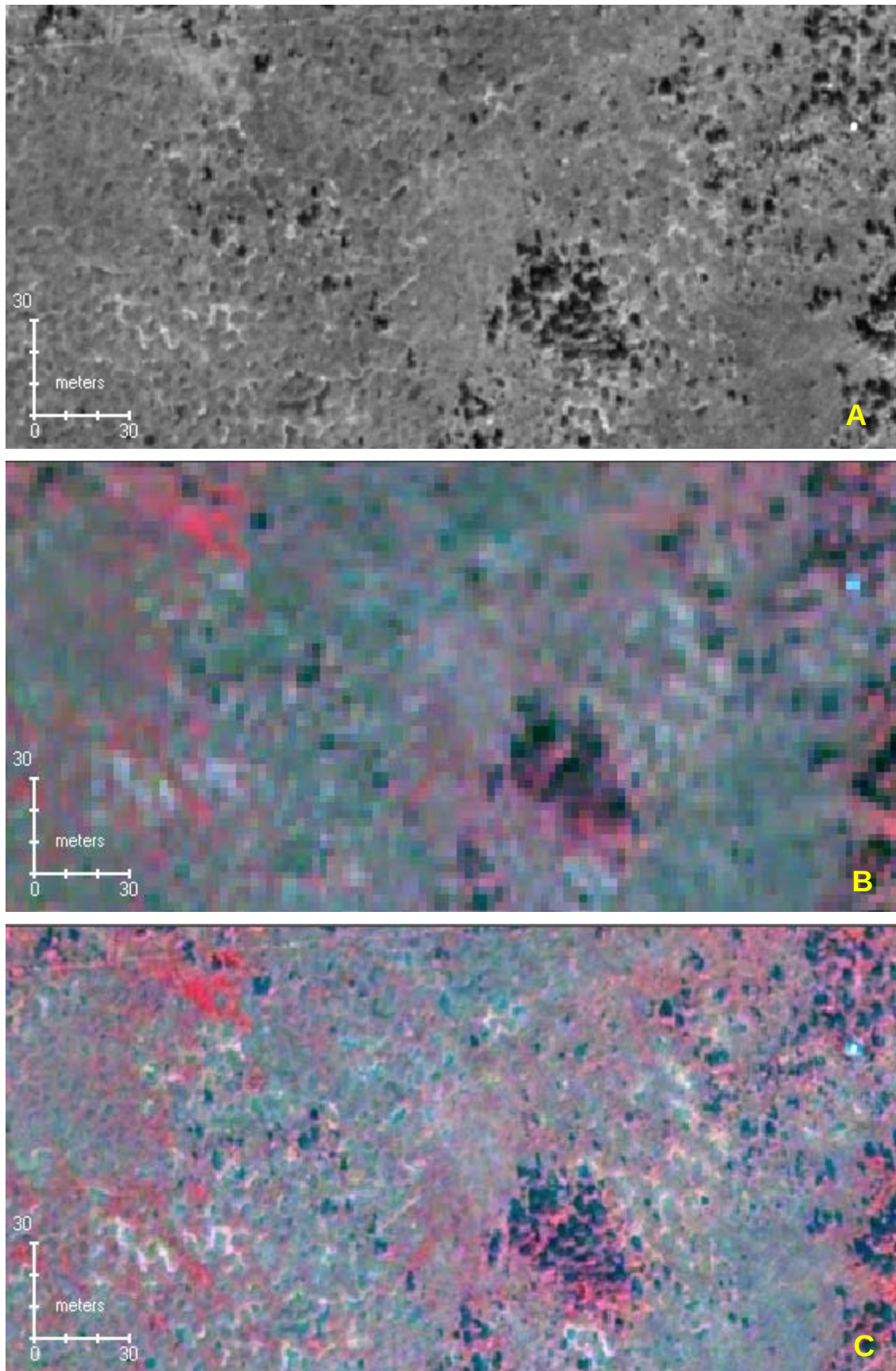
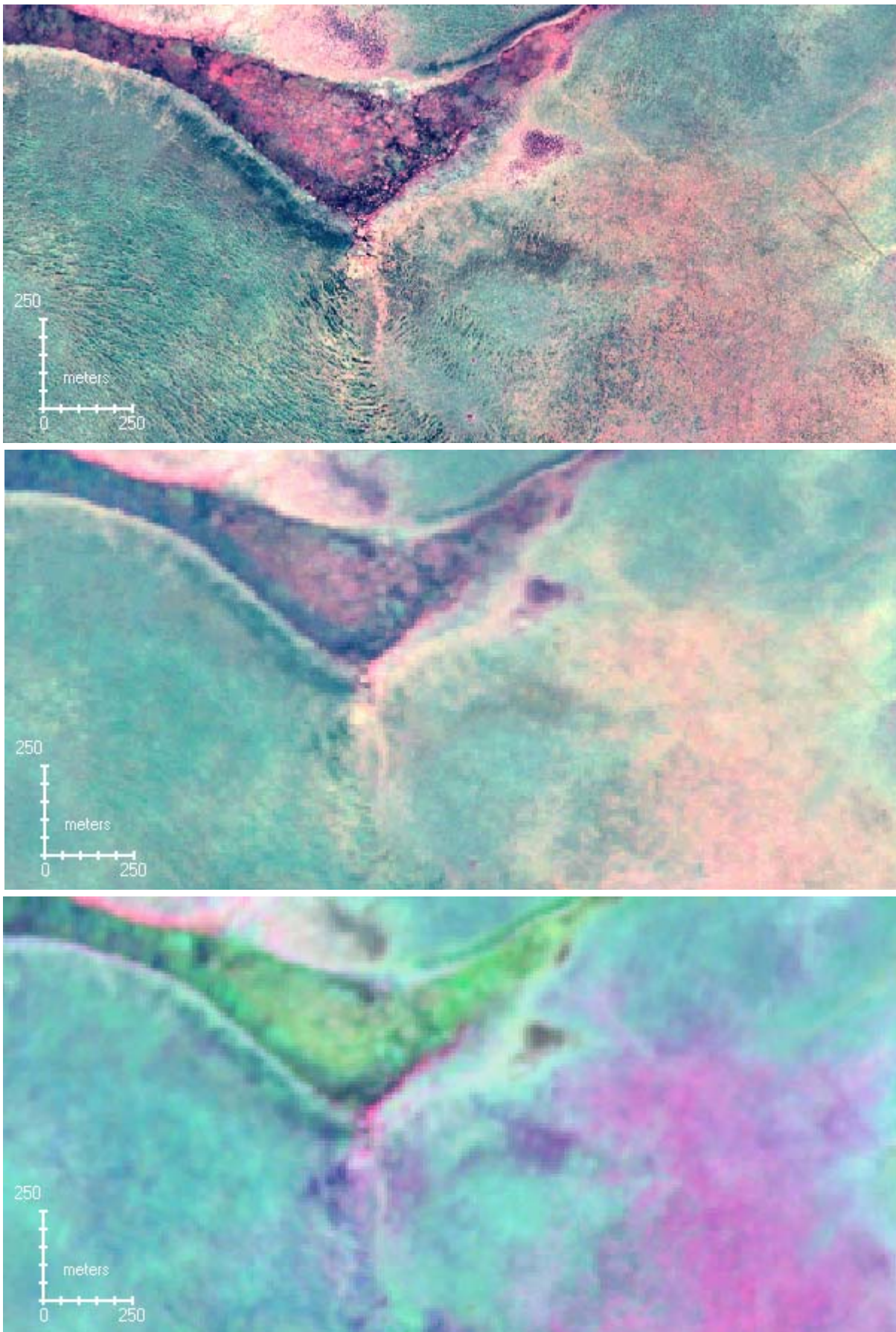


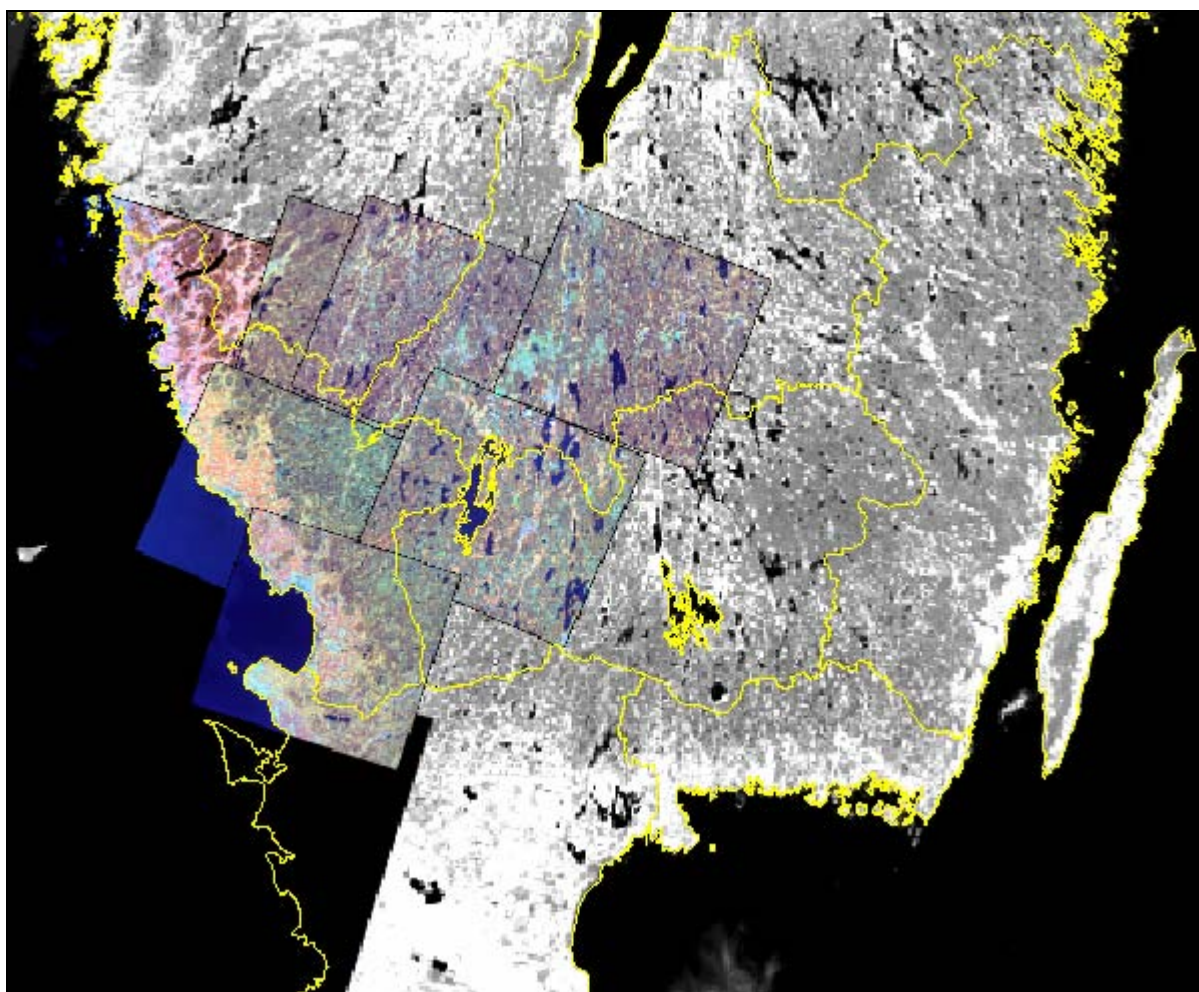
Figure 9. Jämförelse av detaljeringsgrad mellan A. QuickBird pankromatiskt band (0.6 m markupplösning), B. QuickBird multispektrala band (2.4 m markupplösning) och C. Bild där s k "resolution merge" utförts, d v s det pankromatiska bandet har vägts samman med de multispektrala kanalerna så att en bild med 0.6 m markupplösning med färginformation skapats. Delutsnitt från Store mosse, norra Halland.



Figur 10. Jämförelse av detaljeringsgrad och spektralinformation mellan QuickBird (2.4 m markupplösning) och SPOT5 (10 m markupplösning) A. QuickBird (rött, IR och grönt i RGB) B. SPOT5 (rött, IR och grönt i RGB), C. SPOT5 (IR, mellan-IR och rött i RGB). Delutsnitt från Store Mosse nationalpark.

Tabell 3. Sammanställning av de satellitbilder som hittills använts i projektet.

Satellit/ instrument	Område	Registrerings- datum	Solhöjd (°)	Registrerings vinkel (°)
QuickBird	N Halland (Lyng mosse)	2003-08-11	46.7	13.3
QuickBird	N Halland (Store mosse)	2003-08-11	46.7	0.0
QuickBird	N Halland (Lyng+Store)	2005-07-05	54.0	12.0
QuickBird	Store mosse	2004-07-29	49.8	0.0
SPOT5 HRG2	Norra Halland	2005-07-11	53.2	19.6
SPOT5 HRG2	Norra Halland – västra Jkp län	2005-09-01	40.2	16.0
SPOT5 HRG1	Västra Stora mosse NP	2004-08-11	47.7	7.4
SPOT5 HRG2	Store mosse NP centralt	2004-08-11	47.8	11.1
SPOT5 HRG2	Mellersta Halland	2005-06-29	56.1	13.6
SPOT5 HRG1	Mellersta Halland – södra Jkp län	2005-06-29	56.2	17.4
SPOT5 HRG2	Södra Store mosse NP	2004-08-11	47.8	11.1
SPOT5 HRG2	Södra Halland	2004-07-17	53.5	11.6

**Figur 11.** SPOT-scener som hittills helt eller delvis bearbetats i den regionala analysen över Hallands- och Jönköpings län. Länsgränserna är redovisade med gul linje.

2.2.2 Fältdata

2.2.2.1 Befintliga data/pågående inventeringar

Från ett flertal mossar i både Hallands och Jönköpings län, samt också i angränsande län finns inventeringsmaterial och analysresultat som kan utgöra referensmaterial bakåt i tiden och som bör vägas in i uppbyggnaden av ett framtida övervakningssystem. Nedan ges en kort sammanställning över mossar där studier tidigare har genomförts.

Halland

I Halland pågår ett inventeringsprogram av våtmarker inom ramen för den regionala miljöövervakningen (RMÖ) som innebär att unika fältdata finns tillgängliga för projektet för oberoende analys av vilka långsiktiga förändringar som pågår. Totalt omfattar inventeringen 25 inventeringslinjer på mossar, 19 på soligena kärr samt 21 linjer på topogena kärr. En första fältinventering genomfördes 1999-2001 (Flodin, 1999), med återinventering av mossar 2004, soligena kärr 2005, samt topogena kärr 2006. Rapportering av förändringsanalyserna har gjorts för mossarna av Gunnarsson och Flodin (2007) och är under framställning för kärren (Gunnarsson & Flodin, manuskript).

Jönköpings och Kronobergs län

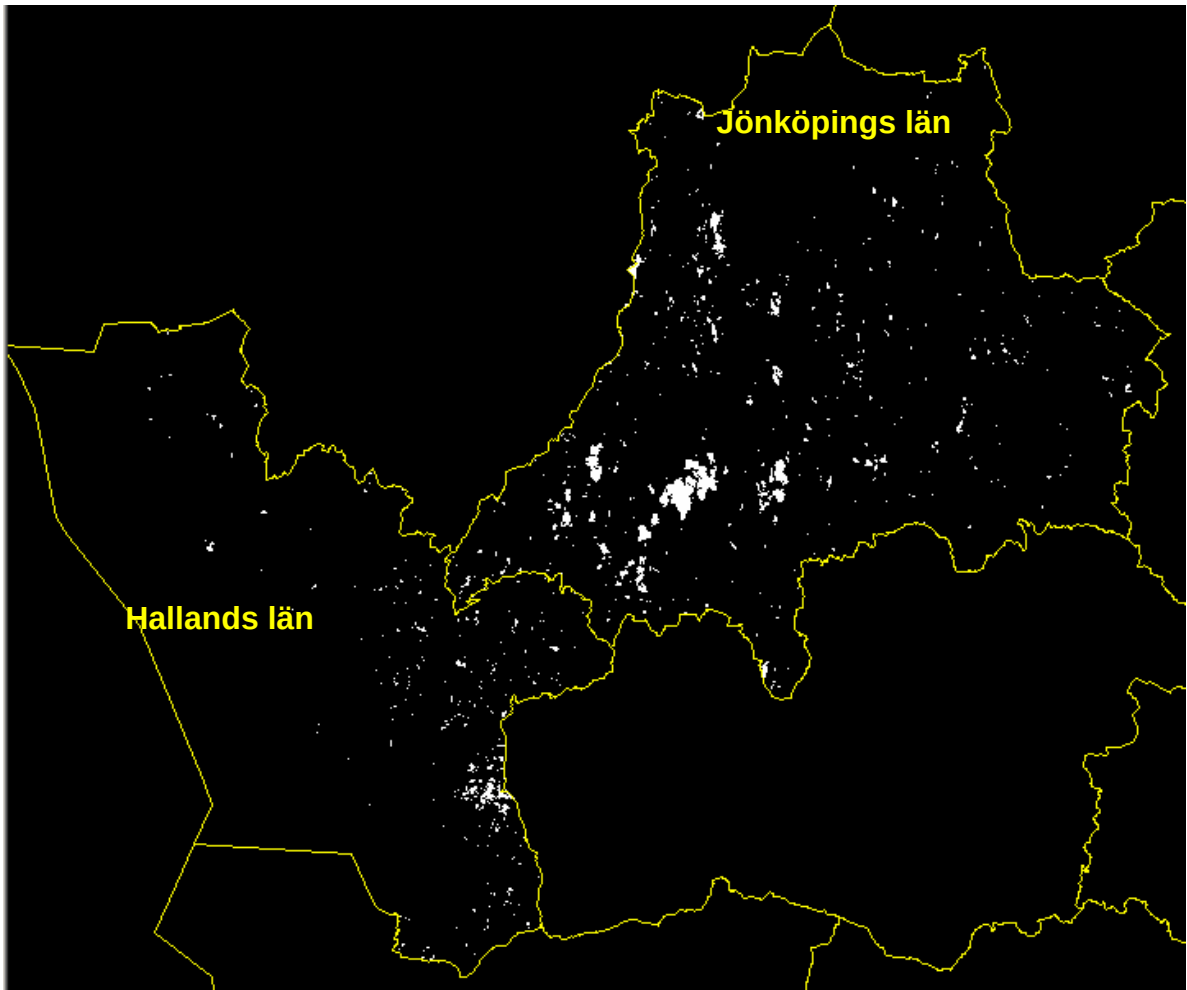
I Jönköpings län finns fältdata från Risamossen, Ingabo Mosse och Aneby Mosse (Ihse et al., 1996), samt från Store Mosse nationalpark (Svensson, 1988; Gunnarsson, 2004). Från Kronobergs län finns fältdata från Åkhultmyren (Malmer, 1962a, 1962b; Gunnarsson et al., 2002).

2.2.2.2 Specialinsamlade data

Inom projektet genomförs fältinventering av täckningsgrad av olika vegetationskomponenter inom utvalda ytor, med fältmetodik speciellt framtagen för att passa analysen av QuickBird-data (se avsnitt 4.1). Detta fältarbete genomförs av Länsstyrelserna i Halland och Jönköpings län samt av Växtekologiska avdelningen, Uppsala Universitet.

2.2.3 Kartdata

Fastighetskartans våtmarksinformation har använts för att avgränsa öppen myr. Data har erhållits i form av shape-filer från Länsstyrelserna som rasterats i ArcGIS och sedan importerats till Erdas Imagine. Figur 12 visar den öppna myrmarken i Hallands och Jönköpings län.



Figur 12. Öppen myr i Hallands och Jönköpings län. Myrmask från Fastighetskartan.

2.2.4 Differentiell GPS

En högprecisions-GPS (Javad) uppkopplad via modem mot Lantmäteriverkets RTK-tjänst (realtidskorrektion) har använts för att få en precision på några cm direkt i fält. GPS-utrustningen är kopplad till en fältdator så att mätningarna kan göras med satellitbilden som bakgrund. Utrustningen har använts till att mäta in kontrollpunkter i fält för förbättrad precision i ortorektifieringen av QuickBird-bilderna, samt för att orientera till och mäta in centrumkoordinater för de ytor som bedömts med avseende på vegetationstäckning (figur 13).



Figur 13. En högprecisions-GPS (Javad) uppkopplad mot Lantmäteriets RTK-tjänst (ger cm-noggrannhet) användes för att orientera till de ytor som skulle bedömas i fält. Urban Gunnarsson på Store Mosse nationalpark.

3 MYRVEGETATION

3.1 Indelningsgrunder

Vegetationen på myrar varierar mycket på en liten rumslig skala. Detta syns tydligt som finskaliga mönster i flygbilder och satellitbilder (figur 9-10) och har gett upphov till ett flertal olika vegetationsklassifieringssystem (sammantäligt i Økland 1989). Viktiga faktorer i indelningssystemen är ekologiska gradienter som styr vegetationen eller som har formats av den. Utöver de ekologiska gradienterna har även regionala skillnader i arters utbredning och klimat en påverkan på vegetationens sammansättning. Dessa vegetationsindelningssystem har utformats så att man kan täcka in stora delar av den variation som finns i vegetationen på ett övergripbart sätt med detaljerade fältstudier. I arbetet med att utforma ett vegetationsklassningssystem för satellitbilder är det omöjligt att komma ned på en detaljnivå som innebär att man kan använda de tidigare utvecklade vegetationsindelningssystemen fullt ut. Enklare indelningssystem har dock med framgång kunnat användas vid flygbildstolkning (Rafstedt och Andersson, 1981) och går även något förenklat att användas vid översiktlig myrvegetationsklassificering från satellit (Boresjö Bronge & Jönsson, 2000). I föreliggande studie har en indelningsgrund sökts som både kan utnyttja det informationsinnehåll som finns i de mycket högupplösta satellitbilder som använts (QuickBird) och som är utformat så att det snabbt kan fånga förändringar som kan förväntas ske utefter de ekologiska gradienterna.

3.2 Ekologiska gradienter

Några av de viktigaste ekologiska gradienter som identifierats på myrar är gradienterna: tuva-hölja, rik-fattig och oligotrof-eutrof. Tuva-höljegradientsen är den finskaliga variationen som styrs av grundvattennivån på myren och går från blöta områden med öppet vatten, via lösbottnar, mjukmattor och fastmattor till höga tuvor (Sjörs, 1948). Vegetationen i dessa mikrostrukturer beror på var man befinner sig längs de andra gradienterna, dock är tuvorna ungefär lika i alla typer och domineras av ljung, kråkris, *Sphagnum rubellum*, *S. fuscum*, *S. magellanicum* och ev småtallar. På de i projektet studerade mossarna finns hela denna gradient med och en storskalig förändring av klimatet skulle kunna ge förändringar i den relativa fördelningen längs denna gradient.

Rik-fattiggradienten, från rikkärr via intermediära kärr till fattigkärr och mossar, har fått sitt namn efter rikligheten av arter. Flest arter finns i rikkärr och minst i mossarna. Objekten i denna studie är artfattiga fattigkärr eller mossar.

Oligotrof-eutrofgradienten styrs av näringstillgången (främst kvävetillgången) och syns tydligt i vegetationen som en ökad tillväxt hos växter i eutrofa habitat, som t ex blåtåtelkärr (*Molinia*-kärr). Mossar är som regel oligotrofa och dess växter har en långsam tillväxt.

Ytterligare en ekologiskt viktig parameter som bör nämnas är *Sphagnum*-täckningen (vitmosstäckningen). Vitmossorna har en nyckelroll i bildandet av torv i ombrotrofa mossar då de är svårnedbrytbara och har en hög vattenhållande kapacitet. Områden med hög täckningsgrad av *Sphagnum* har oftast en stor torvproducerande förmåga, vilket är en avgörande egenskap för mossarnas långsiktiga existens.

4 METODIK

Målet för utvecklingsarbetet har varit att finna en metod för detaljerad och regional analys av sydsvenska mossar och magra kärr med vilken man kan upptäcka och kvantifiera de förändringar som kan förväntas. Detta innebär samtidigt att det indelningssystem som formuleras måste vara optimerat för de data som används (främst QuickBird) och också vara relevant för de förändringar som kan förväntas.

De viktigaste komponenterna i utvecklingsarbetet har varit följande:

- Fältinventering
- Analys av QuickBird-data
 - analys av statistik och spektrala signaturer,
 - formulering av metod – klassningstester – återkoppling till fältdata,
 - definition av indelningssystem,
 - klassificering.
- Analys av SPOT-data
 - analys av statistik och spektrala signaturer för definierat indelningssystem,
 - anpassning av metod,
 - uppskalning till regional analys,
 - analys av återuppreparhet.
- Utvärdering av klassningssäkerhet

4.1 Fältinventering

En mycket viktig del av projektet har varit att kalibrera satellitdata mot fältdata. Inledningsvis provades därför lämplig fältmetodik ut som är anpassad till QuickBird-datas spektrala och rumsliga upplösning.

Bedömningen av täckningsgrad i fält utgår från faktorer och arter, eller grupper av arter, som kan tänkas ge spektralt utslag i data. Sålunda bedöms ”blöthetsgrad” i form av andel ristuva, fastmatta, mjukmatta, lösbotten samt öppet vatten. Dessutom noteras andel förna, torv, mossor, lavar, graminider, örter, ”torris” samt ”grönräs”, som ger information om andra ekologiska gradienter, t ex eutrofiering, igenväxning och *Sphagnum*-gradienten. Dominerande arters täckningsgrad anges i procent. ”Grönräs” inkluderar arterna pors, skvatram, odon, dvärgbjörk och småbjörkar. ”Torris” omfattar ljung, klockljung, kråkbär och småtallar. Antal träd anges dessutom fördelat på träd < 1.3 m respektive > 1.3 m. Vidare dokumenteras varje provyta med ett foto.

Fältbedömning av vegetationssammansättning har gjorts för homogena ytor valda i Quick-Bird-data som uppvisar varierande spektrala egenskaper (”färgbalans”). Oftast har provytorna varit kvadratiska 2x2 m² men ibland också rektangulära 1x 4 m² i avlånga objekt. För att garantera att de ytor som valts ut i satellitbilderna kan återfinnas med tillräcklig precision i fält användes från och med fältsäsongen 2005 differentiell GPS (se kap 2.2.4). GPS-inmätningen innebär att varje yta kan återfinnas med mycket hög precision.

Fältarbete enligt utarbetad metodik har genomförts under ett flertal dagar i studieområdena i norra Halland och i Store Mosse nationalpark under åren 2004-2006 (tabell 4). Varje säsong har inletts med en gemensam fältdag för att få en enhetlig bedömning sinsemellan. Den relativt sena tidpunkten för fältarbetena 2004 styrdes av den programmering av data som projektet inväntade detta år. En något tidigare fältsäsong hade varit att föredra. I Jönköpings län försvårades också fältarbetet på Store Mosse 2004 av att det var väldigt blött ute på myren

Tabell 4. Sammanställning av fältarbeten.

Datum	Område	Differentiell GPS	Kommentar
2/7 2004	Store mosse, Lyng mosse, n Halland	Nej*	Gemensam fältdag
28/9 resp 7-8/10 2004	Store mosse, norra Halland	Nej*	
17/6 2005	Lyng mosse, norra Halland	Ja	Gemensam fältdag
19/7 resp 21/7 2005	Store mosse, Norra Halland	Ja	
29/8-2/9 2005	Store Mosse nationalpark, Jönk. län	Ja	
6-7/7 2006	Store mosse, norra Halland	Ja	
14/9 2006	Lyng mosse, norra Halland	Ja	
2-6/10 2006	Store mosse, Lyng mosse, Kullagårdsmossen, norra Halland	Ja	Utvärdering
8/12 resp 12/12 2006	N Halland, Store Mosse nationalpark	Ja	

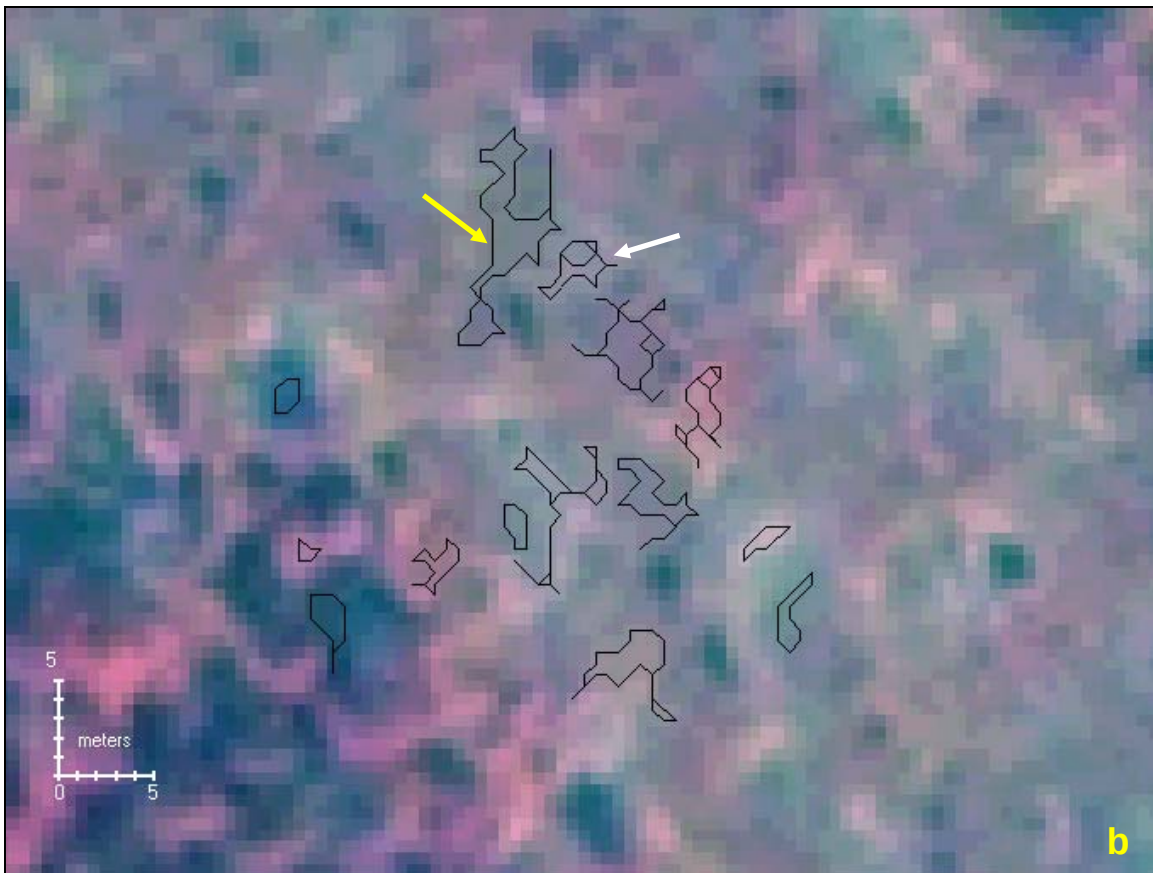
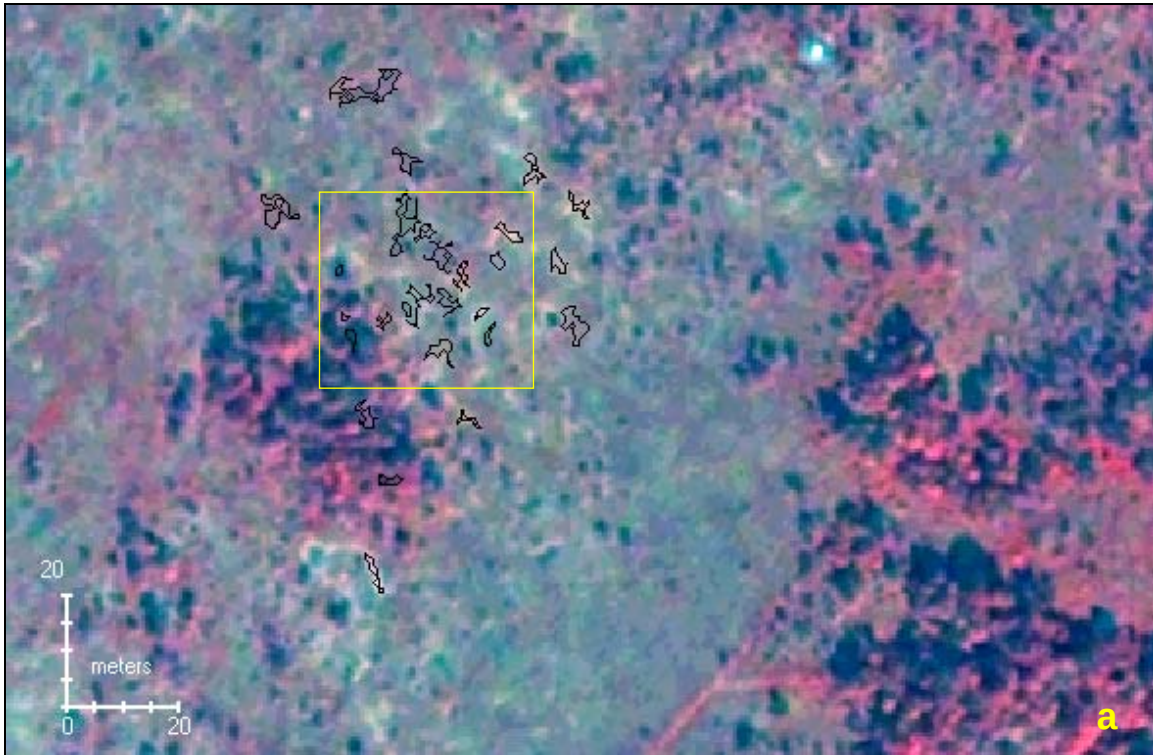
* Gps (± 10 m) användes som stöd för att grovt hitta ytorna. Därefter gjordes orienteringen efter strukturer/vegetationssammansättningen i de detaljerade bildutskriften som utgjorde fältmaterial.

vid tidpunkt för arbetet och många av de ytor som lagts ut kunde inte nås. Användande av snöskor underlättade generellt arbetet på Store Mosse nationalpark (figur 14).

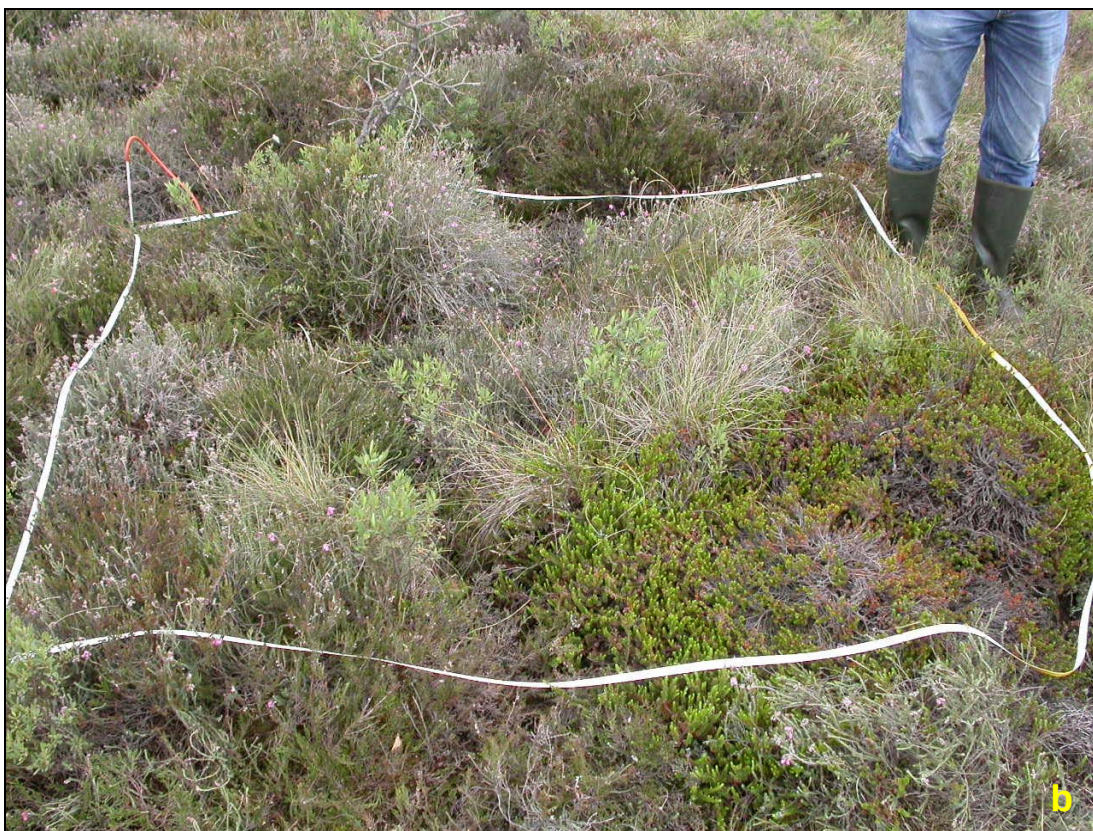
Figur 15 visar några av ytorna som fältkontrollerats på Store mosse i norra Halland. Pilarna i detaljbilden visar på ytor som redovisas med foton i figur 16. Figur 17 visar en översikt av del av Store Mosse nationalpark i Jönköpings län med två detaljbilder över några av de fältkontrollerade ytorna.



