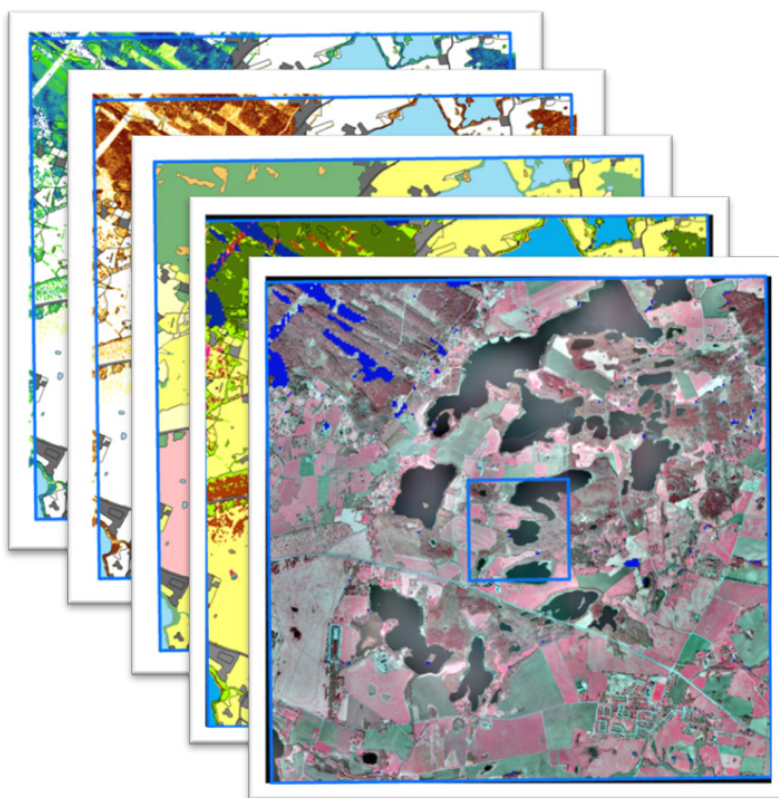


Metodutveckling för datainsamling i NILS landskapsruta

Skattningar med laserdata och optiska satellitbilder



**Nils Lindgren, Björn Nilsson, Anna Allard, Marianne Åkerholm,
Pernilla Christensen och Håkan Olsson**

Arbetsrapport 429 2014

Referera gärna till rapporten på följande sätt: Lindgren, N., Nilsson, B., Allard, A., Åkerholm, M., Christensen, P. & Olsson, H. (2014). *Metodutveckling för datainsamling i NILS landskapsruta -Skattningar med laserdata och optiska satellitbilder*. Umeå: SLU (Arbetsrapport 429 2014)

Omslagsfoto: Olika lager med skattningar i NILS 5 km ruta (bakifrån): Krontäckningslager, Grundytvägd medelhöjd, Markslagstolkning, Vegetationsklassning och förändringsanalys med ortofoto som bakgrund
Kontakt: Nils Lindgren, nils.lindgren@slu.se
www.slu.se/

Metodutveckling för datainsamling i NILS landskapsruta

Skattningar med laserdata och optiska satellitbilder

**Nils Lindgren, Björn Nilsson, Anna Allard, Marianne Åkerholm,
Pernilla Christensen och Håkan Olsson**

Nyckelord: NILS 5 km ruta, laserskanning, satellitbilder, vegetationsklassning, markslag,
krontäckning

