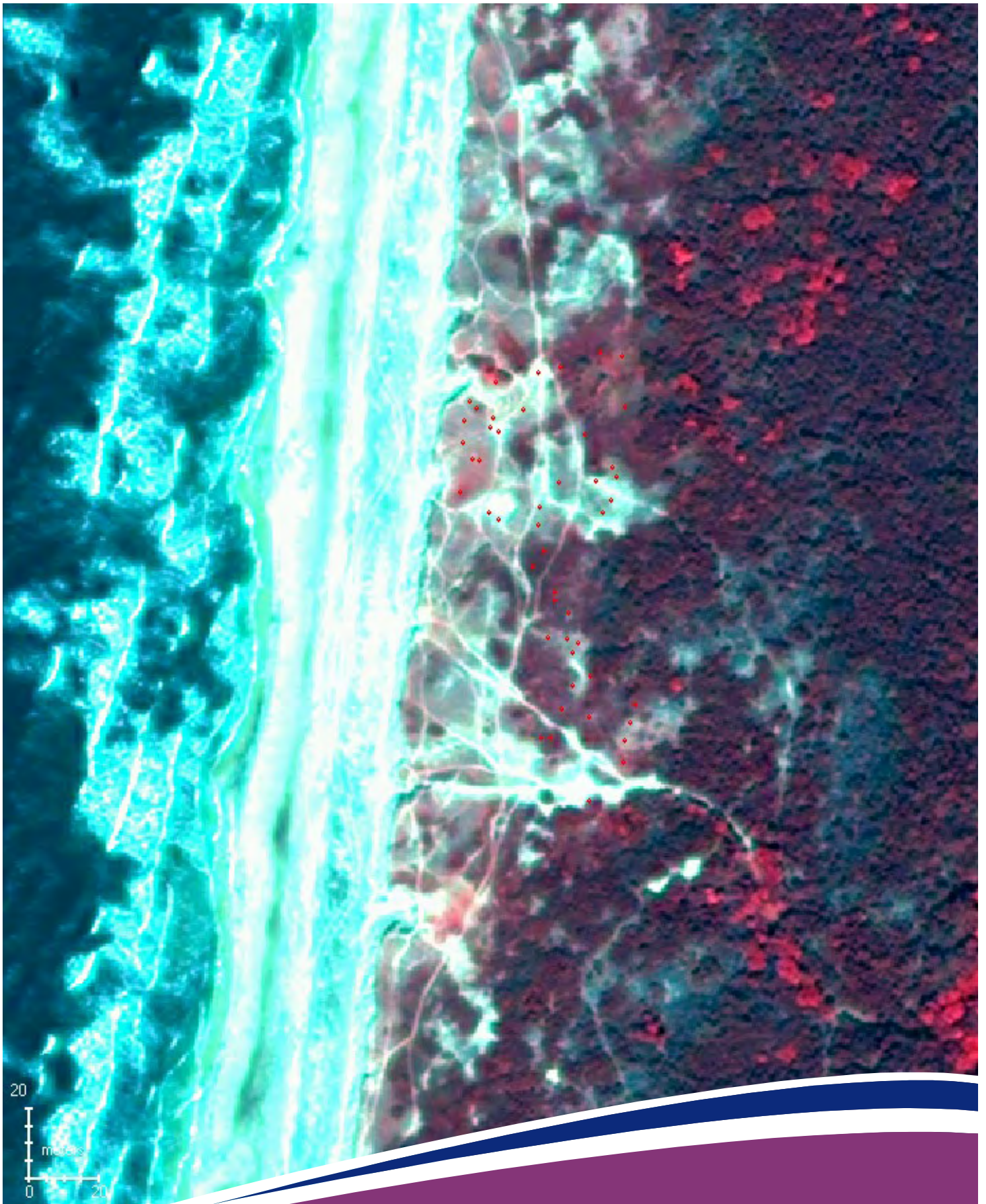


Mycket högupplösande satellitdata för övervakning av dynhabitat - En pilotstudie



LÄNSSTYRELSEN
HALLANDS LÄN



Titel: Mycket högupplösande satellitdata för övervakning av dynhabitat - En pilotstudie

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

Beställningsadress:

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

Meddelandeserie: Meddelande 2006:15

ISSN: 1101-1084

ISRN: LSTY-N-M-06/15.SE

Tryck: Länsstyrelsens tryckeri, 2006

Omslagets framsida: QuickBirddata från den 18 juni 2005 över Hökafältets dynamråde



LÄNSSTYRELSEN
HALLANDS LÄN

MYCKET HÖGUPPLÖSANDE SATELLITDATA FÖR ÖVERVAKNING AV DYNHABITAT

En pilotstudie

Laine Boresjö Bronge och Lars-Åke Flodín

Förord

Föreliggande rapport redovisar resultat från en pilotstudie som syftar till att utveckla en satellitbilsbaserad metod för upptäckt och övervakning av vegetationsförändringar på dynhabitat i södra Sverige. Projektet har finansierats av Naturvårdsverket och drivits av SwedPower i samverkan med länsstyrelsen i Halland.

Fältbilderna är tagna av Lars-Åke Flodín.

Omslagsbilden visar QuickBirddata från 18 juni 2005 över Hökafältets dynamråde i Halland. Bilden är en s k sammanvägd bild, där det pankromatiska bandet med 0,6 m upplösning sammanvägts med den multispektrala informationen med 2,4 m upplösning, till en bild med 0,6 m upplösning med färginformation. De röda punkterna visar var bedömning av vegetations-täckning skett.

Råcksta 5 december 2005

Under våren 2006 bytte SwedPower namn till Vattenfall Power Consultant.

För mer information om projektet kontakta

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

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

Innehåll

SAMMANFATTNING.....	7
SUMMARY	9
1 INTRODUKTION.....	11
1.1 Syfte	11
1.2 Bakgrund.....	11
2 STUDIEOMRÅDE OCH DATAKÄLLOR.....	12
2.1 Studieområde	12
2.2 Datakällor.....	13
2.2.1 Satellitdata.....	13
2.2.2 Differentiell GPS	13
2.2.3 Vegetationsdata.....	13
3 DYNHABITATEN – DEFINITIONER OCH EXEMPEL.....	15
3.1 Inledning	15
3.2 Embryonala vandrande sanddyner (habitat 2110)	15
3.3 Vandrande sanddyner med sandrör (vita dyner, habitat 2120).....	15
3.4 Permanenta sanddyner med örtvegetation (grå sanddyner, habitat 2130).....	16
3.5 Urkalkade permanenta sanddyner med kråkbär (habitat 2140).....	16
3.6 Sanddynområden med krypvide/sandvide (habitat 2170)	16
3.7 Trädklädda sanddyner (habitat 2180)	16
3.8 Dynvåtmarker (habitat 2190).....	16
3.9 Övrigt.....	17
3.9.1 Negativa indikatorer.....	17
3.9.2 Naken sand.....	17
4 METODIK.....	22
4.1 Fältinventering	22
4.2 Analys av mycket högupplösande data.....	22
4.2.1 Analys av spektrala överlapp mellan habitaterna	24
4.3 Preliminär klassificeringsmetod	24
4.4 Preliminärt klassificeringsresultat och fältkontroll.....	25
4.5 Efterbearbetning samt klassificering av bar sand	25
5 RESULTAT.....	26
5.1 Spektral karakteristik	26
5.2 Analys av spektrala överlapp.....	26
5.3 Klassningsmetod.....	37
5.4 Preliminärt klassningsresultat	37
5.5 Modifierat resultat och klassificering av bar sand	38
6 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER.....	49

SAMMANFATTNING

Projektets syfte är att undersöka om det finns möjlighet att utveckla en operationell metod, baserad på mycket högupplösande satellitdata, för övervakning av sydsvenska dynhabitat. För att denna metod skall vara användbar måste det vara möjligt att kunna särskilja de olika habitat som urskiljs i nätverket Natura 2000. Vidare är det angeläget att kunna identifiera negativ vegetationsutveckling som t ex slyuppslag och förekomst av vresros. Det är också av vikt att kunna kvantifiera viktiga strukturer i habitatet som t ex naken sand.

I ett första steg har en pilotstudie genomförts för att analysera om det i mycket högupplösande satellitdata går att återfinna de dynhabitat som är av intresse för Natura 2000 övervakningen. Studien har genomförts över en del av kustdynerna i Laholmsbukten med fokus på Tönnersa och Hökafältets dynområden, där de olika dynhabitatet är väl representerade (figur 1).

En programmering av QuickBird gjordes för försommaren 2005, vilket resulterade i en scen av mycket god kvalitet från den 18 juni 2005, vilket också är en mycket bra tidpunkt för analys av dynvegetation. Före detaljerad analys gjordes en s k ”resolution merge” i Erdas Imagine, vilket innebär att det pankromatiska bandet med 0,6 m upplösning sammanvägs med den multispektrala informationen med 2,4 m upplösning, till en bild med 0,6 m upplösning med färginformation.

Vegetationsdata samlades in för ett stort antal ytor inom de olika dynhabitatet under två dagar i juli med ambitionen att täcka så stor variation som möjligt (Tabell 2). En provruta med storleken 2 x 2 m² lades ut över olika vegetationsblandningar och täckningsgraden bedömdes för följande komponenter med 5 % noggrannhet: sand, förna, mossa (grön), mossa (mörk), vit lav, grå lav, grön lav, ljung, kråkris, vide, krypvide/sandvide, sandstarr, sandrör, strandråg, bergör, rödven, rödsvingel, borsttåtel, flockfibbla, käringtand, monke, mjölkört, vresros, pors, al, björk och tall

Provytornas läge mättes in med differentiell GPS för att de skulle kunna återfinnas med hög precision i satellitbilden. Medelvärden för de fyra spektralbanden, samt olika kvoter mellan banden har därefter analyserats. Exempel på s k spektrala signaturer ges i figur 14-23. Vidare har en analys av de spektrala överlappen mellan habitatet genomförts genom klassificering av träningsytorna (tabell 4-5). Sammanlagt 112 vegetationsbedömda ytor analyserades samt ytterligare några som plockades ut direkt i satellitbilden.

Med utgångspunkt från fältinformationen och ytornas spektrala karakteristik utarbetades en preliminär klassificeringsmetod baserad på stegvis grånivåklippning i enskilda band och i kvoter mellan band, för klassificering av de habitat som särskiljs i Natura 2000 (figur 24). Arbetet fokuserades på att särskilja Natura 2000-habitatet enligt gällande definition och att klargöra var eventuella problem finns. Definitionen av dynhabitatet är idag anpassad för fältinventering, vilket vi förutsatt inte är optimalt för analys av satellitbilder.

Baserat på framtagen klassningsmetod genererades ett preliminärt klassningsresultat över studieområdet som subjektivt fältkontrollerades den 22 december 2005 (figur 25-26). Målsättningen var att översiktligt bedöma resultatet som underlag till specifikation av fortsatt arbete, samt att kontrollera vissa ytor som redan vid utarbetandet av klassningsmetoden väckt frågor vad gällde klasstillhörighet.

Vid fältkontrollen framkom att vissa av beslutsgränserna behövde justeras samt att en viss ändring av definitionen av habitatet är nödvändig för att analysen av satellitbilderna ska kunna fungera tillfredsställande. För att illustrera detta och ge underlag för specifikation av fortsatt analys gjordes en del mindre ändringar i beslutsgränserna och ett nytt preliminärt klassningsresultat skapades (figur 35-36). En klassificering av enbart bar sand i två klasser gjordes också som komplement till habitatklassificeringen (figur 37-38).

Föreliggande pilotstudie visar att QuickBird-data har stor potential för att kunna användas för övervakning av förändringar i dynamiska områden. Dock skulle definitionerna av habitaten behöva modifieras för att passa satellitbildstekniken. Idag är ju habitaten definierade för att lätt kunna identifieras i fält, vilket t ex innebär att förekomst av enstaka arter indikerar gräns mellan flera av habitaten. För att dessa arter ska vara synliga i satellitbilderna däremot krävs en viss täckningsgrad.

Genomförda analyser, baserade på de drygt 120 vegetationsytor som bedömts i fält indikerar spektrala överlapp mellan habitaten på mellan ca 5-15 % som huvudsakligen kan hänföras till klassernas definition. T ex krävs en täckningsgrad på 10 % ris eller mer för att de ska vara synliga i bilden och pixeln därmed klassificeras som habitat 2140 istället för 2130. Ett inslag av borsttåtel i en i övrigt sanddominerad omgivning med dyngräs är inte heller möjligt att säkert detektera, vilket innebär att ytan troligen klassificeras som 2120 istället för 2130. Vidare krävs troligtvis upp mot 90 % täckningsgrad av krypvide/sandvide för att habitat 2170 säkert ska kunna identifieras.

Vår rekommendation är därför att fortsätta analyser görs för att kalibrera beslutsgränserna för de klasser/habitat som kan särskiljas och för att få ett bättre underlag för en revision av definitionerna av habitaten så att de blir optimerade för satellitbildsanalys.

SUMMARY

The aim of the project is to investigate the possibility to develop an operational method, based on very high-resolution satellite data, for monitoring of south Swedish dune habitats. If such a method should be useful it must be possible to separate the various dune habitats that are distinguished within the Natura 2000 network. Furthermore, it is important to be able to identify negative vegetation development such as growth of thicket and Japanese rose (*Rosa rugosa* Thunb), and to be able to quantify important structures in the habitats as bare sand.

In a first step a pilot study has been carried out to analyse if it is possible in very high-resolution satellite data to distinguish the various dune habitats of interest for the Natura 2000 monitoring. The study has been performed over a part of the dune area along the Laholmsbukten bay in southern Sweden, where the various dune habitats are well represented (Figure 1).

A programming of QuickBird was made for the early summer of 2005, which resulted in a scene of very good quality from 18 June 2005, a recording date that also is very good for analysis of dune vegetation. Before analysis of data resolution merge was performed between the panchromatic band with 0,6 m ground resolution and the multispectral bands with 2,4 m ground resolution, creating a "colour image" with 0,6 m resolution.

Vegetation data were collected for a great number of areas within the various dune habitats during two days in July with the aim to cover as much of the variation as possible (Table 2). A sample plot sized 2x2 m² was used to judge the percent vegetation cover for different mixtures of the following components with 5 % precision: sand, litter, moss (green), moss (dark), lichens (white), lichens (grey), lichens (green), heather (*Calluna vulgaris* (L.) Hull), crowberry (*Empetrum nigrum* L.), willow (*Salix sp*), creeping willow (*Salix repens* L./ *S. repens ssp. repens var. argentea*), sand sedge (*Carex arenaria* L.), marram (*Ammophila arenaria* (L.) Link), lyme-grass (*Leymus arenarius* (L.) Hochst.), wood small-reed (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), common bent (*Agrostis capillaris* L.), red fescue (*Festuca rubra* L.), grey hair grass (*Corynephorus canescens* (L.) P. Beauv), *Hieracium umbellatum* L., Common Bird's-foot-trefoil (*Lotus corniculatus* L.), sheep's-bit (*Jasione montana* L.), rosebay willowherb (*Epilobium angustifolium* L.), Japanese rose (*Rosa rugosa* Thunb), bog myrtle (*Myrica gale* L.), alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertner), birch (*Betula sp*), and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.).

The sample plots were positioned with differential GPS so that they could be found in the satellite image with high precision. The mean values for the four spectral bands and various ratios between the bands were analysed. Examples of so-called spectral signatures are given in Figures 14-23. An analysis of the spectral overlaps between the habitats was also performed by means of classification of the analysed sites (Tables 4 and 5). In total 112 vegetation plots were analysed in the satellite image plus some extra sites selected directly in the image.

Based on the field data and the spectral characteristics of the sites a preliminary classification method was developed using stepwise grey level slicing in single bands and in ratios between bands (Figure 24). The work was focused on distinguishing the different Natura 2000 dune habitats according to present habitat definitions to elucidate possible classification problems. The present definition of the various habitats is adjusted for fieldwork, which we expect is not optimal for satellite data classification.

Based on the developed classification method a preliminary classification result over the study area was produced (Figure 25-26), which was subjectively controlled in the field in December 2005. The primary aim was to survey the result so that a specification for continued work could be made.

The field control showed that some of the decision limits had to be adjusted. It also confirmed that the present definitions of the dune habitats have to be modified to make the satellite-data based analysis more optimal. To illustrate this and to give improved possibilities to specify continued work, a modified classification result was produced (Figures 35-36). A classification of only bare sand in two classes was also made (Figures 37-38).

This study shows that QuickBird data has a great potential to be used for monitoring changes in dune vegetation. However, the present definitions of the dune habitats have to be modified to fit the use of satellite data. Today, the definitions are adopted for fieldwork, which means for example that the occurrence of single plants indicates the limit between several of the habitats. To enable a detection of these species in satellite data the species have to have a certain coverage.