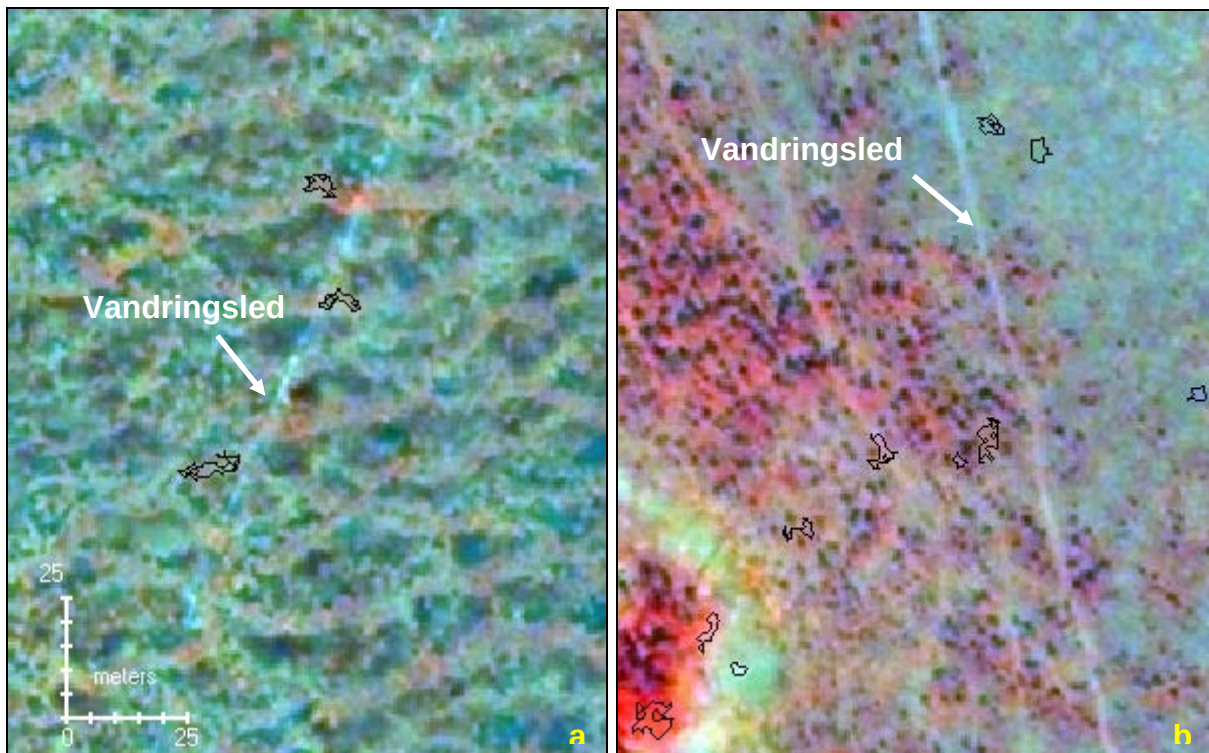
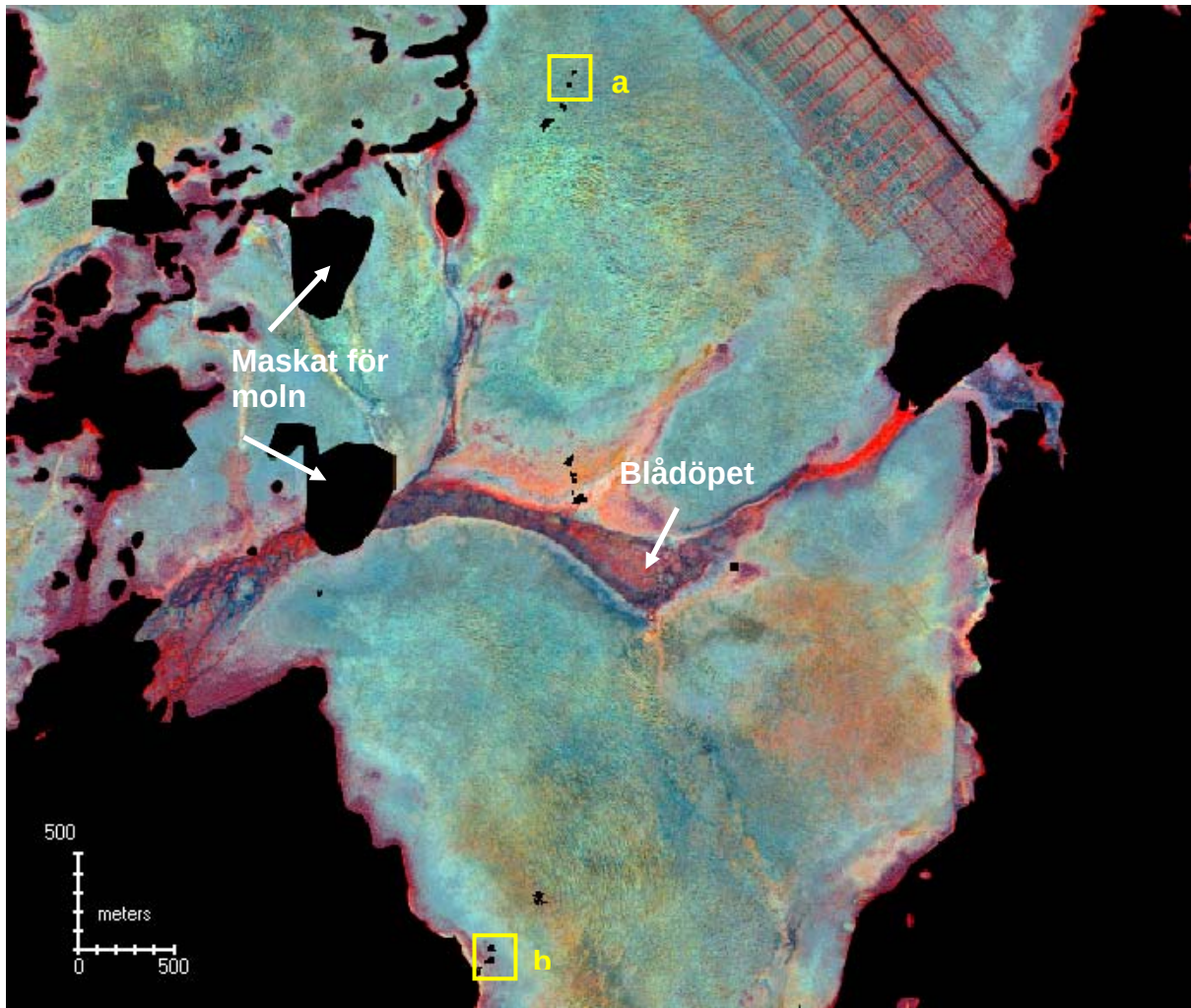
Figur 14. Fältarbete på Store Mosse nationalpark. Snöskor underlättade fältarbetet. Urban Gunnarsson, Uppsala Universitet, och Yvonne Liliegren, Länsstyrelsen i Jönköpings län.



Figur 15. Några av de fältkontrollerade ytorna på Store mosse, norra Halland. Sammanvägda QuickBird-data från 11 augusti 2003. a. Översikt. b. Detalj över de ytor som bedömdes under den gemensamma fältdagen 2 juli 2004. Pilarna visar på ytor som visas med markfoton i figur 16.



Figur 16. Beroende på ytornas form läggs provytor ut antingen som 2x2 meter eller 1x 4 meter. a. Vit pil i fig. 15b. Ristuvor 20 %, fastmatta 80 %. vitmossor (*Sphagnum*) 70 %, graminider (tuvull, vitag) 10 %, torris 15 % (5 % ljung, 5 % klockljung, 5 % kråkris), grönnris 5 % (pors). b. Gul pil i fig. 15b. Ristuvor 100 %. vitmossor 10 % (*Sphagnum spp*), graminider 5 % (tuvull). torris 85 % (20 % ljung, 40 % klockljung, 25 kråkris), grönnris 5 % (pors). Store Mosse, Gällinge, norra Halland.



Figur 17. Översikt över del av Store Mosse nationalpark, Jönköpings län. Sammanvägda QuickBird-data från 29 juli 2004. a- b. Detaljutsnitt över några av de fältkontrollerade ytorna.

4.2 Analys av mycket högupplösande data

4.2.1 Metodutveckling

Analys av QuickBird-data har genomförts över studieområdena i norra Halland och över Store Mosse nationalpark i Jönköpings län. Utarbetandet av klassificeringsmetod har varit en interaktiv process mot fältdata där en preliminär struktur successivt har kunnat läggas fast utifrån utökad fältkontroll och verifiering av resultat. Utgångspunkt har varit att använda ett liknande angreppssätt som utvecklats för våtmarksklassificeringen för Svenska Landtäckedata (Boresjö Bronge & Näslund-Landenmark, 2002). Denna metod är en s k trädklassificerare, där klassificeringen sker i steg enligt en hierarkisk struktur med utnyttjande av tröskling i enskilda band eller i kvoter mellan band vid varje beslutsnivå. Ett viktigt mål har varit att utforma en metod som kan användas både i Halland och på Småländska höglandet. Då myrvariationen är betydligt större på Småländska höglandet än på Hallandsmyrarna har det varit angeläget att finna en struktur som inom samma ramar tillåter urskiljande av fler klasser där så behövs. I norra Halland har metodutvecklingen huvudsakligen baserats på fältdata från Store mosse med användande av Lyng mosse för verifiering och kompletterande analyser.

Analys av både multispektrala 2.4 m data och sammanvägda s k "resolution merge" - data (0.6 m data med färginformation) har genomförts för Store mosse i norra Halland och Store Mosse nationalpark i Jönköpings län. Över Lyng mosse har endast multispektrala 2.4 m data analyserats.

4.2.1.1 Analys av statistik och spektrala signaturer för fältinventerade ytor i 0.6 m data

En mycket viktig del i metodutvecklingen, särskilt i inledningsskedet, har varit analys av s k spektrala signaturer för de olika fältinmätta vegetationsytorna. Med utgångspunkt att täcka så stor variation som möjligt i satellitbilderna valdes inledningsvis ett antal ytor ut för fältkontroll. Utifrån analys av statistik och signaturkurvor från dessa utarbetades en preliminär klassningsstruktur som sedan successivt förfinats allt eftersom mer fältmaterial erhöles under projektets gång.

Förutom analys av signaturkurvor analyserades också separabiliteten mellan de olika signaturerna med standardalgoritmer (Transformed Divergence och Jefferies-Matusita distance) i Erdas Imagine (ERDAS, 2003).

4.2.1.2 Reflektanskalibrering av QuickBird multispektrala data (2.4 m)

Sammanvägda 0.6 m-data möjliggör mycket detaljerad analys, men då data sammanvägts baserat på principalkomponentanalys som utgår från aktuellt bildutsnitt, är det inte möjligt att utifrån dessa data direkt överföra beslutsgränser till andra scenutsnitt. Överföring av beslutsgränser för olika scenutsnitt kan dock göras för 2.4 m data om dessa gjorts jämförbara först. För att kunna utnyttja den kalibrering mot fältdata som gjorts på Store mosse i norra Halland i 0.6 m data också för Lyng mosse, reflektanskalibrerades därför QuickBird multispektrala data för båda mossarna. Klassningsresultatet över Store mosse baserat på det sammanvägda 0.6 m datat utnyttjades därefter för att plocka nya signaturer för att hitta beslutsgränserna i det reflektanskalibrerade 2.4 m datat (se avsnitt 4.2.1.3).

Kalibreringen till spektral radians vid satelliten ("top-of-atmosphere") utfördes i två steg enligt följande (DigitalGlobe, 2003):

1. Konvertering till bandintegrerad radians ($\text{W m}^{-2}\text{sr}^{-1}$)

$$L_{\text{pixel,band}} = \text{absCalFactor}_{\text{Band}} \cdot q_{\text{Pixel,Band}}$$

där $L_{\text{pixel,band}}$ är "top-of-atmosphere" band-integrerad radians ($\text{W m}^{-2}\text{sr}^{-1}$)

$\text{absCalFactor}_{\text{Band}}$ är absolut radiometrisk kalibreringsfaktor för ett givet band hämtad från "header"-filen,

$q_{\text{Pixel,Band}}$ är pixelvärdet för ett givet band.

2. Konvertering till spektral radians ($\text{W m}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$)

$$L_{\lambda \text{ pixel,band}} = L_{\text{pixel,band}} / \Delta\lambda_{\text{Band}}$$

där $L_{\lambda \text{ pixel,band}}$ är "top-of-atmosphere" spektral radians ($\text{W m}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$)

$L_{\text{pixel,band}}$ är "top-of-atmosphere" bandintegrerad radians ($\text{W m}^{-2}\text{sr}^{-1}$)

$\Delta\lambda_{\text{Band}}$ är den effektiva bandbredden (μm) för ett givet band.

Kalibrering till reflektans vid satelliten ("top-of-atmosphere") beräknades enligt följande (Markham & Barker, 1986):

$$\rho_p = \frac{\pi * L_{\lambda} * d^2}{E_{\lambda} * \cos\theta}$$

ρ_p = Reflektans vid satelliten

L_{λ} = Spektral radians ($\text{W m}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$)

d = Avstånd mellan jord och sol i astronomiska enheter (AU)

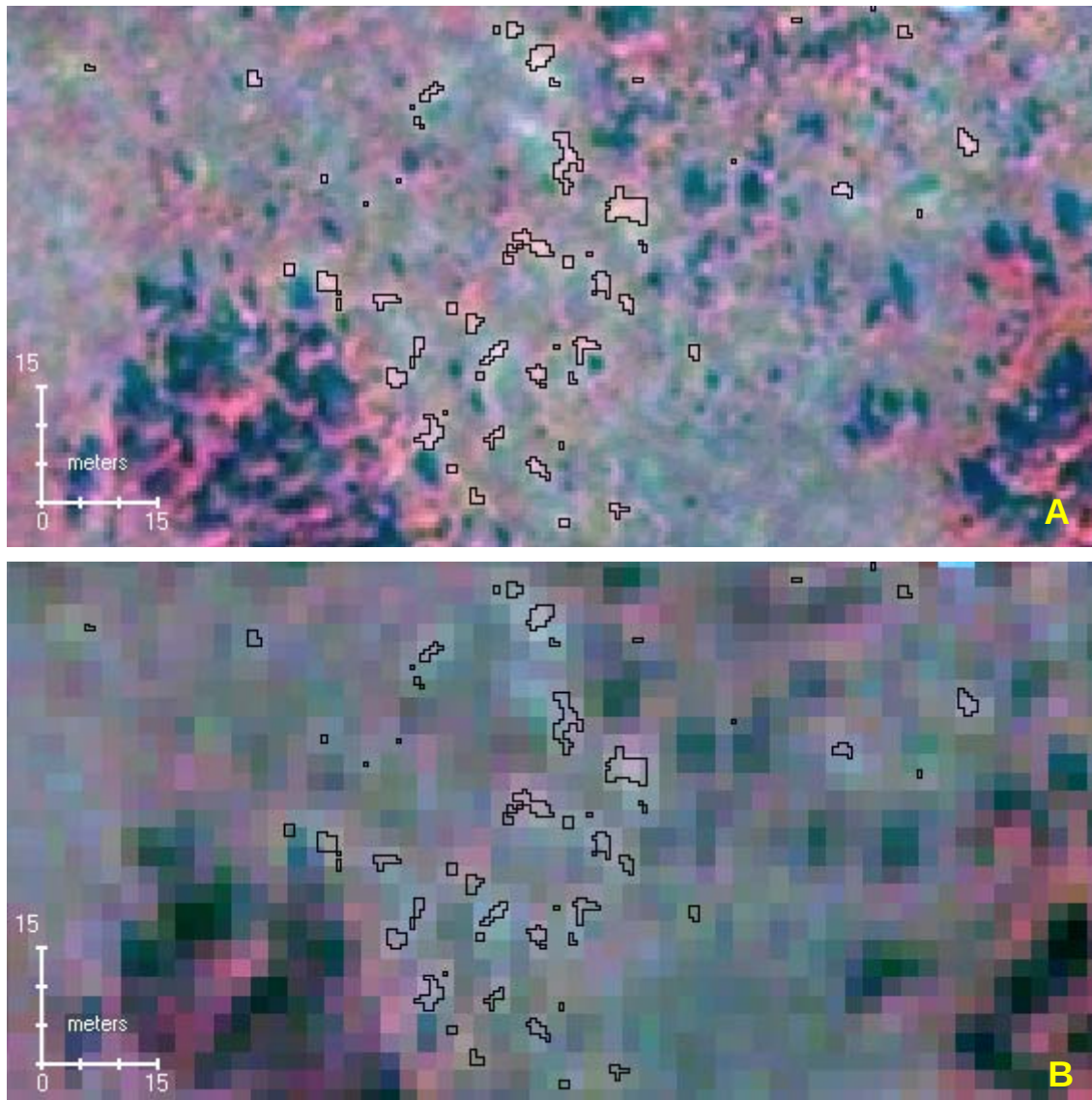
E_{λ} = Solens exoatmosfäriska spektrala irradians ($\text{W m}^{-2}\mu\text{m}^{-1}$)

θ = Solens zenitvinkel (grader)

4.2.1.3 Analys och klassificering av QuickBird multispektrala data (2.4 m)

För att kunna utnyttja den kalibrering som gjorts mot fältdata i 0.6 m upplösning vektoriserades klassningsresultatet från dessa data, så att gränserna för varje klass kunde läggas på den multispektrala bilden med 2.4 m upplösning (figur 18). Ett stort antal ytor plockades därefter ut inom varje klass för analys av var beslutsgränserna fanns i dessa data. Ett nytt klassningsresultat indirekt kalibrerat mot de detaljerade fältdata kunde därefter produceras.

En arealmässig jämförelse av de olika klassernas utbredning i 0.6 m respektive 2.4 m klassningsresultat gjordes också.



Figur 18. Exempel på hur klassningsresultatet baserat på "resolution merge"-data använts för att hitta beslutgränserna i de multispektrala 2.4 m-data. Polygonerna visar klassen "Sphagnummatta" A. Gränserna för klassen pålagda den bild som använts vid klassificeringen (0.6 m markupplösning), B. Gränserna pålagda QuickBird multispektrala data (2.4 m markupplösning). Inom de pålagda gränserna har träningsytor/enstaka pixel plockats för analys av spektrala signaturer för att hitta beslutsgränserna i dessa data.

4.2.2 Formulering och beskrivning av indelningssystem

Utifrån analysen av fältdata med återkoppling till klassningsresultaten formulerades och definierades de olika myrklasserna. För att verifiera dessa gjordes också en sammanställning av täckningsgrader och förekomst av arter för alla fältbedömda provytor på Store mosse och Lyng mosse

4.2.3 Multivariat analys av myrvegetationen

Ett sätt att undersöka huruvida indelningen i vegetationsklasser verkligen svarar mot en reell skillnad i vegetation är att göra en multivariata ordinationer och se om vegetationsklasserna separeras i ordinationsrummet. I dessa ordinationer utnyttjar man skillnader i de inventerade ytoras artsammansättning (från provytor på Store mosse, norra Halland och sammanvägda

QuickBird-data med 0.6 m upplösning) för att maximera variationen längs oberoende ordinationsaxlar (Økland 1990), så att ytor med likartad vegetation hamnar nära varandra i ordinationsdiagrammet och ytor med väldigt olika vegetation långt ifrån varandra. Två typer av ordinationer utfördes, en DCA, där man maximerar variationen i totala artdatauppsättningen, och en CCA, där man inskränker variationen till att maximeras längs uppmätta miljövariabler. I detta fall är miljövariablerna QuickBird's spektralband och kvoter (band1-band4, röd/grön, blå/röd, IR/röd, IR/grön och IR/blå). CCA har också den fördelen att den kan ge information om de olika arternas spektrala egenskaper. Analyserna utfördes i programmet CANOCO version 4.5 (ter Braak & Smilauer, 2002).

4.2.4 Klassificering

4.2.4.1 Norra Halland

Den tidigare beskrivna utarbetade metoden har använts för att klassificera mossarna i norra Halland och Store Mosse nationalpark i Jönköpings län.

Klassificering av Store mosse och Kullagårdsmossen i norra Halland gjordes i 0.6 m sammanvägda data från 11 augusti 2003, med de fältbesökta ytorna på Store mosse som referens för att kalibrera in beslutsgränserna. Klassningsresultatet över Store mosse i 0.6 m data utnyttjades därefter för att hitta motsvarande beslutsgränser i reflektanskalibrerade 2.4-m-data och ett klassningsresultat i dessa data producerades för Store mosse och Kullagårdsmossen. Samma beslutsgränser användes också för att klassificera Lyng mosse i 2.4-m reflektanskalibrerade data.

Över norra Halland klassificerades också en QuickBird-scen från 11 juli 2005 för att analysera hur väl resultatet från huvudscenen skulle kunna återupprepas.

4.2.4.2 Store Mosse nationalpark

På Store Mosse nationalpark utarbetades inledningsvis en klassningsstruktur baserad på det fältarbete som gjordes 2005 baserat på sammanvägda 0.6 m data från 2004. Denna struktur reviderades dock 2006 för att bättre passa den nu förfinade strukturen utarbetad över Halland. En klassificering av reflektanskalibrerade 2.4 m-data gjordes därefter över nationalparken med Hallandsstrukturen.

4.3 Analys av SPOT-data

Utgångspunkt för analysen av SPOT-data har varit att utnyttja QuickBird-data så att den detaljerade fältinformation som används för att klassificera dessa data indirekt kan nyttjas för att även kalibrera SPOT. En regional analys skulle därmed kunna genomföras som är kopplad till detaljerad fältinformation. Tillvägagångssättet för att kalibrera SPOT har därvid varit detsamma som vid överföringen av beslutsgränser från QuickBird 0.6-m upplösning till 2.4 m upplösning.

Analysen av SPOT-data har omfattat följande steg:

- Reflektanskalibrering av data.
- Användning av klassningsresultatet från QuickBird-data (2.4 m upplösning) som stöd för urval av ytor i SPOT-datat.
- Analys av spektraldata för att finna beslutsgränserna i SPOT-datat.
- Anpassning av metod till SPOT's spektralband.
- Klassificering enligt framtagen metod.

4.3.1 Reflektanskalibrering av SPOT 5 data

Kalibreringen till spektral radians vid satelliten ("top-of-atmosphere") utfördes enligt följande:

$$L_{\lambda \text{ pixel,band}} = \text{gain}_{\text{Band}} \cdot Q_{\text{Pixel,Band}}$$

där $L_{\lambda \text{ pixel,band}}$ är "top-of-atmosphere" spektral radians ($\text{W m}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$)

$\text{gain}_{\text{Band}}$ är kalibreringsfaktor för ett givet band hämtad från "header"-filen,

$Q_{\text{Pixel,Band}}$ är pixelvärdet för ett givet band i "equivalent radiance" ($\text{W m}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$).

Beräkning av reflektans vid satelliten gjordes enligt följande:

$$\rho_p = \frac{\pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2}{E_{\lambda} \cdot \cos\theta}$$

ρ_p = Reflektans vid satelliten

L_{λ} = Spektral radians ($\text{W m}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$)

d = Avstånd mellan jord och sol i astronomiska enheter (AU)

E_{λ} = Solens exoatmosfäriska spektrala irradians ($\text{W m}^{-2}\mu\text{m}^{-1}$)¹

θ = Solens zenitvinkel (grader)

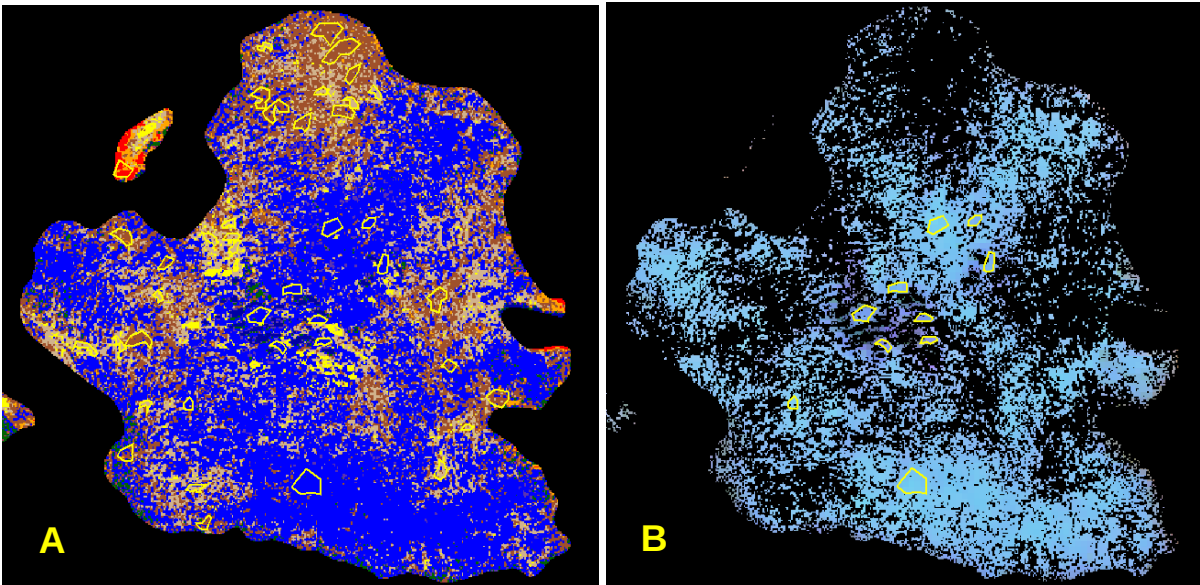
4.3.2 Kalibrering mot QuickBird-data och klassificering av SPOT-data

För att kunna länka SPOT-data mot den klassificering som gjorts med QuickBird-data, användes QuickBird-resultatet som mask för att för varje klass hitta motsvarande områden i SPOT-bilden. Figur 19 visar ett exempel från Lyng mosse i Halland. Ett stort antal ytor plockades därefter ut inom varje klass för analys av var beslutsgränserna fanns i SPOT data. En viss modifiering av klassningsstrukturen behövdes också göras då SPOT saknar information i blått men istället registrerar i mellan-IR. Med stöd av QuickBird-resultaten över studieområdet i norra Halland och över Store Mosse nationalpark producerades ett kalibrerat resultat över norra Halland och del av Jönköpings län.

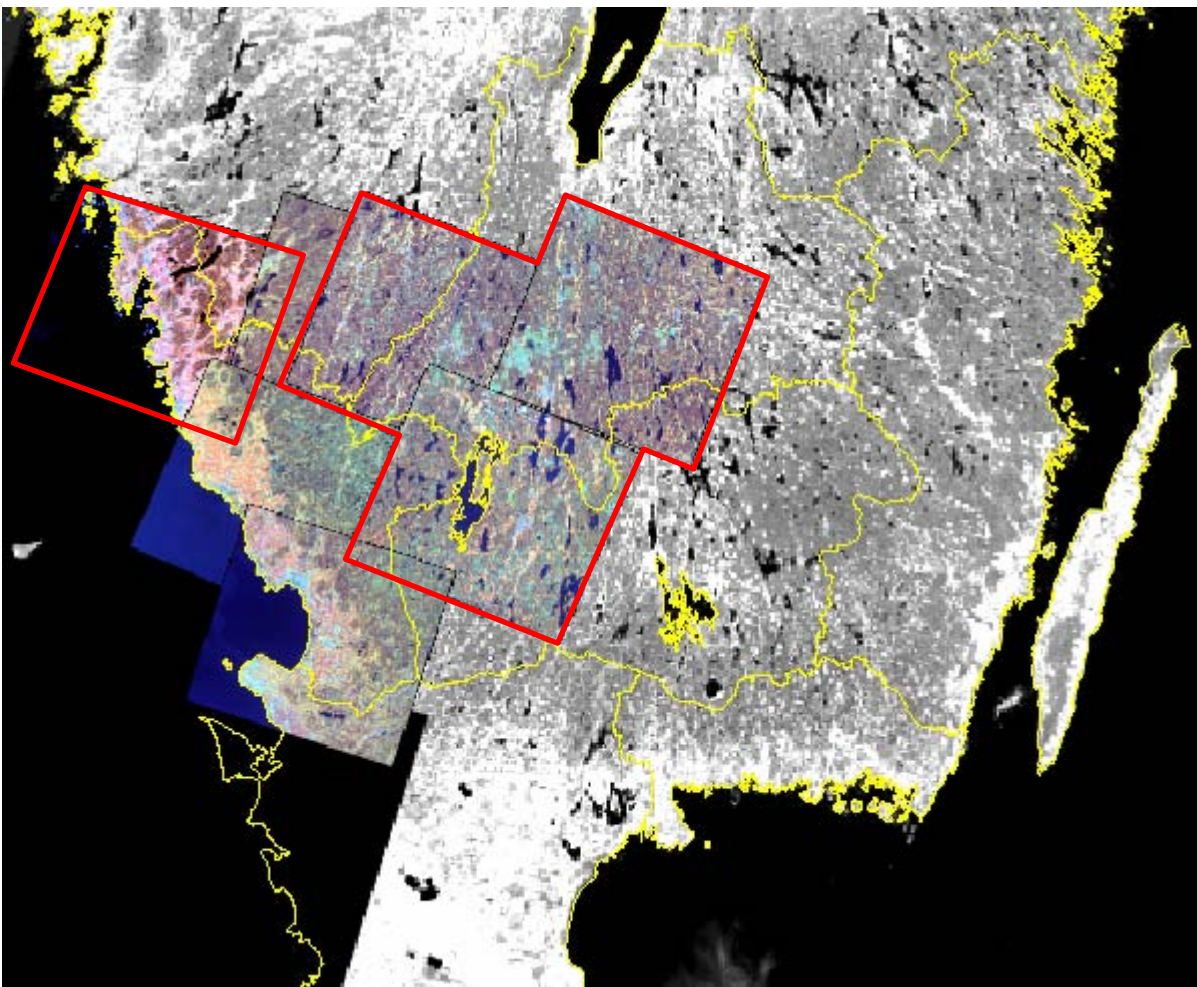
4.3.3 Regional analys

Utifrån de SPOT-scener som kunnat kalibreras mot QuickBird-resultat har en regional analys påbörjats. Figur 20 visar de SPOT-scener som helt eller delvis bearbetats hittills. Röda rektanglar visar scener som kunnat kalibreras mot QuickBird-resultat. Den sydligaste av de rödmarkerade scenerna över Jönköpings län är registrerad samma dag och med samma SPOT-instrument som scenen norr där om. Samma beslutsgränser har därför kunnat användas för denna scen. Övriga scener har i överlappande områden kalibrerats mot de QuickBird-kalibrerade resultaten. Endast öppen sankmark (ej svårframkomlig) omfattas av analysen ("Sankmark normal- annan öppen mark" enligt Fastighetskartan).

¹ Solens exoatmosfäriska spektrala irradians för SPOT 5 band hämtades från SpotImage hemsida (<http://www.spotimage.fr>).



Figur 19. Exempel på hur klassningsresultatet från QuickBird används för att hitta beslutsgränserna i i SPOT-datat. A. Klassningsresultat i 2.4 m-data från Lyng mosse i norra Halland med ytor som valts i SPOT-bilden för de olika klasserna. B. Torrisdominerad myr (blått i vänstra bilden) med valda träningsytor.



Figur 20. SPOT-scener som helt eller delvis bearbetats i den regionala analysen 2006. Röda rektanglar visar scener som kunnat kalibreras mot QuickBird-resultat. Övriga scener har i överlappande områden kalibrerats mot de QuickBird-kalibrerade resultaten.

4.4 Analys av återupprepbarhet

En analys av hur väl ett visst resultat skulle kunna återupprepas genomfördes i SPOT-data över Store Mosse nationalpark. Över detta område finns två SPOT-scener registrerade samma dag men med olika SPOT-instrument och med olika registreringsvinklar (figur 21). SPOT registrerar simultant med två identiska instrument, HRG1 och HRG2, som kan vara olika vinklade under registrering.

För att göra scenerna så jämförbara som möjligt har dessa först reflektanskalibrerats med användande av de specifika kalibreringsfaktorer som finns angivna i headern för respektive scen. Detta kompenserar för eventuella olikheter i kalibreringen mellan de två instrumenten, men ej för andra skillnader som kan uppstå på olika registreringsvinklar (ej lika lång väg genom atmosfären, skillnader som beror på att objekten reflekterar solljuset olika i olika riktningar, sk "bi-directional reflectance").

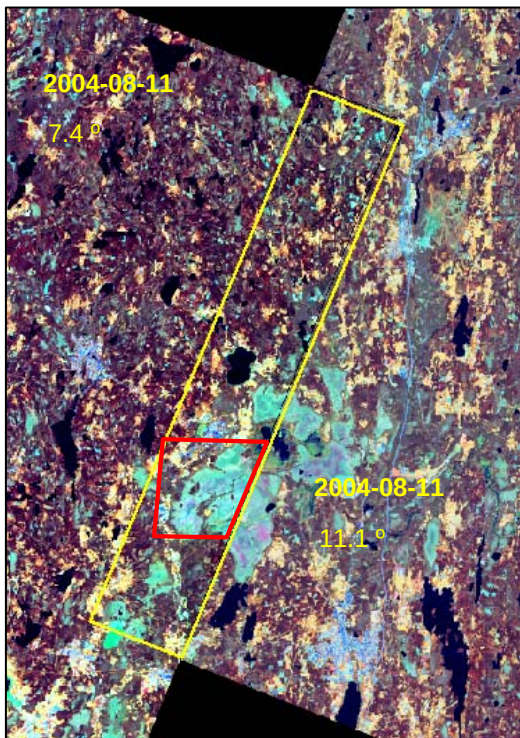
Följande klassificeringar gjordes därefter:

Med utvecklad klassningsapproach

- Klassificering av båda scenerna med utnyttjande av beslutsgränser från östra scenen.
- Klassificering av västra scenen efter att beslutsgränserna översiktligt optimerats för denna scen.

Med standardmetod för jämförelse

- Maximum-likelihood-klassificering av båda scenerna med användande av samma träningsytor, men tränade på respektive scen.



Figur 21. Överlappande område mellan två SPOT-scener där analys av återupprepbarhet av resultat gjorts. Röd rektangel visar område i Store Mosse nationalpark där QuickBird-resultat finns för kalibrering av de två scenerna.

4.5 Generalisering

Generalisering av resultaten har utförts enligt följande:

Sammanvägda QuickBird-data (0.6 m upplösning):

Klass 11 (Sphagnummatta) har behållits med full upplösning. För övriga klasser gäller att minst fyra pixlar måste vara sammanhängande för att ytan ska behållas (minsta karteringsenhet 1.4 m²).