Arbetsrapport 429 2014

Innehåll

Förord.....	1
Sammanfattning	2
1 Inledning	3
1.1 Bakgrund	4
1.1.1 Tillgängliga fjärranalysdata	4
1.1.2 Lämpliga variabler att skatta.....	5
2 Material och metoder	6
2.1 Tolkning av markslag.....	6
2.2 Förbehandling av fjärranalysdata	6
2.3 Översikt av analyser med olika referensdata.....	7
2.4 Skattningar med tolkade referensdata	8
2.4.1 NILS 1-km ruta	8
2.4.2 Skattningar med speciellt tolkade data.....	8
2.5 Skattningar med fältinventerade data som referens.....	18
2.5.1 Studieområde för klassning över flera NILS-rutor.	19
2.5.2 Förbehandling av data	20
2.5.3 Metod och resultat för projektets variabler med fältdata som referens.....	21
2.6 Diskussion och slutsatser	40
2.6.1 Arbetstid per ruta	42
2.6.2 Alternativa datakällor.....	43
2.6.3 Utvecklingsmöjligheter och framtiden i projektet	44
2.6.4 Slutsatser och rekommenderad metod.....	44
2.7 Övriga resultat.....	45
Referenser	46
Bilaga 1. Holmgrens et al. (2008) krontäckning jämfört med tolkad och beräknad krontäckning.....	48
Bilaga 2. Klassningsschema för projektet.....	50
Klassningsschema i syfte att undersöka egenskaper hos NILS tolkade klasser.....	50
Föreslaget klassningsschema vid slutet av projektet.....	50
Bilaga 3. Fastighetskartan som grund för avgränsning av Markslagsklasser	51

Förord

Detta arbete har finansierats av Rymdstyrelsens användarprogram, Rymdstyrelsens diarienummer 220/12 och titel ”SACCESS data for the National Inventory of Landscapes (NILS)”, samt av Nationell Inventering av Landskapet i Sverige (NILS). NILS är en stickprovsbaserad landskapsinventering som utförs av Institutionen för Skoglig Resurshushållning vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) i Umeå på uppdrag av Naturvårdsverket. Det mesta bildanalysarbetet har utförts av Nils Lindgren vid institutionens fjärranalysavdelning. I denna rapport redovisas möjligheter och begränsningar då det gäller datorstödd kartering av NILS 5*5 km ruta med satellitbilder från SACCESS databasen och laserskannerdata från Lantmäteriets nationella laserskanning. I ett kompletterande arbete kommer även möjligheten att byta ut laserskannerdata mot ytmodeller från digitala flygbilder att undersökas.

Umeå i oktober 2014

Håkan Olsson

Pernilla Christensen

Sammanfattning

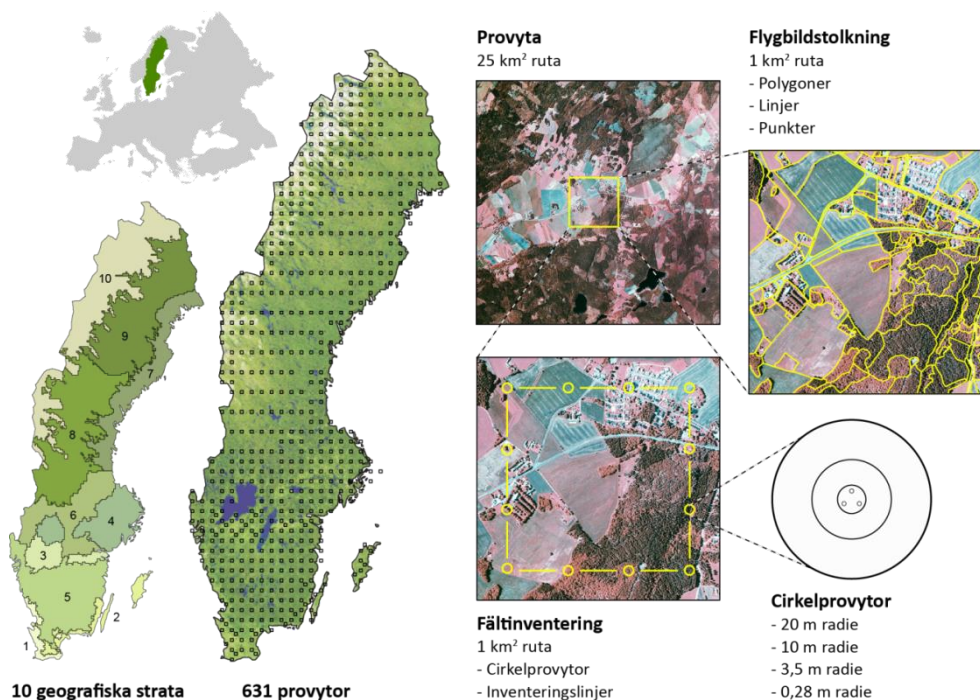
NILS är en stickprovsbaserad inventering som syftar till att producera information om miljön i Sverige. Resultaten används bland annat för nationell statistik och internationell rapportering liksom för forskning. Inventeringen baseras på återkommande inventering av 631 systematiskt utlagda samplingsenheter eller ”rutor” där varje ruta består av: en 1 km stor ruta som tolkas i detalj i IR-flygbilder, 12 provytor som besöks i fält, samt en 5 * 5 km stor ruta som skall ge information om omgivande landskap. Projektet har haft som syfte att undersöka möjligheter för att kartera NILS 5 km ruta med automatiska metoder som kan utföras med en begränsad tidståtgång.