The performed analysis, based on more than 120 vegetation plots indicates spectral overlaps between the habitats of approximately 5-15 %, which mainly depends on the definitions of the classes. For example, brushwood must have a coverage of approximately 10 % to be visible in the satellite image and by that making the pixel to be correctly classified to habitat 2140 instead of 2130. A minor mixture of grey hair grass (*Corynephorus canescens*) in a sand-dominated area with lyme-grass (*Leymus arenarius*), which indicate habitat 2130 instead of 2120, is probably not visible in the satellite image and the area would accordingly be classified as habitat 2130. Furthermore, the coverage of creeping willow (*Salix repens*) probably has to be close to 90 % to allow habitat 2170 to be distinguished.

Therefore we recommend continued analysis to calibrate where the decision limits between the habitats are to be found in satellite data so that a better basis for modifying the definitions can be obtained and an adoption of the definitions to satellite data based analysis can be made.

1 INTRODUKTION

1.1 Syfte

Projektets syfte är att undersöka om det finns möjlighet att utveckla en operationell metod, baserad på mycket högupplösande satellitdata, för övervakning av sydsvenska dynhabitat. För att denna metod skall vara användbar måste det vara möjligt att kunna särskilja de olika habitat som urskiljs i nätverket Natura 2000. Vidare är det angeläget att kunna identifiera negativ vegetationsutveckling som t ex slyuppslag och förekomst av vresros. Det är också av vikt att kunna kvantifiera viktiga strukturer i habitatet som t.ex. naken sand.

I ett första steg genomför en pilotstudie för att analysera om det i mycket högupplösande satellitdata går att återfinna de dynhabitat som är av intresse för Natura 2000 övervakningen.

1.2 Bakgrund

De dynhabitat som är av intresse för miljöövervakning och Natura-2000-uppföljningen är embryonala vandrande sanddyner (habitat 2110), vandrande sanddyner med sandrör (vita dyner, habitat 2120), permanenta sanddyner med örtvegetation (grå sanddyner, habitat 2130), urkalkade permanenta sanddyner med kråkbär (habitat 2140), sanddynområden med krypvide/sandvide (habitat 2170) samt dynvåtmarker (habitat 2190). Habitaterna förekommer vanligtvis i finskalig mosaik vilket gör det mycket svårt att kartera dessa i fält. I basinventeringen för Natura-2000 kartläggs därför dessa genom inventering utmed transekter som slumpas ut i objekten. Utmed linjerna noteras utsträckningen av de olika N2000-habitaten. Antalet transekt som måste inventeras beror på hur mycket de olika habitaterna förekommer och hur stor variationen är mellan de inventerade transekterna.

Sedan 1996 genomförs också i Halland en mer noggrann inventering av dynhabitaterna inom ramen för regional miljöövervakningen. I denna urskiljs inte de olika N2000-habitaten, utan istället registreras förekommande kärlväxter och mossor i smårutor. Dessutom anges täckningsgraden i procent av naken sand samt av mossor och lavar.

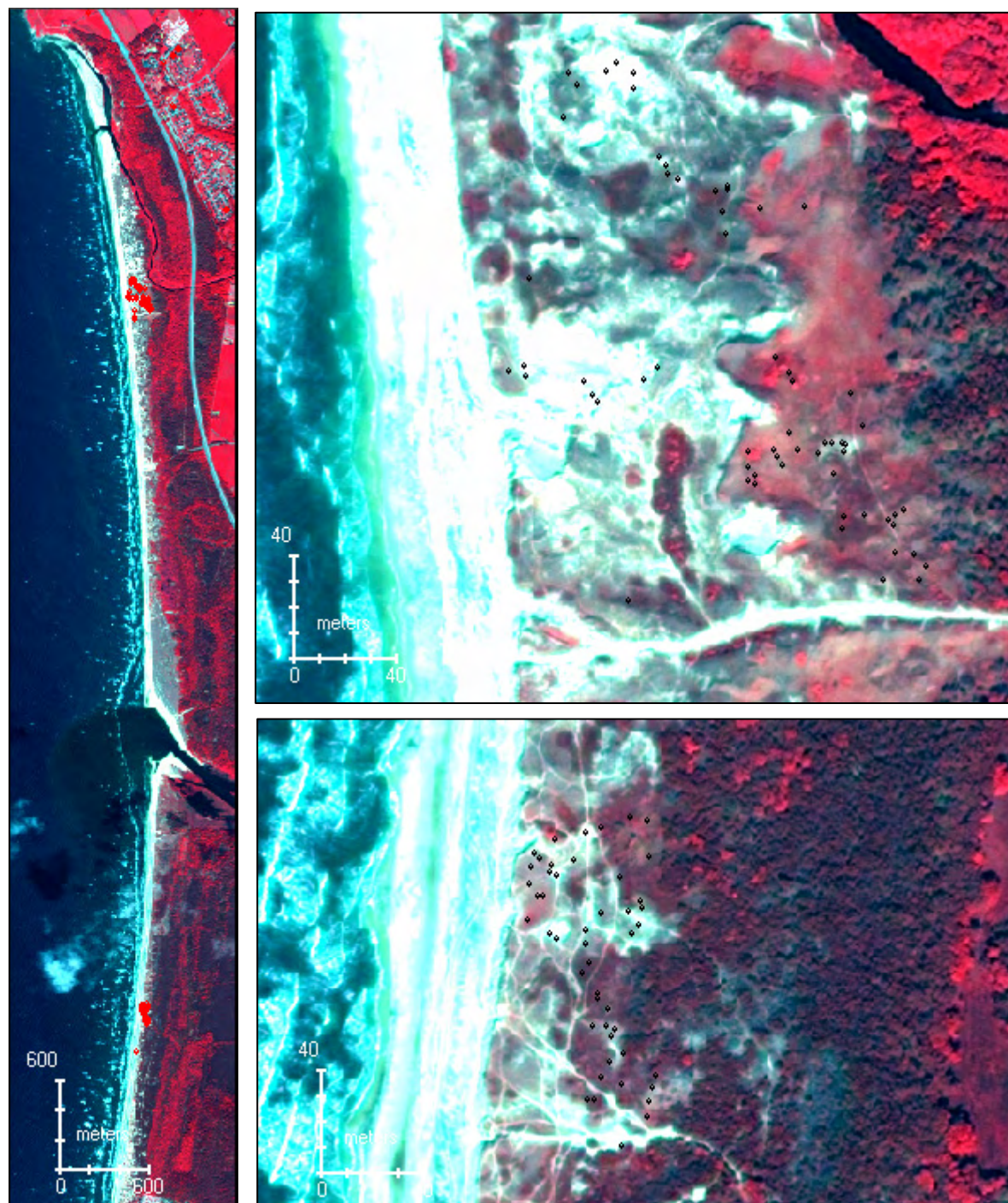
Övervakningen av dessa habitat är dock mycket tidskrävande och vissa områden är dessutom svårinventerade p g a den mosaikartade förekomsten av de olika habitaterna. En metod baserad på klassificering av satellitbilder skulle på ett kostnadseffektivt sätt ge stora tidsvinster och dessutom en möjlighet att övervaka habitaterna yttäckande över stora arealen, vilket inte är möjligt med dagens fältbaserade metoder.

I ett nu pågående utvecklingsprojekt med finansiellt stöd från Naturvårdsverket och Rymdstyrelsen utvecklas metodik för att använda mycket högupplösande satellitdata för upptäckt och övervakning av förändringar på sydsvenska mossar. Informationen i satellitbilderna kalibreras mot fältdata. Några av slutsatserna så här långt är att detaljeringsgraden är mycket hög i datat. Mycket små variationer i täckningsgrad av olika grupper av växter ger spektralt utslag vilket innebär att strukturer av storleksordningen meter är urskiljbara. Förutsättningar för kartläggning och övervakning av den ofta komplexa dynvegetationen bör därmed finnas.

2 STUDIEOMRÅDE OCH DATAKÄLLOR

2.1 Studieområde

Pilotstudien har genomförts över en del av kustdynerna i Laholmsbukten i Halland med fokus på Tönnersa och Hökafältets dynamråden, där de olika dynhabitaten är väl representerade (Figur 1). Tönnersa ingår också i det miljöövervakningsprogram som genomförs på dynhabitaten i Hallands län. Området kan anses svårinventerat p g a den mosaikartade förekomsten av de olika habitaten och en jämförelse mellan resultat från basinventeringen och förekomst av de olika habitaten i en heltäckande analys vore därför mycket intressant.



Figur 1. Studieområdet i Laholmsbukten .A. Tönnersa B. Hökafältet. QuickBird-bild från 18 juni 2005. Svarta punkter (röda i översikt bilden) visar var bedömning av vegetationstäckning gjorts.

2.2 Datakällor

2.2.1 Satellitdata

Den satellit som i första hand är aktuell är Quickbird, som registrerar i ett pankromatiskt band (svartvit kanal) med 0,6 m markupplösning och fyra multispektrala band (blått, grönt, rött respektive nära IR) med 2,4 m markupplösning. Tabell 1 visar QuickBird's spektrala band och markupplösning.

En programmering av QuickBird gjordes för försommaren 2005, vilket resulterade i en scen av mycket god kvalitet från den 18 juni 2005, vilket också är en mycket bra tidpunkt för analys av dynvegetation.

För att garantera tillräcklig noggrannhet vid ortokorrigeringen av satellitdata mättes kontrollpunkter in i fält inom scenen med cm-noggrannhet med differentiell GPS (se avsnitt 2.2.2). Dessa punkter levererades till Metria, Kiruna, som sedan utförde ortorektifieringen.

Före detaljerad analys gjordes en s k "resolution merge" i Erdas Imagine, vilket innebär att det pankromatiska bandet med 0,6 m upplösning sammanvägs med den multispektrala informationen med 2,4 m upplösning, till en bild med 0,6 m upplösning med färginformation. Sammanvägningen är baserad på principalkomponentanalys, med kubisk faltning som åter-samlingsmetod (ERDAS, 2003).

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

2.2.2 Differentiell GPS

En högprecisions-GPS (Javad) uppkopplad via modem mot Lantmäteriverkets RTK-tjänst har använts för att få "on-line"-precision på några cm i fält. GPS-utrustningen är kopplad till en fältdator så att mätningarna kan göras med satellitbilden som bakgrund (Figur 2). Utrustningen har använts till att mäta in kontrollpunkter i fält för förbättrad precision i ortokorrigering av QuickBird-bilden, samt för att mäta in centrumkoordinater för de ytor som bedömts med avseende på vegetationstäckning (Figur 3).

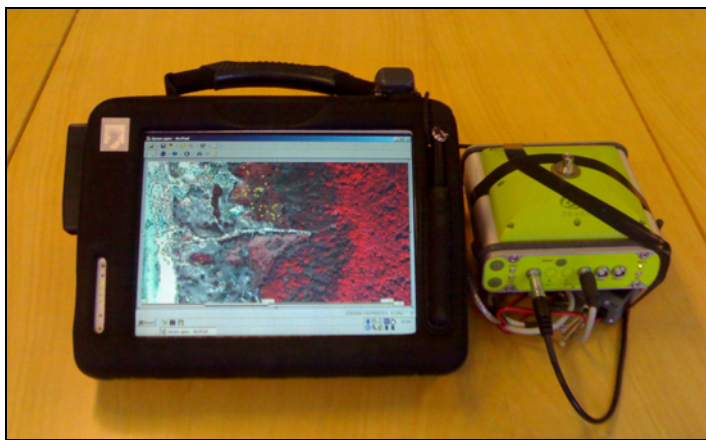
2.2.3 Vegetationsdata

Vegetationsdata har samlats in för ett stort antal ytor inom de olika dynhabitaten som underlag för den spektrala analysen (se avsnitt 4.1). Fältdataget genomfördes den 19 och 22 juli 2005. Ytterligare fältdata insamlades den 22 december 2005 då det preliminära klassningsresultatet kontrollerades. Tabell 2 visar antal ytor per habitatsklass. För beskrivning av dynhabitaten hänvisas till kapitel 3.

Tabell 2. Antal ytor per habitatsklass som bedömts i fält. (För beskrivning av dynhabitaten se kap 3).

Habitat	Antal ytor
2110	2 (10)*
2120	8
2130	47
2140	37
2170	6
2180	2 (7)*
Övrigt	vide (1), björk (3), al (1), pors (2), vresros (2), bergrör (1)
Summa:	112 (125)*

* Antal inom parantes anger antal ytor inkl ytor som i efterhand plockats ut i satellitbilden



Figur 2. Högpresisions-GPS (Javad) kopplad till fältdator där satellitbilden används som bakgrund vid inmätning av provytor.



Figur 3. Inmätning av centrumkoordinat i utlagd provyta med differentiell GPS kopplad till bärbar dator.

3 DYNHABITATEN – DEFINITIONER OCH EXEMPEL

3.1 Inledning

I det initiala arbetet med utformningen av övervakningsmetoder för de svenska dynamrådena gjordes en litteraturstudie av Larsson (2002). I denna konstaterades att det inte fanns något mer långsiktigt och heltäckande övervakningsprogram för kustnära dyner någonstans i Europa. Längst hade man kommit i Wales där man i ett Life-projekt gjort studier bland annat i sanddynsmiljöer (Hurford & Perry 2000). Mer noggrann uppföljning av effekter av olika skötselåtgärder har gjorts i Holland, Danmark, Wales och Litauen. I Sverige förekom inom ramen för regional miljöövervakning ett arbete med övervakning av vegetation och strukturer i sanddyner (Flodin 2000). Dessutom pågick floraväkteri av rödlistade kärlväxter samt regelbundna inventeringar av fältpiplärka. Haglund (2003) presenterade förslag till parametrar och metoder för uppföljning i Natura 2000.

Uppdelningen i de olika habitat i dynamrådena som ingår i nätverket Natura 2000 publicerades först i skriften ”Svenska naturtyper i det europeiska nätverket Natura 2000” (Naturvårdsverket, 1997), i vilken ges definitioner av de olika habitattyperna. Beskrivningarna är dock oftast kortfattade och svårigheter uppstod vid gränsdragningar mellan typerna i fält. Utifrån dessa förutsättningar utarbetades en manual för inventering av sanddynshabitat i basinventeringen (Naturvårdsverket, 2005). I denna presenteras inventeringsmetoder och noggrannare definitioner av de olika svenska sanddynshabitaten. Gränsdragningen mellan habitattyperna görs i manualen för att passa för fältinventeringar. Ofta används förekomst eller avsaknad av lättidentifierade indikatorarter eller strukturer som gräns mellan habitattyperna. I det följande beskrivs de olika habitat.

3.2 Embryonala vandrande sanddyner (habitat 2110)

Embryonala vandrande sanddyner utgör ett förstadium till sanddynbildning vid den övre delen av stranden eller intill basen av större dyner. Dessa är emellanåt be vuxna med strandkvickrot, saltarv eller marviol men består till övervägande del av naken, lätttrörlig sand (figur 4).

Habitatet skiljs från intilliggande sandstrand på sin småkulliga mikrotopografi. Nederoderade ytor inne i dynsystemen förs inte till denna habitattyp. Visserligen utgör dessa erosionsytor en omstart av sanddynssuccessionen men är inte direkt ett förstadium till sanddynsbildning (se vidare under vita dyner).

3.3 Vandrande sanddyner med sandrör (vita dyner, habitat 2120)

Viktigt för att identifiera denna typ av dyner är att de verkligen skall vara vandrande (Norrman m. fl. 1974), det vill säga att sanden inte skall vara bunden. Denna typ av dyn är be vuxen med sandrör eller strandråg, arter som har hög tolerans mot översandning (figur 5). Många andra kärlväxter och de allra flesta bottenski ktsarter har inte så hög tolerans mot översandning. För att förenkla identifikationen av denna habitattyp i fält förs därför endast dyner som saknar borsttåtel och bottenski kt till denna dyntyp (figur 6). Dock kan mindre förekomster av brännmossa och gräsmossor accepteras.

Erosionsskadade delar av äldre sanddyner med betydande ytor naken sand förs lämpligen till denna typ. Vilken vegetation erosionsytorna så småningom får är avhängigt av i vilket successionsstadium ytorna befann sig då erosionen inträffade. Det är exempelvis inte ovanligt att dessa ytor till en början får glesa men rena bestånd av kråkbär eller krypvide/sandvide.

3.4 Permanenta sanddyner med örtvegetation (grå sanddyner, habitat 2130)

Denna typ består av dyner som är permanenta och inte längre vandrar. Dessa kan vara bevuxna med exempelvis borsttåtel, sandstarr och en rad örter. Däremot saknas samtliga ris vilka av praktiska skäl betraktas som skiljearter gentemot typen 2140 (figur 7). Detta innebär alltså att även magrare och något hedartad vegetation utan ris eller kruståtel kan föras till denna typ. De grå dynerna skall ha ett mer eller mindre väl utvecklat bottenskikt som tidigt i successionen består av arter som brännmossa, hårbjörnmossa, enbjörnmossa, spärraggmossa, sandskruvmossa och lavar som bägarlavar, renlavar etc. Nakna partier med sand kan förekomma men behöver inte göra det. Typen 2130 är inte våt eller fuktig.