Multispektrala QuickBird-data (2.4 m upplösning):

Klass 11 (Sphagnummatta) och klass 13 (Sphagnummatta med > 40 % förna) har behållits med full upplösning (klass 13 finns ej i 0.6 m resultatet). För övriga klasser gäller att minst två pixlar måste vara sammanhängande för att ytan ska behållas (minsta karteringsenhet 11.5 m²).

SPOT5-data (10 m upplösning):

Klass 11 (Sphagnummatta) och klass 13 (Sphagnummatta med > 40 % förna) har behållits med full upplösning. För övriga klasser gäller att minst två pixlar måste vara sammanhängande för att ytan ska behållas (minsta karteringsenhet 200 m²).

4.6 Utvärdering

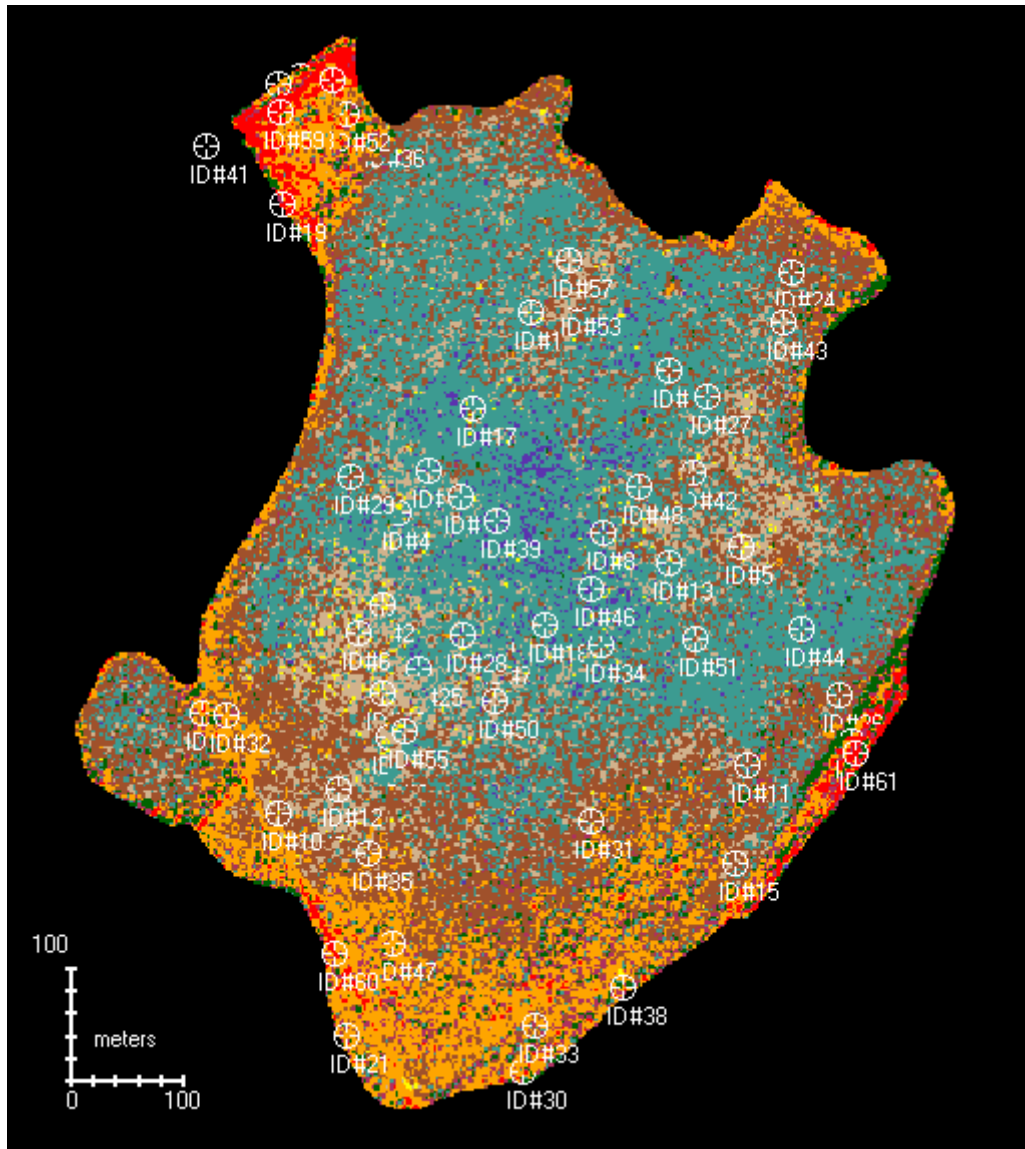
4.6.1 Slumpning av kontrollpunkter

Utvärdering av klassningssäkerheten har hittills utförts för klassningsresultaten i norra Halland över Store mosse, Kullagårdsmossen och Lyng mosse. För Store mosse och Kullagårdsmossen finns resultat med både 0.6 m upplösning och 2.4 m upplösning. För Lyng finns endast resultat med 2.4 m upplösning. På Kullagårdsmossen har inget fältarbete tidigare utförts. För att få spridning på utvärderingspunkterna över de olika mossarna och resultaten slumpades 10 punkter i varje klass på Store mosse och Kullagårdsmossen i 0.6 m resultatet samt 15 punkter i varje klass på Lyng mosse i 2.4 m resultatet. Punkterna på Store mosse och Kullagårdsmossen användes för utvärdering av både 0.6 och 2.4 m resultaten (se nedan).

Följande klasser ingick i utvärderingen: 5, 11, 14, 23, 22 och 21. För klass 11, som kunde förväntas förekomma i mycket små ytor, utvärderades träff i båda upplösningarna, d v s ytorna generaliserades ej före utslumpning av kontrollpunkter. För övriga klasser slumpades punkter ut i ett generaliserat resultat för att undvika kontrollpunkter på gränser mellan ytor. För 0.6 m resultatet slumpades punkter ut endast inom ytor lika med eller större än 25 pixlar (för att med marginal rymma en yta som motsvarar den provyta på 2x2 m² som använts vid bedömningen av vegetation i tidigare fältarbeten). För 2.4 m resultatet slumpades punkter ut i ytor lika med eller större än fyra pixlar. Figur 22 visar slumpade punkter i 0.6 m-resultatet över Kullagårdsmossen.

4.6.2 Generering av ytor för fältkontroll

Slumpningen av punkter gjordes med utnyttjande av standardrutinen "Accuracy Assessment" i Erdas Imagine 8.7. Efter utslumpningen skapades en större yta kring punkten inom samma klass att orientera till för fältkontroll. Genereringen av denna yta gjordes med "Seed-funktionen" i Erdas Imagine där "seed"-punkten lades på den utslumpade punkten. För 0.6 m resultatet söktes en yta på 25 pixlar ut kring punkten, för 2.4 m resultatet skapades en yta med 5 pixlar.



Figur 22. Slumpade punkter i 0.6 m-resultatet på Kullagårdsmossen.

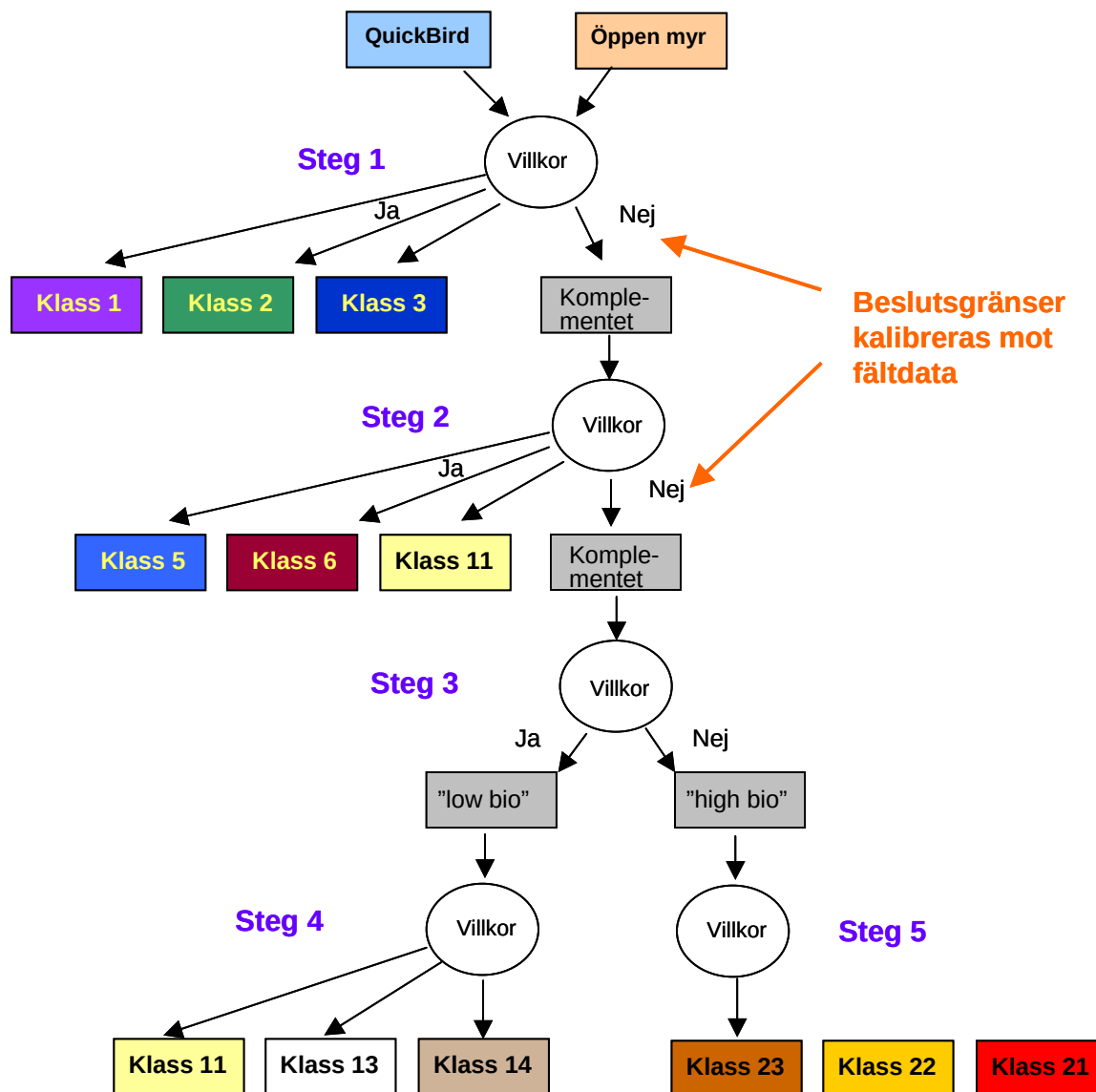
4.6.3 Fältbedömning

För att hinna med så många ytor som möjligt inom den tid som var tillgänglig för fältarbetet tillämpades en något förenklad metodik jämfört med den som tidigare använts vid insamlandet av fältdata. Differentiell GPS användes för att orientera till ytorna och placerades i mitten på den yta som söktes ut för fältkontroll. Därefter gjordes en bedömning av klass för 0.6 m resultatet inom en yta på ca 2x2 m². För 2.4 m resultatet bedömdes en yta motsvarande ca 4x4 m². Bedömningen gjordes utifrån definitionerna för de olika klasserna och utan vetskap om utfall i klassningsresultatet. I de fall då klasstillhörigheten var svårbedömd p g a att ingående komponenter låg på gränsen mellan två klasser och att endera klass egentligen kunde betraktas som rätt, angavs ett första och ett andrahandsalternativ.

5 RESULTAT

5.1 Klassningsmetod

Den klassningsmetod som utarbetats på basis av den spektrala analysen är baserad på stegvis gränsvåklippning i enskilda band och i kvoter mellan band (figur 23). Genom att analysera spektrala signaturer för ett stort antal fältinmätta ytor har det varit möjligt att finna grupperingar av ytor som har gemensamma spektrala egenskaper och också vissa gemensamma egenskaper i täckningsgrad av olika vegetationskomponenter. De olika beslutsgränserna är satta utifrån de fältinmätta ytorna så att dessa grupperingar av ytor särskiljs på ett enhetligt sätt i en stegvis hierarkisk klassificeringsprocedur. Klassningsstrukturen är utformad så att den inom samma ramar tillåter urskiljande av fler klasser där så behövs för att samma metod ska vara användbar från Halland till Småländska höglandet.



Figur 23. Schematisk skiss över klassningsmetoden. Klasserna refererar till de beskrivna klasserna i tabell 5.

5.2 Indelningssystem

Tabell 5 redovisar det indelningssystem som definierats på basis av genomförda fältarbeten och utvärderingen av klassningsresultaten i norra Halland. Några av klasserna finns endast i Store Mosse nationalpark och är preliminära då klassningsarbetet ej är helt slutfört i detta område. Tabell 6-8 redovisar en sammanställning av täckningsgrader för alla fältinventerade provrutor i norra Halland kopplat till klass i slutresultaten med 0.6 och 2.4 m upplösning. Figur 24-41 visar markbilder på typiska ytor för varje klass.

Tabell 5. Indelningssystem. Numreringen av klasserna återspeglar i stora drag den ordning som de faller ut i vid klassificeringen (se figur 23).

Klass	Kortfattad beskrivning	Kommentar
Lösbotten-fastmatta		
1. Lösbotten	Torv/vatten > 70 %.	
11. Sphagnummatta	Sphagnum > 50 %, max 50 % graminider, max 40 % förna, max 10 % ris.	
13. Sphagnummatta med > 40 % förna	Förna > 40 %, resterande Sphagnum och graminider. Kan inkludera torris (max 20 %) och/eller vatten/torv (max 40 %).	Endast Store Mosse nationalpark
14. Ris/sphagnum/graminider	Sphagnum + graminider 40-70 %, Sphagnum > 20 %, torris 10- 40 %, grönnris max 20 %, förna max 40 %	
Fastmatta-ristuva		
5. Torrisdominerad*	Torris $\geq$ 50 %, max 20 % grönnris, max 20 % Sphagnum**.	
7. Tuvsäv/förna	Tuvsäv/förna $\geq$ 50 %. Två varianter förekommer, en ristuvevariant med torris och en fastmatta med Sphagnum.	Endast Store Mosse nationalpark
2. Tall/skugga		
6. Skuggad hög biomassa	Huvudsakligen klass 23 och 22.	Endast QuickBird-resultat i Halland
23. Örter/grönnris*** 20-50 %	Max 50 % torris, max 20 % Sphagnum. (Ytor med pors nära 20 % men med stort Sphagnuminslag (> 20 %) inkluderas i klass 14).	
22. Örter/grönnris 50-80 %	Max 30 % torris. (Ytor med högvuxen björk/annat löv och annan högre reflekterande vegetation men med lägre täckningsgrad än i klass 21 inkluderas i denna klass. Ytor med högvuxen pors nära 50 % inkluderas i denna klass).	
21. Örter/grönnris > 80 %	Max 10 % torris. (Ytor med högvuxen björk/annat löv och annan hög-reflekterande vegetation inkluderas i denna klass, t ex blåtåtel och vass).	
Övrigt		
3. Vatten		
4. Torvtäkt		Endast SPOT

* Torris omfattar ljung, klockljung, kråkbär och småtallar.

** Omfattar även i Halland mindre inslag av klass 7, som på Store Mosse nationalpark urskiljs som en separat klass.

*** Grönnris omfattar pors, skvattram, odon, dvärgbjörk och småbjörkar.

Tabell 6. Sammanställning av täckningsgrader (medianer och 1:a och 3:e kvartilerna) för provrutor på Store mosse, Norra Halland, för klassningsresultatet baserat på QuickBird sammanvägda data med 0.6 m upplösning.

Art \Klass	1	11	14	5	23	22	21
Antal ytor	2	23	49	38	46	21	12
Kärr	100 (100;100)	0	0	0	100 (100; 100)	100 (100; 100)	100 (87.5; 100)
Mosse	0	100 (0; 100)	100 (100; 100)	100 (100; 100)	0 (0; 100)	0	0 (; 12.5)
Ristuva	0	0	20 (0; 100)	100 (100; 100)	97.5 (0; 100)	5 (0; 100)	0
Fastmatta	0	0	22.5 (0; 80)	0	0 (0; 95)	95 (0; 100)	100 (100; 100)
Mjukmatta	0	100 (82.5; 100)	0	0	0	0	0
Lösbotten	50 (25; 75)	0	0	0	0	0	0
Förna	0	0 (0; 12.5)	10 (10; 15)	10 (10; 15)	10 (10; 15)	10 (0; 10)	0 (0; 5)
Torv	37.5 (21.2; 53.7)	0	0	0	0	0	0
Vatten	60 (45; 75)	0	0	0	0	0	0
Vitmossor tot	0	60 (50; 72.5)	35 (15; 50)	3 (0; 5)	7,5 (1; 10)	0 (0; 10)	0 (0; 0.3)
Graminid.	0	25 (12.5; 40)	15 (10; 30)	10 (10; 20)	10 (10; 23.8)	5 (5; 15)	5 (0; 12.5)
Torris	0	0 (0; 1)	20 (10; 35)	62.5 (56.3; 75)	30 (25; 48.8)	15 (10; 30)	0 (0; 6.3)
Örter	0	0 (0; 0.5)	0	0	0 (0; 10)	40 (10; 60)	70 (32.5; 81.3)
Grönris	0	0 (0; 1)	5 (0; 10)	0 (0; 5)	20 (10; 20)	20 (10; 30)	10 (5; 20)
<i>Sphagnum sect. Acutifolia</i>	0	0	0 (0; 1)	0 (0; 1)	0 (0; 1)	0	0
<i>S. cuspidatum</i>	0	30 (0; 60)	0 (0; 5)	0	0	0	0
<i>S. magellanicum</i>	0	10 (0; 22.5)	20 (5; 36,3)	0 (0; 4)	0 (0; 5)	0	0
<i>övr sect. Sphagnum</i>	0	0 (0; 7.5)	0	0	0	0 (0; 1)	0
Lavar tot	0	0	0	0 (0; 1)	0	0	0
Tuvsäv	0	0	0 (0; 1)	0 (0; 1)	0	0	0
Tuvull	0	0	5 (0; 10)	10 (1; 13.8)	7,5 (0; 13.8)	0 (0; 5)	0 (0; 1.3)
Ängsull	0	0 (0; 5)	0 (0; 1)	0 (0; 0.8)	0 (0; 1)	0 (0; 5)	0
Vitag	0	15 (0; 35)	0 (0; 5)	0	0	0	0
Myrlilja	0	0	0	0	0 (0; 10)	40 (10; 60)	70 (32.5; 81.3)
Ljung	0	0	5 (0; 15)	10 (5;30)	5 (0; 10)	0 (0; 10)	0
Klockljung	0	0 (0; 0.8)	10 (5; 20)	40 (21.2; 55)	20 (10; 30)	10 (5; 20)	0 (0; 1.3)
Pors	0	0 (0; 1)	5 (0; 10)	0 (0; 5)	17.5 (10; 20)	10 (10; 30)	10 (5; 16.3)

Tabell 7. Sammanställning av täckningsgrader (medianer och 1:a och 3:e kvartilerna) för provrutor i Store mosse, Norra Halland, för klassningsresultatet baserat på QuickBird multispektrala data med 2.4 m upplösning.

Art \Klass	1	11	14	5	23	22	21
Antal ytor	2	16	54	30	53	12	11
Kärr	100 (100; 100)	50 (0; 100)	0	0	0 (0; 67.5)	100 (92.5; 100)	100 (100; 100)
Mosse	0	50 (0; 100)	100 (100; 100)	100 (100; 100)	100 (32.5; 100)	0 (0; 7.5)	0
Ristuva	0	0	10 (0; 100)	100 (100; 100)	50 (0; 100)	10 (0; 100)	0
Fastmatta	0	0 (0; 62.5)	0 (0; 60)	0	0 (0; 100)	90 (0; 100)	100 (100; 100)
Mjukmatta	0	100 (0; 100)	0 (0; 87.5)	0	0	0	0
Lösbotten	50 (25; 75)	0	0	0	0	0	0
Förna	0	5 (0; 16.3)	10 (5; 15)	12.5 (10; 20)	10 (10; 10)	5 (0; 16.3)	5 (0; 5)
Torv	37,5 (21.3; 53.8)	0	0	0	0	0	0
Vatten		0 (0; 1.3)	0	0	0	0	0
Vitmossor tot	0	70 (47.5; 76.3)	35 (10; 50)	5 (0.3; 5)	5 (0.3; 10)	0 (0; 5)	0 (0; 0.5)
Graminid.	0	20 (5; 25)	20 (10; 30)	15 (10; 20)	10 (5; 15)	7,5 (5; 16.3)	5 (0; 20)
Torris	0	1 (0; 5)	20 (6.3; 40)	60 (51.3; 70)	30 (25; 50)	12,5 (5; 30)	0 (0; 17.5)
Örter	0	0 (0; 0.3)	0	0	0 (0; 20)	45 (37.5; 62.5)	70 (25; 82.5)
Grönris	0	0 (0; 2)	1 (0; 10)	0	20 (10; 20)	10 (5; 22.5)	10 (7.5; 20)
<i>Sphagnum</i> <i>sect.Acutifolia</i>	0	0	0	0 (0; 1)	0 (0; 1)	0	0
<i>S. cuspidatum</i>	0	5 (0; 70)	0 (0; 8.8)	0	0	0	0
<i>S. magellanicum</i>	0	10 (0; 31.3)	10 (5; 33.8)	0 (0; 4)	0 (0; 5)	0	0
<i>Övr. Sect.</i> <i>Sphagnum</i>	0	0	0	0	0	0 (0; 1)	0
Lavar tot.	0	0	0	0 (0; 1)	0	0	0
Tuvsäv	0	0	0	0.5 (0; 4)	0	0	0
Tuvull	0	0	0 (0; 10)	10 (5; 15)	5 (0; 10)	2,5 (0; 7.5)	0
Ängsull	0	5 (0; 11.3)	0 (0; 0.8)	0	0 (0; 4)	1 (0; 5)	0
Vitag	0	0 (0; 7.5)	0 (0; 20)	0	0	0	0
Myrlilja	0	0	0	0	0 (0; 20)	45 (37.5; 62.5)	70 (25; 82.5)
Ljung	0	0 (0; 1)	5 (0; 18.8)	7,5 (2; 27.5)	5 (0; 13.8)	0 (0; 6.3)	0
klockljung	0	0 (0; 1)	5 (2; 25)	45 (31.3; 58.8)	20 (10; 30)	10 (5; 16.3)	0 (0; 2.5)
Pors	0	0 (0; 2)	0 (0; 10)	0	15 (10; 20)	10 (5; 15)	10 (7.5; 20)

Tabell 8. Sammanställning av täckningsgrader (medianer och 1:a och 3:e kvartilerna) för provrutor i Lyng mosse, Norra Halland, för klassningsresultatet baserat på QuickBird multispektrala data med 2.4 m upplösning.

Art/klass	1	11	14	5	23	22
Antal ytor	4	3	16	9	25	2
Mosse	100 (100; 100)	100 (100; 100)	100 (100; 100)	100 (100; 100)	100 (100; 100)	100 (100; 100)
Ristuva	0	2.5 (0; 5)	20 (6.3; 45.8)	100 (100; 100)	90 (50; 100)	30
Fastmatta	0	47.5 (0; 95)	80 (50; 90)	0	0 (0; 50)	70
Mjukmatta	0	50 (0; 100)	0	0	0	0
Lösbotten	100 (100; 100)	0	0	0	0	0
Förna	5 (5; 5)	10 (5; 20)	12,5 (10; 20)	15 (10;15)	10 (5; 15)	5 (5; 5)
Torv	25 (0; 56.3)	0	0	0	0	0
Vatten	50 (0; 100)	0	0	0	0	0
Vitmossor tot	0 (0; 3.8)	50 (27.5; 72.5)	17,5 (10; 32.5)	5 (5; 10)	15 (5; 20)	25 (22.5; 27.5)
Graminid.	12,5 (0; 30)	35 (20; 50)	30 (20; 55)	15 (10;20)	20 (15; 25)	15 (15; 15)
Torris	0	0 (0; 2.5)	15 (10; 20)	55 (51.3; 65)	20 (15; 30)	12,5 (11.3; 13.8)
Örter	0	0	0	0	0	0
Grönris	0	0 (0; 2.5)	10 (0; 11.3)	0	25 (20; 30)	40 (35; 45)
<i>Sphagnum sect.</i>						
<i>Acutifolia</i>	0	0	5 (5; 5)	0	0	0
<i>S. cuspidatum</i>	0	0	0	0	0	0
<i>S. magellaicum.</i>	0 (0; 3.8)	45 (23; 47.5)	15 (8.8; 30)	5 (0; 10)	10 (5; 20)	25 (22.5; 27.5)
<i>Övr. Sect. Sphagnum</i>	0	5 (2.5; 22.5)	0	0	0	0
Tuvsäv	0	0 (0; 2.5)	0	0	0	0
Tuvull	0	0 (0;15)	25 (15; 42.5)	15 (10; 15)	20 (10; 25)	15 (15; 15)
Ängsull	0	1 (0.5; 33)	0	0	0	0
Vitag	12,5 (0; 30)	0 (0; 0.5)	0	0	0 (0; 5)	0
Ljung	0	0 (0;2.5)	5 (0; 10)	10 (10; 12.5)	10 (5; 10)	7,5 (3.8; 11.3)
Klockljung	0	0	7,5 (0; 10)	45 (40; 51.3)	10 (5; 15)	2,5 (1.3; 3.8)
Småtallar	0	0	0	0	0	2,5 (1.3; 3.8)
Pors	0	0 (0;2.5)	10 (0; 11.3)	0	25 (20; 30)	40 (35; 45)



Figur 24. Lösbotten (klass 1). Store Mosse nationalpark.



Figur 25. Lösbotten (klass 1). Store Mosse nationalpark.



Figur 26. Sphagnummatta (klass 11). Store Mosse nationalpark. Förna 5 %, *Sphagnum* 90 %, torris 5 %.



Figur 28. Sphagnummatta (klass 11). Store Mosse nationalpark. Förna 30 %, vatten 5 %, *Sphagnum* 65 %.



Figur 27. Sphagnummatta (klass 11). Store mosse, norra Halland. *Sphagnum* 70 %, graminider 30 %.



Figur 28. Sphagnummatta med > 40 % föna (klass 13). Store Mosse nationalpark. Föna 70 %, *Sphagnum* 15 %, graminider 5 %, torris 10 %.



Figur 29. Ris/sphagnum/graminider (klass 14). Store Mosse nationalpark Förna 25 %, ljusa lavar 10 %, *Sphagnum* 30 %, graminider 10 %, torris 25 %.



Figur 30. Ris/sphagnum/graminider (klass 14). Store mosse, norra Halland. *Sphagnum* 70 %, graminider 5 %, torris 20 %, grönnris 5 %.



Figur 31. Ris/sphagnum/graminider (klass 14). Store mosse, norra Halland. Förna 5 %, *Sphagnum* 50 %, graminider 15 %, torris 20 %, grönnris 10 %.



Figur 32. Ris/sphagnum/graminider (klass 14). Store mosse, norra Halland. Förna 10 %, *Sphagnum* 20 %, graminider 40 %, torris 20 %, grönnris 10 %.



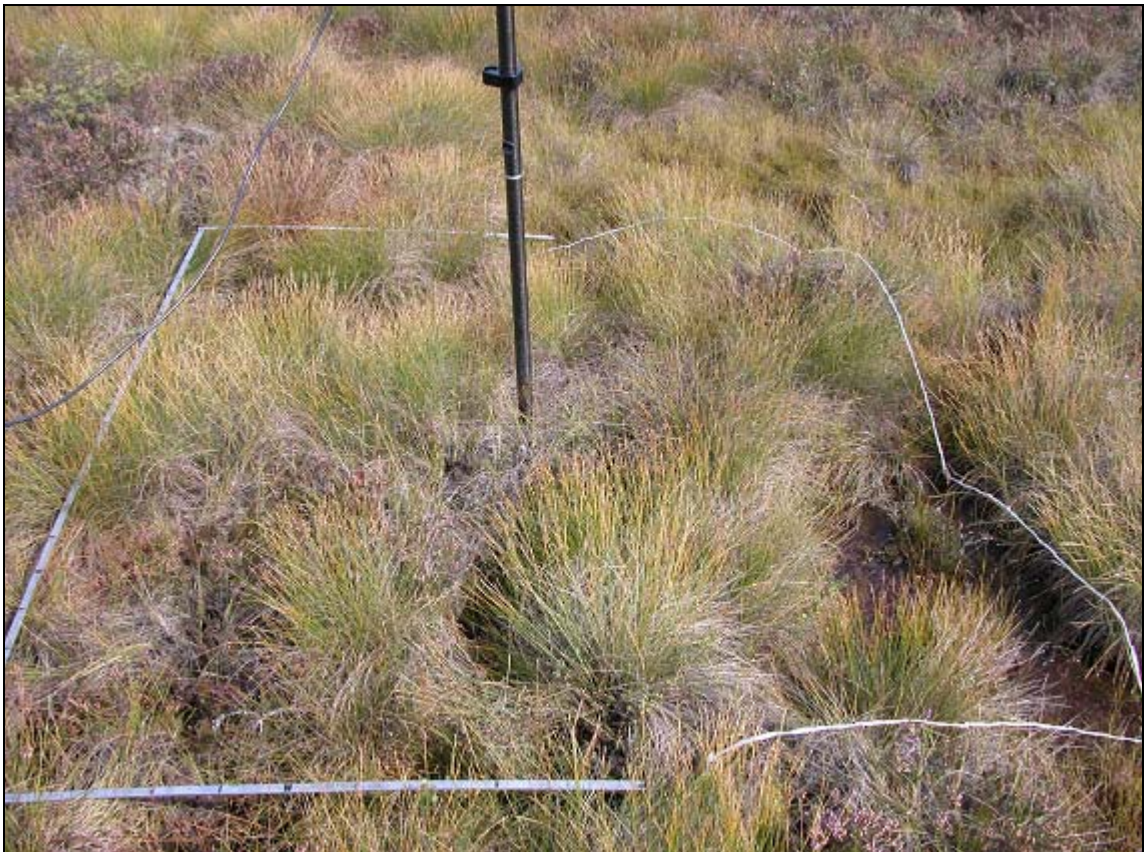
Figur 33. Torrisdominerad (klass 5). Store Mosse nationalpark. Förna 20 %, ljusa lavar 15 %, mörka lavar 10 %, *Sphagnum* 5 %, graminider 5 %, torris 50 %.



Figur 34. Torrisdominerad (klass 5). Store mosse, norra Halland. Förna 10 %, *Sphagnum* 5 %, graminider 20 %, torris 60 %, grönnris 10 % (pors).



Figur 35. Torrisdominerad (klass 5). Store mosse, norra Halland. Förna 10 %, torv 5 %, torris 85 %.



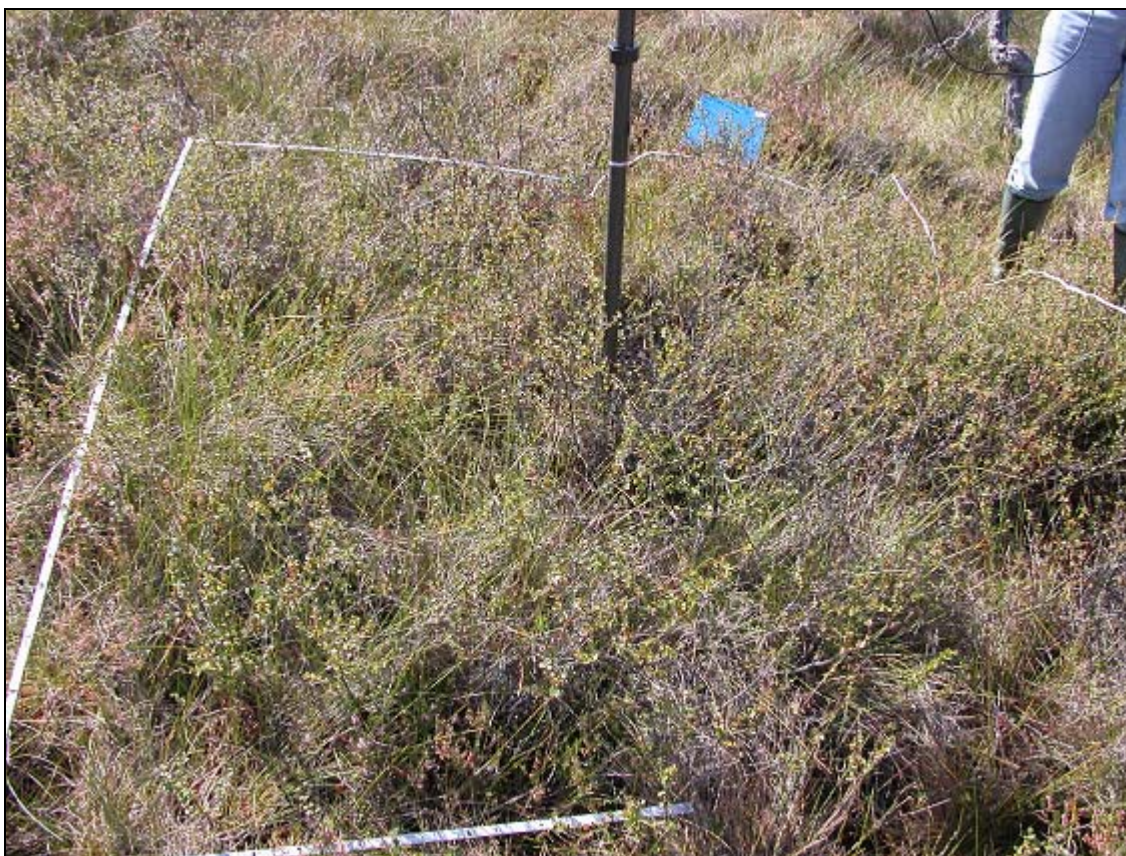
Figur 36. Tuvsäv/förna (klass 7). Store Mosse nationalpark. Förna 45 %, vatten 5 %, *Sphagnum* 5 %, graminider (tuvsäv) 40 %, torris 5 %.



Figur 37. Örtter/grönris 20-50 % (klass 23). Store mosse, norra Halland. Förna 10 %, *Sphagnum* 5 %, graminider 5 %, örtter 5 % (myrlilja), torris 35 %, grönris 40 % (pors).



Figur 38. Örtter/grönris 20-50 % (klass 23). Store mosse, norra Halland. Förna 10 %, *Sphagnum* 10 %, graminider 10 %, örtter 20 % (myrlilja), torris 30 %, grönris 20 % (pors).



Figur 39. Örter/grönris 20-50 % (klass 23). Store Mosse nationalpark. Förna 15 %, *Sphagnum* 20 %, graminider 10 %, torris 5 %, grönris 45 % (dvärgbjörk).



Figur 40. Örter/grönris 50-80 % (klass 22). Store mosse, norra Halland. Förna 5 %, graminider 10 %, örter 50 % (myrlilja), torris 25 %, grönris 10 % (pors).