I denna rapport rapporteras försök med att använda optiska satellitdata från Landsat TM och SPOT HRG sensorerna, samt laserskannerdata från lantmäteriets nationella skanning för en ny nationell höjdmmodell (NH). Viss förhandstolkning av ägoslagsgränser har gjorts i fotogrammetrisk arbetsstation. För att minska mängden manuellt arbete har möjligheterna att använda referensdata från NILS inventeringens fältytor eller 1 km ruta, samt från Riksskogstaxeringen också undersökts. De väsentligaste resultaten redovisas nedan:

- Krontäckning och trädvegetationens höjd kan skattas från laserdata om referensdata beräknas från Riksskogstaxeringens klavträd, eller bedöms i fotogrammetrisk arbetsstation; däremot så var Riksskogstaxeringens fältbedömda krontäckningar inte lika bra referensdata.
- Busktäckning kunde inte skattas med laserskannerdata från Lantmäteriets nationella laserskanning, men har kunnat skattas i andra studier som gjorts med mera specialiserade skanningar,
- De referensytor som täcker en satellitregistrering sammanfaller i regel endast delvis med de referensytor som täcker lämpliga laserskannerdata för samma skattningsområde, ett stratifierat arbetssätt är därför att föredra. Lantmäteriets laserskanning i kombination med referensdata från Riksskogstaxeringen lämpade sig därvid väl för att dela in landskapet i öppna och trädäckta marker (i detta projekt definierades trädäckta områden som områden med mer än 10% krontäckning och mer än 3 m trädhöjd).
- Inom trädäckta områden kan en klassning i grova trädslagsklasser göras från kombinationen av satellitbilder och Riksskogstaxeringens ytor.
- För det öppna landskapet undersöktes om befintliga fälldata kunde användas för en grov markvegetationsklassning, men datamaterialet, både från NILS och Riksskogstaxeringen, blev för litet. Flygbildstolkningen från NILS 1 km ruta var inte heller lämplig för detta ändamål. Istället kan en speciell flygbildstolkning användas, där ytor subjektivt väljs speciellt för denna klassning. Ett klassningsschema utvecklades, där ett antal grova klasser blev slutresultatet.