3.5 Urkalkade permanenta sanddyner med kråkbär (habitat 2140)

Risbevuxna sanddyner utgör ett ännu senare successionsstadium än de grå dynerna men var gränsen praktiskt skall dras är inte alltid självklart. Habitattypen skall innehålla ris som ljung eller kråkbär men även kruståtel kan vara vanlig (figur 8). Nakna fläckar med sand förekommer endast i liten omfattning.

Bottenskiktet är bitvis välutvecklat och består av hedseriens mossarter som husmossa och väggmossa (dessa kan dock även förekomma i de grå dynerna). Gränsdragning mot typen 2170 är mycket svår att göra eftersom krypvide/sandvide oftast förekommer insprängt bland ljung och kråkbär. I fält förs dock ytor med mer än 50 % täckning av krypvide/sandvide till typen 2170 om de förekommer som bestånd större än en viss minimistorlek (figur 9).

3.6 Sanddynområden med krypvide/sandvide (habitat 2170)

Denna typ förekommer på stabila sanddyner utan sanddrift och består till minst 50% av krypvide/sandvide (figur 10). Sandvide måste förekomma och ha tillsammans med krypvide en areal om minst 10 m². I övrigt är denna typ mycket lik typen 2140 med vilken den oftast också bildar mosaikartade förekomster (se ovan).

3.7 Trädklädda sanddyner (habitat 2180)

Mer eller mindre tät dynskog i kustnära sanddynsområden. Ett av de senaste successionsstadierna men ytor med blottad sand kan förekomma. Skiljs från övriga dyntyper på förekomst av trädskikt, oftast tall, men även klibbal, ek och björk kan förekomma. Trädskiktets täckningsgrad skall vara minst 30% och öppna ytor utan trädskikt får vara högst 0,5 ha.. Vid lägre trädskiktstäckning avgränsas de mellanliggande öppna ytorna som egna habitattyper.

3.8 Dynvåtmarker (habitat 2190)

Denna typ består av fuktiga eller vattenfyllda fördjupningar i sanddynerna. Beroende på förutsättningar kan vegetationen i denna habitattyp vara av flera olika slag. På magra silikatmarker är dessa ofta bevuxna med arter typiska för magra våtmarker, exempelvis klockljung, odon, blåtåtel, trådstarr eller brunag. Odon är ofta viktig som skiljearter mot andra habitat. I bottenskiktet finns ställvis vitmossor, räffelmossa, päronsvepemossa och vattenkrokmosa. Gränsdragningsproblem kan i vissa fall finnas gentemot typen 2140 men då klockljung eller odon dominerar klassificeras området som dynvåtmark.

3.9 Övrigt

3.9.1 Negativa indikatorer

Vresros är en art som etablerat sig och expanderar kraftigt i många dynhedsområden (figur 11). Arten konkurrerar ut annan vegetation och det anses som en angelägen skötselåtgärd att stoppa spridningen och begränsa utbredningen av vresros. Det är därför viktigt att vresrosförekomst går att identifiera i satellitbilden. Andra exempel på negativa indikatorer är slyuppslag och kanske bergrör.

3.9.2 Naken sand

Som en följd av att störningarna i dynområdena minskat under senare årtionden har också arealen naken rörlig sand minskat. Just bar, gärna solexponerad, sand har stor betydelse för bl.a. många insektsarter som är knutna till sandiga miljöer. Detta har fått till följd att flera av dessa arter har minskat kraftigt i antal och hamnat på den svenska rödlistan. Det är angeläget att arealen naken sand inte fortsätter att minska. Ett övervakningssystem måste därför kunna detektera förändringar i arealen naken sand, så att relevanta skötselåtgärder kan vidtas för att motverka negativ utveckling.



Figur 4. Habitat 2110. Embryonala vandrande dyner med spridd förekomst av saltarv.



Figur 5. Habitat 2120. Vandrande sanddyner med sandrör (vita dyner). I habitatet saknas arter som t.ex. borsttåtel.



Figur 6. Habitat 2120 eller 2130? Dynner med sandrör som karteras som 2130, eftersom bortståtel förekommer.



Figur 7. Habitat 2130. Permanenta sanddynner med örtvegetation. Bilden visar förekomst av borståtel och monke. Avsaknad av ris avgör att det är 2130.



Figur 8. Yta med sandstarr och kråkbär. Förekomsten av ris avgör att det är 2140 urkalkade permanenta sanddyner med kråkbär.



Figur 9. Yta med kråkbär och krypvide vilket gör att valet står mellan 2140 och 2170. Eftersom krypvideförekomsten är mindre än 50 % är det frågan om 2140 urkalkade permanenta sanddyner med kråkbär.



Figur 9. Habitat 2170. Sanddynområde med krypvide/sandvide.



Figur 11. En negativ indikator, i detta fall vresros.

4 METODIK

4.1 Fältinventering

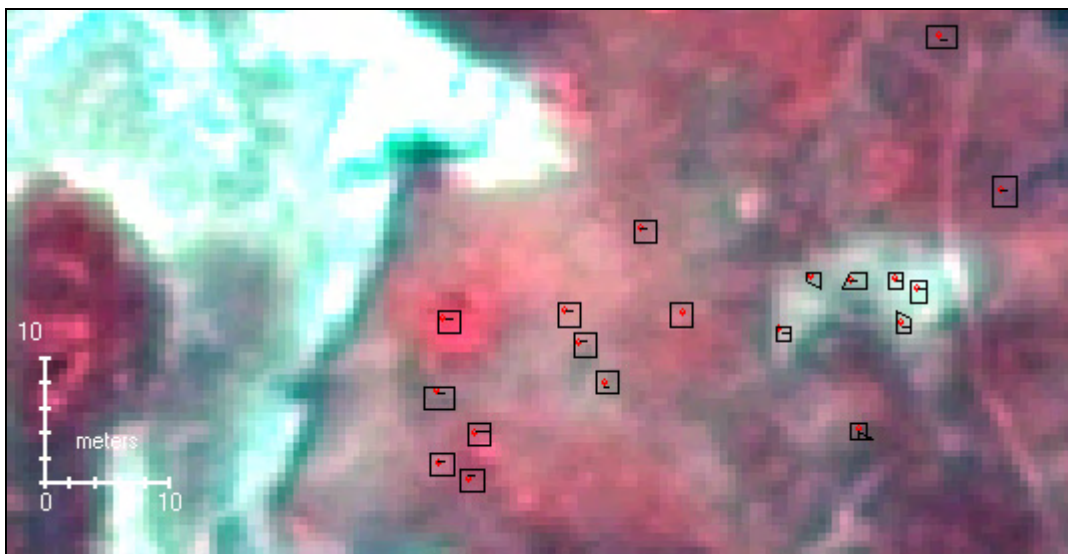
Vegetationsdata har samlats in för ett stort antal ytor inom de olika dynhabitaten med ambitionen att täcka så stor variation som möjligt. En provruta med storleken $2 \times 2 \text{ m}^2$ har lagts ut över olika vegetationsblandningar och täckningsgraden har bedömts för följande komponenter med 5 % noggrannhet: sand, förna, mossa (grön), mossa (mörk), vit lav, grå lav, grön lav, ljung, kråkris, vide, krypvide/sandvide, sandstarr, sandrör, strandråg, bergrör, rödven, rödsvingel, borsttåtel, flockfibbla, käringtand, monke, mjölkört, vresros, pors, al, björk och tall. I de fall täckningsgraden inte uppgått till 5 % har förekomst noterats. Dessutom har habitatsklass angivits enligt nu rådande definitioner (Naturvårdsverket, 2005) och foto tagits på varje yta. En centrumkoordinat har mätts in med differentiell GPS för att ytan ska kunna återfinnas i satellitbilden.

4.2 Analys av mycket högupplösande data

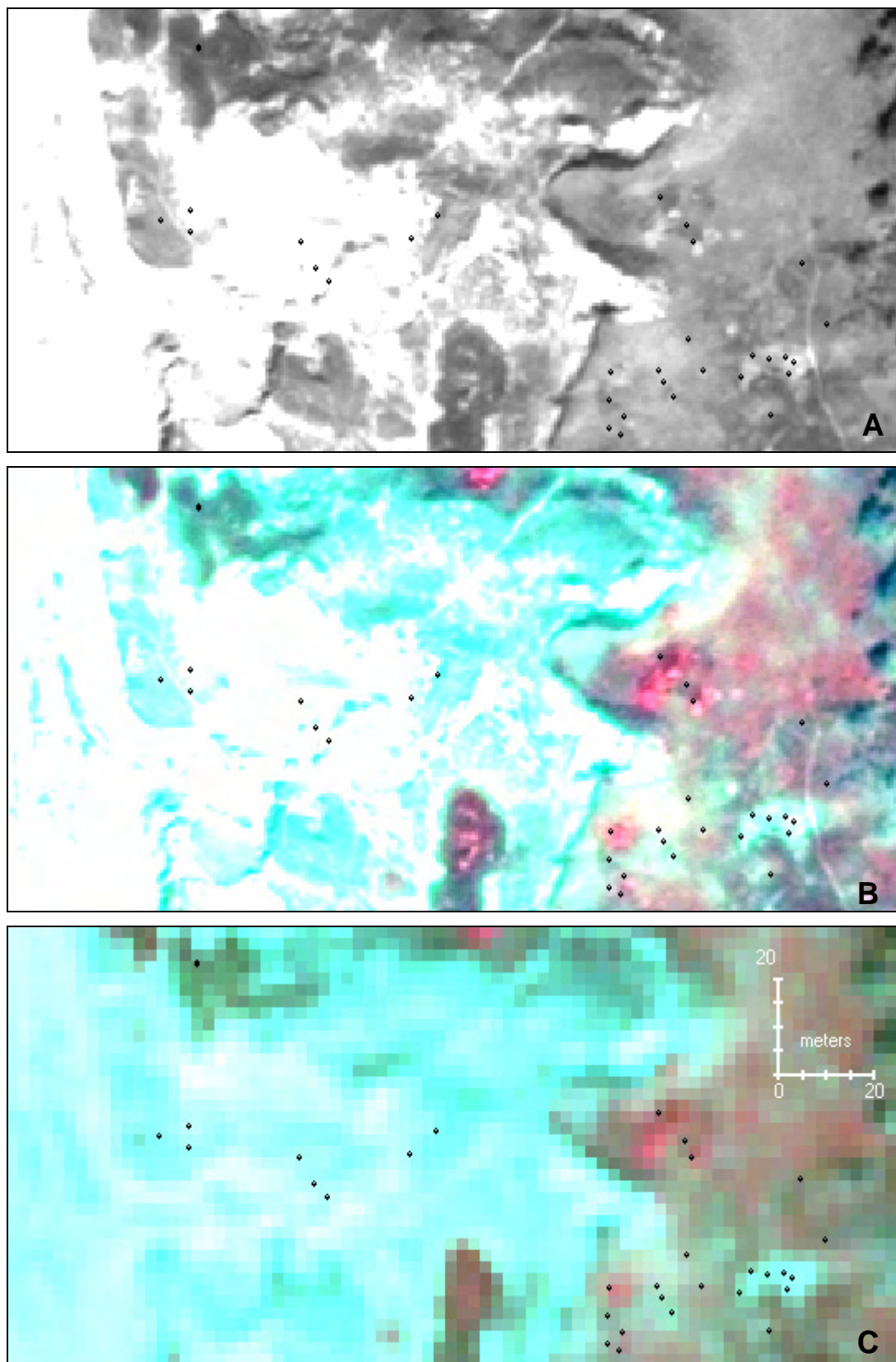
Utgående från de inmätta centrumkoordinaterna har ytor (s k träningsytor) ritats in på satellitbilden (9 – 25 pixlar), som med lite marginal motsvarar provrutan på marken, för extraktion av statistik och spektrala signaturer från QuickBird-data (Figur 12). Ytornas storlek varierar beroende på hur centrumkoordinaten ligger i pixeln. Viss hänsyn har också tagits till bilden vid inritandet av ytorna kring centrumkoordinaten, t ex om mycket gles vegetation mätts in ifält, men det är uppenbart i bilden att punkten ligger nära en vegetationsgräns mot mer frodig vegetation har inte denna inkluderats i ytan. I vissa fall har också flera ytor lagts in för att analysera hur mycket en förskjutning av ytan påverkar dess spektralvärden.

Medelvärden för de fyra spektralbanden, samt olika kvoter mellan banden har analyserats. Vidare har en analys av de spektrala överlappen mellan habitaten genomförts genom klassificering av träningsytorna (se 4.2.1).

Analysen har utförts både i 0,6 m sammanvägda data och 2,4 m multispektrala data. Figur 13 visar en jämförelse mellan det pankromatiska bandet med 0,6 m upplösning, sammanvägda data med 0,6 m färginformation samt "ursprungliga" multispektrala data med 2,4 m markupplösning.



Figur 12. Exempel på ytor i QuickBird-bilden (sammanvägda data) som ritats in kring de uppmätta centrumkoordinaterna för extrahering av bilddata för fältinventerade ytor.



Figur 13. Jämförelse mellan A. pankromatiska bandet med 0,6 m upplösning, B. sammanvägda data med 0,6 m färginformation samt C. multispektrala data med 2,4 m markupplösning.

4.2.1 Analys av spektrala överlapp mellan habitaten

Utgående från de träningsytor som lagts in på satellitbilden kring de fältbedömda ytorna har en analys av de spektrala överlappen mellan habitaten gjorts. Detta kan göras genom att man klassificerar träningsytorna enligt någon algoritm baserat på statistiken från valda ytor, och sedan beräknar hur många av pixlarna i varje klass (habitat) som klassificerats korrekt. Eventuella sammanblandningar indikerar var spektrala överlapp finns och hur stora dessa är. Klassificeringen i detta fall har gjorts med den så kallade "Maximum Likelihood"-algoritmen, som är en avancerad klassificerare, som baserat på bildstatistiken beräknar sannolikheten för att en viss pixel ska tillhöra de olika klasserna. Pixeln hänförs sedan till den klass som har den största sannolikheten.

Före analys slogs de olika ingående träningsytorna ihop så att varje habitatsklass/vegetationsobjekt endast representerades av en "yta". Några av klasserna är mycket små då endast ett fåtal ytor mätts in i fält. Klassens variation kan därför inte anses vara täckt, men analysen ger ändå en indikation om eventuella sammanblandningsgränssnitt. Tabell 3a visar hur många pixlar som analysen är baserad på för varje klass i sammanvägda data. Analysen har också genomförts för multispektrala data, men då dessa har fyra gånger sämre upplösning är antalet pixlar betydligt färre i klasserna i detta fall (Tabell 3b). Klasserna pors och vresros har därför inte tagits med och björk, al och vide har slagits ihop.

Tabell 3. Antal pixlar per klass efter gruppering av träningsytorna inför analys av spektrala överlapp. A. Sammanvägda data. B. Multispektrala data

A.Habitat/veg.klass	Antal pixlar sammanvägda data	B.Habitat/veg.klass	Antal pixlar multispektrala data
bar sand (2110)	257	2110	36
2120	138	2120	30
2130	642	2130	134
2140	578	2140	115
2170	117	2170	23
2180 (tall)	338	2180 (tall)	44
vide	16 (1 yta)	vide/björk/al	18
björk	75		
al	16 (1 yta)		
pors	45 (2 ytor)		
vresros	30 (2 ytor)		

4.3 Preliminär klassificeringsmetod

Baserat på fältinformationen och ytornas spektrala karakteristik har en preliminär klassificeringsmetod utarbetats baserad på stegvis grånivåklippning i enskilda band och i kvoter mellan band, för att klassificera de habitat som särskiljs i Natura 2000. Erfarenheterna av en sådan klassningsmetod har varit goda från bl a studier av myr (Boresjö Bronge och Näslund-Landenmark, 2002; Boresjö Bronge, 2005), då beslutsgränserna blir enhetliga över hela bilden oberoende av spektral variation, och också kan överföras till andra bilder om data gjorts jämförbara.

Arbetet har fokuserats på att särskilja Natura 2000-habitaten enligt gällande definition och att klargöra var eventuella problem finns. Definitionen av dynhabitaten är idag anpassad för fältinventering, vilket vi förutsatt inte är optimalt för analys av satellitbilder. T ex behövs en viss täckningsgrad av särskiljande vegetation, som ris för habitat 2140, innan den kan förväntas ”ses” i satellitbilden.

4.4 Preliminärt klassificeringsresultat och fältkontroll

Baserat på framtagen klassningsmetod genererades ett preliminärt klassningsresultat över studieområdet som subjektivt fältkontrollerades den 22 december 2005. Målsättningen var att översiktligt bedöma resultatet som underlag till specifikation av fortsatt arbete, samt att kontrollera vissa ytor som redan vid utarbetandet av klassningsmetoden väckt frågor vad gällde klasstillhörighet. Med stöd av GPS'en kontrollerades sammanlagt 23 ytor inom ett område strax norr om Lagans mynning (ej tidigare besökt), samt 29 ytor inom Tönnersa.