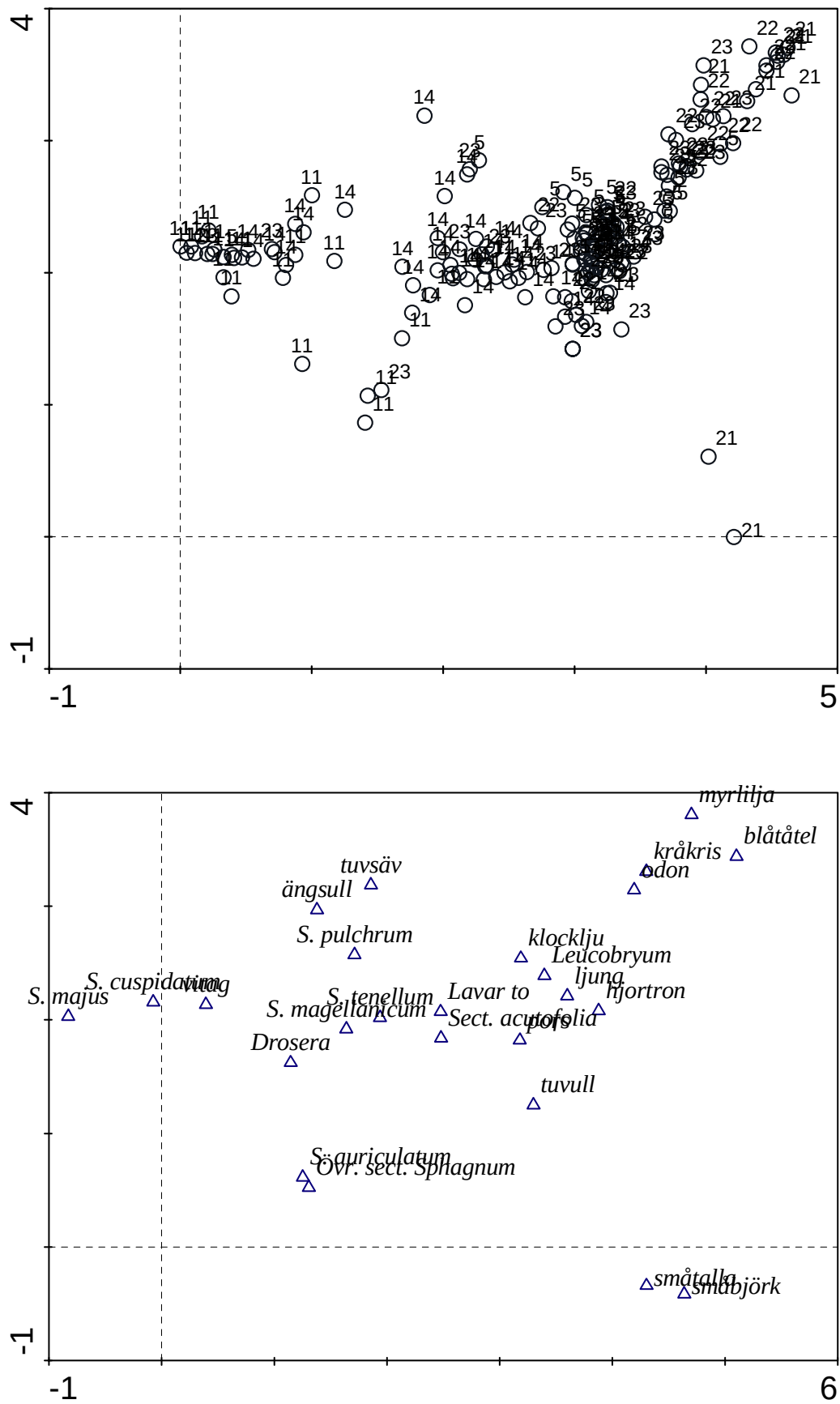
Figur 41. Örter/grönris > 80 % (klass 21). Store mosse, norra Halland. Förna 5 %, örter 90 %, grönris 5 %.

5.2.1 Multivariat analys – DCA-ordination

Figur 42 redovisar resultatet av DCA-ordinationen där variationen i den totala artdatauppsättningen maximerats. Axel 1 förklarade 41 % av den totala variationen i artsammansättning (eigenvalue = 0.60, gradientlängd = 3.2) och axel 2 ytterligare 12.6 % av variationen (eigenvalue = 0.19, gradientlängd = 2.2). Axel 1 speglar huvudsakligen en kombinerad tuva-hölja och eutrofigradient, där höljearterna (*S. majus* och *S. cuspidatum*) återfinns till vänster i ordinationsdiagrammet, tuvarterna (odon, kråkris, ljung, klockljung och *Leucobryum glaucum*) till höger och längst till höger finns kärrarterna myrlilja och blåtåtel. Axel två speglar mest variationen inom klass 21 som förklaras av om ytorna domineras av småtallar och björkar eller av myrlilja och blåtåtel. Vegetationsklasserna grupperar sig i stort väl längs axel 1 (tuva-hölja gradienten), med ytor i klass 11 längst till vänster. Sedan följer klass 14, klass 5 och 23, klass 22 och slutligen klass 21 längst till höger. Man kan dock konstatera att klass 23 är väldigt variabel eftersom enstaka provrutor av denna klass återfinns i stora delar av diagrammet. Klass 23 har också vegetationsmässiga övergångar mot både klass 14, 5 och 22. För CCA-resultat se 5.3.1 s 64.

5.2.2 Ekologiska gradienter

I en övervakningssituation är det intressant att kunna redovisa vad en eventuell förskjutning mellan klasserna innebär utifrån de ekologiska gradienter som kan urskiljas på en myr. Tabell 9 visar ett försök att rangordna de olika klasserna i några av huvudgradienterna, ombrotrof-eutrof (näringgradienten), tuva-hölja (fuktighetsgradienten), Sphagnumtäckning, och kärrmosse (rik-fattiggradienten).



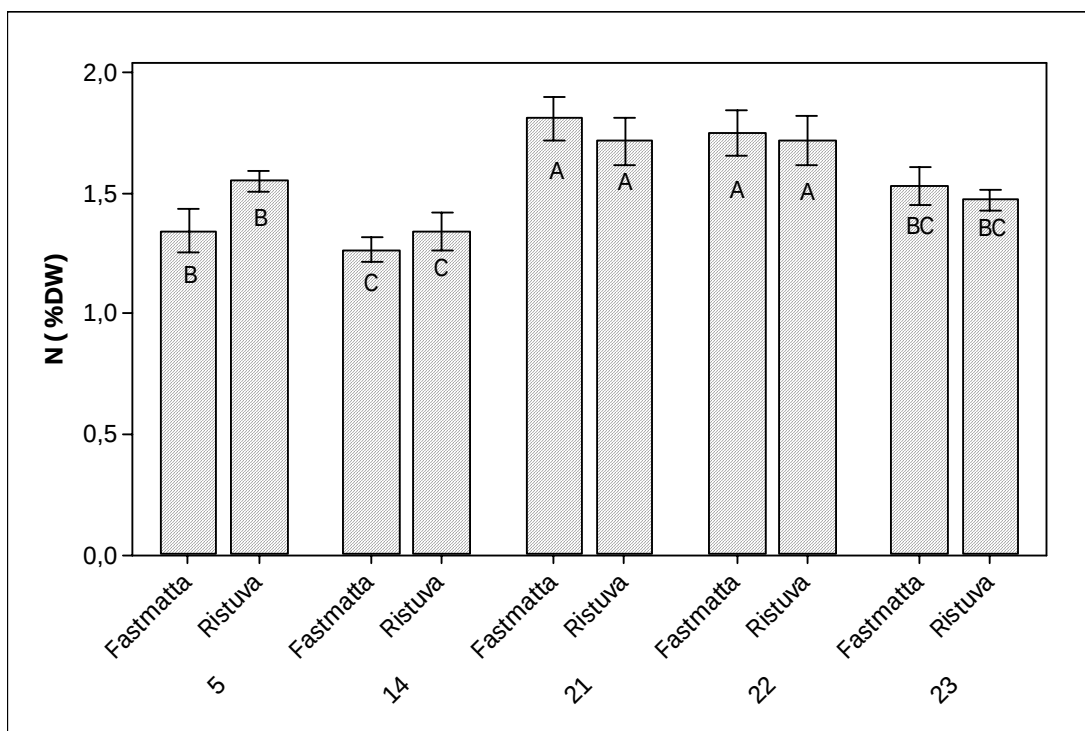
Figur 42. En DCA ordination som visar de olika vegetationsklassernas position längs ordinationsaxlarna 1 och 2 (övre diagrammet) samt var de olika arternas medelvärden faller ut i samma ordinationsrum (undre diagrammet).

Tabell 9. Rangordning av de olika klasserna i några av de viktigaste ekologiska gradienterna.

Klass	Omrotrof-eutrof (1=ombr, 5=eutrof)	Tuva-hölja (1=lösb, 2=mjukm, 3=fastm, 4=ristuva)	Sphagnum- täckning (0=ingen, 5 > 50 %)	Kärr-mosse (1=kärr 3=mosse 2=båda)
1	1	1	0	2
11	1	2	5	3
13	1	2	4	3
14	2 (1)	3	3	3
5	1	4	1	3
7	2 (1)	3	2 (3)	3
2	1	4	1	3
6	3 (2)	4	1	2
23	3	3 (4)	2	3 (2)
22	4	3 (4)	1	1
21	5	3 (4)	0 (1)	1

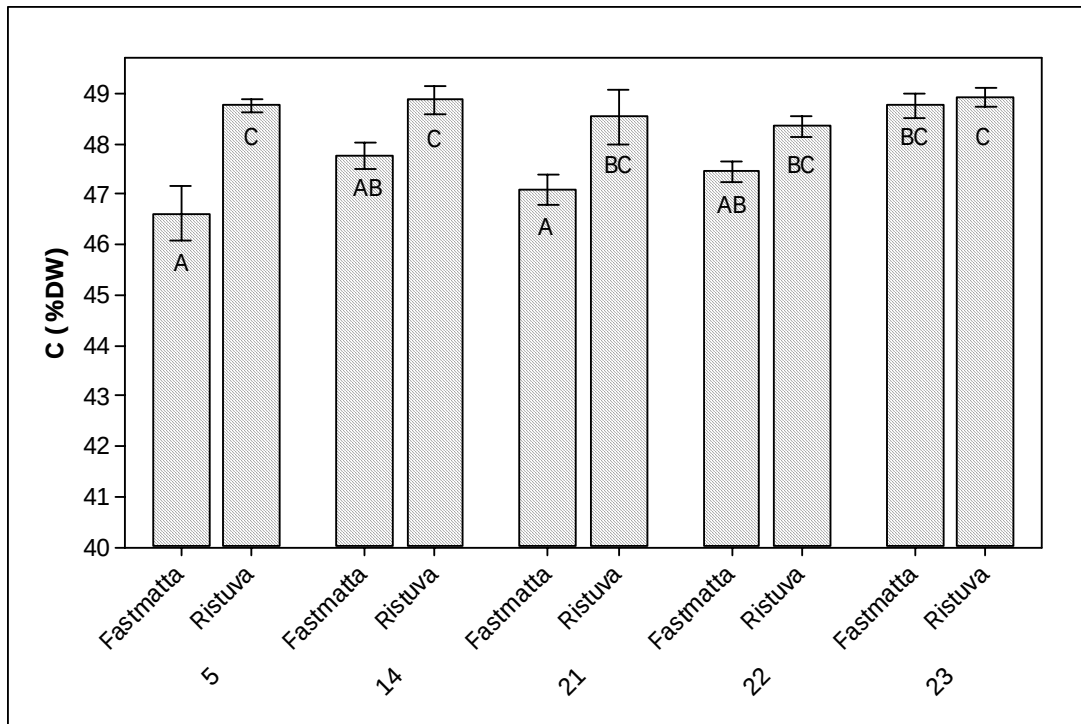
5.2.3 Kol och kvävekoncentrationer i torv

Den rangordning av de olika klasserna vi gjort längs en eurtofieringsgradient styrks av analysresultat från torvproppar insamlade från ristuvor och fastmattor inom de olika klasserna på Store mosse, norra Halland (Gunnarsson et al., manuskript). I dessa torvproppar är kvävekoncentrationerna signifikant större i de eutrofa klasserna 21 & 22 än i de övriga klasserna (figur 43). Dessutom visar figur 43 på att klass 14 (den mest *Sphagnum*-dominerade klassen av de klasser som data insamlats ifrån) har de lägsta kvävekoncentrationerna.



Figur 43 Kvävekoncentrationer i torv taget från de olika vegetationsklasserna på Storemosse, norra Halland. Staplar med olika bokstäver indikerar signifikant skilda nivåer testat med Tukey's *post-hoc* test ($P < 0.05$).

Kolkoncentrationen har ett annat mönster (figur 44). Här är halterna för alla klasser högre i ristuvorna än i fastmattorna. Skillnaderna är dock inte signifikanta för klasserna 22 och 23 (figur 44).



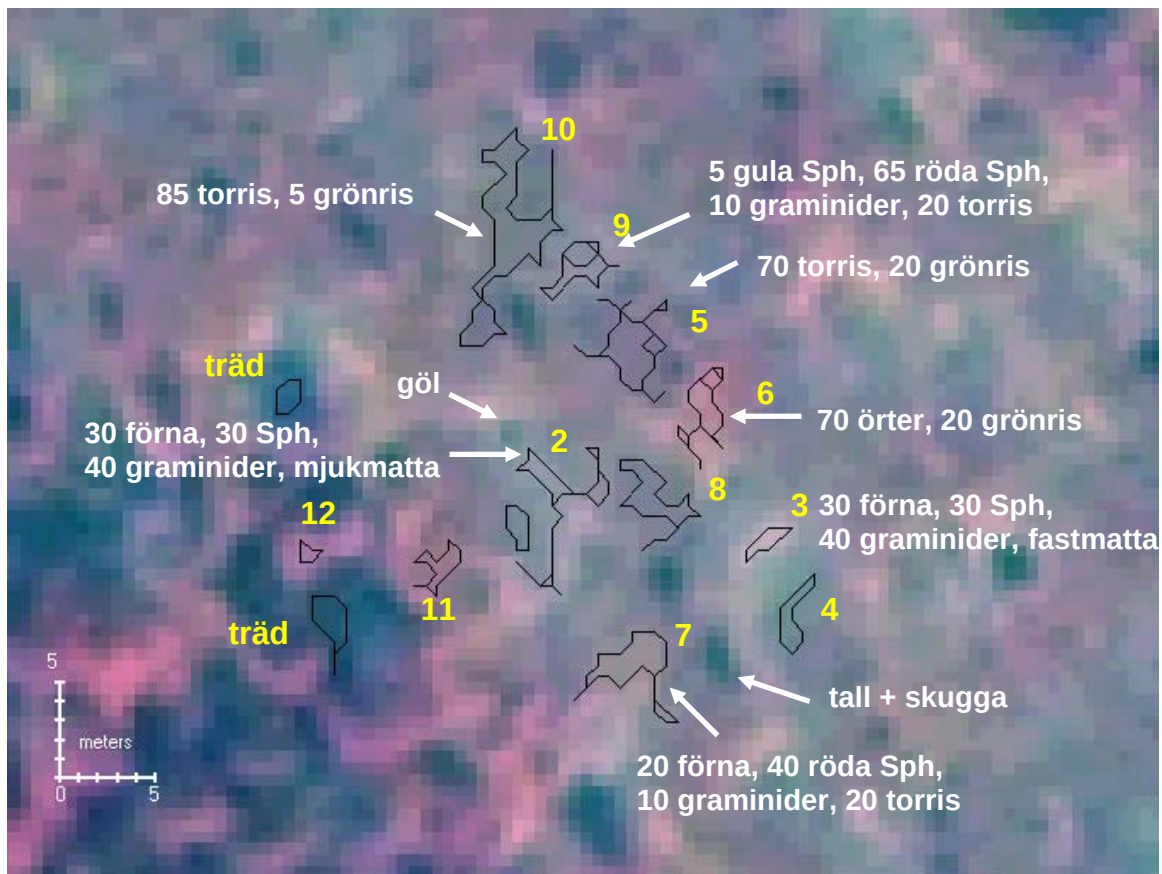
Figur 44. Kolkoncentrationer i torv taget från de olika vegetationsklasserna på Store mosse, Norra Halland. Staplar med olika bokstäver indikerar signifikant skilda nivåer testat med Tukey's *post-hoc* test ($P < 0.05$).

5.3 Spektral karakteristik

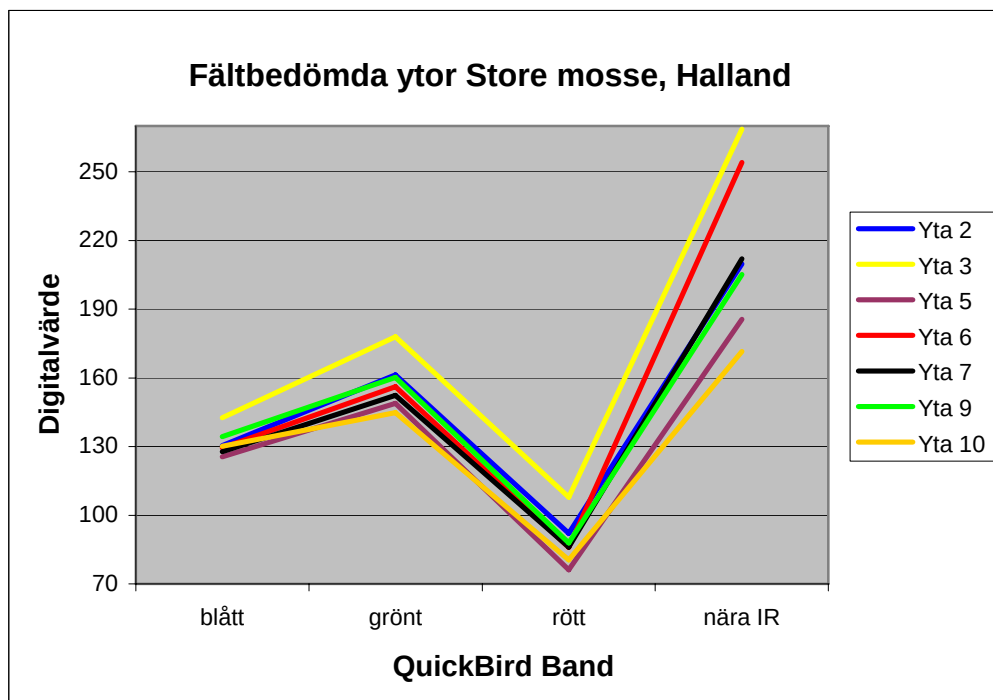
Analysen visar på mycket stort informationsinnehåll i QuickBird-data vad gäller urskiljbara strukturer och olika vegetationskomponenter på mossen. Figur 45 visar ett exempel på fältkontrollerade ytor med grovt redovisade täckningsgrader av olika växtgrupper. Ytornas signaturkurvor redovisas i figur 46. Intressant att notera är att relativt små skillnader i täckningsgrad på marken ger utslag i reflektionen i de olika banden. Det är dock viktigt att påpeka att en viss försiktighet är nödvändig vid tolkningen av signaturerna från 0.6 m datat, då färginformationen skapats genom en sammanvägningsprocess med data med sämre markupplösning (2.4 m) och att variation därmed kan ha introducerats som inte helt återkopplar till de reella förhållandena. Som jämförelse visas i figur 47 ytorna också på den pankromatiska bilden (0.6 m upplösning). Medelvärde och spridning för det pankromatiska bandet för samma ytor vars signaturkurvor visas i figur 46 redovisas i tabell 10.

Figur 48 visar några typiska signaturkurvor för de olika klasserna i indelningssystemet i 0.6 m sammanvägda data respektive i 2.4 m multispektrala data. Kurvorna representerar inte exakt samma ytor på marken men ger en god bild av dynamiken och de olika klassernas spektrala karakteristik i de olika upplösningarna. Intressant att notera är att de relativa skillnaderna inom de olika banden i stort sett är desamma i 0.6 m och 2.4 m datat.

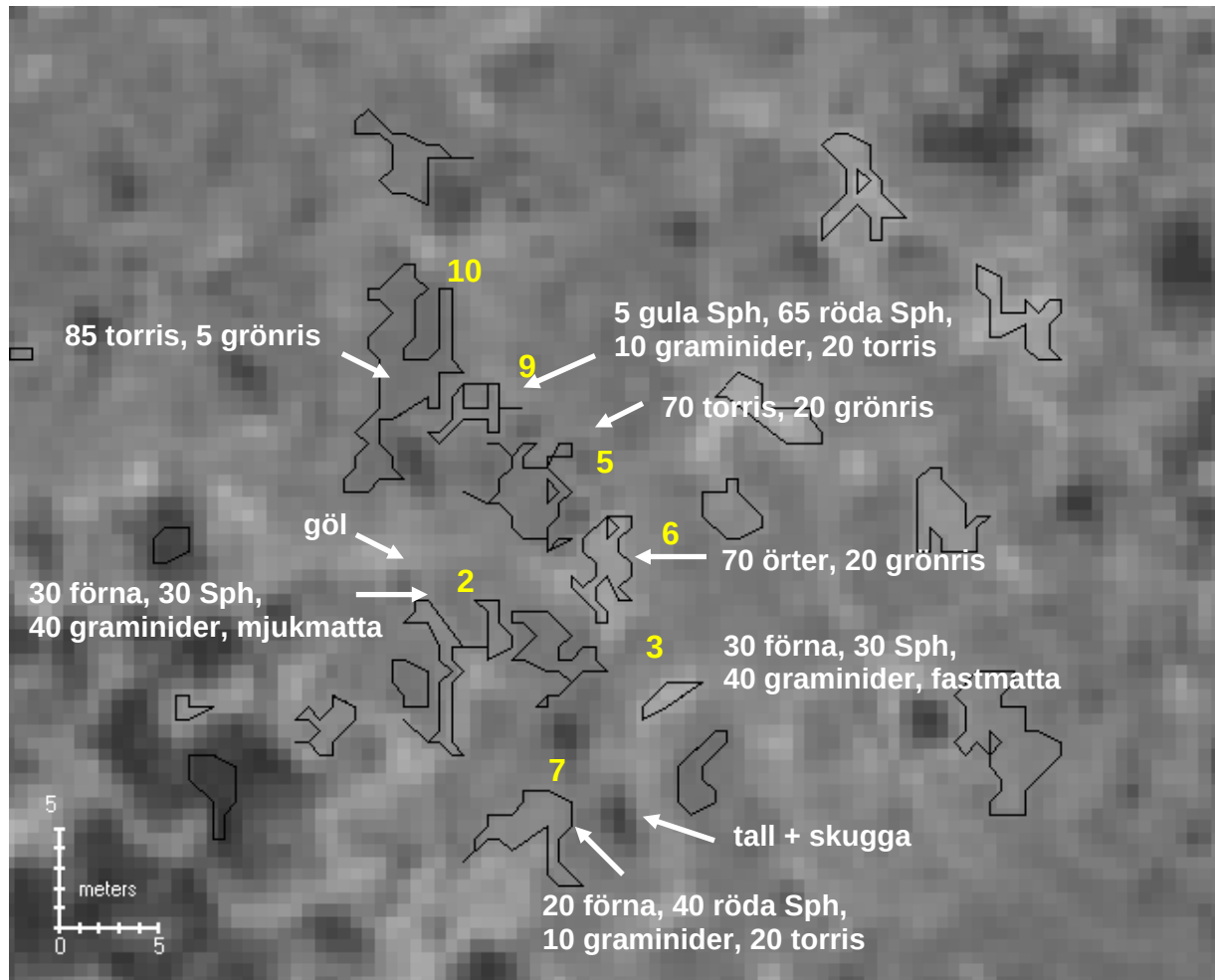
I figur 49 och 50 redovisas klasserna uppdelade för att underlätta jämförelse mellan datauppsättningarna. Intressant att notera i figur 50 är de spektrala skillnader som finns



Figur 45. Fältbedömda ytor på Store Mosse, norra Halland, med kortfattad information om täckningsgrad (%) av dominerande artgrupper. En fullständig redovisning av inmätta täckningsgrader ges i Boresjö Bronge (2004). QuickBird-data, s k “resolution merge”-bild från 11 augusti 2003 (se avsnitt 2.2.1).



Figur 46. Signaturkurvor i QuickBird-data (“resolution merge”-data) för de fältbedömda ytorna i figur 45. Generellt gäller ju grönare desto högre reflektion i nära IR (höga värden) samt högre absorption i blått och rött (låga värden) (yta 6). Torra vitmossdominerade ytor (gula *Sphagnum*) avviker genom att ha genomgående hög reflektion (yta 3). Blöthet i bottenkiktet sänker reflektionen, särskilt i nära IR (yta 2, som har samma vegetationsfördelning som yta 3, men utgörs av mjukmatta i stället för fastmatta).



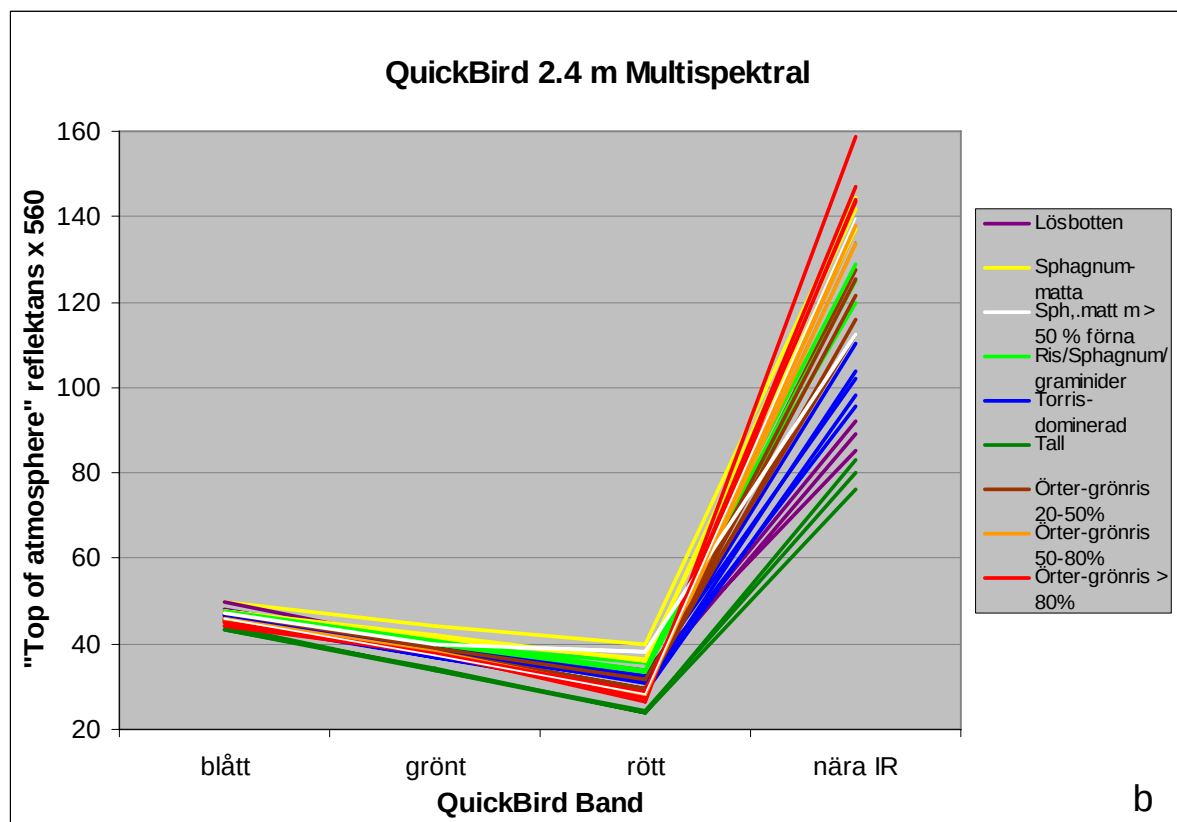
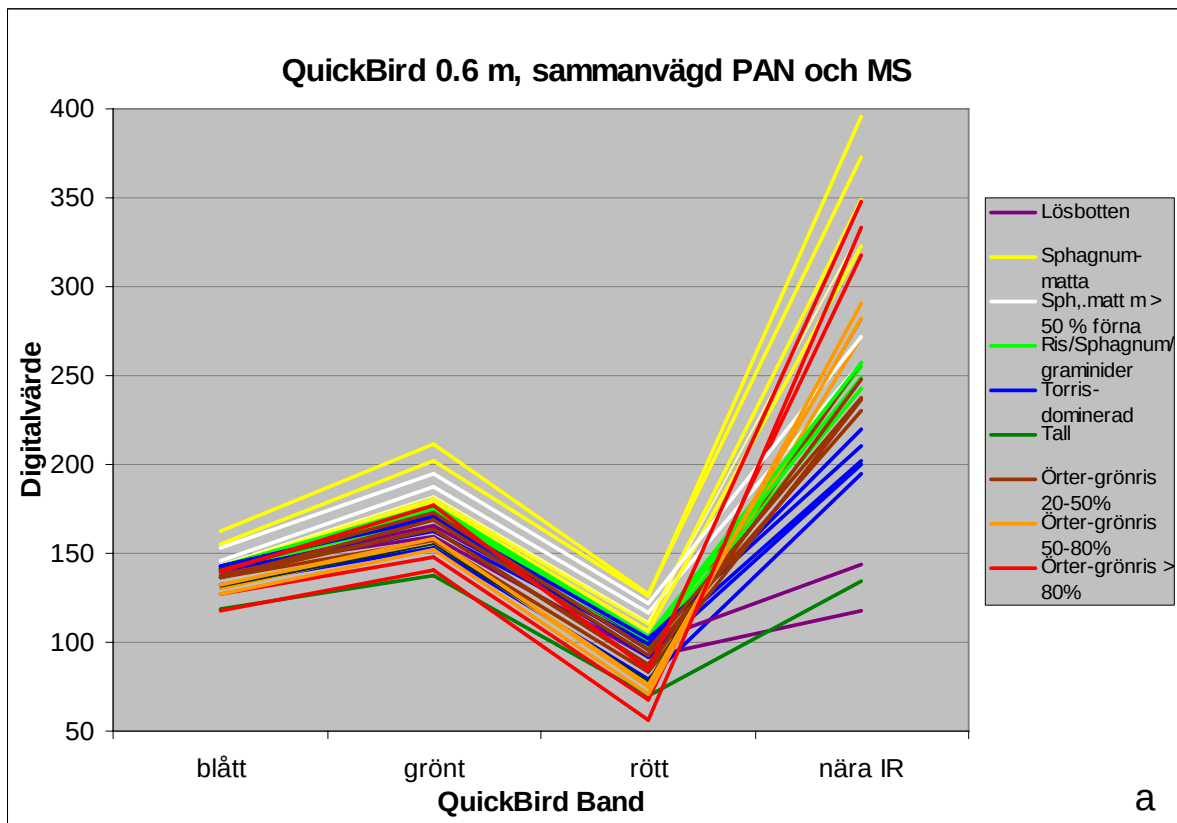
Figur 47. Fältbedömda ytor på Store Mosse i Gällingeområdet, norra Halland, med kortfattad information om täckningsgrad (%) av dominerande artgrupper redovisade på det pankromatiska bandet (0.6 m upplösning) från QuickBird-data från 11 augusti 2003.

Tabell 10. Medelvärde (grånivå) och spridning i det pankromatiska bandet för samma ytor som är redovisade i figur 47.

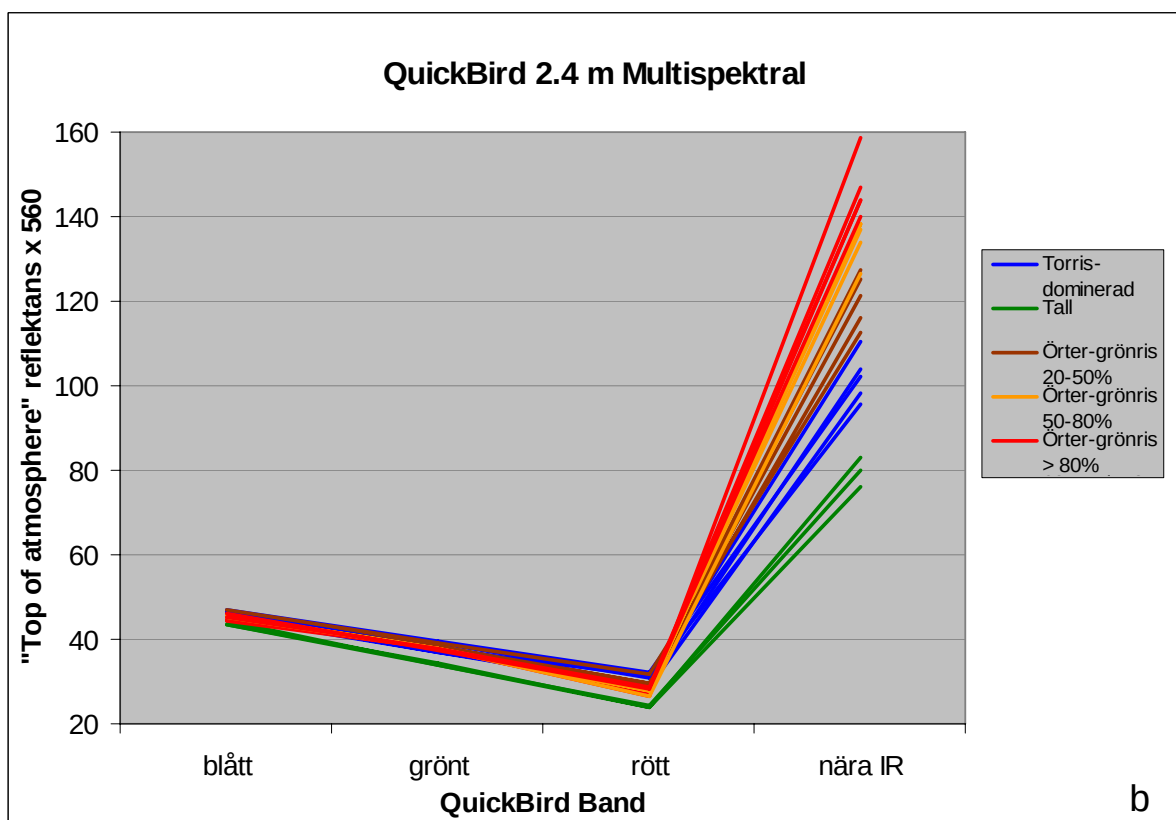
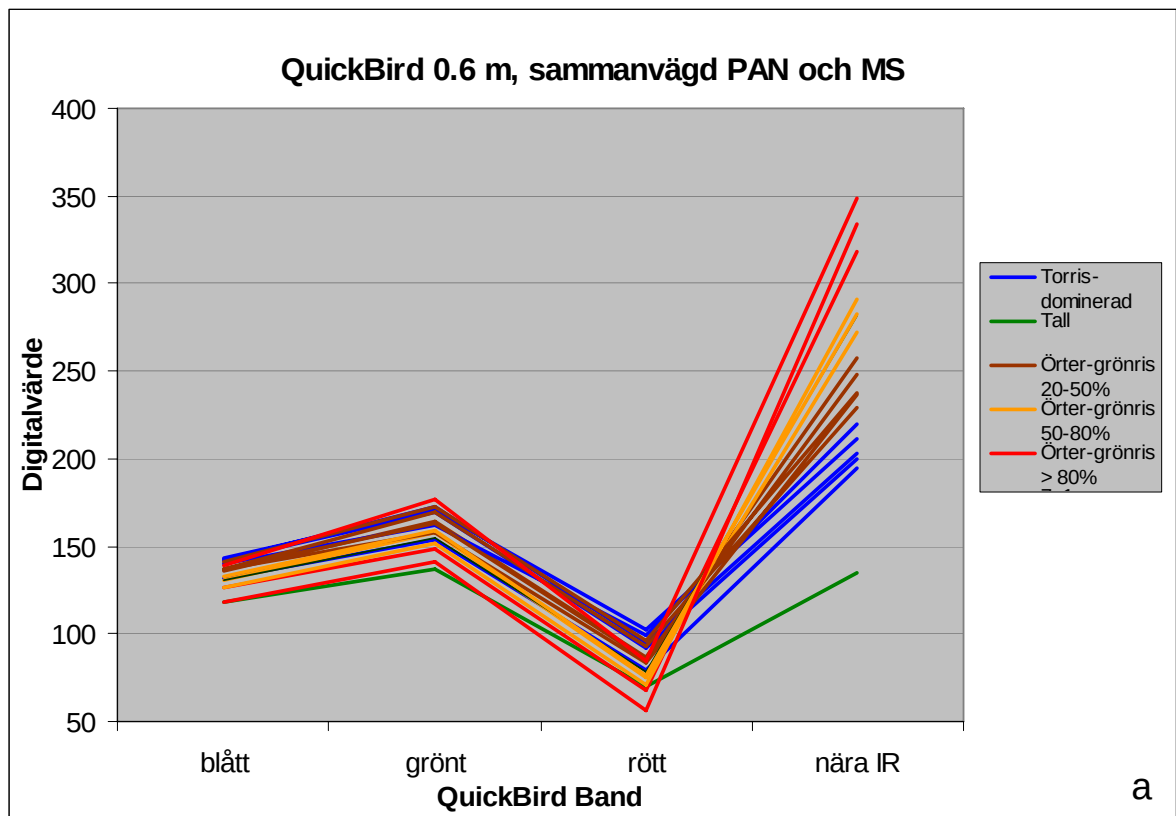
Yta	Medelvärde	Spridning (1 sd)
2	264	9,0
3	307	10,9
5	244	5,9
6	291	10,9
7	263	9,0
9	260	6,2
10	236	6,7

mellan olika vitmossmattor beroende på art. De signaturkurvor som betecknats ”gröna Sphagnum” representerar vitmossmattor dominerade av *Sphagnum affine*, de gula är dominerade av *Sphagnum cuspidatum* och *S. magellanicum*.