1 Inledning

Nationell Inventering av Landskapet i Sverige, NILS, är ett miljöövervakningsprogram, i huvudsak utformat för övervakning av naturmiljöns utveckling inklusive uppföljning av delar av de nationella miljömålen. Institutionen för skoglig resurs-hushållning vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) i Umeå genomför NILS inventeringen och Naturvårdsverket är huvudfinansiär inom ramen för den nationella miljöövervakningen. NILS är baserad på ett stickprov om 631 rutor på terrestra habitat i Sverige, där flygbildstolkning kombineras med fältdata i syfte att svara på frågor om landskapets förändring och potential för biodiversitet. En 1*1 km stor ruta tolkas noggrant och indelas i polygoner, inom vilka man sätter värden för fält-skikt, buskskikt, trädskikt, markanvändning mm. Inom 1*1 km rutan inventeras även 12 provvytor i fält. I NILS design ingår även en 5*5 km ruta runt 1 km rutan i syfte att kunna studera hur olika element i landskapet förhåller sig till varandra (figur 1)(Ståhl, Allard et al. 2011). I 5 km rutan genomförs även olika tilläggsinventeringar så som häckfågeltaxeringen, vilka har nytta av information om landskapets sammansättning omkring artobservationer (Christensen 2012).



Figur 1 NILS design, i varje samplingsenhet eller "ruta" samlas data på olika skalnivåer. En 1*1 km stor ruta flygbildstolkas i detalj, och inuti den fältbesöks 12 provvytor och 12 inventeringslinjer. En yttre 5*5 km ruta skall bidra med information om det omgivande landskapet. Olika samplingsstätheter används i 10 olika strata

Eftersom 5 km rutan har en 25 gånger större areal än 1 km rutan behövs andra tekniker än i 1 km rutan för att samla in data. Därför är användbarheten av fjärranalys-skattningar med optiska satellitbilsdata i kombination med laserdata från den pågående nationella laserskanningen (Lantmäteriet 2014) intressant att undersöka. Målet är att kunna bidra till att automatisera en del moment som är arbetskrävande

från tolkningen. Den nationella laserskanningen har dock som huvudsyfte att samla data för en ny nationell höjddatabas och kommer inte att upprepas som det ser ut i dagsläget. Därför är det också av intresse att undersöka möjligheten att hålla fjärranalysskattningarna uppdaterade med hjälp av punktmoln från digitalfotogrammetri (Bohlin, Wallerman & Fransson, 2012).

Denna rapport sammanfattar resultaten av de analyser som gjorts med laserdata och satellitbilder. Kvar i projektet återstår att undersöka möjligheterna med skattningar baserade på punktmoln från digital bildmatchning.

1.1 Bakgrund

1.1.1 Tillgängliga fjärranalysdata

Den nationella laserskanning som nu genomförs har som primärt syfte att skaffa fram data för en ny nationell höjddatabas. Data från skanningen är dessutom användbar till att skatta skogliga variabler (Olsson et al., 2014) och till att stärka vegetationsklassning med (Reese et al., 2014). Laserskanningen är gjord i block om cirka 25 * 50 km. Inom ett block används en skannertyp, men det kan vara skannat vid flera tillfällen och då även vid olika årstider. Tätheten skall vara minst 0,5 punkter per kvadratmeter (Lantmäteriet, 2014a).

Laserskanning går ut på att skicka laserpulser från en plattform vars position man känner väl och sedan mäta tiden det tar att träffa något som reflekterar det utsända ljuset tillbaka till en sensor. Därifrån räknas avståndet till det man träffade ut och med hjälp av vinkeln man skickade ut laserstrålen i kan positionen på reflektionspunkten beräknas. Laserskannern skickar ut tusentals pulser per sekund vilket bildar ett moln av punkter. Laserpunktmolnet kan sedan bearbetas på olika sätt via datorprogram. De lägsta punkterna klassas som markträffar och binds ihop till en markmodell. Därefter kan höjden över markmodellen beräknas för de punkter som reflekterats från vegetationen. I täta laserdata (betydligt tätare än de från den nationella laserskanningen) kan enskilda träd identifieras, men i glesare används den så kallade areametoden då vegetationsdata ska skattas från laserdata. Då man använder areametoden beräknas lasermått över en area. Måtten bygger på fördelningen av punkterna som faller inom en pixel eller en provytas area. Vanliga mått att beräkna är höjdpercentiler och vegetationskvoter. Höjdpercentiler är höjden under vilken en viss procent av punkterna inom pixeln/provytan finns. Percentil 90 är t.ex. den höjd över marken som omfattar 90 % av returerna ovan markmodellen. Vegetationskvoter är kvoten mellan antalet punkter över ett gränsvärde i höjden över markmodellen och det totala antalet punkter. Vegetationskvoten beskriver hur tätt det man träffat på ytan står (Nordkvist & Olsson et al., 2013)