4.5 Efterbearbetning samt klassificering av bar sand

Vid fältkontrollen framkom att vissa av beslutsgränserna behövde justeras samt att en viss ändring av definitionen av habitaterna är nödvändig för att analysen av satellitbilderna ska kunna fungera tillfredsställande. För att illustrera detta och ge underlag för specifikation av fortsatt analys gjordes en del mindre ändringar i beslutsgränserna och ett nytt preliminärt klassningsresultat skapades.

En klassificering av enbart bar sand i två klasser gjordes också som komplement till habitatklassificeringen. Klassificeringen är baserad på grånivåklippning i det pankromatiska bandet, där beslutsgränserna kalibrerats mot de fältinmätta ytorna. Tidigare klassningsresultat används som mask och endast ytor inom klasserna 2110, 2120, 2130 och 2140, som uppfyller villkoren tillåts falla ut. Inom klass 2130 och 2140 är frodiga delmängder, dominerade av tät gräsvegetation, undantagna, då dessa med låg sannolikhet omfattar naken sand och kan ha en hög reflektion i det svartvita bandet.

5 RESULTAT

5.1 Spektral karakteristik

Figur 14 och 15 visar de spektrala signaturerna för de sammanslagna träningsytorna för de olika dynhabitaten samt för björk och tall. Figur 14 visar signaturerna från sammanvägda data, figur 15 signaturerna från multispektrala data. Den relativa ordningen är i stort överensstämmande i båda fallen, med bar sand uppvisande den högsta reflektionen i alla banden, därefter habitat 2120, 2130 och 2140, i stort avspeglade ökande mängd biomassa. Mörkast är tallsignaturen och björk uppvisar karakteristiskt låg reflektion i rött och hög i nära IR, vilket indikerar hög grön biomassa (hög IR/röd-kvot).

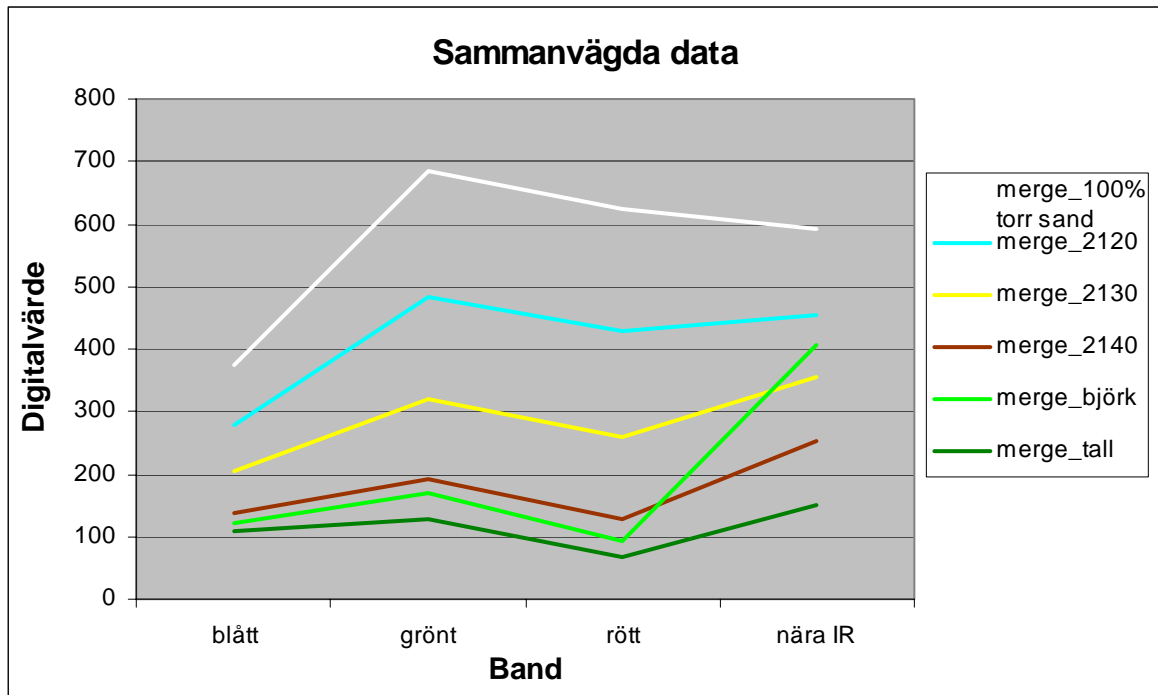
Bakom desammanslagna signaturerna i figur 14-15 döljer sig dock en stor spektral variation, särskilt inom habitat 2130 och 2140, beroende på den stora variation av vegetationsblandningar som ryms inom habitatet. Figur 16 visar ett urval signaturer för de olika habitatet. Som synes finns spektrala överlapp mellan habitatet, särskilt mellan habitat 2120 och 2130, och mellan 2130 och 2140, men också mellan 2140 och 2170. Detta är inte förvånande med tanke på habitatets definition. T ex kan en yta täckas till 80 % av sand och tillhöra habitat 2120 om där bara finns dyngräs (strandråg eller sandrör), men habitat 2130 om där istället finns borsttåtel (Naturvårdsverket, 2005), en skillnad som är svår att detektera med satellitdata. Likaså definieras habitat 2140 gentemot 2130 av förekomst av ris, men om denna skillnad ska kunna ses med satellitbilder måste risen ha en viss täckning.

Några exempel på detta ges i figur 17 - 23. Signaturkurvorna för ytor som visas med markfoton har fått en mörkare nyans av klassens färg.

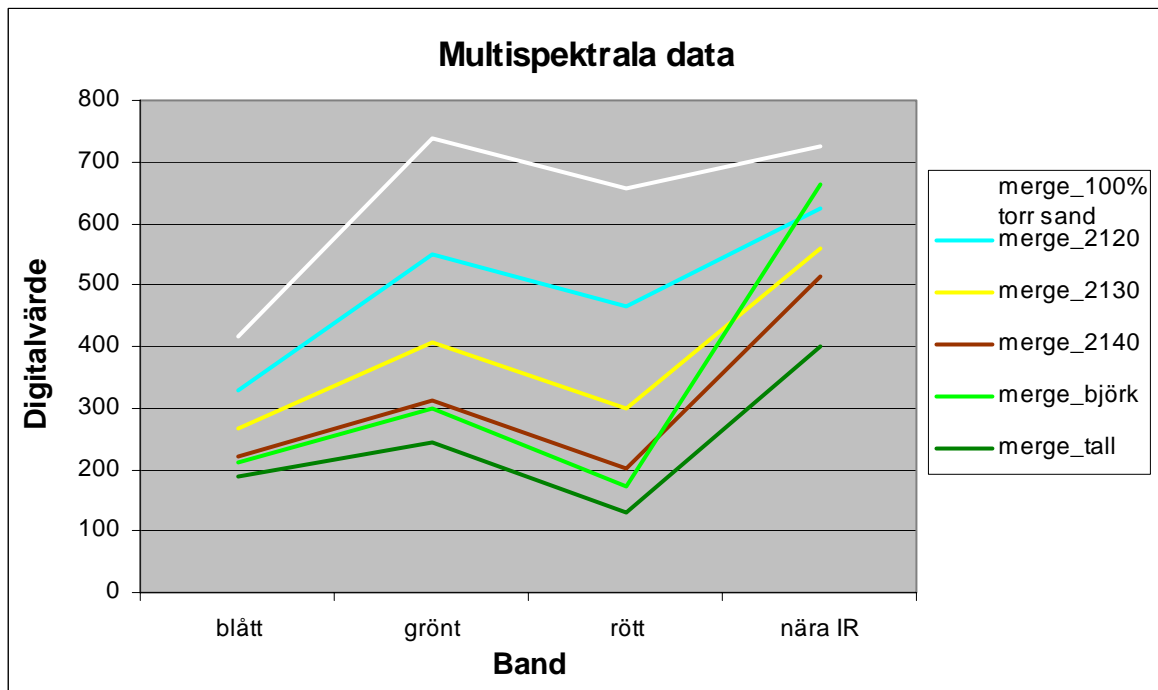
5.2 Analys av spektrala överlapp

Den statistiska analysen av de spektrala överlappen bekräftar de överlapp som signaturkurvorna visar. Tabell 4 och 5 visar sammanblandningsmatriserna för Maximum-Likelihood-klassificeringen av de sammanslagna träningsytorna. Baserat på de ytor som hittills legat till grund för analysen kan bl a ses för sammanvägda data att habitat 2130 till 16 % klassats som 2120 och lika mycket som 2140. Av habitat 2140 har 9 % klassats som 2130 och 15 % som 2170. Lite förvånande har 7 % klassats som tall, vilket antyder att delar av habitatet har en vegetationsammansättning som är mycket ”mörk” och eller har en signatur som påminner om ung tall som är mer högre reflekterade i nära IR. Av habitat 2170 har 15 % klassats som 2140 och 3 % som björk, medan alytan till 12 % klassats som 2170. Av habitat 2120 är det endast 6 % som tillfallit annan klass (2130), medan övriga mindre klasser uppvisar färre sammanblandningar. I dessa fall är dock troligtvis inte hela den spektrala variationen täckt av de få ytor som finns med i analysen.

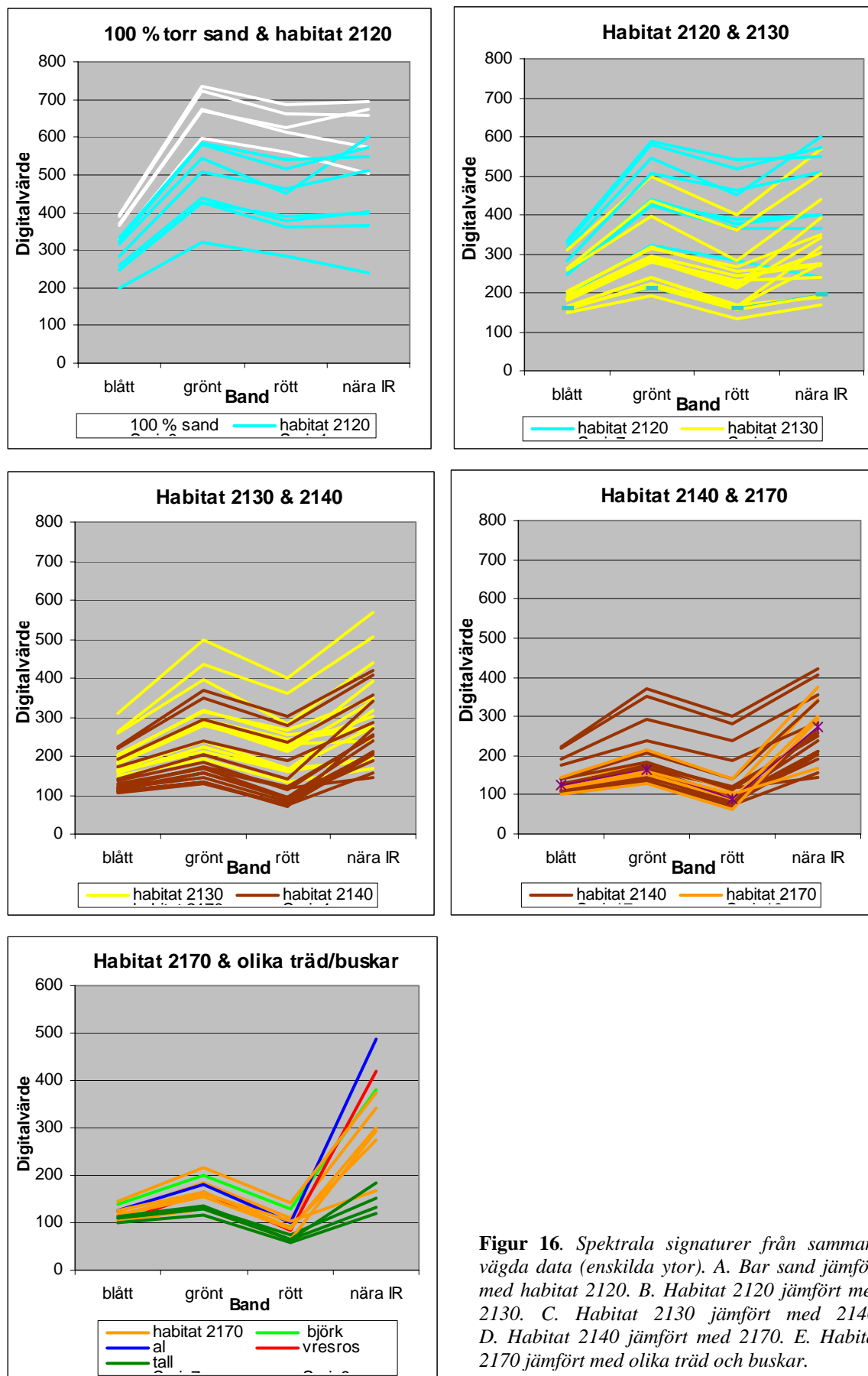
Motsvarande trender visar sammanblandningsmatrisen för multispektrala data (tabell 5) även om antalet pixlar och ingående ytor är färre.



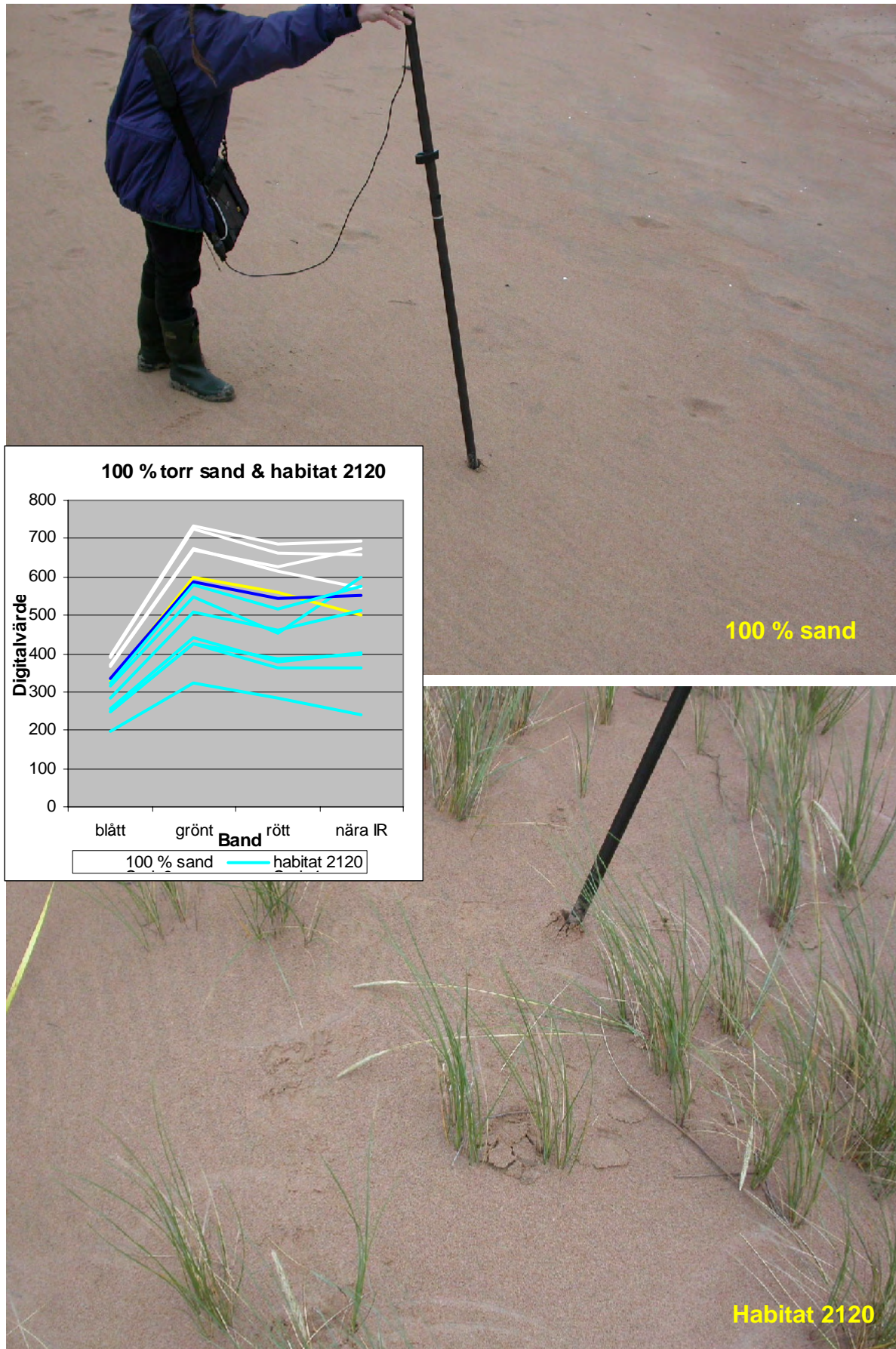
Figur 14. Spektrala signaturer för sammanslagna träningsytor i sammanvägda data med 0,6 m upplösning.