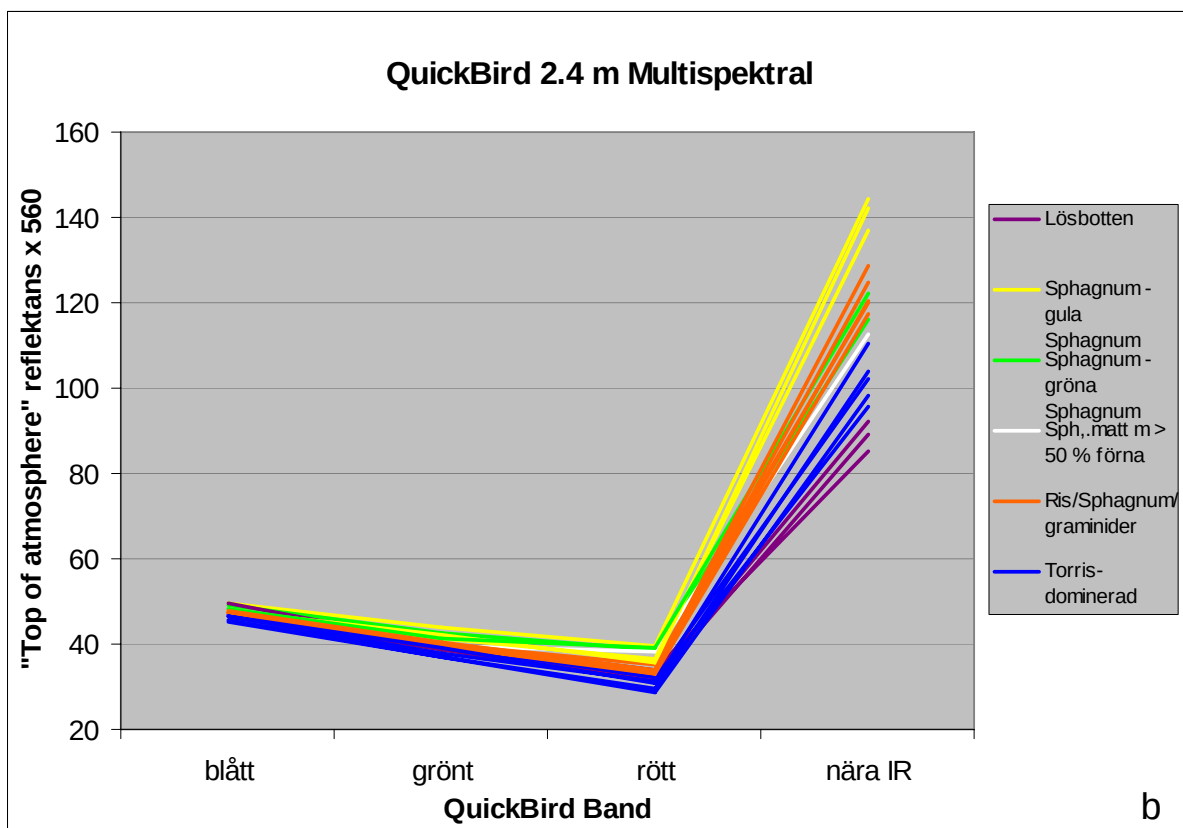
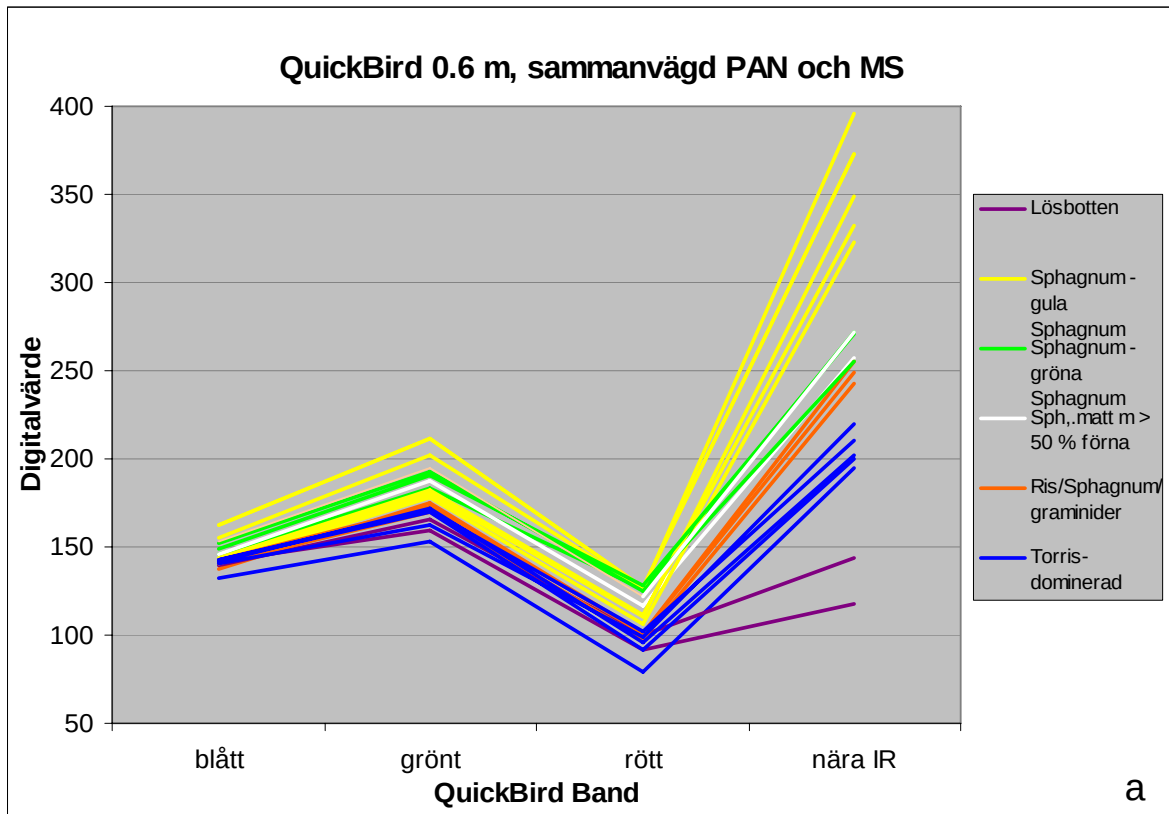
I figur 51 och 52 redovisas ett urval av signaturer enligt ökande näringsgrad och ökande Sphagnumtäckning. Bortsett från vitmossmattor kan lite generaliserat sägas att reflektionen i nära IR (och IR/röd-kvoten) ökar med ökande näringsgrad (figur 51). Likaså ökar reflektionen generellt sett i synligt med ökande grad av vitmossinslag (figur 52).



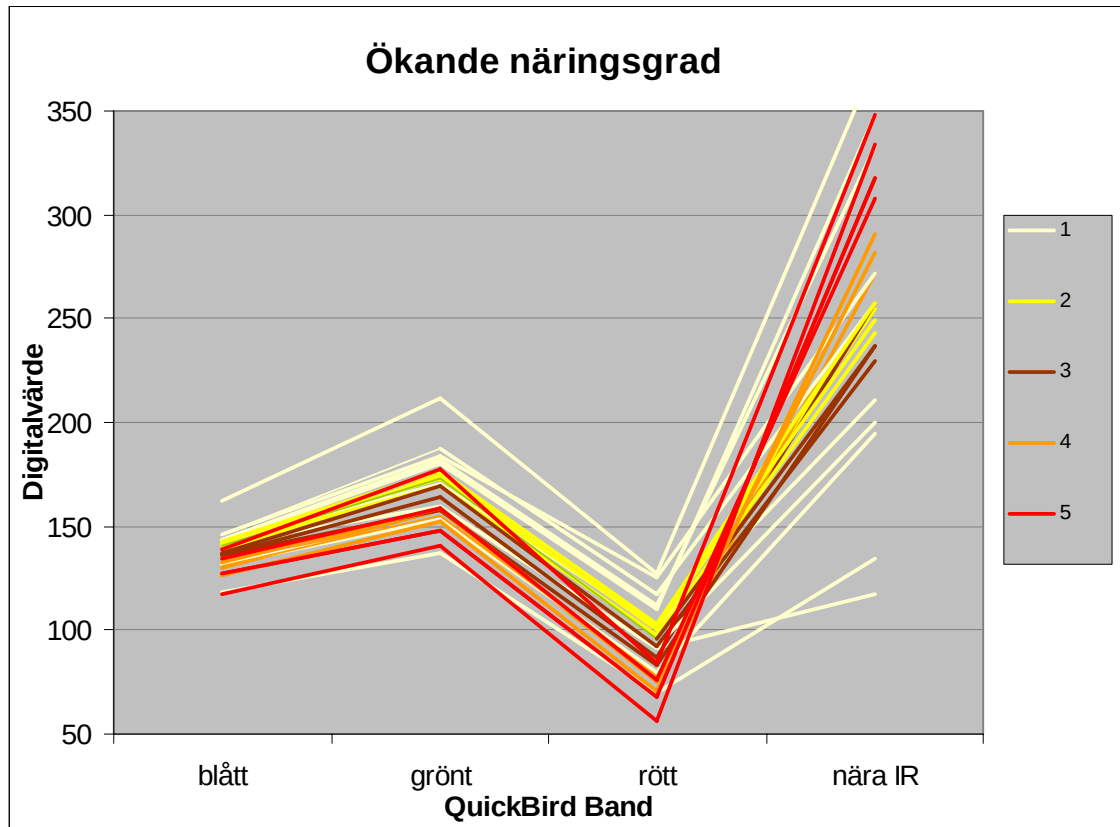
Figur 48. Typiska signaturkurvor i QuickBird-data från Store Mosse, Halland, för de olika klasserna i indelningssystemet a. Signaturkurvor i 0.6 m upplösning (svartvita kanalen sammanvägd med de multispektrala banden). b. Signaturkurvor för motsvarande myrvegetation i 2.4 m upplösning (multispektrala banden).



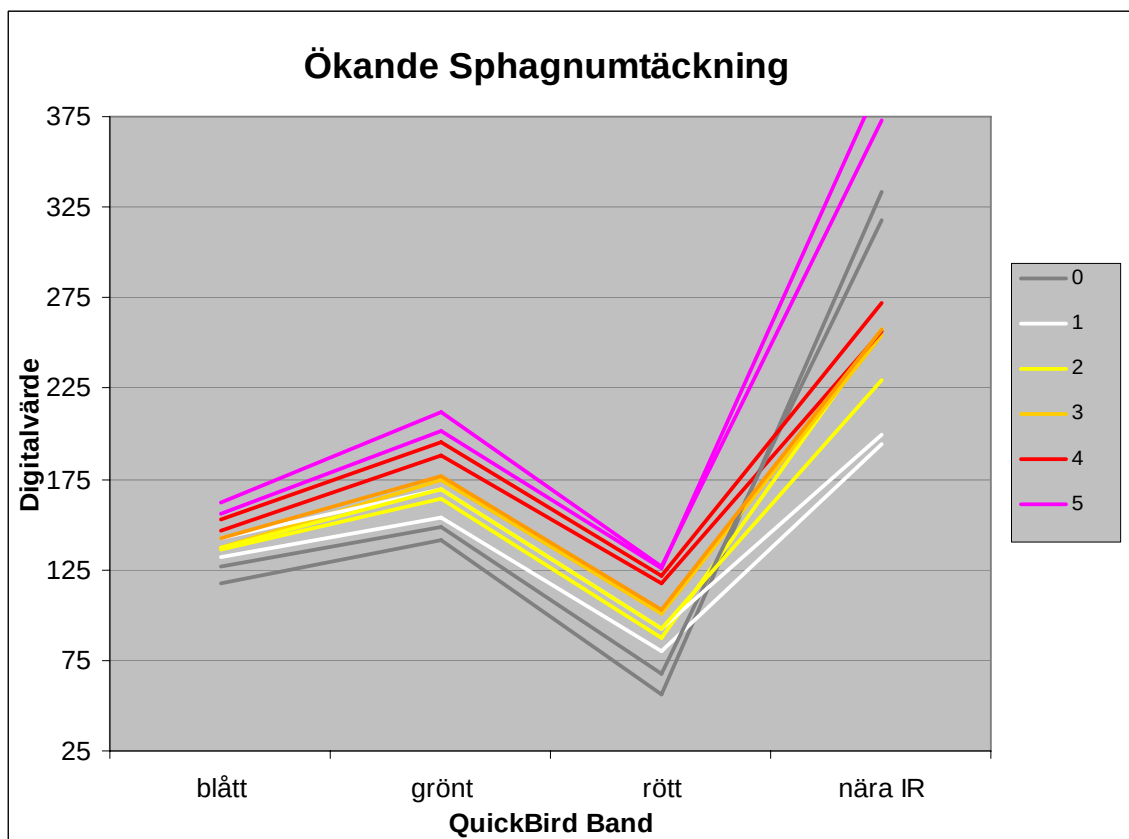
Figur 49. Typiska signaturkurvor i QuickBird-data från Store Mosse, Halland, för en delmängd av klasserna i indelningssystemet a. Signaturkurvor i 0.6 m upplösning (svartvita kanalen sammanvägd med de multispektrala banden). b. Signaturkurvor för motsvarande myrvegetation i 2.4 m upplösning (multispektrala banden).



Figur 50. Typiska signaturkurvor i QuickBird-data från Store Mosse, Halland, för en delmängd av klasserna i indelningssystemet a. Signaturkurvor i 0.6 m upplösning (svartvita kanalen sammanvägd med de multispektrala banden). b. Signaturkurvor för motsvarande myrvegetation i 2.4 m upplösning (multispektrala banden).



Figur 51. Gruppering av ett urval av signaturkurvorna i figur 48a i efter ökande näringsgrad (ombrotrofi-eutrofi) enligt tabell 9. QuickBird 0.6 m sammanvägda data.



Figur 52. Gruppering av ett urval av signaturkurvorna i figur 48a i efter ökande grad av Sphagnumtäckning enligt tabell 9. QuickBird 0.6 m sammanvägda data.

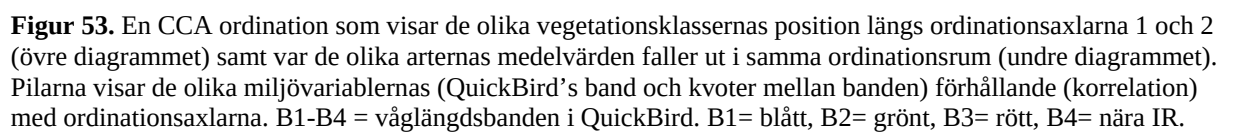
5.3.1 Multivariat analys – CCA-ordination

Figur 53 redovisar resultatet av CCA-ordinationen, där artvariationen maximerats längs uppmätta miljövariabler som i detta fall är QuickBird's spektralband och kvoter (band1-band4, röd/grön, blå/röd, IR/röd, IR/grön och IR/blå-kvoterna). Axel 1 (eigenvalue = 0.51) återspeglar återigen en kombinerad tuva-hölja och eutrofigradient med höljearterna till höger i ordinationsrummet och tuvarterna i mitten och eutrofa kärrarter längst till vänster (figur 53, nedre diagrammet). Axel 2 (eigenvalue = 0.39) är mer svårtolkad i ekologiska termer, och speglar troligen mer rena reflektionsegenskaper. Ser man på miljövariablernas inbördes relationer, ser man att B1 (blått), B2 (grönt), B3 (rött) och röd/grön-kvoten pekar åt ungefär samma håll längs axel 1 och blå/röd-kvoten i helt motsatt riktning (figur 53). De ytor som har höga värden i blått, grönt, rött och röd/grön-kvoten har oftast låga värden i blå/röd-kvoten. Dessa miljövariabler är också de som bestämmer ytornas position längs axel 1.

I princip vinkelrätt mot dessa miljövariabler går B4 (nära IR), och även kvoterna IR/röd, IR/grön och IR/blå går i riktning längs axel 2. Detta speglar väl den fysikaliska grund som finns till olika ytors reflektionsegenskaper. Grön vegetation absorberar solljuset i det synliga våglängdsområdet för fotosyntesen och reflekterar därför relativt sett lite inom dessa våglängdsband (blått, grönt, rött). I nära IR (B4) gäller det omvända förhållandet. Styrande för reflektionen i detta våglängdsområde är växternas cellstruktur, men genomgående gäller att grön vegetation har hög reflektion i nära IR, ju grönare desto högre värden. Detta innebär också att ju grönare vegetation desto högre kvoter mellan nära IR och de synliga banden. Vitmossarter har den intressanta egenskapen att ha hög reflektans i både synligt och i nära IR.

Ur ordinationsdiagrammet kan man därmed läsa vilka arter som har hög reflektans i de olika banden. Exempelvis har ytor dominerade av vitmossorna *S. cuspidatum* och *S. majus* hög reflektans i nära IR (B4) och ytor dominerade av torrisarterna (gråa ris) och lavar låg reflektans i samma band (figur 53, undre diagrammet). Ytor dominerade av eutrofa kärrarter myrlilja, blåtåtel, småbjörkar och tallar, som har stor grön biomassa, har höga IR/röd och blå/röd-kvoter och låga värden i de synliga banden (blått, grönt, rött) och röd/grön-kvoten.

De olika klasserna separeras bättre i CCA ordinationen än i DCA ordinationen (jmf avsnitt 5.2.1). Den vitmossrika Sphagnummattan (klass 11) återfinns längst upp till höger i diagrammet, mycket väl separerad från klass 21, längst upp till vänster, som har den högsta gröna biomassan och ingen vitmossa. Längst ner i diagrammet återfinns klass 5, med relativt låg reflektans i både synligt och nära IR (lägst inslag av grön biomassa av risdominerade klasser), och därefter klasserna 23 och 22 (ökande mängd grön biomassa) i övergången från 5 mot 21 och klass 14 i övergången från 5 mot 11 (ökande inslag av Sphagnum).



5.4 Klassningsresultat

5.4.1 Norra Halland

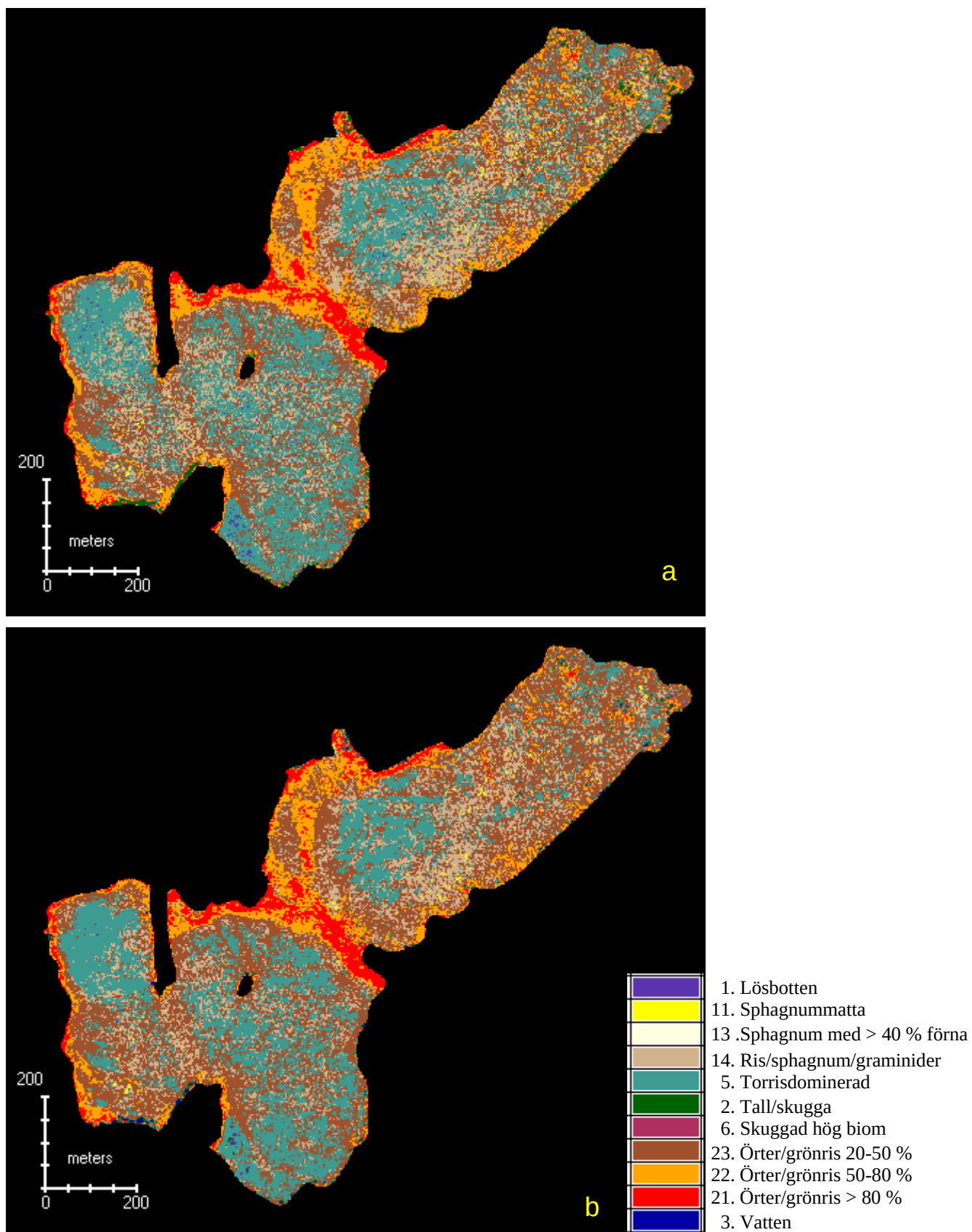
Figur 54 och 56 visar det generaliserade klassningsresultat över Store mosse respektive Kullagårdsmossen, Halland, baserat på QuickBird 0.6 m sammanvägda data jämfört med resultatet baserat på 2.4 m multispektrala data. En detaljbild från Store mosse redovisas i figur 55. För Lyng mosse har endast resultat i 2.4 m upplösning producerats (figur 57). Som framgår av figurerna är överensstämmelsen mycket god mellan resultaten i 0.6 m upplösning och i 2.4 m upplösning. De skillnader som finns är huvudsakligen orsakade av den sämre upplösningen i 2.4 m data.

Tabell 11 redovisar en sammanställning av karterade klassers arealer i icke generaliserat respektive generaliserat resultat i de båda upplösningarna. Mellan icke generaliserat och generaliserat resultat i 0.6 m upplösningen är skillnaderna mycket marginella och rör sig endast om några tiondels procent. Större skillnader kan noteras i jämförelsen mellan 0.6 m generaliserat resultat och 2.4 m resultaten (ej generaliserat-generaliserat). För flertalet klasser innebär den försämrade upplösningen en minskning med några tiondels till ett par procent till fördel för klass 23 (Örter/grönris 20-50 %), som istället ökat sin areal med 8-10 %. En skillnad mellan resultaten som bör förklaras är att det i 2.4 m upplösningen karterats vatten (1 %) vilket saknas helt i 0.6 m resultatet. Dessa vattenpixlar utgörs av djup skugga från den kringliggande tallskogen runt Store mosse och Kullagårdsmossen som spektralt sett är svår att skilja från vatten som klassats ut i 2.4 m upplösningen då gölar förekommer på Lyng mosse. I en övervakningssituation är det rimligt att mer stringent avgränsa öppen myr på de mossar som ska övervakas, och då kommer detta inte att vara något problem.

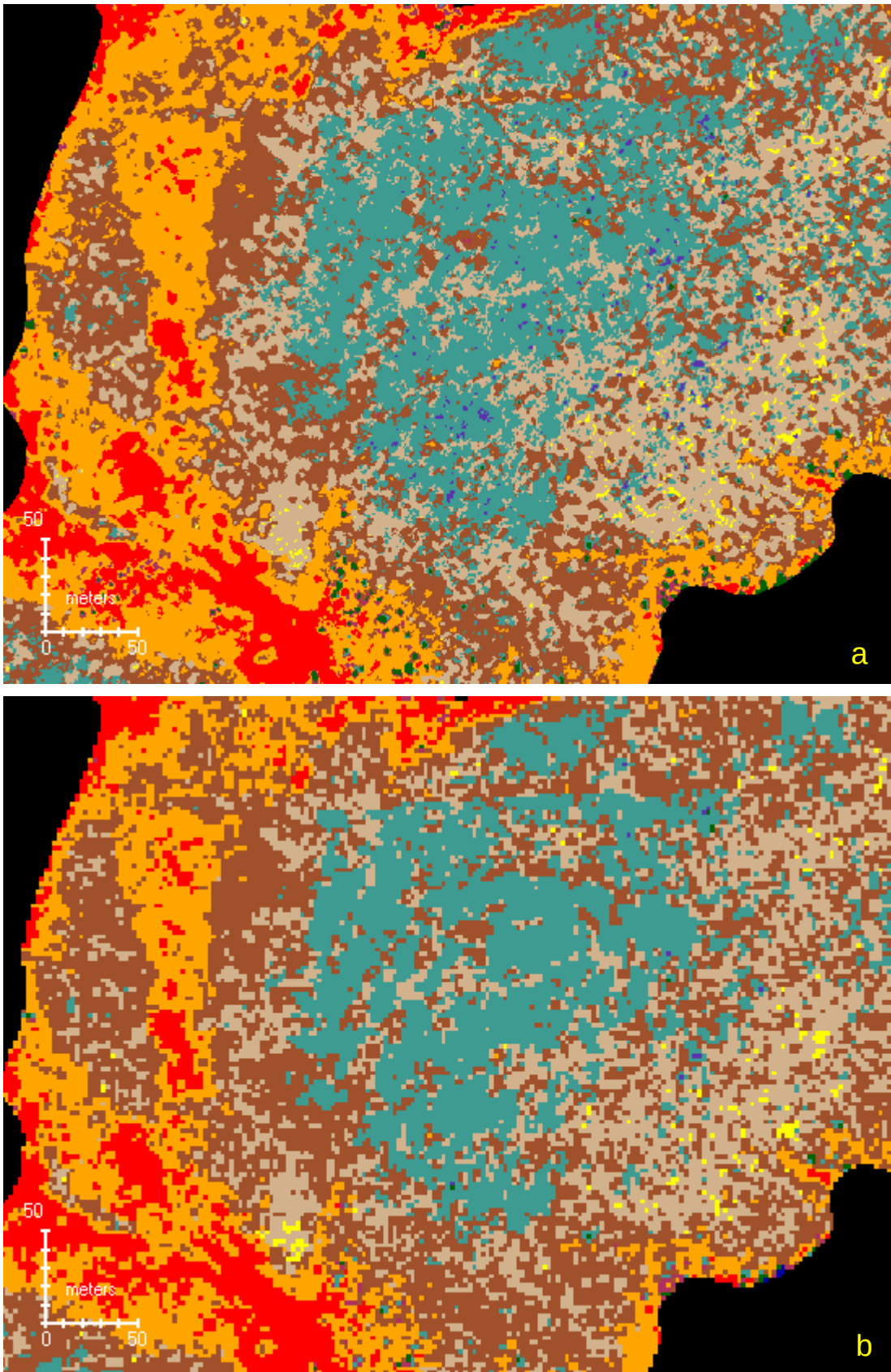
I tabell 12 har de olika klassernas areal sammanställts för de tre mossarna, vilket visar att de är relativt olika vad gäller vegetationssammansättningen. Detta gäller främst Lyng mosse som jämfört med de två andra karakteriseras av torrisdominerad vegetation med ett större inslag av Sphagnummattor och betydligt mindre inslag av de ört/grönrisdominerade klasserna (23, 22, och 21).

5.4.1.1 Ekologiska gradienter

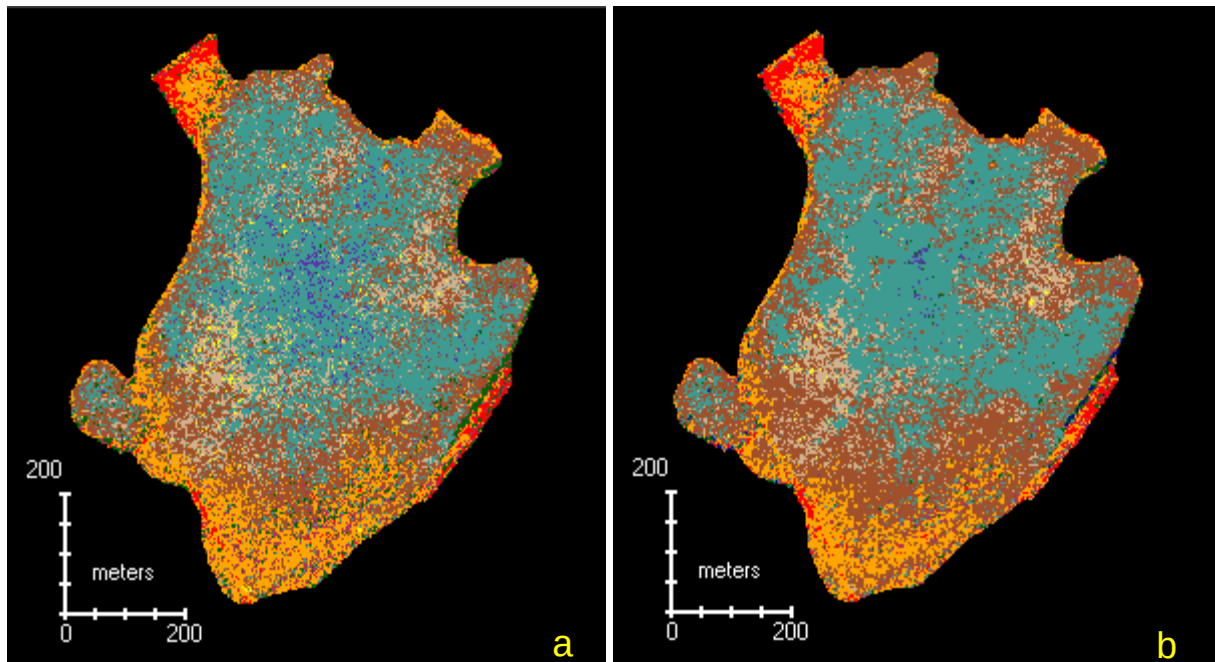
Det resultat som i första hand är tänkt att utgöra grund för övervakning av förändringar i sydsvenska mossar och fattigkärr med utarbetad metod är de kartor som visar de ekologiska huvudgradienter som kan härledas från indelningssystemet (se tabell 9). Figur 58-60 visar näringsgradienten, fuktighetsgradienten, Sphagnumgradienten och rik-fattiggradienten för Store mosse, Kullagårdsmossen och Lyng mosse. Dessa kartor förstärker ytterligare de olika mossarnas karaktärer. Som redan nämnts är Store mosse och Kullagårdsmossen betydligt näringsrikare än Lyng mosse, vilken i stort saknar de näringsrikaste klasserna och därmed kärrpartier. På Store mosse finns ett par rejäla kärrstråk och utöver detta också många mindre kärrinslag, särskilt i den norra delen, där myrliljan ställvis har hög täckning. På Kullagårdsmossen är det framför allt pors och björk som utgör den rikare vegetationen. De största arealerna på mossarna faller ut som fastmattor och ristuvor och endast små arealer av lösbottnar och mjukmattor. Detta beror på att lösbottnar och mjukmattor endast förekommer i små ytor (arealer) i en i övrigt huvudsakligen fastmatte- eller ristuvodominerad vegetation. De halländska mossarna har också relativt låg Sphagnumtäckning, vilket också kan kopplas till den ristuvodominerade vegetaionen (se klass 5 och 23 i tabell 7-8).



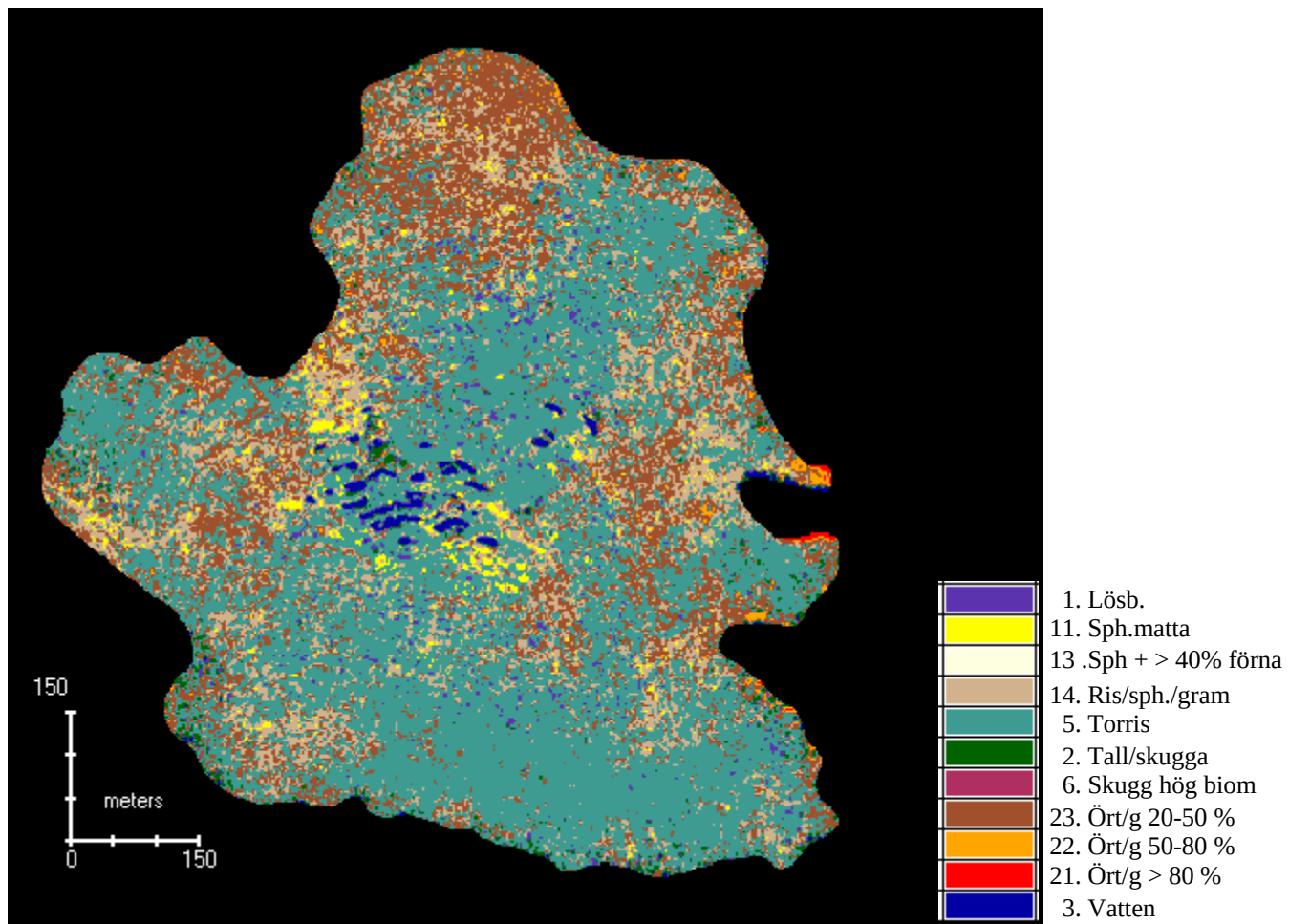
Figur 54. Jämförelse mellan klassningsresultat baserat på QuickBird 0.6 m data respektive 2.4 m data. Store mosse, Halland. a. Generaliserat klassningsresultat baserat på 0.6 m sammanvägda data. b. Klassningsresultat baserat på 2.4 m multispektrala data.