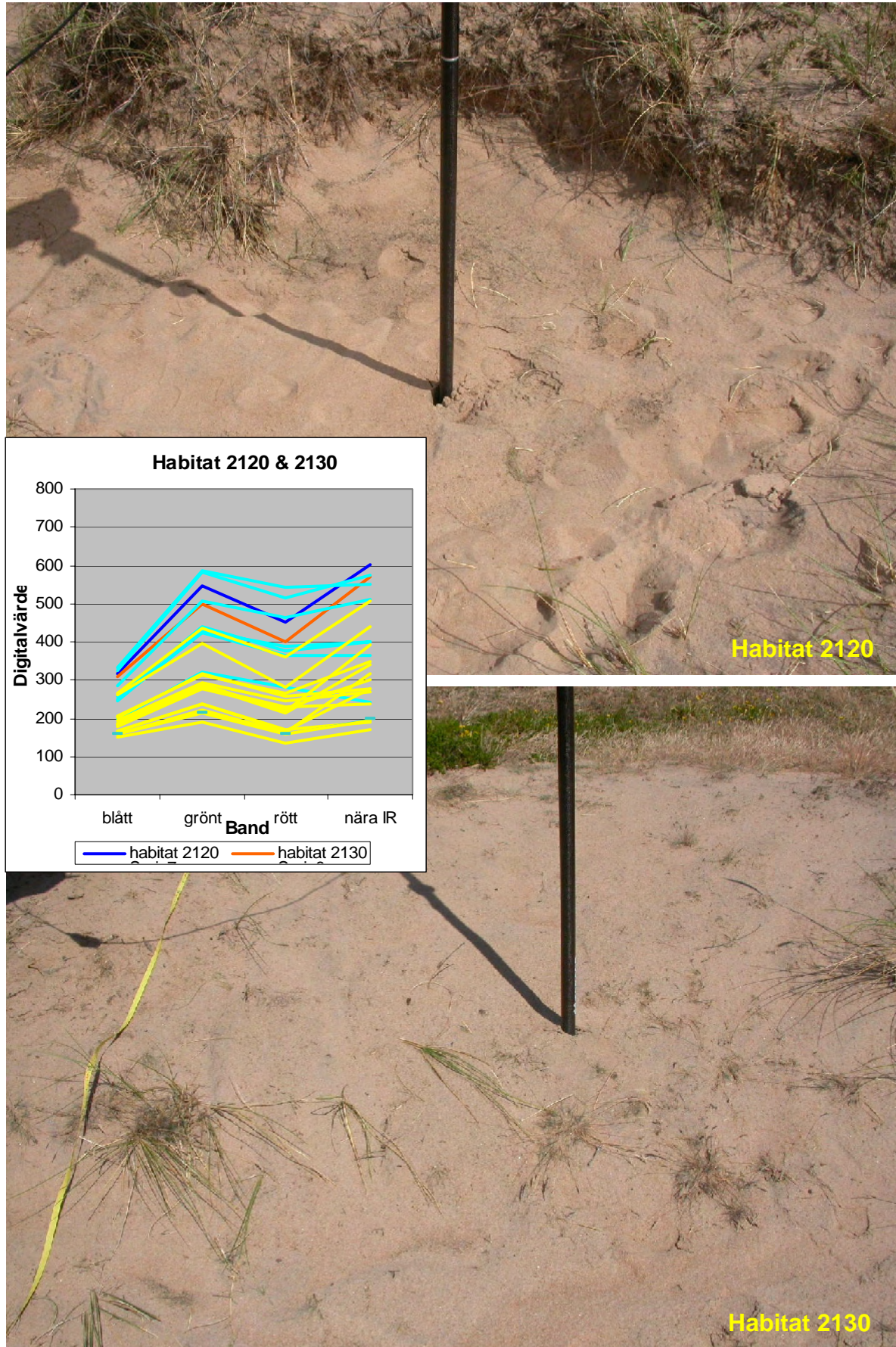
Figur 15. Spektrala signaturer för sammanslagna träningsytor i multispektrala data med 2,4 m upplösning.



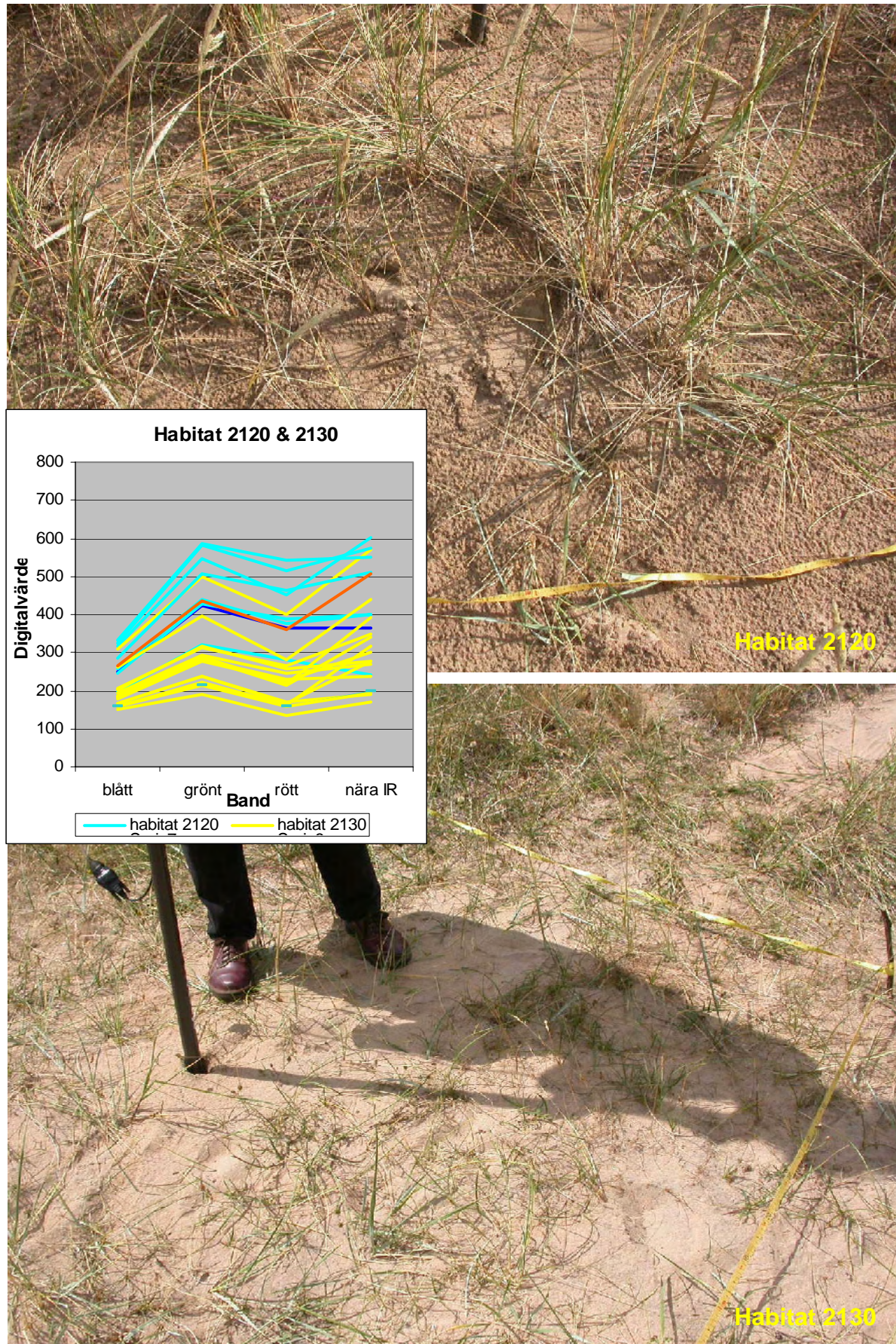
Figur 16. Spektrala signaturer från sammanvägda data (enskilda ytor). A. Bar sand jämfört med habitat 2120. B. Habitat 2120 jämfört med 2130. C. Habitat 2130 jämfört med 2140. D. Habitat 2140 jämfört med 2170. E. Habitat 2170 jämfört med olika träd och buskar.



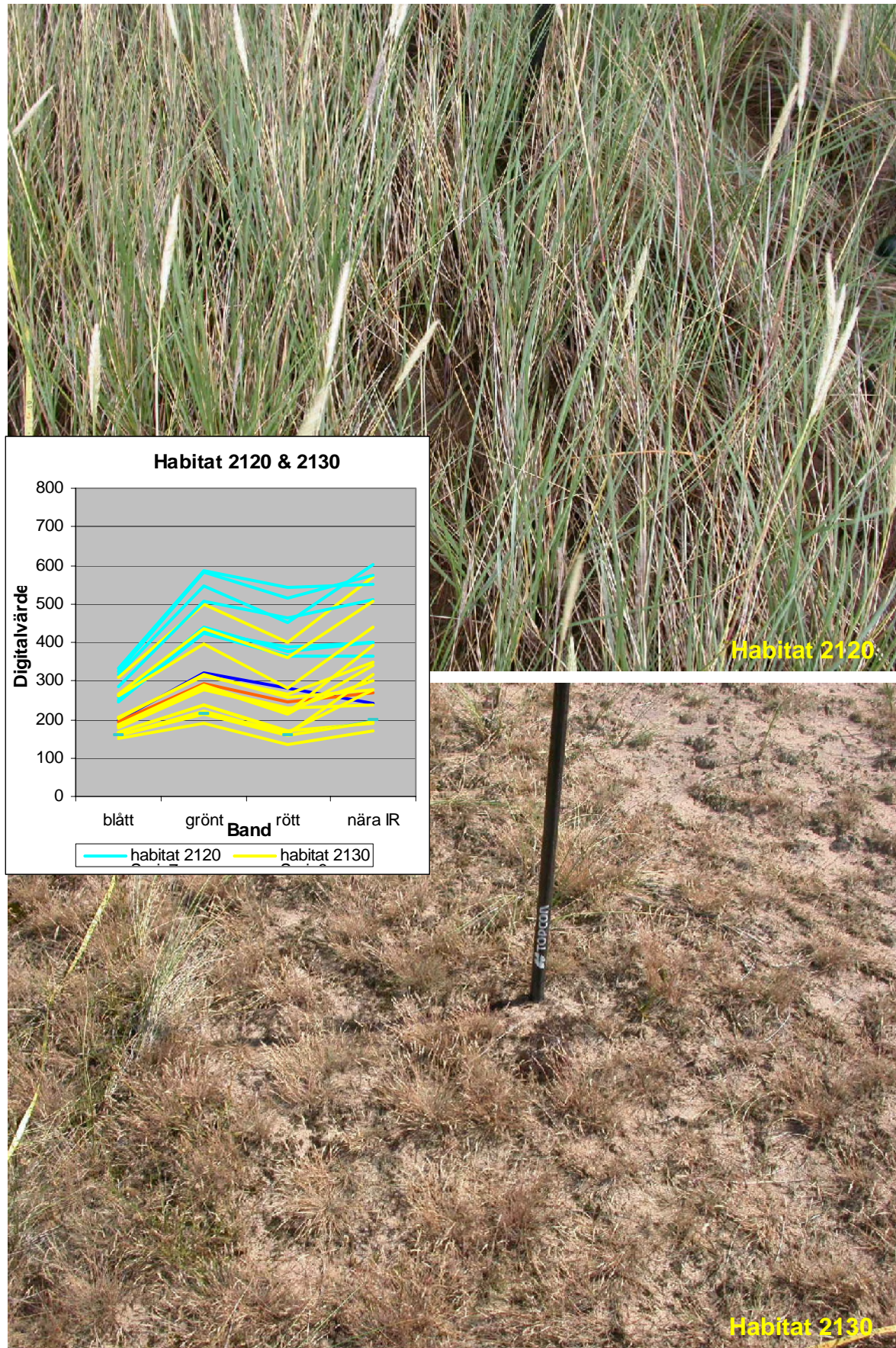
Figur 17. Jämförelse mellan 100 % bar sand (gul kurva) och habitat 2120 (mörkblå kurva, 80 % sand, 20 % sandrör).



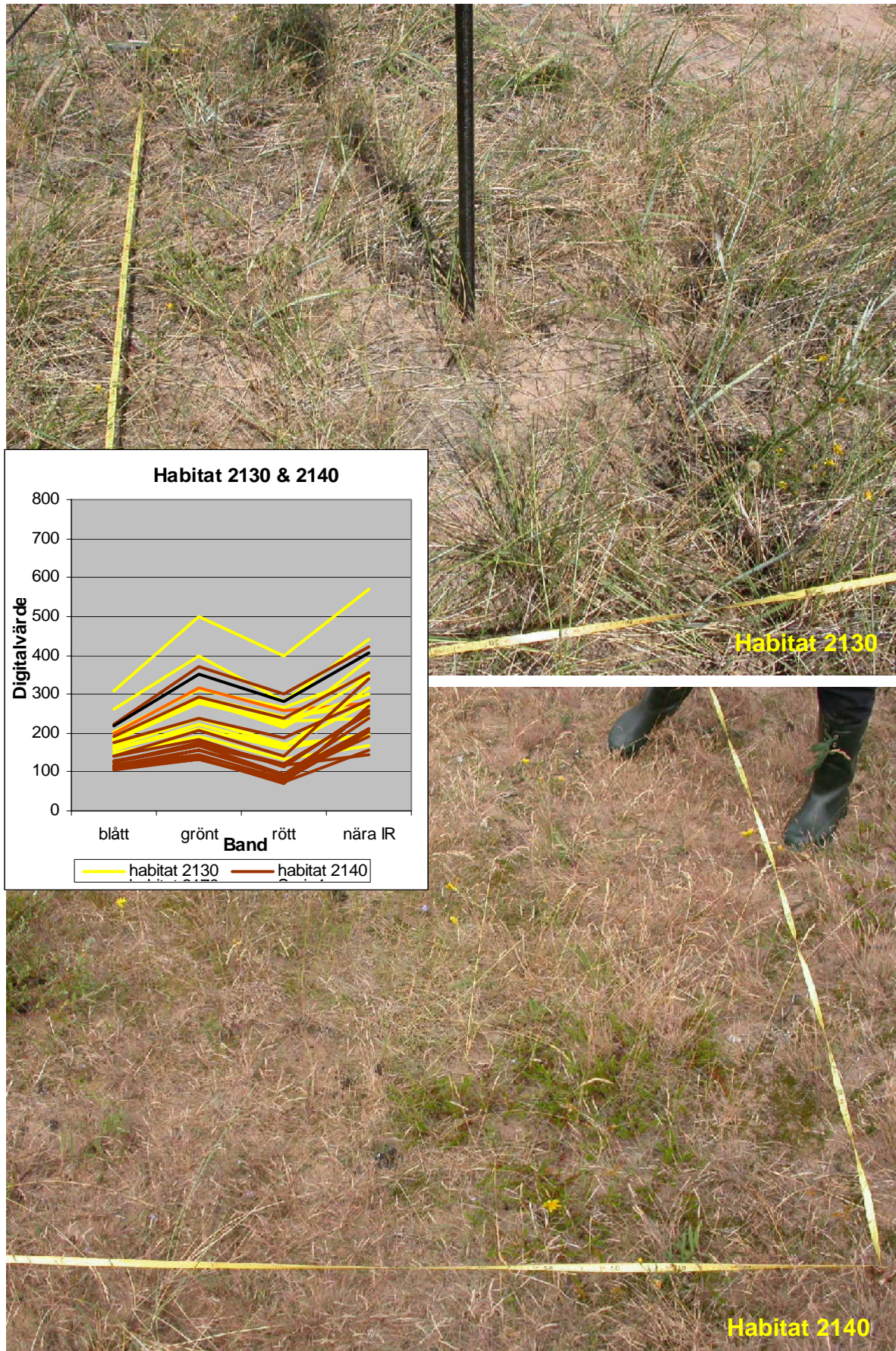
Figur 18. Jämförelse mellan habitat 2120 (mörkblå kurva, 95 % sand, 5 % sandrör) och habitat 2130 (orange kurva, 95 % sand, 5 % borstståtel).



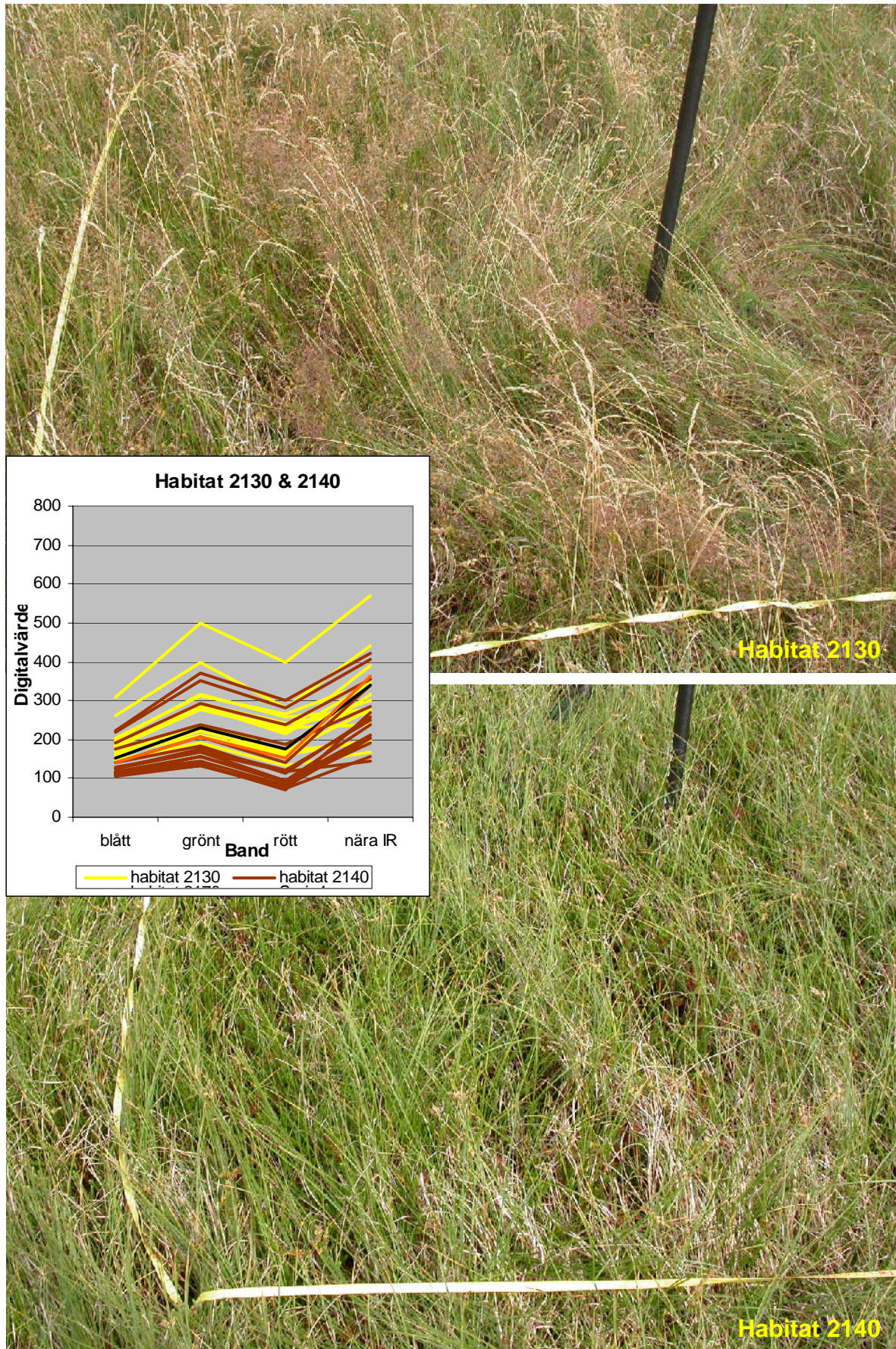
Figur 19. Jämförelse mellan habitat 2120 (mörkblå kurva, 80 % sand, 5 förna, 15 % sandrör) och habitat 2130 (orange kurva, 85 % sand, 10 % sandstarr, 5 % sandrör).



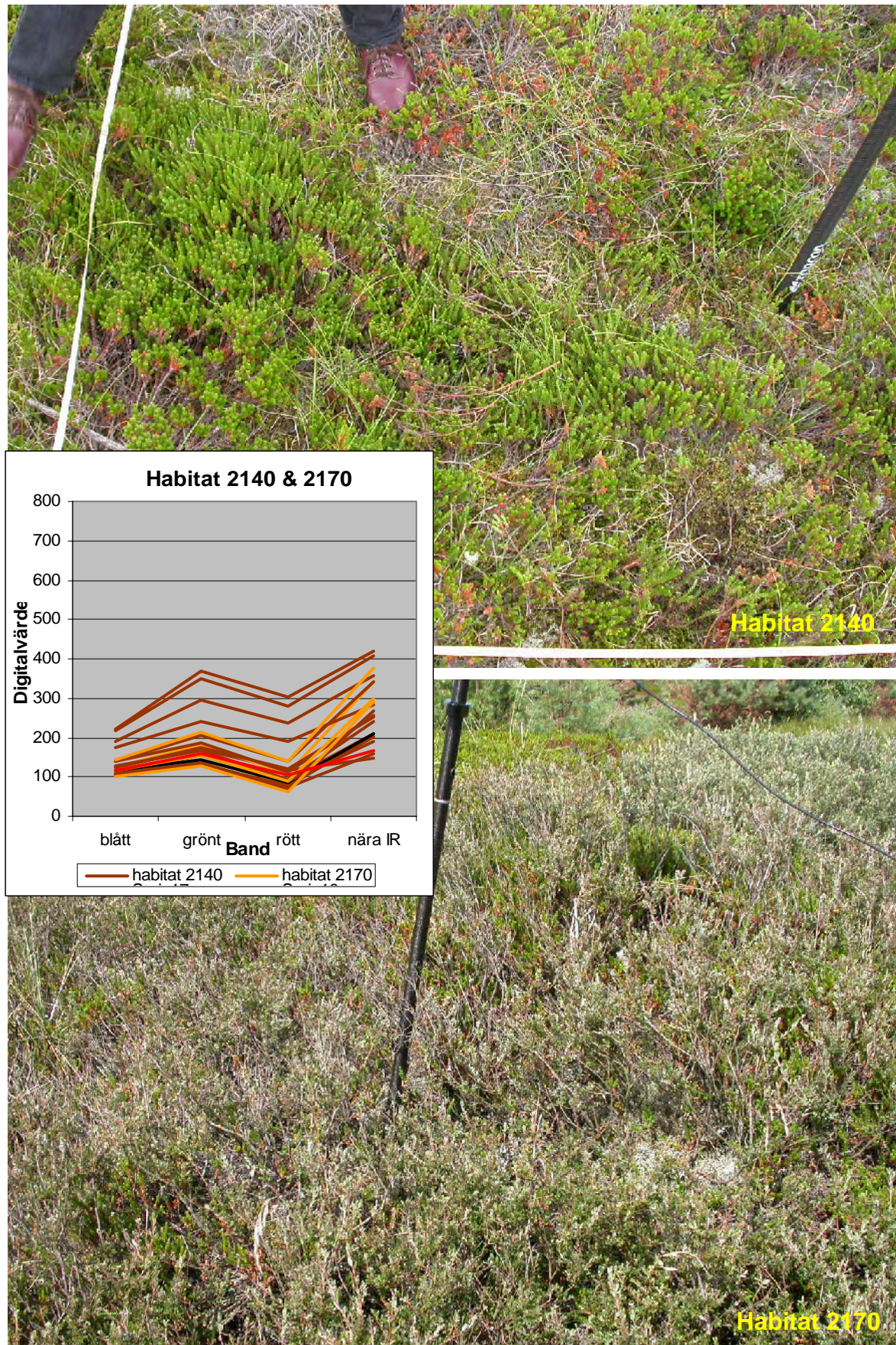
Figur 20. Jämförelse mellan habitat 2120 (mörkblå kurva, 10 % sand, 40 förna, 50 % sandrör) och habitat 2130 (orange kurva, 50 % sand, 5% grön lav, 45 % borstståtel).



Figur 21. Jämförelse mellan habitat 2130 (orange kurva, 20 % sand, 30 % förna, 30 % sandrör, 20 % borsttåtel) och habitat 2140 (brun kurva, 20 % sand, 10 % förna, 5 % kråkris, 5 % vide, 30 % borsttåtel, 30 % kruståtel).



Figur 22. Jämförelse mellan habitat 2130 (orange kurva, 50 % sandstarr, 30 förna, 30 % rödven, 20 rödsvingel) och habitat 2140 (brun kurva, 60 % kråkris, 40 % sandstarr).



Figur 23. Jämförelse mellan habitat 2140 (svart kurva, 5 % förna, 10 % mossa, 5 % vit lav, 75 % kråkris, 5 % sandstarr) och habitat 2170 (röd kurva, 30 % kråkris, 70 % sandvide).

Tabell 4. Sammanblandningsmatris som visar hur många procent av de sammanslagna träningsytorna i sammanvägda data (0,6 m upplösning) som klassats korrekt i en Maximum likelihood-klassning (rött) samt med vilka klasser sammanblandning skett. Blå rad och kolumn visar antal pixlar per klass i träningsdata respektive hur många pixlar som klassats till varje klass.

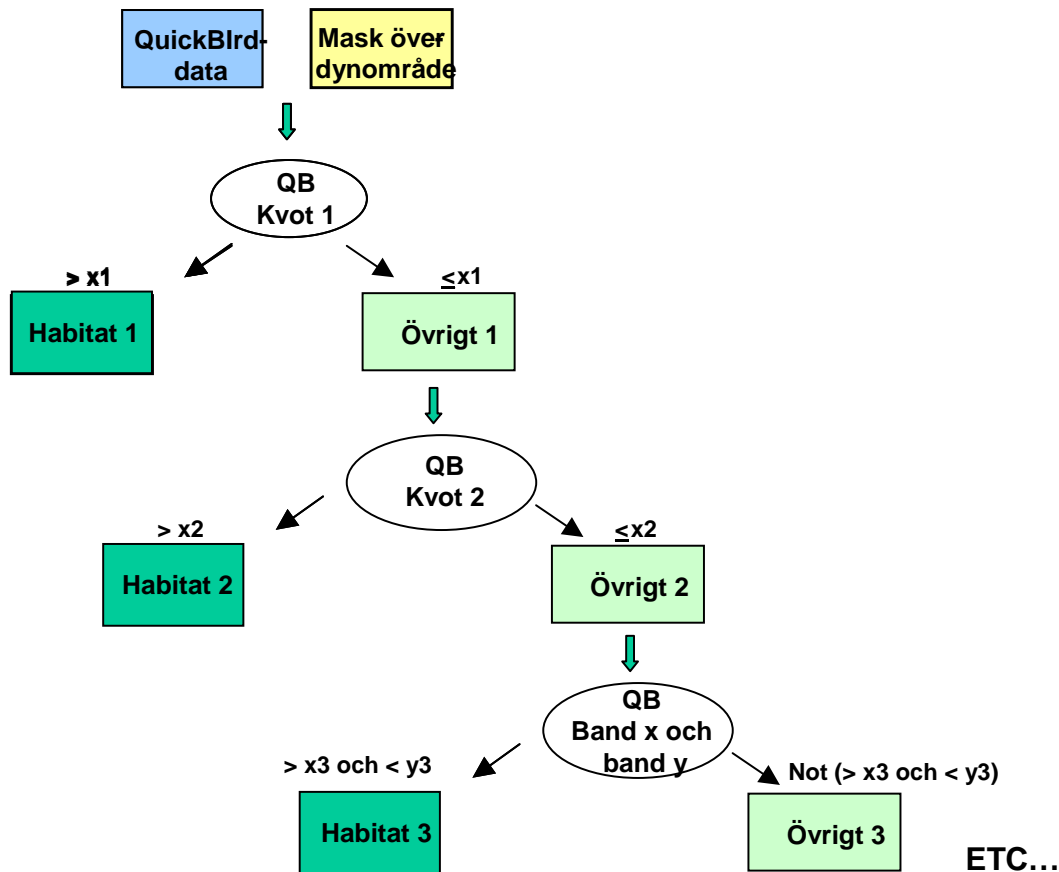
KLASS- NING (%)	REFERENSDATA (%)											Σ pixlar
	Torr sand	2120	2130	2140	2170	Vide	Björk	Al	Pors	Vresros	Tall	
Torr sand	98											253
2120	2	94	16									238
2130		6	59	9								442
2140			16	66	15		1		2		2	507
2170			2	15	72		3	12		3	1	195
Vide						100	3					18
Björk			2		3		89			3		85
Al								88				14
Pors			4	3					98			83
Vresros			1		9		4			94		48
Tall				7	1						97	369
Σ pixlar	257	138	642	578	117	16	75	16	45	30	338	2252

Tabell 5. Sammanblandningsmatris som visar hur många procent av de sammanslagna träningsytorna i multispektrala data (2,4 m upplösning) som klassats korrekt i en Maximum likelihood-klassning (rött) samt med vilka klasser sammanblandning skett. Blå rad och kolumn visar antal pixlar per klass i träningsdata respektive hur många pixlar som klassats till varje klass.

KLASS- NING (%)	REFERENSDATA (%)							Σ pixlar
	Torr sand	2120	2130	2140	2170	Vide/björk/al	Tall	
Torr sand	92	3	3					38
2120	8	84	10	3				45
2130		13	55	10				90
2140			22	55	4	6	5	96
2170			5	24	65		0	50
Vide/björk/al			5	3	18	94		30
Tall				5	13		95	51
Σ pixlar	36	30	134	115	24	44	18	400

5.3 Klassningsmetod

Den preliminära klassningsmetod som utarbetats på basis av den spektrala analysen är baserad på stegvis gränsvårdklippning i enskilda band och i kvoter mellan band enligt samma koncept som använts för klassificering av mossevegetation i högupplösande data (figur 24) (Boresjö Bronge, 2005).



Figur 24. Principskiss över preliminär klassningsmetod.

5.4 Preliminärt klassningsresultat

Figur 25 och 26 visar klassningsresultatet baserat på sammanvägda data över två delområden, Lagaåns mynning och Tönnersa, som också har kontrollerats i fält för att få en indikation om tillförlitligheten i resultatet och hur fortsatt analysarbete bör läggas upp. Slutsatserna från fältkontrollen är att resultatet är mycket lovande. Merparten av de ytor som kontrollerats är riktigt klassificerade. Dock behövs fortsatt analys för att optimera metod och anpassa definitionerna av habitaten till satellitbildstekniken. Bl a behövs mer fältdata för att kalibrera beslutsgränserna och definitionerna av de klasser som kan identifieras. Några exempel är gränsen mellan habitat 2120 och 2130 respektive 2130 och 2140.

Idag definieras t ex klass 2120 av att rörlig sand förekommer och av att dynvegetationen, förutom inslag av vissa örter, endast består av dyngräsen strandråg och sandrör (Naturvårds-

verket, 2005). Denna vegetation kan dock vara ganska tät med mycket förna (figur 27) samtidigt som habitat 2130 kan utgöras av ytor som till 95 % utgörs av sand, men då istället har förekomst av borsttåtel (figur 18). I det preliminära klassningsresultatet, som optimerats efter nuvarande definitioner av habitaterna leder detta bl a till att habitat 2130 fått en relativt stor utbredning vid Lagaåns mynning (figur 25 och 28) på bekostnad av habitat 2120. Den gula klassen, som betecknats "2120?" visade sig vara just dyner med mycket tät dyngräsvegetation och mycket förna (figur 29).

När det gäller gränsen mellan habitat 2130 och 2140 definieras den, som tidigare nämnts av förekomst av ris, vilket ger habitat 2140. Dock måste risen ha en viss täckning för att synas i satellitbilderna, vilket innebär att ytor med låg täckningsgrad (< 10 %), som t ex ytan i figur 21 kommer att klassificeras som habitat 2130. Förekommer risen dolda i tät gräsvegetation syns de inte heller. I klassningsresultatet urskiljs därför en delmängd av 2130 som är dominerad av tät gräsvegetation (orange färg). Denna delmängd kan alltså både sakna och innehålla ris. Möjligen är mycket kraftig gräsvegetation utan dyngräs ett senare successionsstadium, vilket motiverar att denna klass särskiljs.

Den negativa indikatorn vresros tycks gå att klassificera med gott resultat (figur 25 och 30). Dock sker en viss överklassificering. Bl a kunde förväxling med al noteras i Tönnersaområdet (Figur 26 och 31).

Några andra problem som identifierades var att ett område med mycket kraftig och hög-reflekterade vegetation av berggräs klassificerats som björk/al/övrig vide. Denna vegetation får dock anses som relativt otypisk för dynerna. Vidare kontrollerades några mindre ytor som klassificerats som sandvide där endast riklig förekomst av käringtand, respektive tät gräsvegetation identifierades (Figur 26 och 32-33).