Figur 55. Detaljbild för jämförelse mellan resultaten baserade på 0.6 och 2.4 m upplösning över Store mosse. Halland. a. Generaliserat resultat baserat på 0.6 m sammanvägda data. b. Resultat baserat på 2.4 m multispektrala data.



Figur 56. Jämförelse mellan klassningsresultat baserat på QuickBird 0.6 m data respektive 2.4 m data. Kullagårdsmossen, Halland. a. Generaliserat klassningsresultat baserat på 0.6 m sammanvägda data. b. Klassningsresultat baserat på 2.4 m multispektrala data.



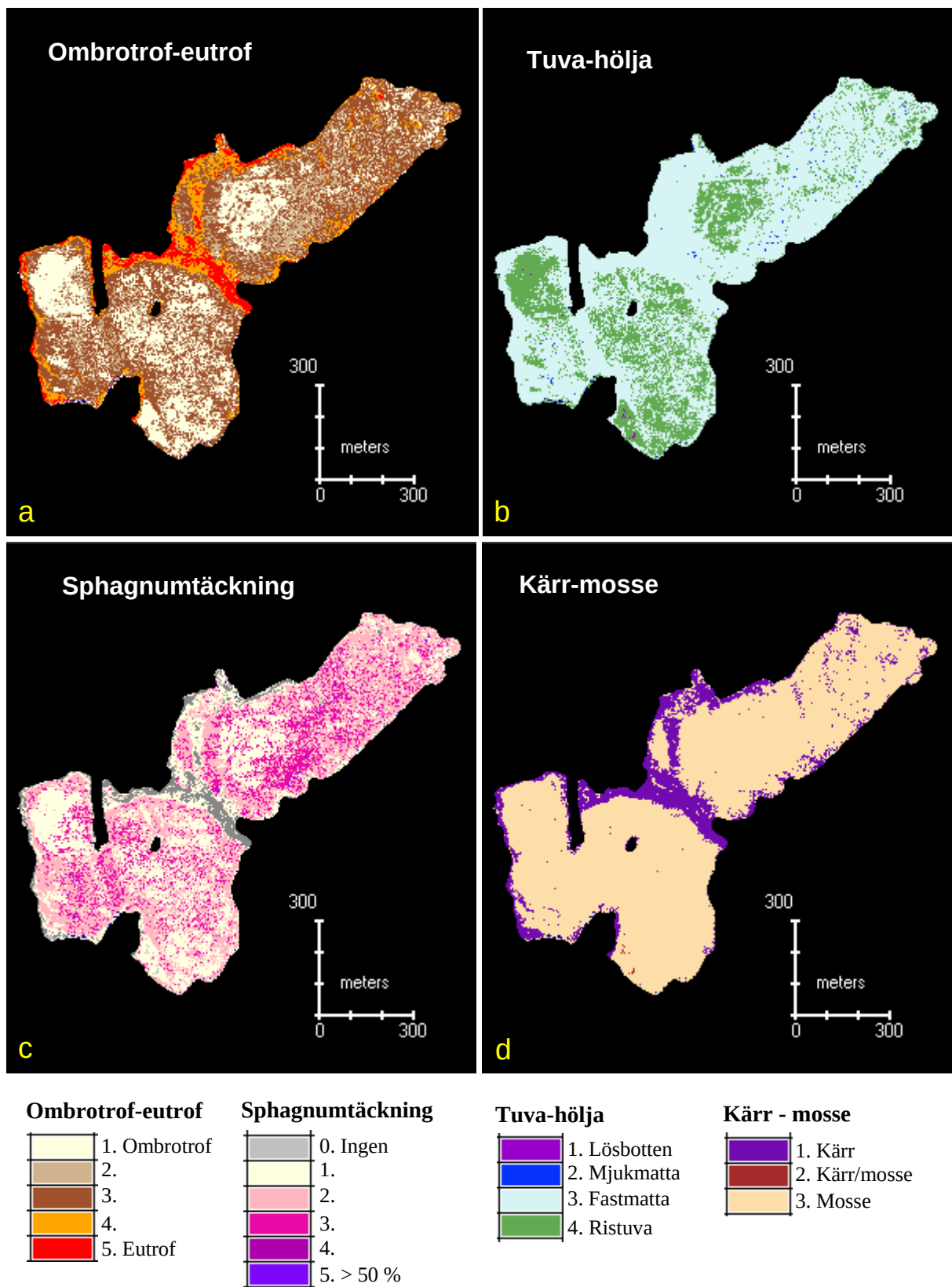
Figur 57. Klassningsresultat över Lyng mosse, Halland, baserat på QuickBird 2.4 m multispektrala data.

Tabell 11. Sammanställning av karterade klassers arealer (%) i icke generaliserat och generaliserat resultat i 0.6 respektive 2.4 m upplösning för Store mosse och Kullagårdsmossen sammanräknade.

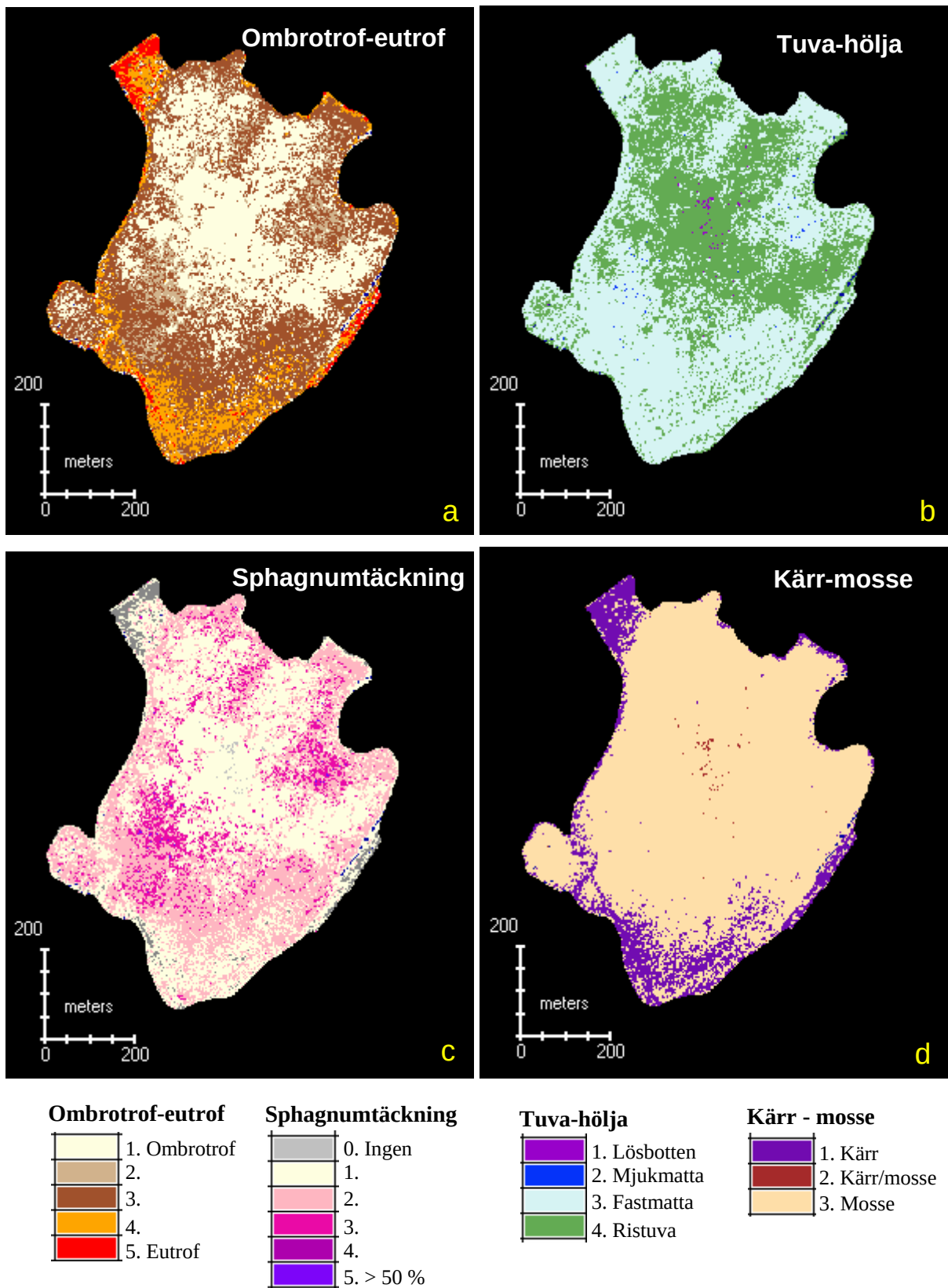
Klasser\Klassningsresultat	0.6 m ej gen	0.6 m gen	2.4 m ej gen	2.4 m gen	Skillnad 0.6 gen- 2.4 ej gen	Skillnad 0.6 gen- 2.4 gen
1. Lösbotten	1.1	1.0	0.2	0.1	-0.8	-0.9
11. Sphagnummatta	0.7	0.7	0.3	0.3	-0.4	-0.4
13. Förna > 40 %/graminider/sphagnum	-	-	-	-	-	-
14. Ris/sphagnum/graminider	15.7	15.5	13.9	13.2	-1.6	-2.3
5. Torrisdominerad	31.6	31.9	29.6	30.0	-2.3	-1.9
2. Tall/skugga	2.0	2.1	0.8	0.7	-0.3	-0.4
6. Skuggad hög biomassa (22-23)	2,1	1.8	1.0	0.7	-0.8	-1.1
23. Örter/grönris 20-50 %	31.2	31.5	40.0	41.2	+8.5	+9.7
22. Örter/grönris 50-80 %	12.1	12.2	9.5	9.8	-2.7	-2.4
21. Örter/grönris > 80 %	3.4	3.4	3.8	3.8	+0.4	+0.4
3. Vatten	-	-	1.0	0.2	+1.0	+0.8

Tabell 12. Jämförelse av olika klassers arealer (%) mellan de tre karterade mossarna i norra Halland. Siffrorna är baserade på icke generaliserat resultat med 2.4 m upplösning.

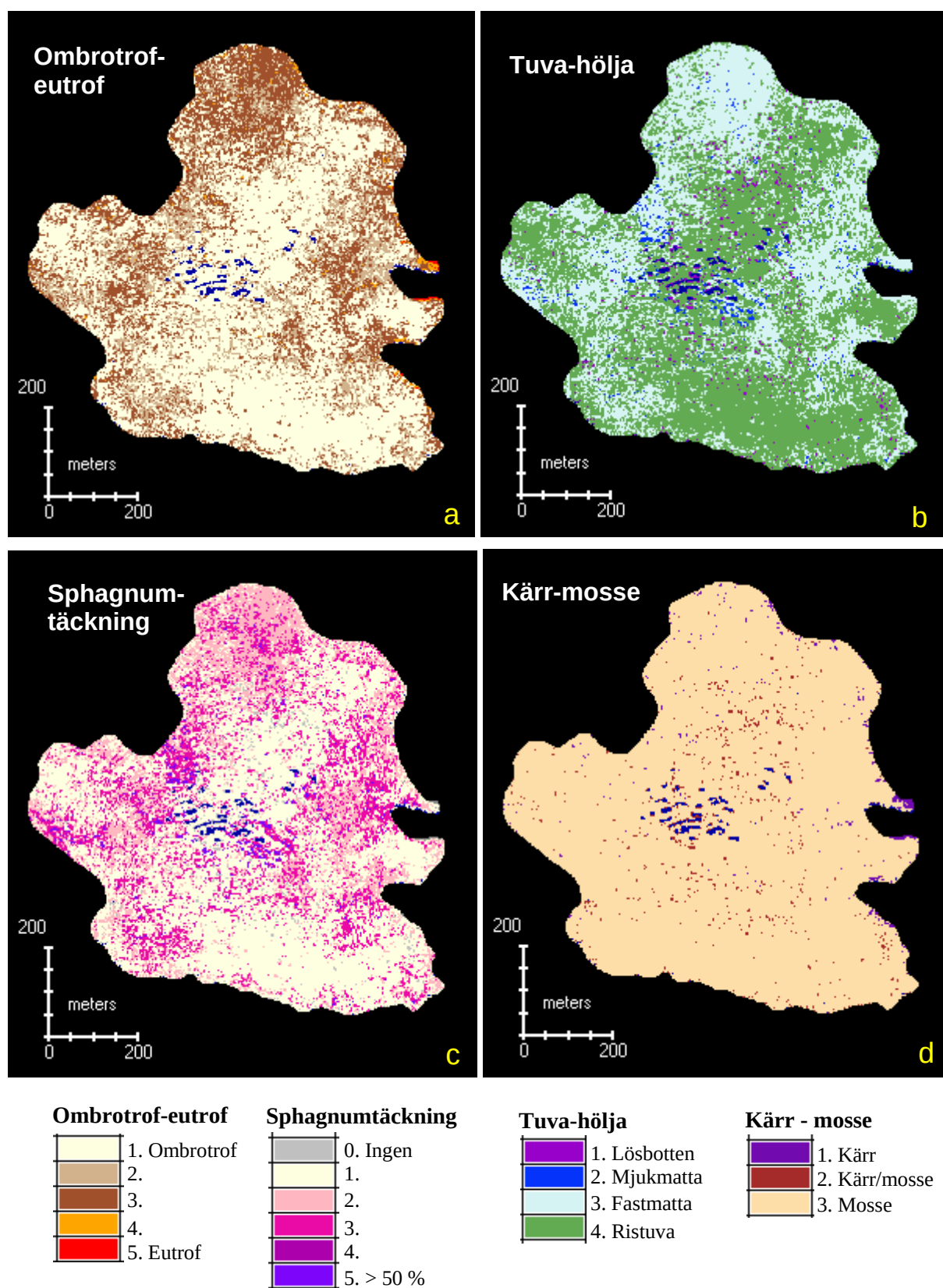
Klasser\Klassningsresultat	Store mosse	Kullagårds- mossen	Lyng mosse
1. Lösbotten	0.1	0.2	2.0
11. Sphagnummatta	0.4	0.2	1.7
13. Förna > 40 %/graminider/sphagnum	-	< 0.0	< 0.0
14. Ris/sphagnum/graminider	16.7	9.4	18.0
5. Torrisdominerad	24.9	36.0	52.4
2. Tall/skugga	0.6	1.2	1.6
6. Skuggad hög biomassa (22-23)	0.6	1.5	0.2
23. Örter/grönris 20-50 %	41.4	37.1	22.2
22. Örter/grönris 50-80 %	9.1	9.9	0.7
21. Örter/grönris > 80 %	4.8	2.3	0.1
3. Vatten	1.5	2.2	1.2



Figur 58. Redovisning av de härledda ekologiska gradienterna för Store mosse, norra Halland, baserat på 2.4 m resultatet. a. Näringsgradienten b. Fuktighetsgradienten c. Sphagnumgradienten d. Rik-fattiggradienten



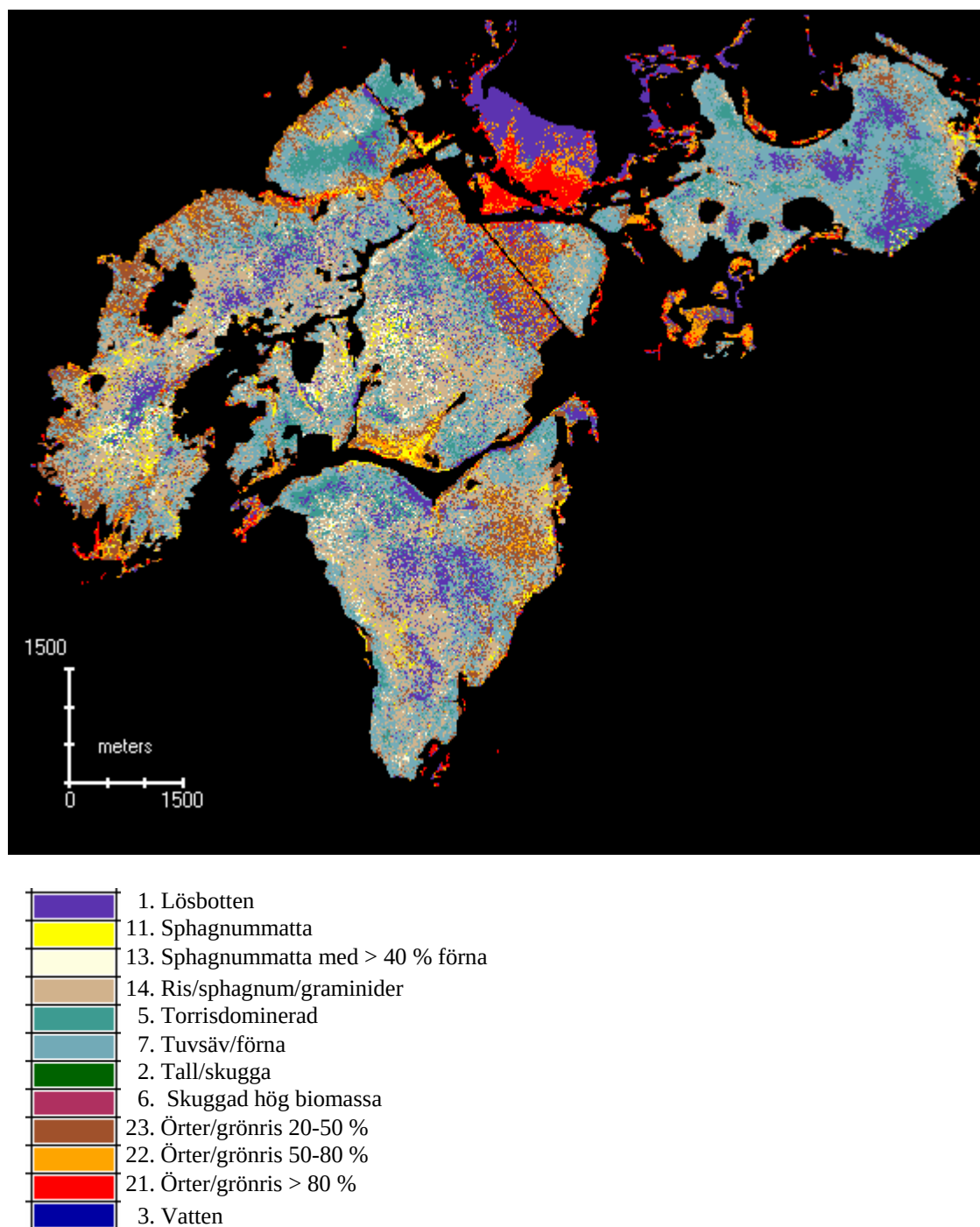
Figur 59. Redovisning av de härledda ekologiska gradienterna för Kullagårdsmossen, Halland, baserat på 2.4 m resultatet. a. Näringsgradienten b. Fuktighetsgradienten c. Sphagnumgradienten d. Rik-fattiggradienten



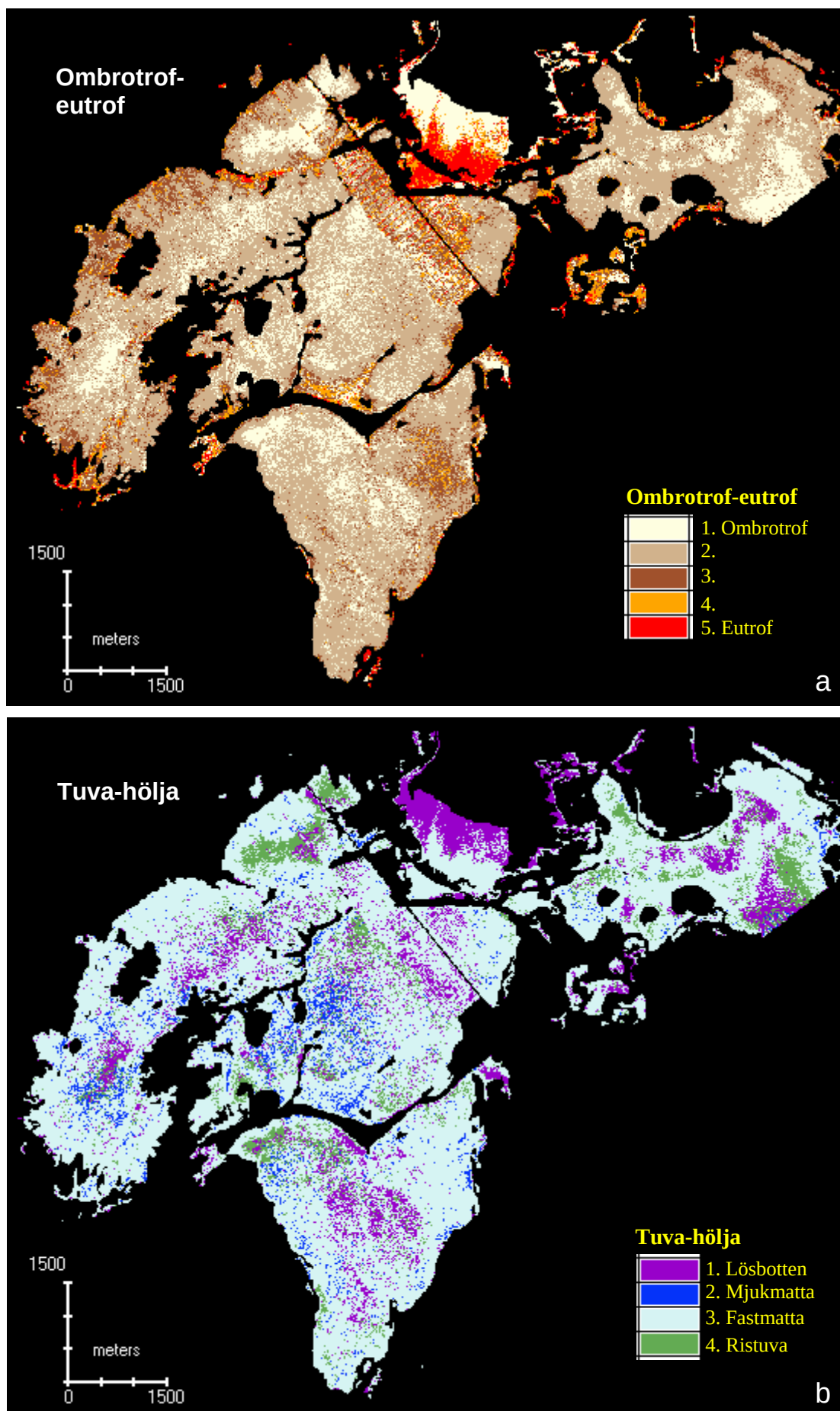
Figur 60. Redovisning av de härledda ekologiska gradienterna för Lyng mosse, Halland, baserat på 2.4 m resultatet. a. Näringsgradienten b. Fuktighetsgradienten c. Sphagnumgradienten d. Rik-fattiggradienten

5.4.2 Store Mosse nationalpark

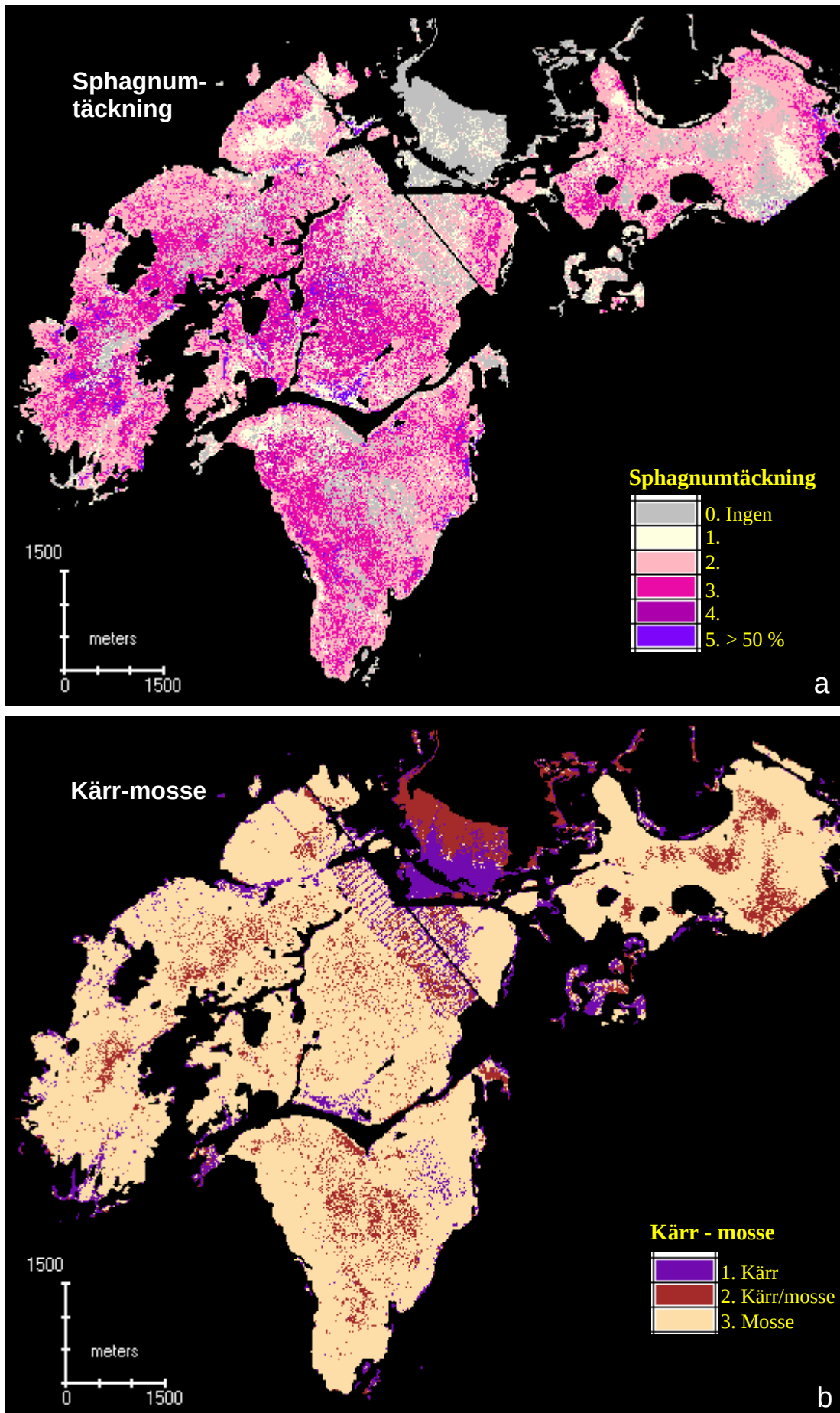
Figur 61 visar det preliminära klassningsresultatet över Store Mosse nationalpark. Kartor visande de härledda ekologiska gradienterna redovisas i figur 62-63. Ombrotrof-eutrof-gradienten i figur 62a visar en stor dominans för klass 2 på Store mosse. Bakom denna klass döljer sig klass 14 (Ris/sphagnum/graminider) och klass 7 (Tuvsäv/förna) som vi valt att ge en något högre näringsstatus än övriga mosse-klasser (1, 11, 13, 5 och 2) (se tabell 9). För klass 14 är det motiverat av att denna klass kan innehålla en grönriskomponent, för klass 7 av att tuvsäv indikerar något rikare förhållanden. På Store mosse nationalpark är tuvsäv vanligt förekommande. Store Mosse nationalpark uppvisar också, jämfört med Hallandsmossarna, en



Figur 61. Preliminärt klassningsresultat över Store Mosse nationalpark, baserat på QuickBird 2.4 m data.



Figur 62. Preliminär redovisning av ekologiska gradienter för Store Mosse nationalpark, baserat på 2.4 m resultatet. a. Näringsgradienten b. Fuktighetsgradienten



Figur 63. Preliminär redovisning av ekologiska gradienter för Store Mosse nationalpark, baserat på 2.4 m resultatet. a. Sphagnumgradienten b. Rik-fattiggradienten

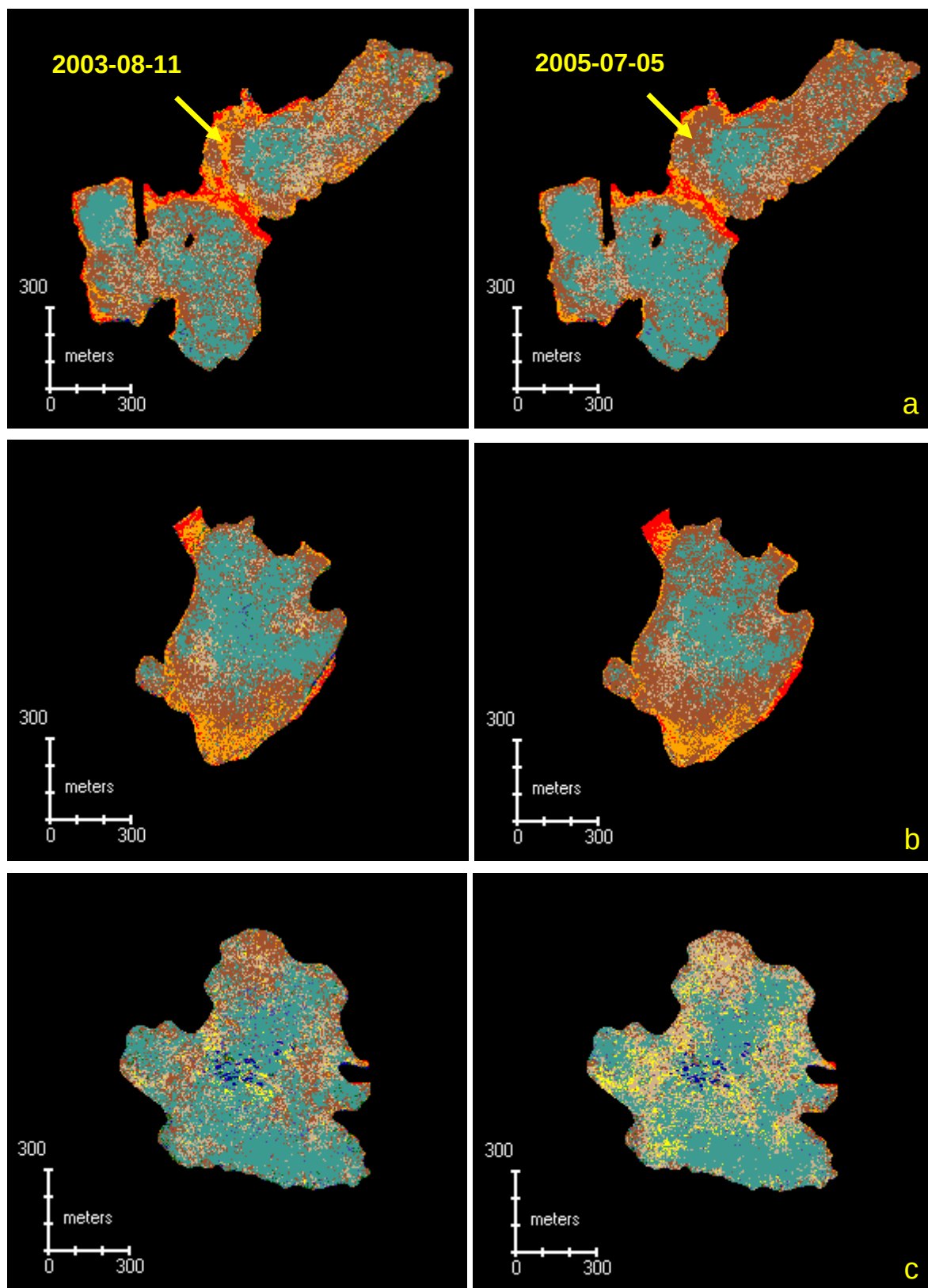
större andel mjukmattor och lösbottnar (figur 62b) samt en större andel klasser med högre sphagnum-täckning (figur 63a). Vidare bör kommenteras att inslaget av ytor som klassats som kärr/mosse (figur 63b) är relativt stort. Dessa utgörs på Store mosse huvudsakligen av lösbottnar. På själva mosseplanet är dessa rena mosseytor, medan lösbottnarna i Kävsjön definitivt utgörs av kärr. Troligen är även lösbottnarna i den västra delen kärrinfluerade.

5.4.3 Några fenologiska aspekter

För att analysera fenologins betydelse för klassningsresultatet klassificerades ytterligare en QuickBirdscen över mossarna i norra Halland. Denna scen är tagen den 5 juli (2005), vilket i förstone kan tyckas vara en bra tidpunkt. Det visade sig dock ganska snabbt att det uppstod problem med att erhålla ett jämförbart resultat, särskilt över Lyng mosse. Figur 64 visar en jämförelse mellan resultaten baserade på huvudscenen från 2003-08-11 och denna fenologiskt sett tidigare scen för de tre mossarna. Som synes i figur 64 är skillnaderna något olika beroende på mosse och specifik vegetationssammansättning. Den kanske mest påtagliga skillnaden uppvisar Lyng mosse där klasserna 11 och 14 (Sphagnummatta respektive Ris/sphagnum/graminider) tycks vara överskattade på bekostnad av klass 23 (örter/grönris 20-50 %). En annan påtaglig skillnad, som vi också kunnat belägga med fältbesök, är det stråk med myrlilja och pors, som förekommer i Store mosse (se pil i figur 64a). Detta stråk är underskattat i julibilden med avseende på ört/grönriskomponenten, vilket kan förklaras av att myrliljan vid denna tidpunkt fortfarande inte erhållit full grön biomassa och att därmed förnan får relativt stor genomslagskraft. Fenologins betydelse är inte helt utredd men vår preliminära slutsats är att optimal tidpunkt troligtvis är augusti för det indelningssystem och de dataset som används i denna analys. Tabell 13 visar en jämförelse mellan olika klassers arealer vid optimal tidpunkt (augusti) och vid detta något tidiga registreringstillfälle (början av juli).

Tabell 13. Jämförelse av olika klassers arealer (%) mellan de tre karterade mossarna i norra Halland mellan optimal registreringstidpunkt (augusti) och en något tidig registreringstidpunkt (början av juni). Siffrorna är baserade på ogeneraliserat resultat med 2.4 m upplösning. Röda siffror markerar klasser med stora skillnader mellan augusti och juliresultaten.