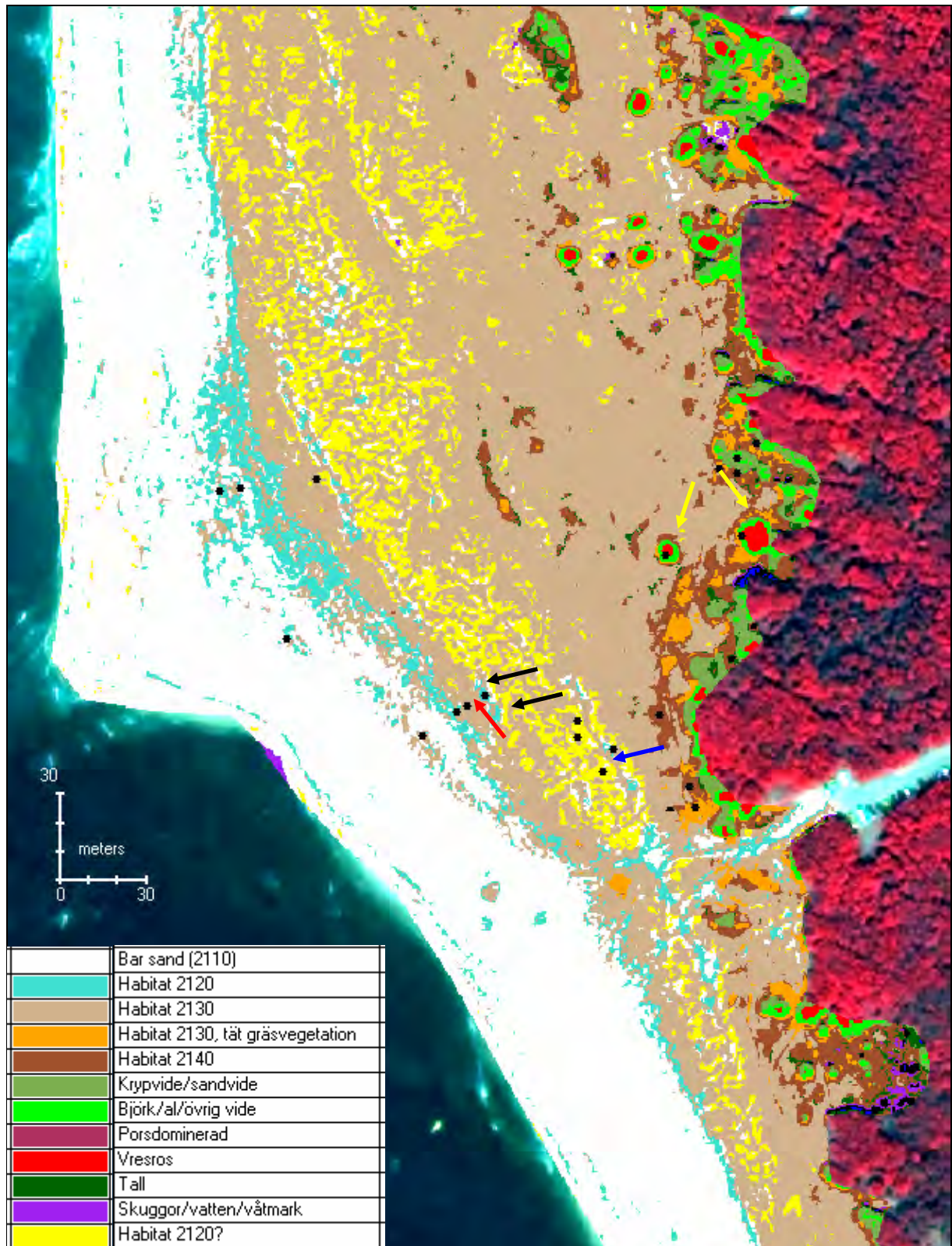
5.5 Modifierat resultat och klassificering av bar sand

Figur 35 och 36 visar det modifierade klassningsresultatet över Lagans mynning respektive Tönnersa. Habitat 2120 har nu en större utbredning vid Lagans mynning och speglar bättre de delar av dynområdet där rörlig sand präglar dynvegetationen (jämför röd och svarta pilar i figur 25 och 35). Gul klass (habitat 2120?), som tycks utgöras av mycket tät vegetation av dyngräs med mycket förna, och knappt någon bar sand (figur 29), klassificeras dock som habitat 2130 tillsvidare (jämför blå pil i figur 25 och 35). De två kontrollerade vresrosbuskagen indikeras fortfarande korrekt (gula pilar), men har fått en något mindre utbredning efter modifieringen. I Tönnersa har överklassificeringen av vresros kunnat reduceras kraftigt (jämför gula pilar i figur 26 och 36).

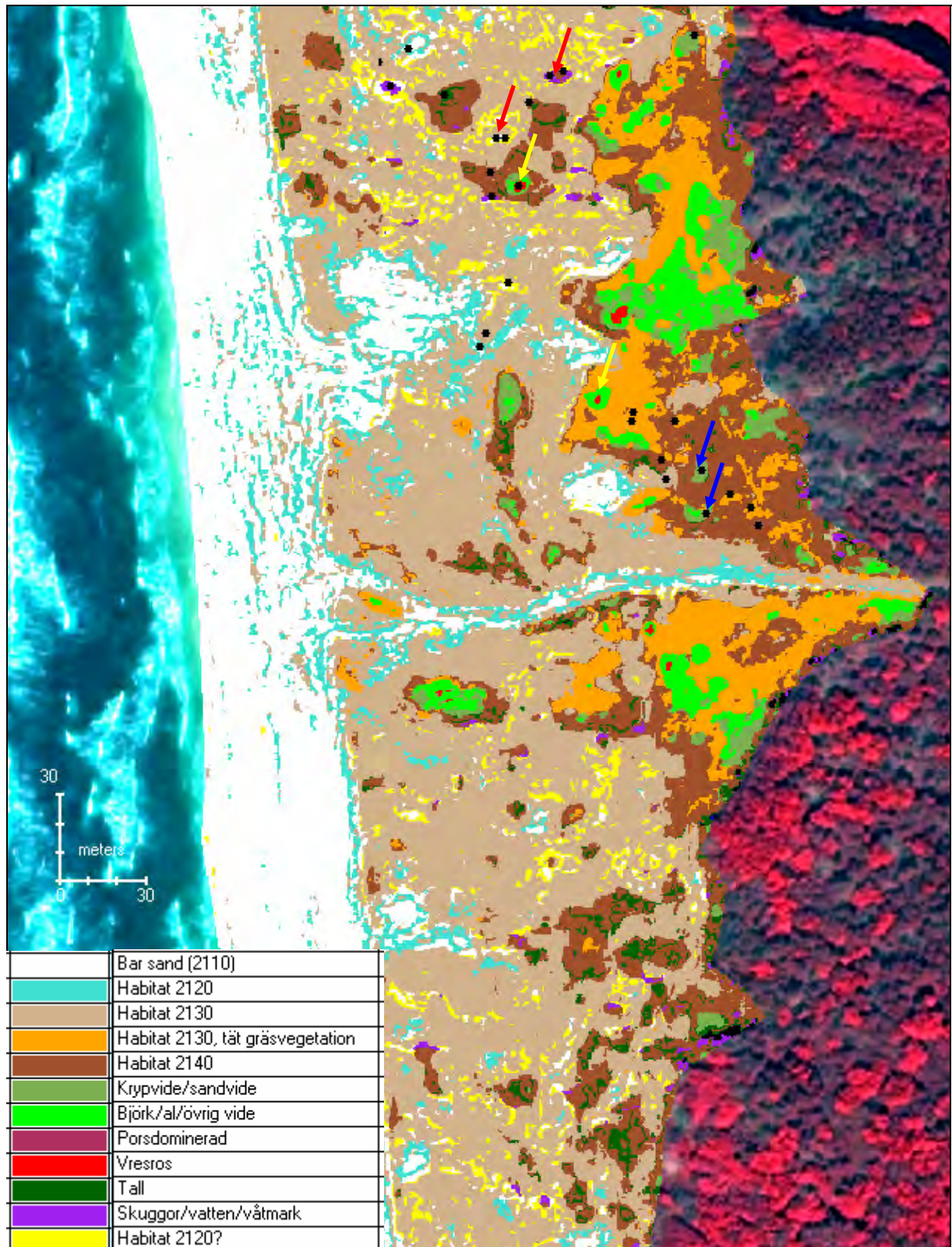
Vidare har beslutsgränserna för krypvide/sandvide justerats så att rished med stort inslag av örter som käringtand klassas som 2140 (övre blå pil i figur 26 och 36). En ny klass 2130 urskiljs också omfattande tät gräsvegetation med inslag av krypvide/sandvide. Preliminärt tycks det krävas en täckningsgrad på $\geq 90\%$ av krypvide/sandvide, för att dessa bestånd ska kunna urskiljas. Ett större fältmaterial krävs dock för att fastställa detta mer exakt.

Övriga modifieringar som är noterbara i Tönnersa omfattar också justering av tallgränsen, för att undvika sammanblandning med 2140, samt justering av beslutsgränserna för 2130 så att *Polytrichum*-dominerade områden inkluderas i klassen. I första resultatet hänfördes dessa till gul klass eller våtmarker, p g a bristande fältinformation (jämför röda pilar i figur 26 och 36).

Figur 37 och 38 visar klassificeringen av bar sand i två klasser (> 90 % bar sand respektive 60-90 % bar sand), tänkt att utgöra ett komplement till habitatsklassificeringen. Klasserna är preliminära då ett större fältmaterial krävs för en mer noggrann kalibrering av beslutsgränserna.



Figur 25. Preliminärt klassningsresultat vid Lagaåns mynning, baserat på sammanvägda data, lagt på IR-färgkomposit av satellitbilden. Svarta punkter visar var fältkontroll av resultatet gjorts. Svart pil visar var foto i figur 27 tagits, röd pil foto figur 28 och blå pil foto i figur 29. Gula pilar visar korrekt klassifierade vresrosbestånd (foto figur 30).



Figur 26. Preliminärt klassningsresultat över Tönnersa, baserat på sammanvägda data, lagt på IR-färgkomposit av satellitbilden. Svarta punkter visar var fältkontroll av resultatet gjorts. Pilar visar på områden som ej haft tillfredsställande klassningsresultat, men som åtgärdats i det modifierade resultatet (figur 36). Gula pilar visar albestånd som klassificerats som vresros (figur 31). Blå pilar visar områden som felaktigt klassificerats till sandvide (figur 32-33). Röda pilar visar "mörka" Polytrichum-dominerade områden (mossa) som klassats som våtmark eller hänförts till gul klass p g a bristande fältinformation.



Figur 27. Habitat 2120 (rörlig sand, dyngräs och mycket förna).



Figur 28. Habitat 2120 (dyngräs och rörlig sand) som klassats som 2130 p g a att 2130 enligt gällande definition kan om fatta ytor med mycket bar sand.



Figur 29. Tät vegetation av dyngräs med mycket förna och endast små fläckar av naken sand, gul klass i figur 25 (2120 ?).



Figur 30. Vresrosbestånd, en negativ indikator, som klassificerats korrekt vid Lagaåns mynning.



Figur 31. *Albestånd vid Tönnersa som klassificerats som vresros.*



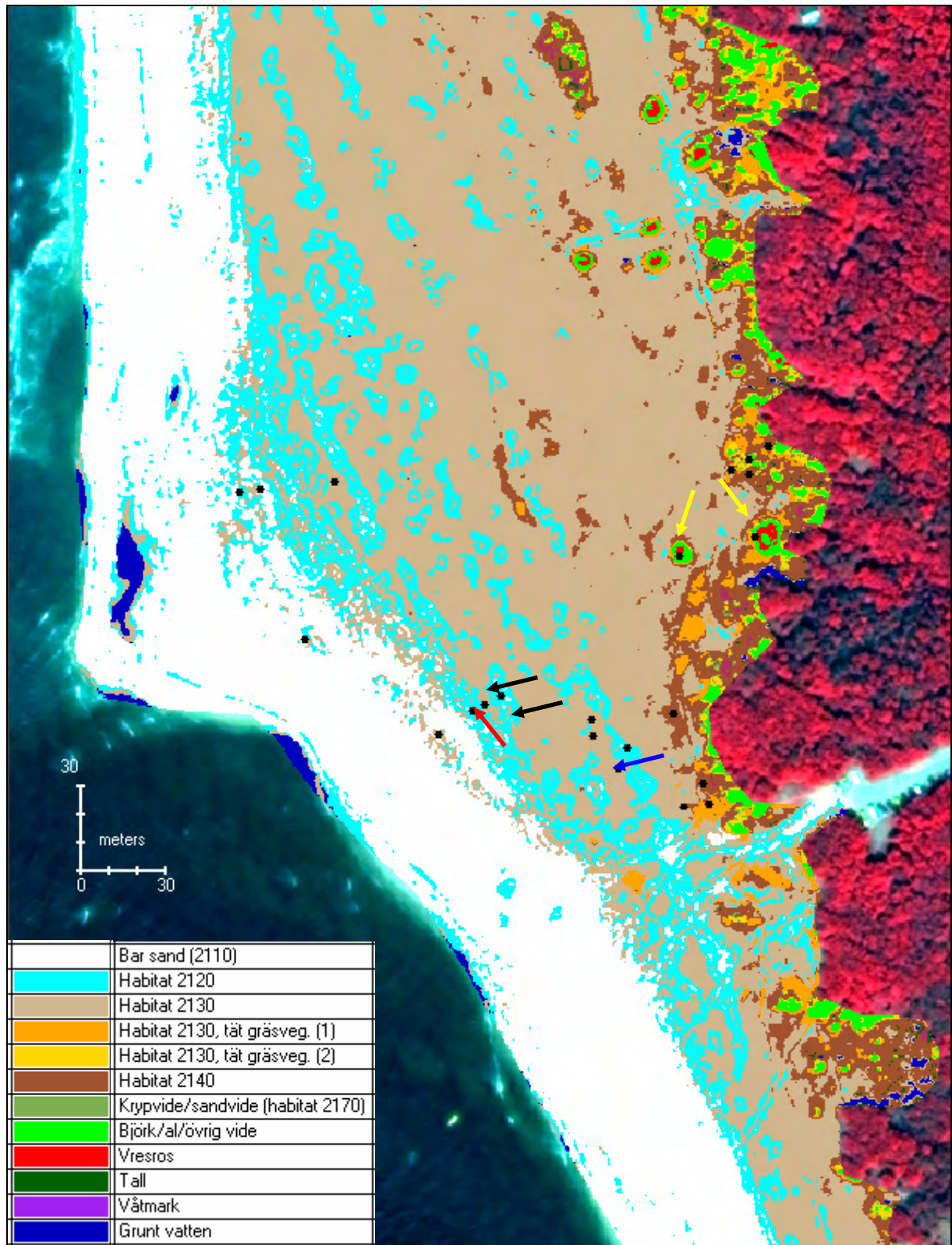
Figur 32. *Tät högreflekterande gräsvegetation med bl a rödven och ängsgröe som klassificerats som sandvide/krypvide.*



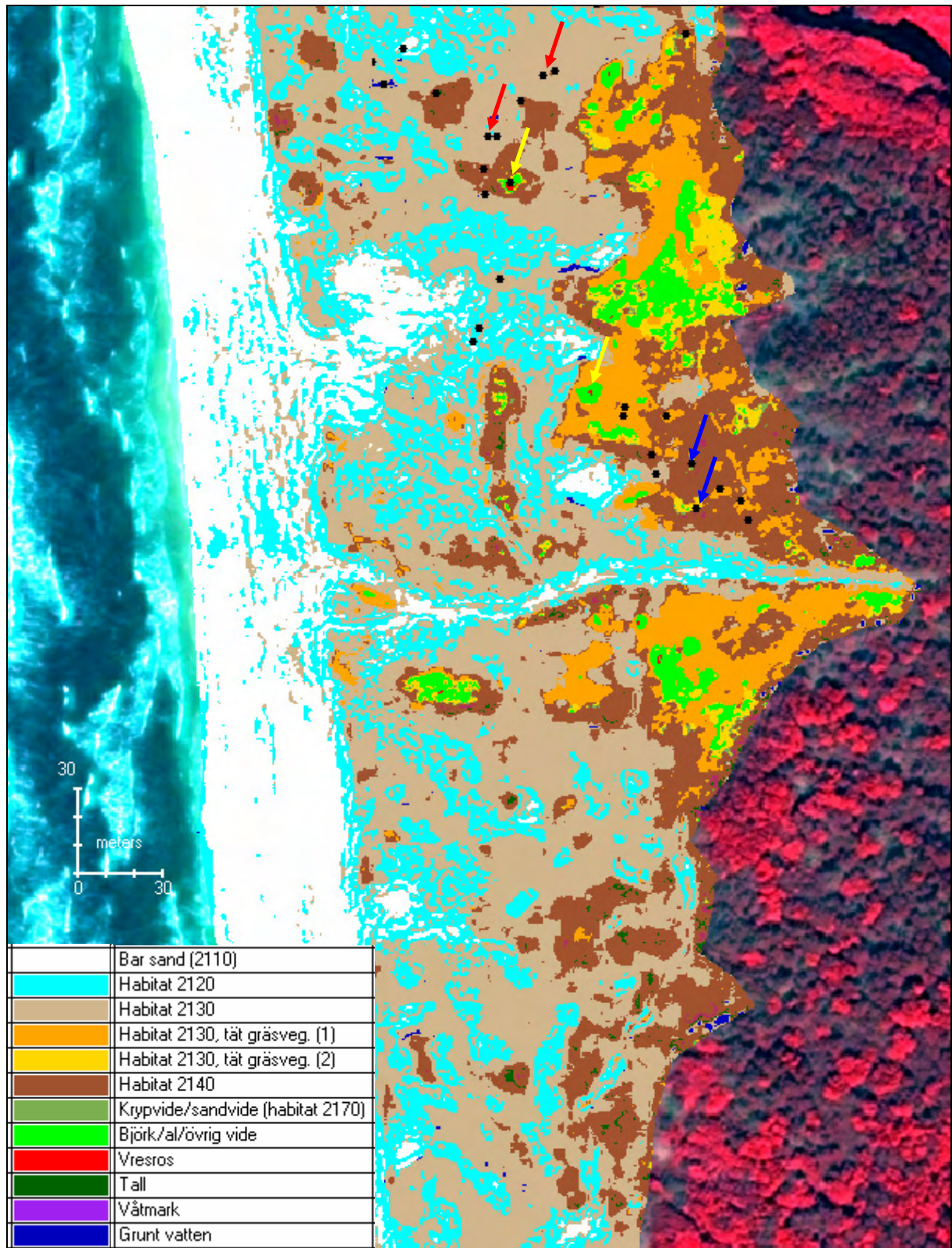
Figur 33. Habitat 2140 med 50 % inslag av käringtand, som klassificerats som sanvide/krypvide.