Klasser\Klassningsresultat	Store mosse		Kullagårdsm.		Lyng mosse	
	aug	juli	aug	juli	aug	juli
1. Lösbotten	0.1	0.1	0.2	0.1	2.0	1.2
11. Sphagnummatta	0.4	0.1	0.2	0.1	1.7	6.8
13. Förna > 40%/graminider/sphagnum	-	-	< 0.0	-	< 0.0	-
14. Ris/sphagnum/graminider	16.7	11.4	9.4	8.8	18.0	29.7
5. Torrisdominerad	24.9	39.0	36.0	30.0	52.4	50.3
2. Tall/skugga	0.6	0.3	1.2	0.3	1.6	0.3
6. Skuggad hög biomassa (22-23)	0.6	0.4	1.5	0.9	0.2	0.1
23. Örtter/grönris 20-50 %	41.4	39.1	37.1	46.1	22.2	10.2
22. Örtter/grönris 50-80 %	9.1	6.2	9.9	10.0	0.7	0.5
21. Örtter/grönris > 80 %	4.8	3.4	2.3	3.8	0.1	0.1
3. Vatten	1.5	-	2.2	-	1.2	0.8

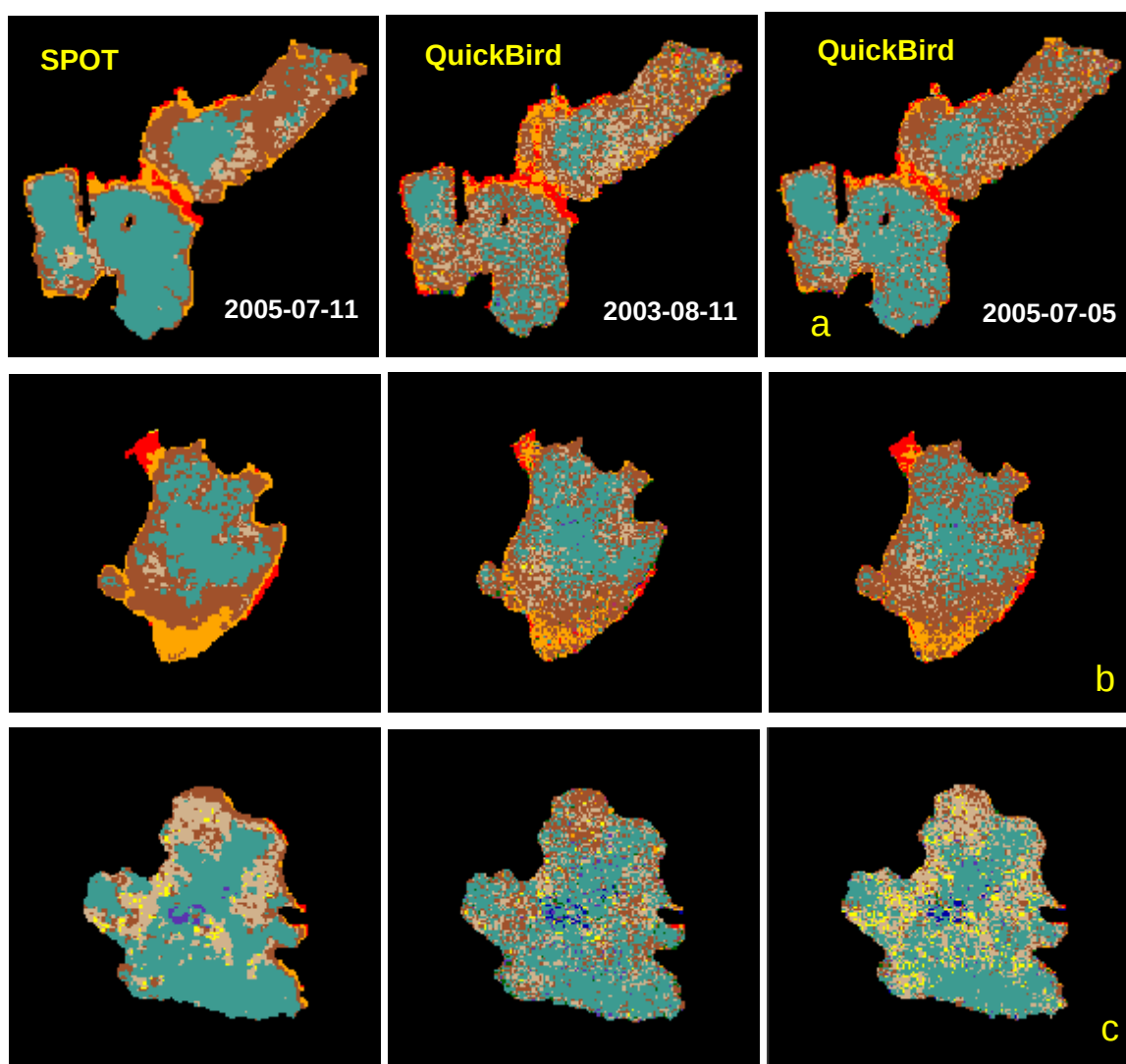


Figur 64. Jämförelse mellan klassningsresultat baserat på QuickBird-data (2.4 m) från optimal tidpunkt, augusti (vänstra bilderna) och mindre bra registreringstidpunkt, början av juli (högra bilderna). a. Store mosse b. Kullagårdsmossen c. Lyng mosse

5.4.4 SPOT

5.4.4.1 Norra Halland

Figur 65 visar klassningsresultatet baserat på SPOT-data från 2005-07-11 jämfört med QuickBird-resultat baserat på 2.4 m data från 2003-08-11 (huvudscenen) respektive 2.4 m data från 2005-07-05. SPOT-scenen är registrerad knappt en vecka senare än QuickBird-scenen från juli samma år och en månad tidigare än QuickBird-scenen från 2003. Följaktligen kan också noteras att bästa överensstämmelsen erhållits med QuickBird-scenen från juli samma år och att de skillnader som noterats mellan QuickBird-resultaten beroende på fenologiska effekter också finns mellan SPOT-resultatet och QuickBird-resultatet från augusti. Tabell 14 visar arealerna för de olika klasserna i SPOT jämfört med de två QuickBird-resultaten. I stort sett återfinns SPOT-klassernas arealer inom ca $\pm 6\%$ för motsvarande klasser i QuickBird juli-resultat. En genomgående trend är att klass 5 (torrisdominerad) uppvisar en större procentuell andel i SPOT-klassningen samtidigt som klass 14 (ris/sphagnum/graminider) genomgående har minskat.



Figur 65. Jämförelse mellan klassningsresultat baserat på SPOT-data (vänstra bilderna) och QuickBird-data 2.4 m från 2003-08-11 (mellersta bilderna) respektive 2005-07-05 (högra bilderna). a. Store mosse b. Kullagårdsmossen c. Lyng mosse

Tabell 14. Olika klassers arealer (%) karterade med SPOT jämfört med QuickBird (2.4 m) för olika tidpunkter och de tre karterade mossarna i norra Halland.

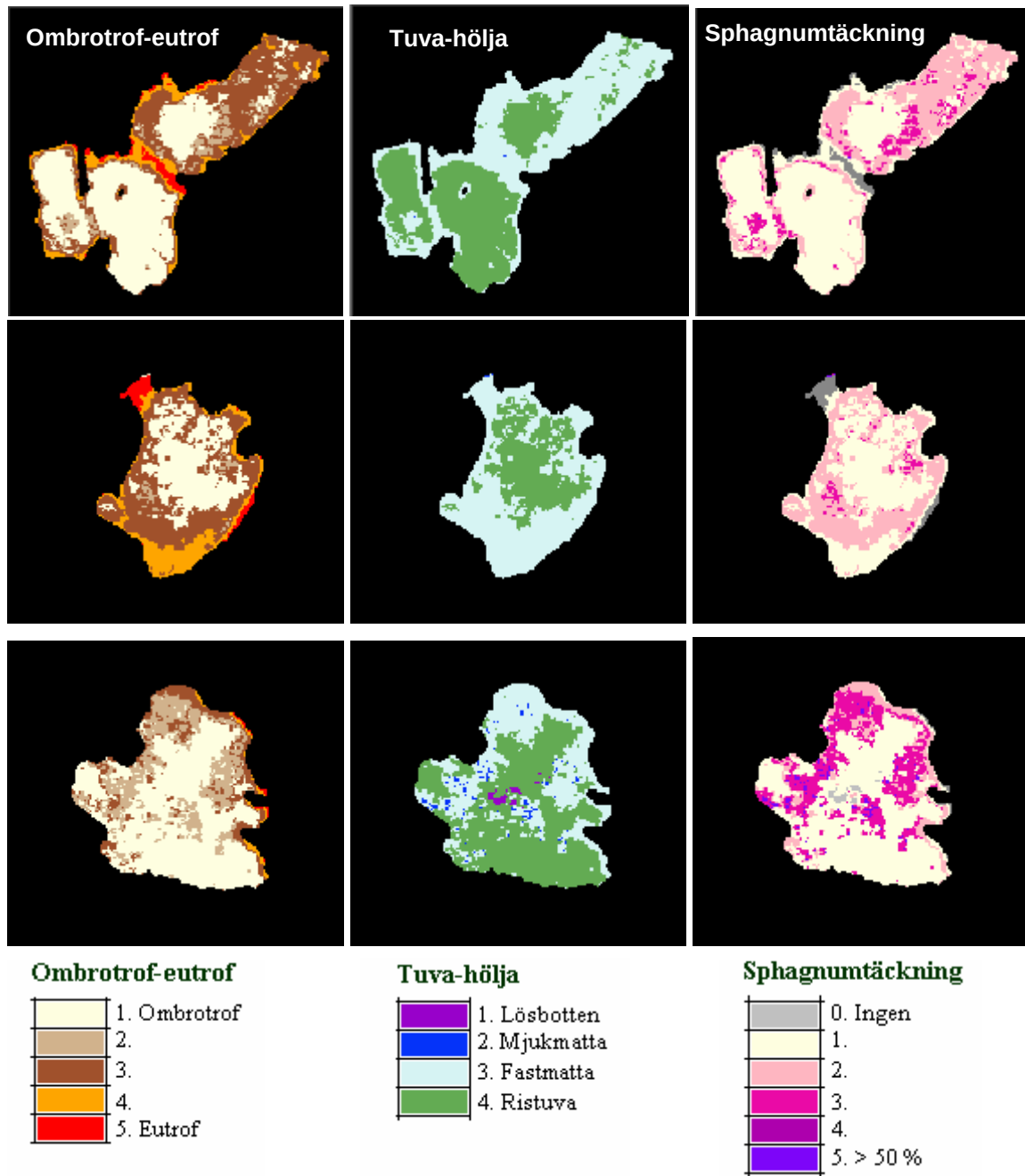
Klasser\Klassningsresultat	Store mosse			Kullagårdsm.			Lyng mosse		
	QB		SPOT	QB		SPOT	QB		SPOT
	aug	juli	juli	aug	juli	juli	aug	juli	juli
1. Lösbotten	0.1	0.1	-	0.2	0.1	-	2.0	1.2	0.9
11. Sphagnummatta	0.4	0.1	< 0.0	0.2	0.1	< 0.0	1.7	6.8	2.2
13. Förna > 40 %/graminider/sphagnum	-	-	-	< 0.0	-	-	< 0.0	-	-
14. Ris/sphagnum/graminider	16.7	11.4	7.4	9.4	8.8	3.0	18.0	29.7	24.5
5. Torrisdominerad	24.9	39.0	47.0	36.0	30.0	35.2	52.4	50.3	57.1
2. Tall/skugga	0.6	0.3	-	1.2	0.3	-	1.6	0.3	-
6. Skuggad hög biomassa (22-23)	0.6	0.4	-	1.5	0.9	-	0.2	0.1	-
23. Örter/grönris 20-50 %	41.4	39.1	33.5	37.1	46.1	41.8	22.2	10.2	13.3
22. Örter/grönris 50-80 %	9.1	6.2	9.4	9.9	10.0	16.0	0.7	0.5	1.5
21. Örter/grönris > 80 %	4.8	3.4	2.6	2.3	3.8	3.9	0.1	0.1	0.5
3. Vatten	1.5	-	-	2.2	-	-	1.2	0.8	-

Figur 66 visar tre av de härledda ekologiska gradienterna baserade på SPOT-resultatet. På grund av den sämre upplösningen i SPOT-data är dessa naturligtvis mer generaliserade än de kartor som är baserade på QuickBird (jämför med figur 58-60), men ger ändå en mycket god bild av de olika mossarnas karaktärer, bortsett från de effekter som introducerats av fenologin.

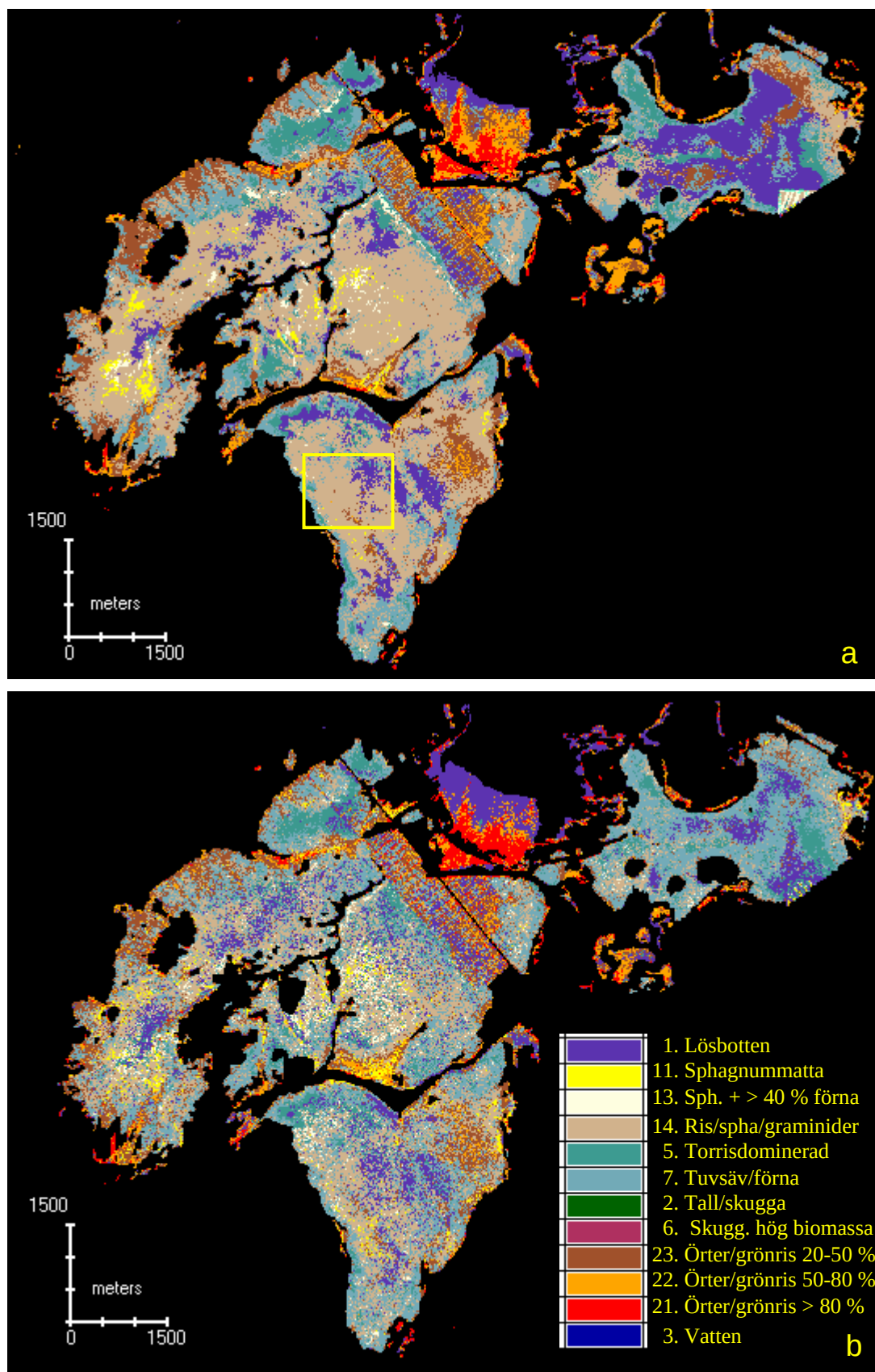
5.4.4.2 Store Mosse nationalpark

Det preliminära klassningsresultatet baserat på SPOT-data över Store Mosse nationalpark redovisas i figur 67 jämfört med QuickBird-resultatet baserat på 2.4 m-data. I en första anblick ter sig resultaten tämligen olika, men en analys i detalj visar att detta till största delen förklaras av skillnaden i generaliseringsgrad mellan data (figur 68). Merparten av de strukturer som är synliga i 2.4 m-upplösningen i QuickBird och som representerar olika klasser, är inte längre urskiljbara i 10-m-upplösningen (jämför också med figur 10).

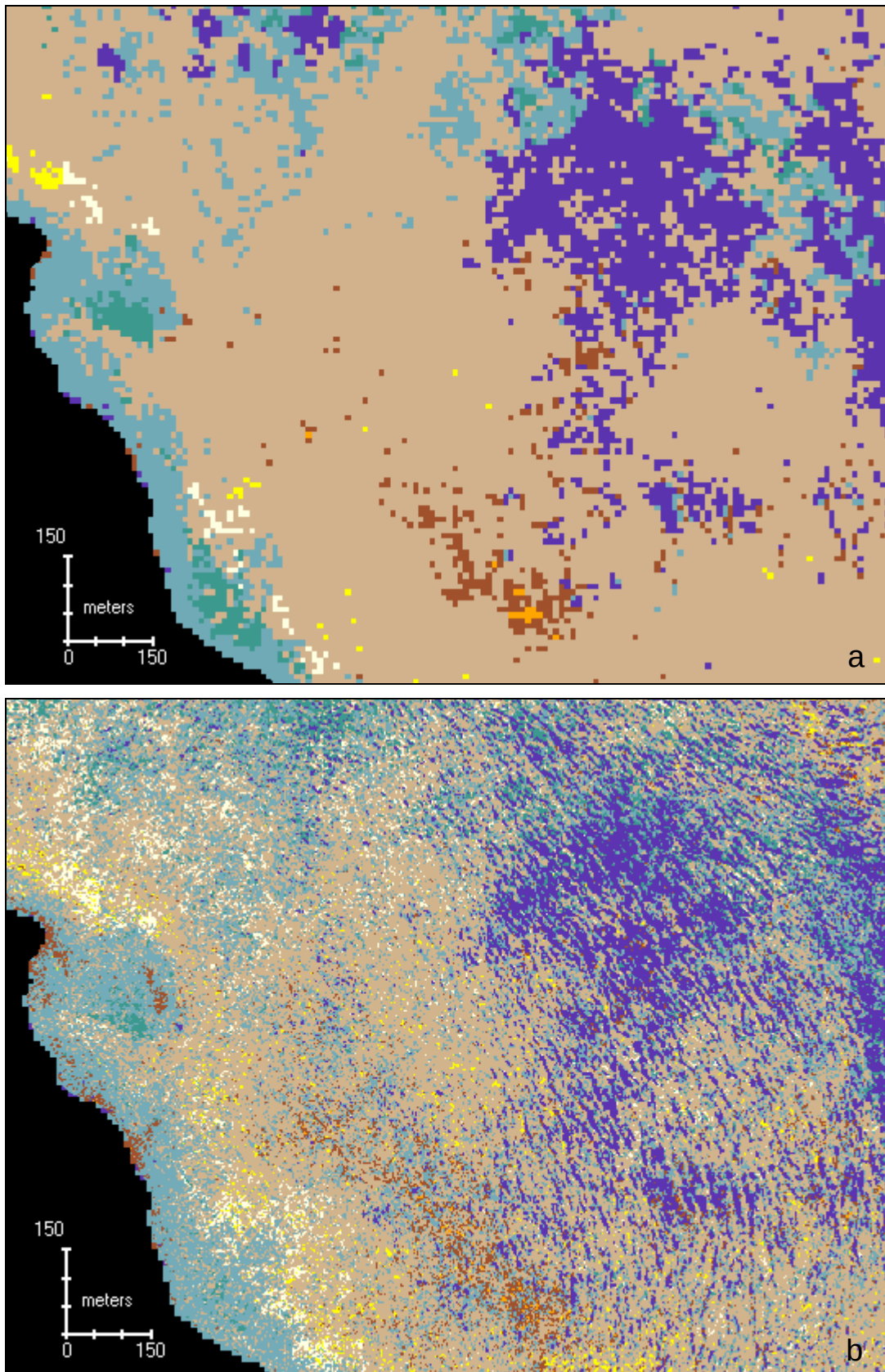
Figur 69 visar de härledda ekologiska gradienterna för Store Mosse nationalpark baserat på SPOT-klassningen. Jämför med motsvarande kartor baserade på QuickBird (figur 62-63).



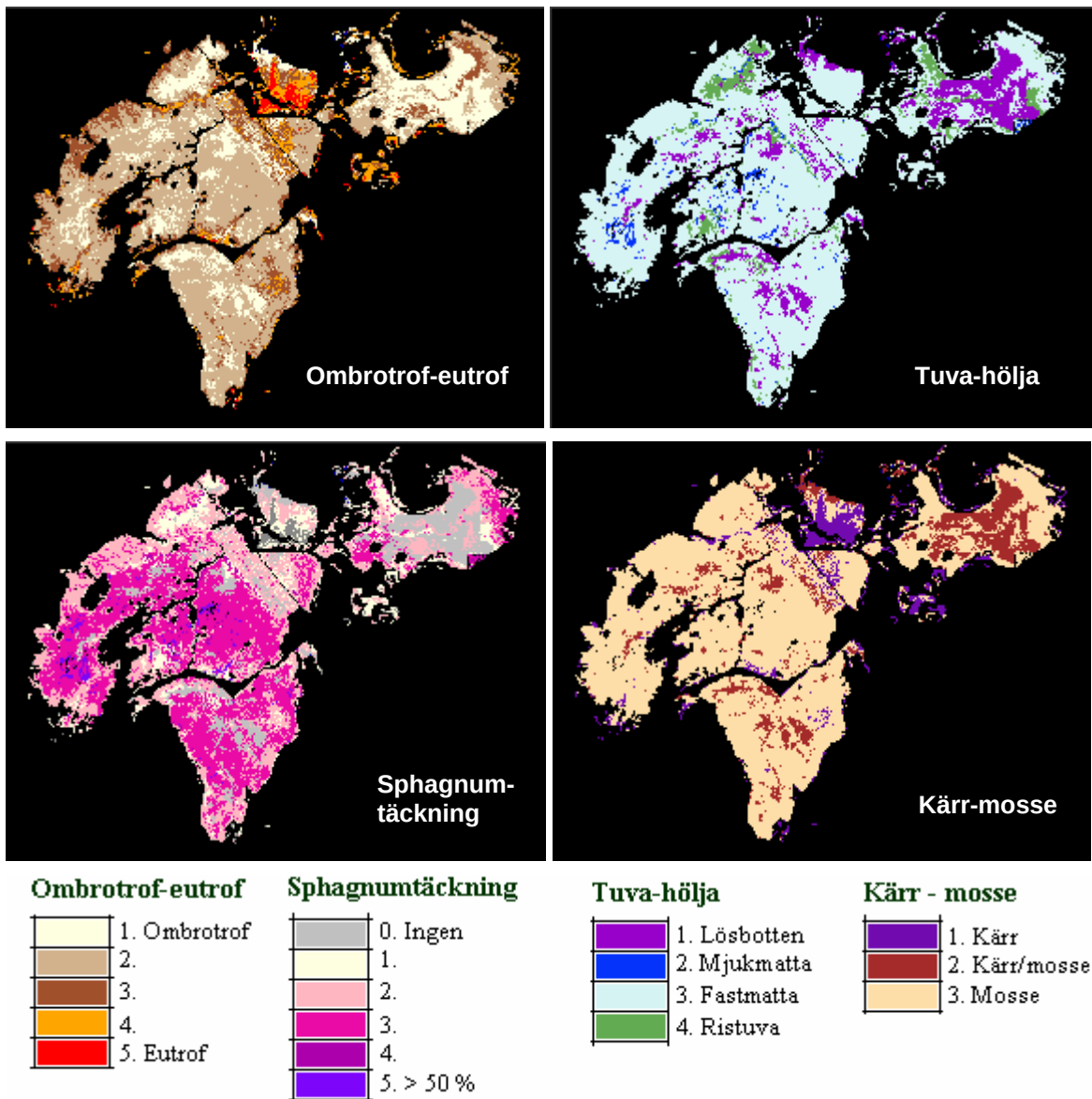
Figur 66. Redovisning av de härledda ekologiska gradienterna för hallandsmossarna baserat på SPOT-data
a. Store mosse b. Kullagårdsmossen c. Lyng mosse



Figur 67. Klassningsresultat baserat på SPOT-data från 2004-08-11 jämfört med resultat från QuickBird 2.4 m data från 2004-07-29. a. SPOT-resultat b. QuickBird-resultat. Gul rektangel visar utsnitt för detlj i figur 68.



Figur 68. Detalj av klassningsresultat baserat på SPOT-data från 2004-08-11 jämfört med resultat från QuickBird 2.4 m data från 2004-07-29. a. SPOT-resultat b. QuickBird-resultat. Teckenförklaring, se figur 67.



Figur 69. Redovisning av de härledda ekologiska gradienterna för Store Mosse nationalpark baserat på SPOT-data.

5.4.4.3 Uppskalning från QuickBird till SPOT - några jämförelser

Som redan nämnts ger klassificering med SPOT ett betydligt mer generaliserat resultat än QuickBird. För att en klass ska "synas" i SPOT-klassningen måste den förekomma i relativt sett större sammanhängande arealer eller ha en mycket avvikande spektral signatur i förhållande till omgivningen för att kunna påverka den spektrala signaturen från en given yta. Vegetation som företrädesvis förekommer i smala stråk eller som mindre ytor i en matrix av annan likartad vegetation tenderar att generaliseras bort.

För att få någon information om generaliseringseffekterna vid uppskalning från QuickBird (2.4 m) till SPOT analyserades den procentuella fördelningen av QuickBird-klasser inom varje SPOT-klass för de tre Hallandsmossarna sammantaget (tabell 15). Av de klasser som karterats med SPOT över Hallandsmossarna är det bara två stycken, "Lösbotten" och "Sphagnummatta", som inte också till största delen utgörs av motsvarande klasser i

Tabell 15. Redovisning av vad varje SPOT-klass omfattar (%) av QuickBirdklasser baserade på klassning av 2.4 m-data från 2005-07-05. Jämförelsen är baserad på icke generaliserade resultat. SPOT-klassernas arealer anges inom parantes. Total analyserad areal är 165.3 ha omfattande Store mosse, Kullagårdsmossen samt Lyng mosse.

Klasser SPOT\Klasser QB	1	11	14	5	2*	6*	23	22	21	3*	Utanför
1. Lösbotten (0.5 ha)	7.1	2.2	8.6	30.2	3.4	0.2	5.2			43.2	
11. Sphagnummatta (1.3 ha)	0.2	28.4	49.2	14.7			5.4	0.2	0.2		1.8
14. Ris/spha/gram (20.2 ha)	0.3	9.1	49.3	16.5	< 0.0		24.6	< 0.0			0.1
5. Torrisdominerad (78.4 ha)	0.7	1.7	11.4	72.2	0.1	< 0.0	13.5	< 0.0		0.2	0.1
23. Örter/grönris 20-50 % (47.4 ha)	0.2	0.9	17.1	12.6	0.3	0.4	64.3	2.4	< 0.0	< 0.0	1.8
22. Örter/grönris 50-80 % (13.8 ha)	< 0.0	< 0.0	1.1	1.7	1.0	2.6	28.5	43.8	9.0	0.2	12.0
21 Örter/grönris. > 80 % (3.7 ha)			< 0.0	< 0.0	0.2	0.5	0.8	14.7	61.4	< 0.0	22.1

* Dessa klasser fanns ej i SPOT-resultatet över de tre Hallandsmossarna.

QuickBird-resultatet. Något förvånande är kanske att de ytor som karterats som Sphagnummatta i SPOT huvudsakligen utgörs av klass 14 (Ris/Sphagnum/graminider) i QuickBird-resultatet. Detta antyder att gränsen för denna klass kanske varit lite för generös i SPOT-klassningen. När det gäller Lösbotten däremot kan noteras att dessa ytor huvudsakligen utgörs av vatten (egentligen djup skugga från träd, se 6.4.1) som tillsammans med omgivningen fått en likartad signatur som Lösbotten. Övriga klasser speglar mycket väl QuickBird-resultatet. Det kan dock noteras att både klass 14 (Ris/Sphagnum/graminider) och klass 22 (Örter/grönris 50-80 %) också innehåller en stor komponent av klass 23 (Örter/grönris 20-50 %). Den höga andelen "utanför" i QuickBird-resultatet för klass 21 (Örter/grönris > 80 %) beror på att denna klass huvudsakligen finns i mossarnas yttre delar där det ej blir fullständig passning mellan myrmaskerna på grund av skillnaderna i upplösning.

Intressant är också att göra motsvarande jämförelse mellan QuickBird 2.4 m och 0.6m resultaten (tabell 16), vilket ungefär motsvarar en skillnad med samma skalfaktor som mellan SPOT och QuickBird 2.4 m. Som framgår av tabell 16 speglar i detta fall resultatet med den sämre upplösningen det andra med högre överensstämmelse, vilket förklaras av att vid 2.4 m upplösning är fortfarande merparten av vegetationsstrukturerna urskiljbara på mossarna.

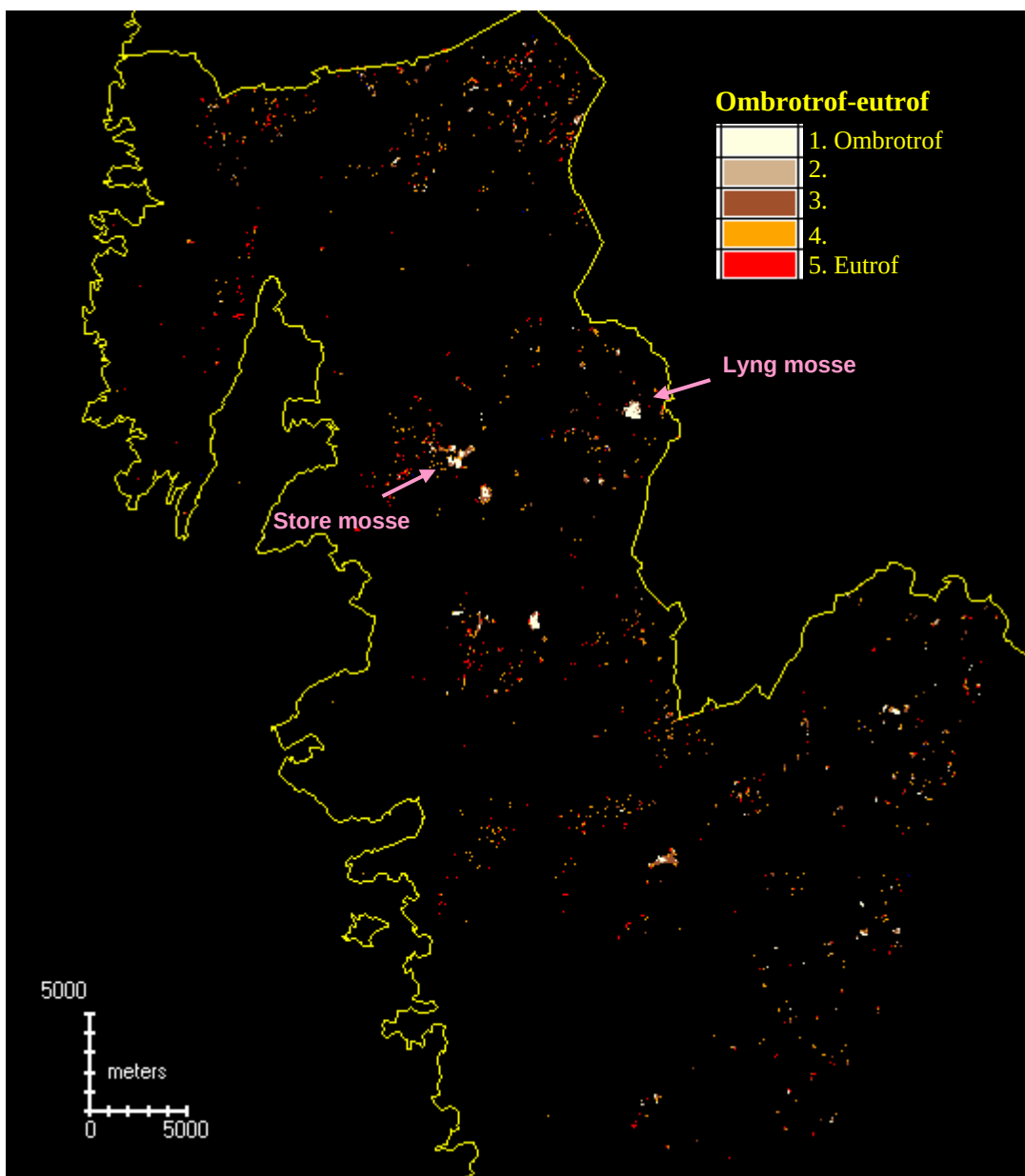
Tabell 16. Fördelning (%) av 0.6 m klasser inom varje klass i 2.4 m resultatet baserat på QuickBird-data från 2003-08-11. Ej generaliserat 2.4 m-resultat har jämförts med generaliserat 0.6 m resultat. QuickBirdklassernas arealer anges inom parantes. Total analyserad areal är 167.1 ha omfattande Store mosse, Kullagårdsmossen samt Lyng mosse.

Klasser QB 2.4 m\QB 0.6 m	1	11	14	5	2	6	23	22	21	3*	Utanför
1. Lösbotten (1.3 ha)	57.7	< 0.0	0.2	28.5	13.1	< 0.0	0.1	< 0.0			0.4
11. Sphagnummatta (1.3 ha)	0.4	37.1	56.6	4.1	< 0.0		0.8	0.1			0.9
14. Ris/spha/gram (25.5 ha)	< 0.0	3.3	68.2	13.4	< 0.0	< 0.0	14.4	0.6			< 0.0
5. Torrisdominerad (62.3 ha)	2.4	0.2	8.2	75.5	1.7	0.7	11.1	0.1			< 0.0
2. Tall/skugga (1.8 ha)	4.3		< 0.0	10.2	73.9	6.0	1.8	1.4	< 0.0		2.5
6. Skuggad hög biomassa (1.2 ha)				6.7	29.8	34.4	10.0	15.9	0.6		2.8
23. Örter/grönris 20-50 % (56.2 ha)	< 0.0	0.3	9.9	12.1	0.6	1.7	67.0	8.2	< 0.0		0.2
22. Örter/grönris 50-80 % (10.7 ha)		< 0.0	0.2	0.1	0.7	4.4	5.1	84.3	3.7		1.4
21 Örter/grönris. > 80 % (4.2 ha)					0.2	1.3	< 0.0	17.5	78.1		2.9
3. Vatten (2.6 ha)	< 0.0			0.5	97.3	< 0.0	< 0.0	< 0.0			1.9

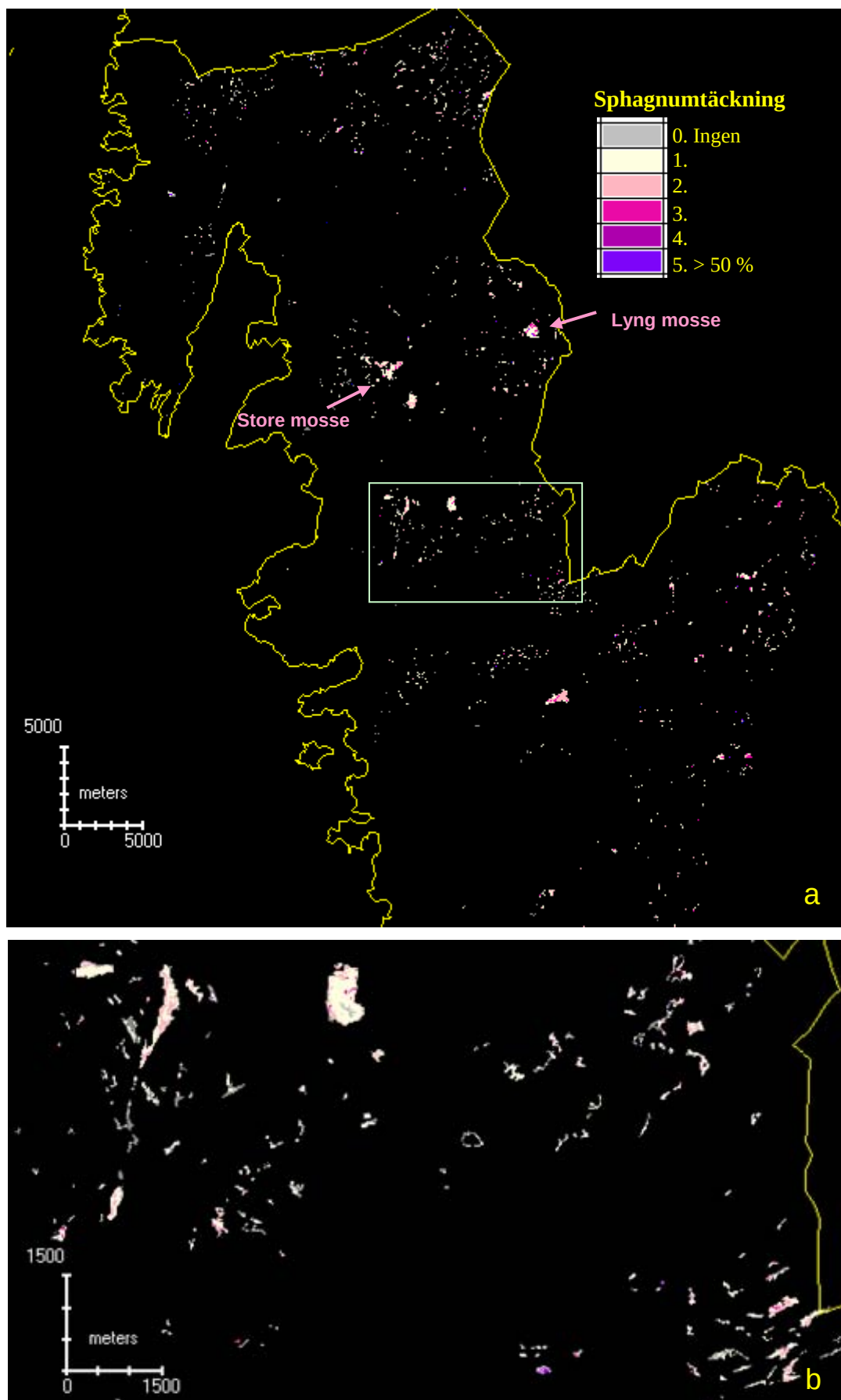
* Karterades ej i 0.6 m-upplösningen över de tre Hallandsmossarna.

5.4.5 Regional analys

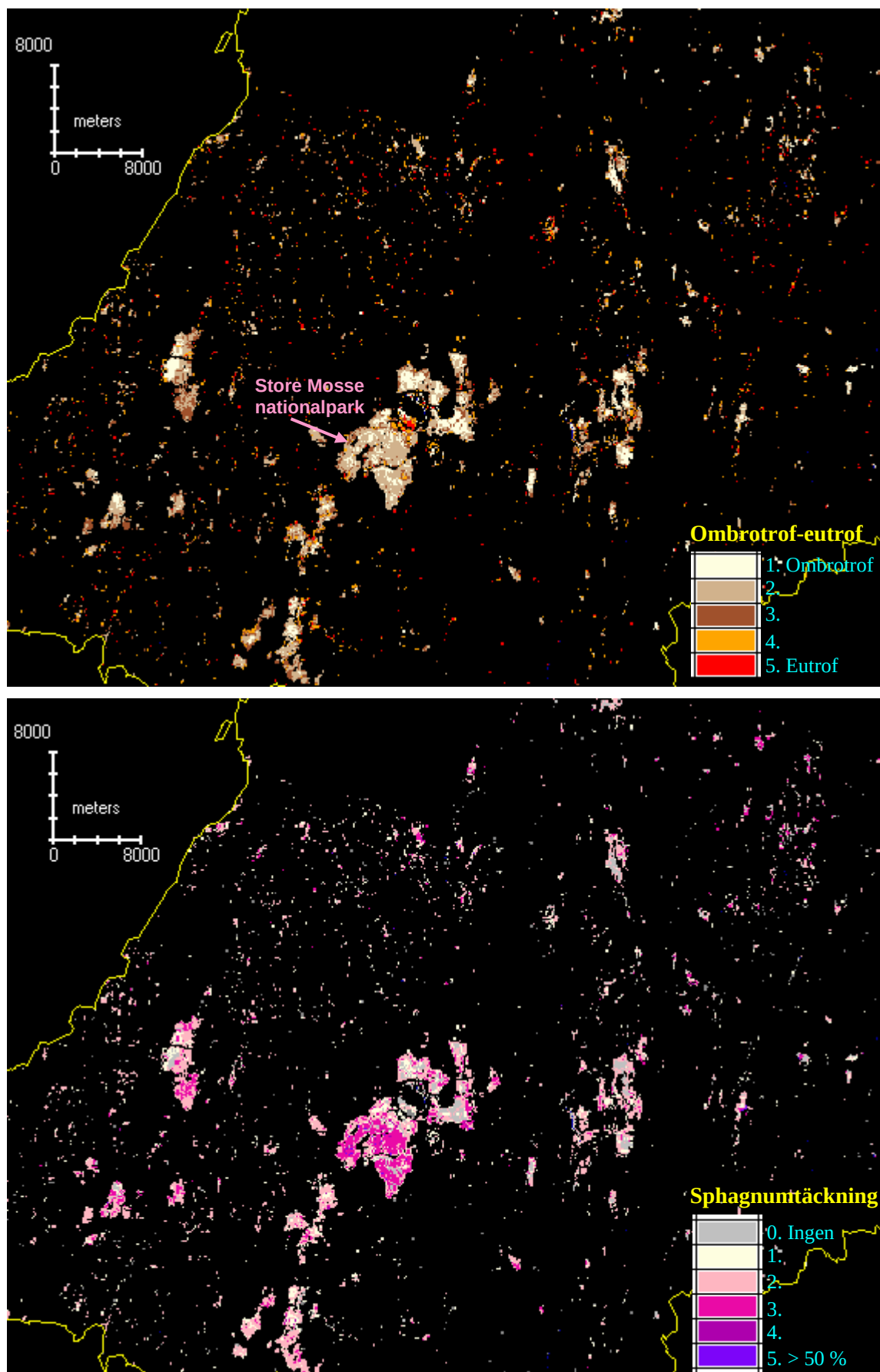
Resultaten från den regionala analysen är än så länge preliminära då QuickBirdanalysen över Store Mosse nationalpark ännu inte utvärderats och indelningssystemet för småländska högländet därmed inte i sin helhet lagts fast. Några intressanta exempel kan dock ges från de scener som kalibrerats mot respektive studieområde. Figur 70 och 71 visar näringsgradienten och Sphagnumgradienten för öppen myr i norra Halland. Som framgår av figurerna dominerar mer näringsrika klasser inom karterat område. Ombrotrof vegetation finns huvudsakligen på stora öppna myrar. Andelen Sphagnumtäckning är för det mesta låg (figur 71). Figur 72 visar motsvarande gradienter för del av Jönköpings län. Arealmässigt större myrar finns inom detta område och andelen mer näringsrika klasser är lägre samtidigt som Sphagnumtäckningen är större.



Figur 70. Näringsgradienten för öppen myr i norra Halland baserad på klassificering av SPOT-data från 2005-07-11.



Figur 71. *Sphagnum*-gradienten för öppen myr i norra Halland baserad på klassificering av SPOT-data från 2005-07-11. a. Översikt b. Detalj från område redovisat med rektangel i a.



Figur 72. Näringsgradienten och *Sphagnum*-gradienten för öppen myr i del av Jönköpings län baserade på klassificering av SPOT-data från 2004-08-11.

5.5 Klassningsnoggrannhet

Klassningssäkerheten med QuickBird-data har hittills bara utvärderats i Halland för sex av klasserna. Dessa utgör dock 96 % av den karterade arealen på studerade mossar. Tabell 17 och 18 visar resultatet för 0.6 m och 2.4 m-resultaten baserade på huvudscenen från 2003-08-11. Resultat i 0.6 m-upplösningen finns bara för två av mossarna, Store mosse och Kullagårdsmossen och antalet besökta ytor är därför färre (79 st) än för utvärderingen av 2.4 m-upplösningen (119 st). Två resultat redovisas för vardera upplösningen. Det första resultatet baserar sig endast på förstahandsval av klass vid fältbestämningen. I det andra resultatet har också andrahandsvalet ansetts korrekt om två alternativ funnits för den bedömda ytan. Ett andrahandsalternativ har angetts då ytan varit svårbedömd i fält, dvs legat på gränsen mellan två klasser, och en diskrepans mot klassningsresultatet i detta fall måste betraktas som ett ”mjukt fel”. Det är också troligt att dessa gränsytor är de områden som kan förväntas skifta klass i en uppföljning av förändringar.

Resultatet är genomgående bra för båda upplösningarna. Tittar vi på kärnområden av typisk karaktär (där gränsytor mellan klasser betraktats som rätt om endera klassen fallit ut) ligger tillförlitligheten på drygt 90 % i snitt (tabell 17b och 18b). Har förstahandsvalet av klass fått styra för gränsytorna sjunker tillförlitligheten ca 10 % (tabell 17a och 18a). Dessa 10 % motsvarar dock troligtvis den delmängd av resultatet som också är känslig för variation i bedömning beroende på subjektivitet i fält. Dvs det är troligt att dessa ytor i högre grad skulle kunna bedömas olika mellan olika personer i fält.

Tabell 17. Klassningssäkerhet för utvärderade klasser i 0.6 m resultatet baserat på QuickBird-data från 2003-08-11 för Store mosse och Kullagårdsmossen i norra Halland. a. Beräknad på 1:a-handsalternativet b. Även 2:a-handsalternativet har ansetts rätt (bedömd vid svåra gränsfall mellan två klasser)

	11	14	5	23	22	21	Summa	Andel korrekt
a. Klassning/fältbedömning								
11. Sphagnummatta	15	1					16	0.94
14. Ris/spha/gram	2	10	1	2			15	0.67
5. Torrisdominerad			16	1			17	0.94
23. Örter/grönris 20-50 %		1		10	1		12	0.83
22. Örter/grönris 50-80 %		1			9	3	13	0.69
21 Örter/grönris. > 80 %					2	4	6	0.67
Summa	17	13	17	13	12	6	79	
Andel korrekt	0.88	0.77	0.94	0.77	0.75	0.57		0.81

	11	14	5	23	22	21	Summa	Andel korrekt
b. Klassning/fältbedömning (med 2:a alt)								
11. Sphagnummatta	15	1					16	0.94
14. Ris/spha/gram	2	12		1			15	0.80
5. Torrisdominerad			16	1			17	0.94
23. Örter/grönris 20-50 %				12			12	1.00
22. Örter/grönris 50-80 %				1	12		13	0.92
21 Örter/grönris. > 80 %						6	6	1.00
Summa	17	13	16	15	12	6	79	
Andel korrekt	0.88	0.92	1.00	0.80	1.00	1.00		0.92

Tabell 18. Klassningssäkerhet för utvärderade klasser i 2.4 m resultatet baserat på QuickBird-data från 2003-08-11 för Store mosse, Kullagårdsmossen och Lyng mosse i norra Halland. a. Beräknad på 1.a-handsalternativet b. Även 2:a-handsalternativet har ansetts rätt (bedömd vid svåra gränsfall mellan två klasser)

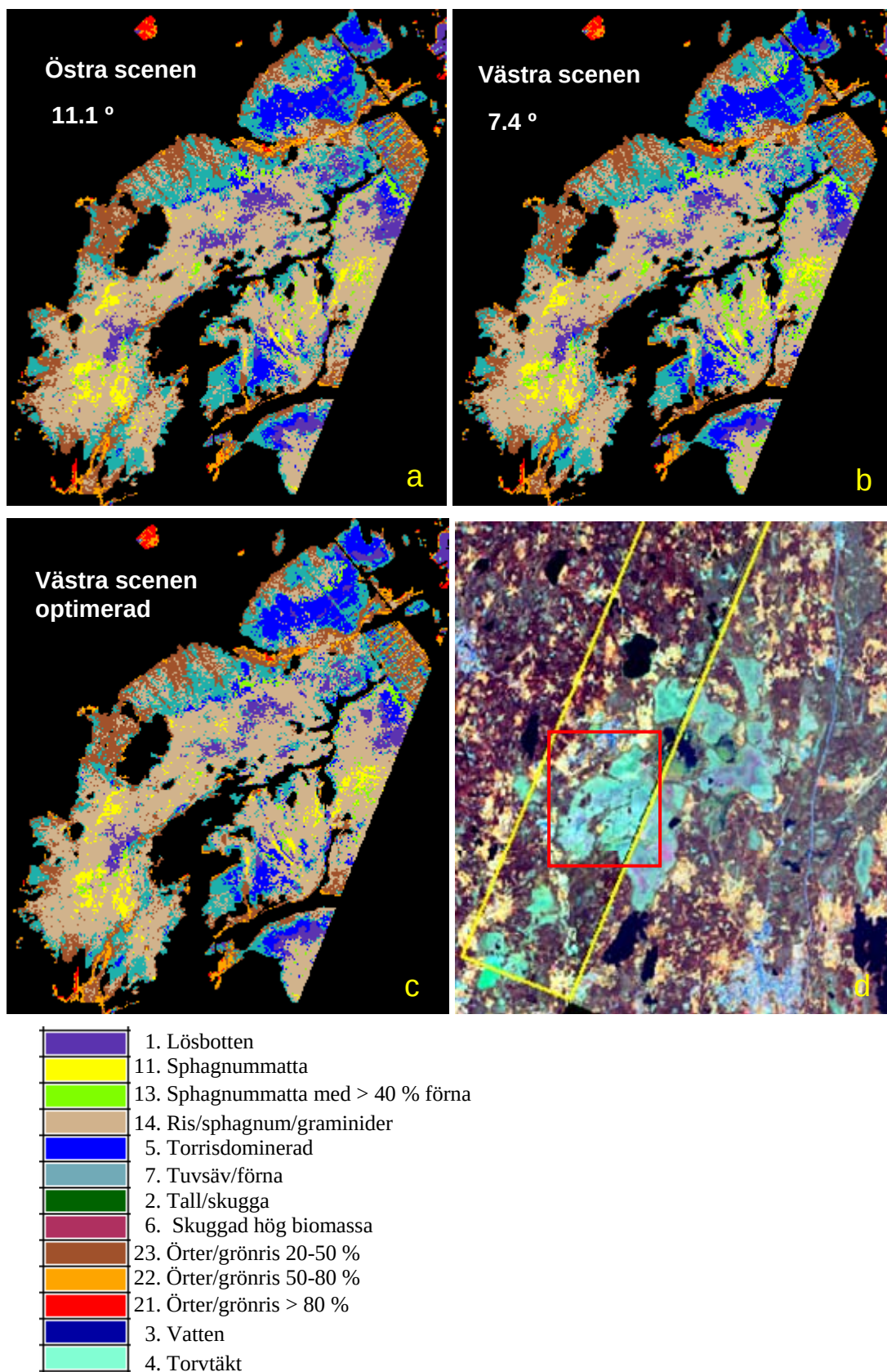
a. Klassning\fälthbedömning	11	14	5	23	22	21	Summa	Andel korrekt
11. Sphagnummatta	14	5					19	0.74
14. Ris/spha/gram	1	18	3	4			26	0.69
5. Torrisdominerad		4	24	1			29	0.83
23. Örter/grönris 20-50 %		3		18			21	0.86
22. Örter/grönris 50-80 %				1	14	3	18	0.78
21 Örter/grönris. > 80 %					1	6	7	0.86
Summa	15	30	27	24	0.93	9	120	
Andel korrekt	0.93	0.60	0.89	0.75	1.00	0.67		0.78

b. Klassning\fälthbedömning (med 2:a alt)	11	14	5	23	22	21	Summa	Andel korrekt
11. Sphagnummatta	17	3					20	0.85
14. Ris/spha/gram		24	1	1			26	0.92
5. Torrisdominerad		1	26	1			28	0.93
23. Örter/grönris 20-50 %		2		19			21	0.90
22. Örter/grönris 50-80 %				1	17		18	0.94
21 Örter/grönris. > 80 %						7	7	1.00
Summa	17	30	27	22	17	7	120	
Andel korrekt	1.00	0.80	0.96	0.86	1.00	1.00		0.92

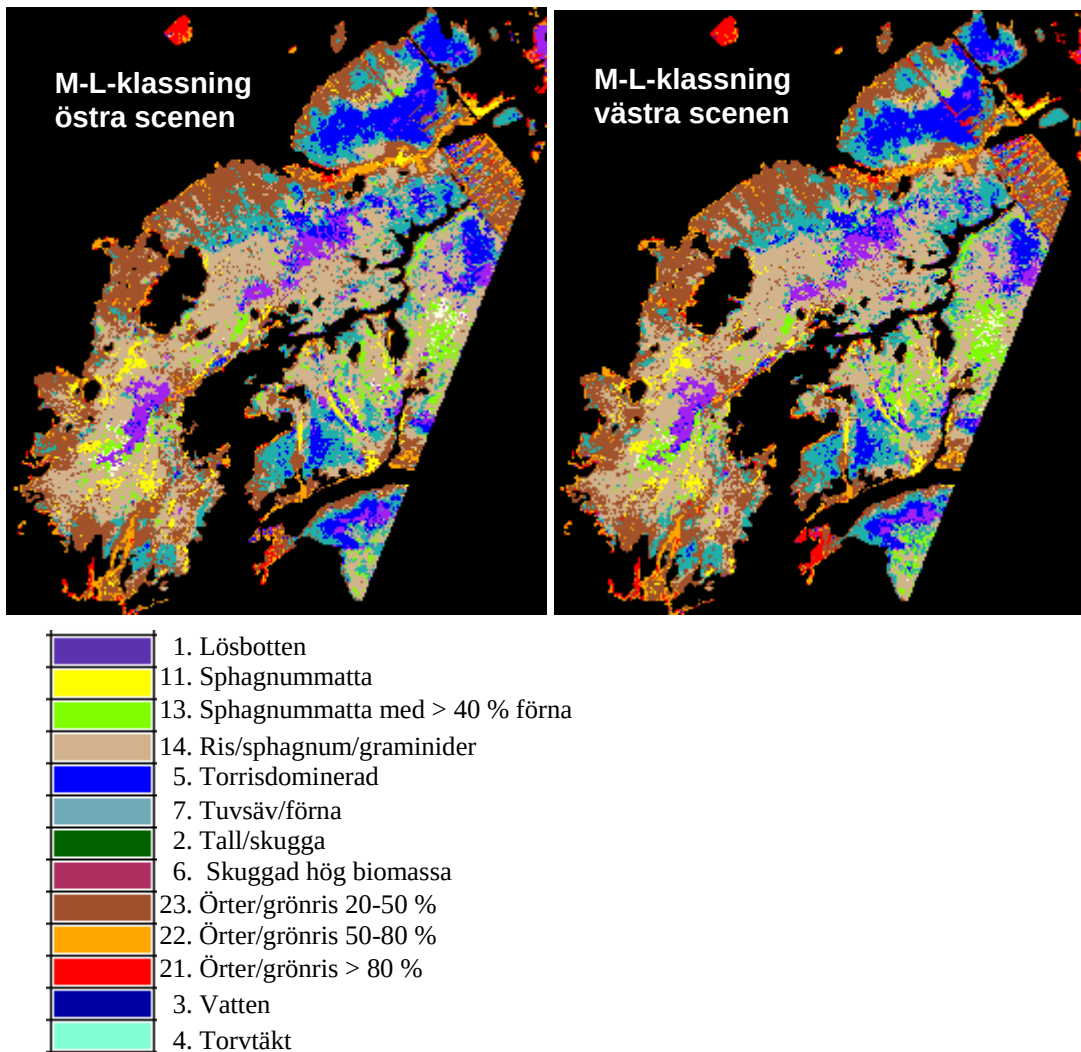
De klasser som visar en tendens till sammanblandning är klass 11 och 14, samt klass 23 mot både 14 och 5. Klass 14 (Ris/sphagnum/graminider) kan ha en relativt stor komponent av både vitmossor (20-50 %) och grönris (upp till 20 %). Beroende på hur dessa fördelar sig i förhållande till övriga komponenter (graminider och torris) finns övergångar både mot klass 11 (Sphagnummatta, sphagnum > 50 %) och klass 23 (Örter/grönris 20-50 %) som kan ha ett sphagnuminslag upp mot 20 %. Klass 23 har också övergångar mot klass 5 (Torrisdominerad) som kan innehålla grönris upp till 20 %. Gränserna mellan klasserna är naturligtvis inte skarpa utan går successivt i varandra. Vid utvärderingen kunde t ex konstateras att ytor med ca 20 % pors men med ett sphagnuminslag över 20 % tenderade att bli klassade till klass 14. Vidare noterades att i gränsskiktet mellan klass 23 och 22 (Örter/grönris 50-80 %), d v s vid porsinslag nära 50 % klassades dessa till klass 22 om porsen var högvuxen (högre biomassa).

5.6 Återuppreparhet

De två överlappande SPOT-scenerna över Store Mosse nationalpark, tagna vid samma registreringstillfälle, men med de två olika SPOT-instrumenten, har givit en unik möjlighet att undersöka återuppreparheten i metoden. Figur 73 visar klassningsresultatet för den östra och västra scenen, med användande av samma beslutsgränser (östra scenen huvudscen), samt ett resultat där västra scenen delvis kalibrerats för att bättre stämma överens med den östra. Som jämförelse visas i figur 74 resultatet av en maximum-likelihood-klassning där träning skett på respektive bild, men med samma ytor. Färgvalet är något avvikande för ett par av klasserna i dessa bilder för att skillnaderna ska synas lite bättre. Tabell 19 redovisar utfallet av de olika klassningarna.



Figur 73. Jämförelse av klassningsresultat för del av Store Mosse nationalpark där överlapp finns mellan två SPOT-scener registrerade vid samma tillfälle, men med olika SPOT-instrument och registreringsvinklar. a. Resultat för östra scenen som kalibrerats mot fältdata. b. Resultat för västra scenen med utnyttjande av samma beslutsgränser som för den östra. c. Resultat för västra scenen efter det att första stegen optimerats för denna. d. Gul rektangel visar överlappande område. Röd rektangel visas område för jämförande analys.



Figur 74. Jämförelse av Maximum-likelihood-resultat med utnyttjande av samma träningsytor, men tränade på respektive scen.

Tabell 19. Sammanställning av de olika klassernas arealer (%) för de olika klassningsvarianterna inom överlappande scenområden i Store Mosse nationalpark.

Klasser\Klassningsresultat	Utvecklad metod			M-L-klassning	
	östra	västra	opt västra	östra	västra
1. Lösbotten	9.9	7.4	10.0	5.0	4.5
11. Sphagnummatta	1.6	1.8	1.8	2.2	1.9
13. Förna > 40 %/gram/spha	1.4	2.8	1.2	2.9	4.9
14. Ris/sphagnum/graminider	27.6	28.6	30.4	22.7	22.6
5. Torrisdominerad	8.4	10.6	9.3	12.0	10.4
7. Tuvsäv/förna	15.2	15.5	14.1	16.8	18.3
23. Örter/grönris 20-50 %	26.8	24.6	24.6	28.3	25.3
22. Örter/grönris 50-80 %	5.5	5.0	5.0	7.2	6.8
21. Örter/grönris > 80 %	1.2	1.1	1.1	2.9	5.2
3. Vatten*	0.1	0.1	0.1	-	-
4.Torvtäkt*	2.4	2.5	2.5	-	-

* Dessa klasser var inte representerade med ytor inom delutsnittet och finns därför inte i M-L-resultatet.

Resultatet av denna analys är mycket intressant då det ger en indikation om återuppreparheten i analysen vid närmast idealt jämförbara förhållanden och därmed hur stor en eventuell förändring måste vara för att med säkerhet kunna urskiljas från bruset. Varierande faktorer är SPOT-instrumenten och registreringsvinklarna, vilket kan införa variationer med tanke på sensorkänslighet/kalibrering och varierande reflektans från vegetationen beroende på belysningsgeometrin (solhöjd kontra registreringsvinkel). Detta är dock förhållanden som man måste "leva med" i en praktisk tillämpning.

Den östra scenen har klassificerats med kalibrering av beslutsgränserna mot fältdata och spektral statistik för samma scen. Den västra har dels klassificerats med utnyttjande av samma beslutsgränser, dels klassificerats efter modifiering av beslutsgränserna i steg 1 (berör i huvudsak de 6 första klasserna i tabellen) för att få resultatet mer jämförbart i detaljerna mot den östra scenen. Maximum-likelihood-klassningen har genomförts för att få en jämförelse med en traditionell, statistiskt sett, mer kraftfull metod, för att verifiera att eventuella skillnader mellan resultaten från de olika scenerna inte härrör från svagheter i den metod som utvecklats inom projektet. Maximum-likelihood-klassningen har baserats på samma träningsytor, men de har tränats på respektive scen.

Som framgår av figur 73-74 och tabell 19 är skillnaderna i resultat ganska små och i samma storleksordning mellan östra och västra scenen med utvecklad metod respektive med M-L-klassning. Utan modifiering av beslutsgränser skiljer den procentuella fördelningen från 0 till maximalt ca 2.5 % för utvecklad metod mellan scenerna, med en tyngdpunkt på mer eller mindre jämförbara resultat (0-1 % skillnad). Skillnaderna mellan de olika klasserna i respektive scen i M-L-klassningen är i snitt lite högre med en maxskillnad på 3 % för en av klasserna (klass 23). Modifieringen av beslutsgränser för den västra scenen har reducerat skillnaderna för några av klasserna men ökat dem för ett par andra.

Den klass som rumsligen sticker ut mellan scenerna för både utvecklad metod och i M-L-klassningen och dubblar till nästan dubblar sin yta i den västra scenen jämfört med den östra är klass 13 (Förna > 40 %/graminider/sphagnum). Rumsligt stora avvikelser i M-L-klassningen uppvisar också klass 21 (Örter/grönris > 80 %). Kanske är dessa klasser särskilt känsliga för vinkelskillnaderna mellan scenerna. Klass 21 uppvisar dock bara stor skillnad i M-L-klassningen. Det omvända gäller för klass 1 (Lösbottom) i utvecklad metod. Ett visst metodberoende torde därmed också finnas.

6 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Sverige är ett av de myrrikaste länderna i världen i förhållande till sin landyta, endast Ryssland och Kanada har större andel myr (Naturvårdsverket, 1994). Få länder i Europa har så varierande och opåverkade myrar som Sverige. I flertalet andra länder har merparten av de ursprungliga myrarna exploaterats. Sverige har därför ett internationellt ansvar för myrarna (Naturvårdsverket, 1994). Förutom påverkan som dikning och annan verksamhet som förändrar den hydrologiska balansen utgör luftburna föroreningar i form av kvävegödsling det största hotet. Effektiva metoder för att upptäcka och följa förändringar behövs för både detaljerad analys av specifika objekt och för regional övervakning av miljötrender.

Myrar är också viktiga ekosystem sett ur ett växthuseffektsperspektiv. Mest beror detta på att myrar idag är stora lager av kol, som bundits upp från atmosfären sen den senaste istiden. Om detta kol skulle börja släppas ut i atmosfären skulle det ha en stor betydelse för de globala CO₂-nivåerna och en ökad växthuseffekt. En regional analys av olika vegetationstypers utbredning kan i detta sammanhang ligga till grund för en uppskattning av den totala kolbalansen för de öppna myrarna. Detta förutsatt att uppskattningar finns av kolbalansen för varje enskild vegetationsklass, vilket håller på att göras i ett projekt på Växtekologiska avdelningen, Uppsala universitet (Gunnarsson et al., manuskript). I en övervakningssituation skulle det därmed också vara möjligt att få information om vad en areell förändring av vegetationsklasserna skulle ha för påverkan på myrarnas eller regioners kolbalans.

Vi har i detta projekt utvecklat en hierarkisk klassningsmetod som möjliggör både detaljerad och regional analys av myrar med ett indelningssystem som är utformat så att förväntade förändringar i viktiga ekologiska gradienter bör kunna upptäckas och kvantifieras. Hittills utvärderat resultat i Halland baserat på QuickBird-data har haft mycket hög klassningssäkerhet och de analyser som gjorts i SPOT-data indikerar mycket god överensstämmelse bortsett från att resultatet blir mer generaliserat med hänsyn till den grövre upplösningen. Den analys av återupprepbarhet som genomförts med SPOT-data under närmast ideala förhållanden över Store Mosse nationalpark (samma registreringsdatum men olika SPOT-instrument och registreringsvinklar) visar på avvikelser för de olika klasserna på max $\pm 3\%$. Detta ger en uppfattning om hur stora förändringarna måste vara i en övervakningssituation för att inte utgöras av brus i metoden.

Då mycket högupplösande satellitdata fortfarande är förhållandevis dyra är det inte realistiskt att tänka sig att basera en övervakning på enbart dessa data. Ett koncept behövs där dessa data i ett väl utplacerat "nät" av observationspunkter både kan användas till detaljerad uppföljning av vissa centrala och värdefulla Natura 2000-myrar och också utnyttjas för kalibrering av SPOT-data för en regional analys. Styrkan i detta koncept är att man både får detaljerad information över nyckelobjekten och kan följa regionala trender på basis av i stort sett alla myrar i en region.

Med det indelningssystem som tagits fram är det möjligt att producera härledda kartor över de viktigaste ekologiska gradienterna, inom vilka förändringar som har sin grund i miljötrender, som t ex kvävedeposition, igenväxning, skulle kunna upptäckas på ett kraftfullt sätt. Genom återkommande analyser av dessa gradienter skulle man kunna följa eventuella förändringar både lokalt och regionalt med en måttlig fältinsats. En viss fältinsats kommer att vara nödvändig då kalibrering av beslutsgränserna måste göras i QuickBird-data vid varje övervakningstillfälle för att behålla precisionen i analysen och garantera ett resultat som är kalibrerat mot fältdata. Men då dessa begränsade fältinsatser även möjliggör en kalibrering av SPOT-data, kan ett heltäckande resultat produceras för i stort sett alla myrar i Sydsverige.

En fungerande tillförlitlig metod enligt beskrivet koncept skulle både ge kompletterande information och betydande tidsvinster gentemot traditionell miljöövervakning, samt dessutom ge möjlighet till areell bedömning av olika förändringar, något som är mycket tidskrävande med fältbaserade insatser.

7 REKOMMENDATIONER

Hittills genomfört utvecklingsarbete har visat att analys av QuickBird-data i kombination med SPOT-data har stor potential för övervakning av lokala och regionala förändringar på sydsvenska mossar som har sin grund i miljötrender. Dock återstår en del viktigt arbete innan metodiken kan anses vara fullt ut operationell. Följande arbete rekommenderas:

- Kompletterande fältarbete och utvärdering av QuickBird-resultatet över Store Mosse nationalpark.
- Slutförande och utvärdering av den regionala analysen baserad på SPOT-data.
- Analys av återupprepbarheten med QuickBird-data under optimal registreringsperiod (augusti).
- Fördjupad analys av fenologiska aspekter för att kunna ge rekommendationer inför operationell tillämpning.
- Utveckling av koncept och strategi för operationell tillämpning, d v s hur QuickBird-analysen rumsligen bör genomföras för att ge ett optimalt underlag för både detaljerad analys och för kalibrering av den regionala analysen baserad på SPOT-data.

REFERENSER

- Aerts R., Wallén B., & Malmer N. 1992: Growth-limiting nutrients in Sphagnum-dominated bogs subject to low and high atmospheric nitrogen supply. *J. Ecol.* 80: 131-140.
- Boresjö Bronge, L., 2002: *Satellitdata för övervakning av våtmarker – statusrapport*. SwedPower, 74 p.
- Boresjö Bronge, L., 2006: *Satellitdata för övervakning av våtmarker. Slutrapport*. Länsstyrelsen Gävleborg, Rapport 2006:36; Länsstyrelsen Dalarnas län, Rapport 2006:38.
- Boresjö Bronge, L., & Jönsson, C., 2000: *Myrklassificering med satellitdata*. Satellus, G-PUBL-11, 53 s
- Boresjö Bronge, L., & Näslund-Landenmark, B., 2002: Wetland classification for Swedish CORINE Land Cover adopting a semi-automatic interactive approach. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 28, 2, 139-155.
- DigitalGlobe, 2003: *Radiance Conversion of QuickBird Data*. Technical Note, 2003-07-07. DigitalGlobe, Inc.
- ERDAS, 2003: *ERDAS Field Guide, seventh Edition*. On-line version, Erdas Imagine 8.7.
- Flodín, L-Å., 1999: Mossor på Halländska mossar. I Miljöövervakningen i Hallands län 1999. Medd. 2000:17, Lst Halland.
- Forslund, M., & Rundlöf, S., 1984: *Inventering av våtmarker i Hallands län*. Länsstyrelsen i Hallands län. Meddelande 1985:1.
- Gunnarsson, U., 2004: *Metodtest för övervakning av Sphagnum-dominerade våtmarker* (Natura 2000 naturtyper 7110, 7120 och 7140). Länsstyrelsen i Jönköpings län, Meddelande 2004:10, 16 s.
- Gunnarsson, U., & Flodin, L-Å., 2007: Vegetation shifts towards wetter site conditions on oceanic ombrotrophic bogs in southwestern Sweden. *Journal of Vegetation Science* 18: 595-604.
- Gunnarsson U., & Rydin H., 1998: Demography and recruitment of Scots pine on raised bogs in eastern Sweden and relations to microhabitat differentiations. *Wetlands* 18:133-141.
- Gunnarsson U., & Rydin H., 2000: Nitrogen fertilization reduces *Sphagnum* production in bog communities. *New Phytol.* 147: 527-537.
- Gunnarsson U., Rydin H., & Sjörs H., 2000: Diversity and pH changes after 50 years on the boreal mire Skattlösbergs Stormosse, central Sweden. *J. Veg. Sci.* 11: 277-286.
- Gunnarsson U., Malmer N., & Rydin H., 2002: Dynamics or constancy in *Sphagnum* dominated mire ecosystems? A 40-year study. *Ecography* 25: 685-704.
- Ihse, M., Alm, G., Leine, M., & Åsvärn, D., 1996: *Multitemporala flygbilder och digital fotogrammetri – metoder för att studera vegetationsförändringar på mossar – studier för miljöövervakning på mossar i norra Götaland*. Naturgeografiska Institutionen, Stockholms Universitet, 87 s.
- Leine, M., 1999: *Detection of spatial and temporal changes in vegetation applied on southern Swedish raised peat bogs*. Lic. Dissertation (Lic. avhandling), Department of Physical Geography, Stockholm University.

- Liljergren, A., 2005: *Övervakning av luftföroreningar i Hallands län*. Resultat till och med september 2004. IVL Rapport B1618.
- Malmer, N., 1962a: Studies on mire vegetation in the archaean area of southwestern Götaland. I. Vegetation and habitat condition on the Åkhult mire. *Opera Bot.* 7:1-322.
- Malmer, N., 1962b: Studies on mire vegetation in the archaean area of southwestern Götaland. II. Distribution and seasonal variation in elementary constituents on some mire sites. *Opera Bot.* 7:1-67.
- Malmer N., & Wallén B., 1999: The dynamics of peat accumulation on bogs: mass balance of hummocks and hollows and its variation throughout a millennium. *Ecography* 22: 736-750.
- Markham, B.L., & Barker, J.L., 1986: *Landsat MSS and TM post-calibration dynamic ranges, exoatmospheric reflectances and at-satellite temperatures*. LANDSAT Technical Notes, No. 1 NASA/Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771.
- Naturvårdsverket 2003: *Ingen övergödning. Underlagsrapport till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet*. Rapport 5319.
- Naturvårdsverket, 1994: *Myrskyddsplan för Sverige*. Naturvårdsverkets förlag, 416 s.
- Naturvårdsverket, 2007: *Myrskyddsplan för Sverige. Delrapport – objekt i Götaland*. Naturvårdsverket, Rapport 5670, 329 s.
- Nordbakken, J-F., 2001: Fine-scale five-year vegetation change in boreal bog vegetation. *J. Veg. Sci.* 12: 771-778
- Økland, R.H., 1989: A phytoecological study of the mire Northern Kisselbergmosen, SE. Norway. I. Introduction, flora, vegetation and ecological conditions. *Sommerfeltia* 8: 1-172.
- Økland, R.H., 1990: Vegetation ecology: theory, methods and applications with reference to Fennoscandia. *Sommerfeltia Suppl.* 1: 1-232.
- Rafstedt, T., & Andersson, 1981: *Flygbildstolkning av myrvegetation. En metodstudie för översiktlig kartering*. Statens Naturvårdsverk, Rapport 1433, 106 s.
- Rydin, H., & Jeglum, J., 2006: *The biology of Peatlands*. Oxford. University Press, Oxford, 343 pp.
- ter Braak, C.J.F., & Smilauer, P., 2002: CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca.



LÄNSSTYRELSEN
HALLANDSLÄN