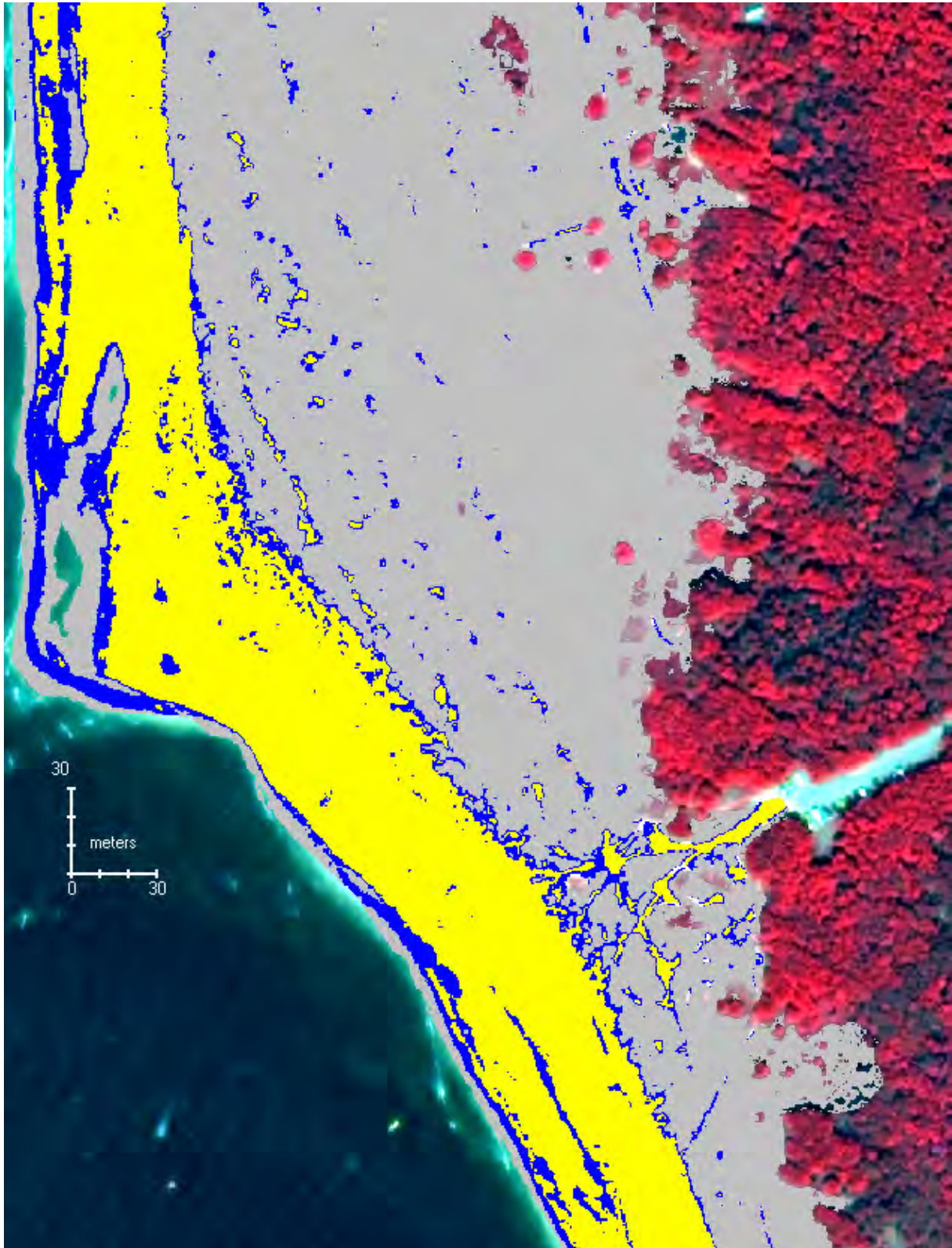
Figur 34. Habitat 2130 dominerad av Polytricum-mossa, med inslag av borsttåtel.



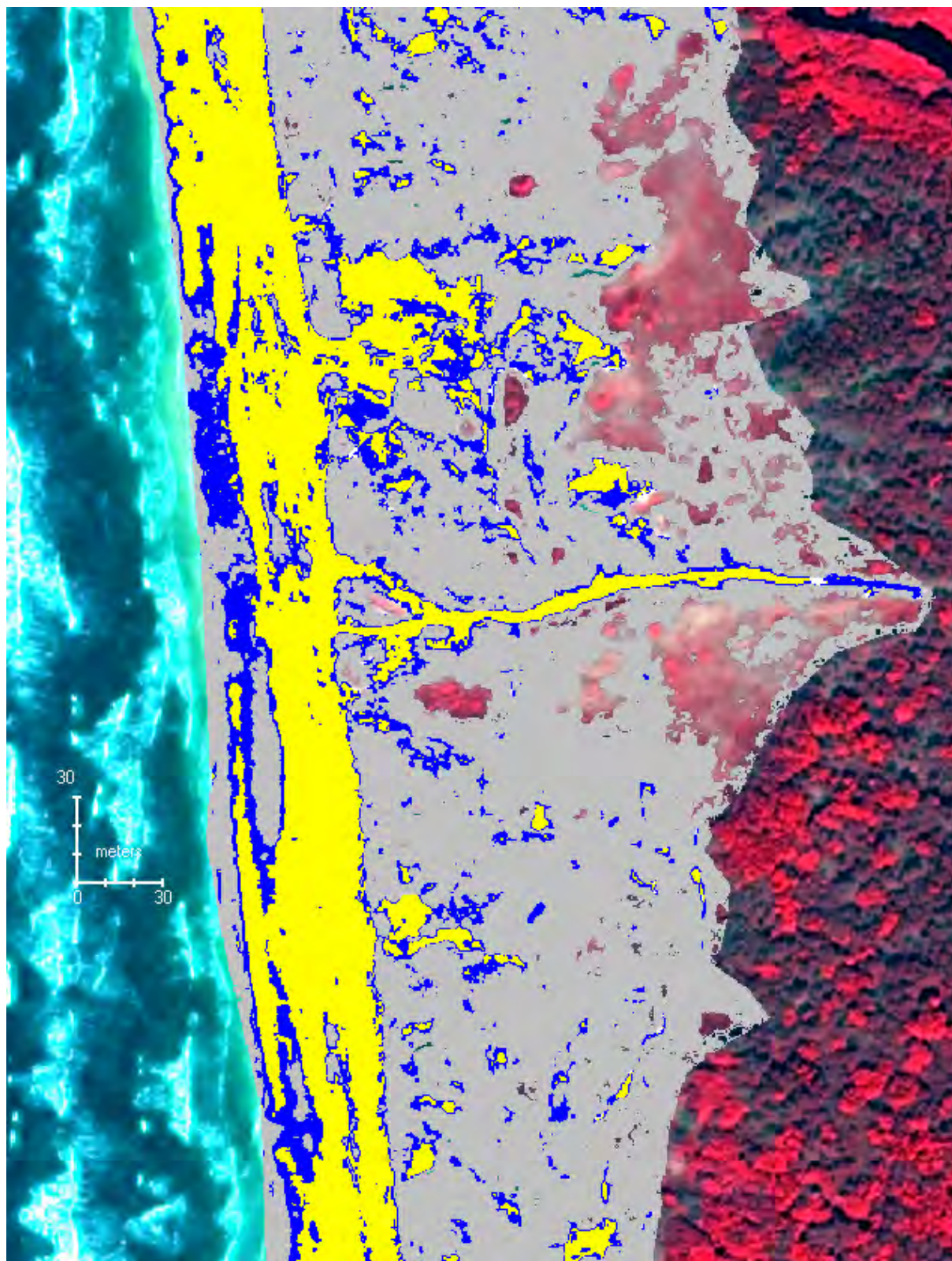
Figur 35. Modifierat preliminärt klassningsresultat vid Lagaåns mynning lagt på IR-färgkomposit av satellitbilden. Svarta punkter visar var fältkontroll av resultatet gjorts. Svart pil visar var foto i figur 27 tagits, röd pil foto figur 28 och blå pil foto i figur 29. Gula pilar visar korrekt klassifierade vresrosbestånd (foto figur 30).



Figur 36. Modifierat preliminärt klassningsresultat över Tönnersa lagt på IR-färgkomposit av satellitbilden. Svarta punkter visar var fältkontroll av resultatet gjorts. Gula pilar visar albestånd som tidigare klassificerades som vresros (figur 31). Blå pilar visar områden som tidigare klassificerats som krypvide/sandvide (figur 32-33), men nu korrekt hänförs till habitat 2140 respektive ny gräsdominerad klass. Röda pilar visar Polytrichum-dominerade områden (mossa) som nu korrekt klassas som habitat 2130.



Figur 37. Klassificering av bar sand vid Lagaåns mynning, baserad på det pankromatiska bandet, lagd på IR-färgkomposit av satellitbilden. Gult = > 90 % bar sand, blått = 60-90 % bar sand. Blått område utmed vattnet är dock blöt sand/ grunt vatten, då masken under vilken klassificeringen är gjord inte helt undantagit dessa områden. Klassificeringen är gjord under mask. (Bar sand tillåts endast i klass 2110, 2120, 2130 och 2140, med undantag för frodigare delmängder i de två senare klasserna. Dessa samt övriga klassificerade dynhabitat som ej ingår i masken syns därför som IR-färgkomposit.)



Figur 38. Klassificering av bar sand över Tönnersa, baserad på det pankromatiska bandet, lagd på IR-färgkomposit av satellitbilden. Gult = > 90 % bar sand, blått = 60-90 % bar sand. Klassificeringen är gjord under mask. (Bar sand tillåts endast i klass 2110, 2120, 2130 och 2140, med undantag för frodigare delmängder i de två senare klasserna. Dessa samt övriga klassificerade dynhabitat som ej ingår i masken syns därför som IR-färgkomposit.)

6 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

Föreliggande pilotstudie visar att QuickBird-data har stor potential för att kunna användas för övervakning av förändringar i dynområden. Dock skulle definitionerna av habitaterna behöva modifieras för att passa satellitbildstekniken. Idag är ju habitaterna definierade för att lätt kunna identifieras i fält, vilket t ex innebär att förekomst av enstaka arter indikerar gräns mellan flera av habitaterna. För att dessa arter ska vara synliga i satellitbilderna däremot krävs en viss täckningsgrad.

Genomförda analyser, baserade på de drygt 120 vegetationsytor som bedömts i fält indikerar spektrala överlapp mellan habitaterna på mellan ca 5-15 % som huvudsakligen kan hänföras till klassernas definition. T ex krävs en täckningsgrad på 10 % ris eller mer för att de ska vara synliga i bilden och pixeln därmed klassificeras som habitat 2140 istället för 2130. Ett inslag av borsttåtel i en i övrigt sanddominerad omgivning med dyngräs är inte heller möjligt att säkert detektera, vilket innebär att ytan troligen klassificeras som 2120 istället för 2130. Vidare krävs troligtvis upp mot 90 % täckningsgrad av krypvide/sandvide för att habitat 2170 säkert ska kunna identifieras.

Vår rekommendation är därför att fortsätta analyser görs för att kalibrera beslutsgränserna för de klasser/habitat som kan särskiljas och för att få ett bättre underlag för en revision av definitionerna av habitaterna så att de blir optimerade för satellitbildsanalys. Klassificering av enbart multispektrala data (2.4 m upplösning) och jämförelse av resultat med 0.6 m upplösning bör också göras då dessa data till skillnad från de sammanvägda kan reflektanskalibreras och därmed jämföras med andra scener.

Satellitbildsanalys har stora fördelar gentemot den markbaserade övervakning som tillämpas idag. Denna görs utefter slumpvis utlagda transekter och är mycket tidskrävande. Bedömningen är att man i ett stickprov om 30 transekter kan detektera förändringar på objektsnivå (Natura 2000-objekt) för de dominerande habitattyperna på mellan ca 5 och 35 %. För att eventuella förändringar i habitat som har en liten utbredning ska kunna upptäckas krävs antingen många transekter eller att förändringarna är stora.

Satellitbildsanalysen ger ett heltäckande resultat över stora arealer och kan också direkt användas som planeringsunderlag för eventuella åtgärder för att bibehålla gynnsam bevarandestatus.

Vi rekommenderar att följande analyser och arbeten genomförs för att omsätta de positiva resultat vi nu har till en fungerande operationell metod:

- Fortsatt insamling av fältdata för att få ett bättre och heltäckande underlag för finjustering av metod och satellitbildsanpassad definition av habitaterna. Fokus bör läggas på de gränssnitt mellan klasserna där spektrala överlapp indikerats som t.ex. mellan 2130 - 2140 och 2140-2170. Detta så att definitionerna av habitaterna kan finjusteras och anpassas till bildanalysmetoden. Detta måste förstås ske så att de inte avviker från de ursprungliga definitionerna från EU.
- Klassificering av öppna dynhabitat och utvärdering av resultat (både sammanvägda data och multispektrala data). Klassificering och utvärdering av bar sand. Utvärderingen görs förslagsvis både genom bedömning av utslumpade ytor och genom bedömning utefter utlagda transekter. Vid bedömning utefter transekterna görs också en klassificering enligt nu gällande definitioner och metodik så att en jämförelse av resultat kan göras mellan satellitbildsmetoden och den fältbaserade.

- Klassificering av en ny QuickBird-scen inom optimal registreringstidpunkt (juni) för att analysera metodens upprepbarhet och därmed också med vilken noggrannhet eventuella förändringar skulle kunna detekteras.
- Önskvärt vore också att klassificera en QuickBird-bild från senare delen av juli-augusti (ej optimal tidpunkt) för att analysera fenologins betydelse för resultatet.

Referenser

- Boresjö Bronge, L., 2005: Mycket högupplösande satellitdata för upptäckt av långsiktiga vegetationsförändringar på öppna mossar. Statusrapport. SwedPower, 52 s.
- Boresjö Bronge, L., och Näslund-Landenmark, B., 2002: Wetland classification for Swedish CORINE Land Cover adopting a semi-automatic interactive approach. *Canadian Journal of Remote Sensing*, vol 28, No 2, s 139-155.
- Bengtson, O., 2003: Miljöövervakning av sanddynsmiljöer i Skåne och Halland med hjälp av flygbildstolkning – en metodstudie. *Länsstyrelsen Halland Meddelande* 2004:3.
- Flodin, L. Å. 2000. Övervakning av halländska dynhedar. I *Miljöövervakning i Hallands län 1999*. Länsstyrelsen Halland meddelande 2000:17, sid. 28-32.
- Haglund, A. 2003. Parametrar och uppföljning av Natura 2000.
- Hurford, C. & Perry, K. 2000. Habitat monitoring for conservation management and reporting. 1: Case Studies. Countryside Council for Wales.
- Larsson, K. 2002. Övervakning av kustnära sanddyner. Litteraturstudie och förslag till övervakningsprogram. *Miljöenheten Skåne i utveckling* 2002:11.
- Naturvårdsverket, 1997: Svenska naturtyper i det europeiska nätverket Natura 2000. Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket, 2005: Manual för inventering av sanddynshabitat i basinventeringen. Version 5.
- Norrman, J. O., Peterson, A. & Peterson, T. 1974: Dynmorfologiska undersökningar i södra Halland. Statens Naturvårdsverk SNV PM 500.

Omslagets baksida: Vresros är en negativ indikator i dyner som kan identifieras i satellitbilder.
Foto: Lars-Åke Flodin



LÄNSSTYRELSEN
HALLANDS LÄN