Årstiden spelar roll vid laserskanning eftersom man då lövträden är avlövad får relativt sett mer träffar på marken. Eftersom skanningen syftar till att mäta på marken har södra Sverige skannats avlövat om det varit möjligt. Vilken skanner som används påverkar även de lasermått som används vid vegetationsuppskattning,

bland annat genom att olika skannrar registrerar olika nedträngning i kronorna. Vid skattning med lasermått vill man att lasermåtten inom området med referensdata skall vara registrerade och beräknade med likartade instrument, årstider och metoder som i området man skall skatta.

Årliga, geometriskt precisionskorrigerade, satellitbilder finns fritt tillgängliga i SACCESS databasen (Lantmäteriet, 2014b). De satellitbilder som köpts in under de år som den nationella laserskanningen pågått har främst varit SPOT 5. SPOT 5 bilder från HRG sensorn har en pixelstorlek på 10 meter och har 4 band: grönt, rött, när-infrarött (near infrared, NIR) och kortvågig infraröd (short-wave infrared, SWIR). Varje scen täcker ett 60*60 km stort område.

Under projektets gång har ytterligare en satellit skjutits upp, nämligen Landsat 8, som erbjuder fritt tillgängliga bilder med 185 * 185 km stora scener. SACCESS har även lagt upp precisionskorrigerade Landsat bilder. Landsat 8 har fler band att tillgå, bland annat ett blått band, ett till SWIR band och två band i syfte att detektera atmosfäriska störningar och moln. Banden har upplösningen 30 meter. Utöver dessa finns ett pankromatiskt band på 15 meter, och dessutom två band i det termiskt infraröda spektrat med 100 meter upplösning.

1.1.2 Lämpliga variabler att skatta

Lämpliga variabler av intresse för NILS inventeringen som bör kunna skattas automatiskt är, baserat på resultat av tidigare forskning, höjd och krontäckning i trädskiktet från laser (Nyström et al., 2012). Höjdinformationen i laserdatat kan förväntas vara speciellt stark, och antalet laserskott som träffar i kronor kan förväntas vara ett bra mått på krontäkningsgrad.

Höjd definieras i NILS som grundtyevägd medelhöjd. Krontäckning och busktäckning definieras som diffus täckning, det vill säga områden inom kronans ytterkanter räknas som täckta även om det finns hål i kronan.

Med kombinationen av laser och satellitdata kan trädslag samt grova vegetationsklasser klassas. Tidigare forskning (Reese et al., 2014) visar på att kombinationen av färg och höjdinformation bl.a. ökar noggrannheten för klassera som utgörs av buskar och småträd. Framförallt noggrannheten i klasser som definieras av sin höjd väntas stärkas av att addera laserdata till traditionell klassning med optiska satellitbilsdata (Nordkvist et al, 2012). Satellitbilden bör också kunna användas för att dela in den öppna marken i ett antal klasser.

Den nationella laserskanningen har pågått sedan år 2009. Landskapet i framförallt södra Sverige är mycket föränderligt vilket gör att laserdatat blir utdaterat till exempel på grund av att skogen som skannats avverkats. För att få datat att hålla kvalitet lite längre har förändringsanalys med optiska satellitbilder kunna användas för att detektera bland annat hyggen och stormfällningar. En sådan kartering görs också årligen av Skogsstyrelsen.

Formatet 5*5 km gör det möjligt att ha ett visst inslag av manuell tolkning. Ett parallellt utvecklingsarbete har varit att ta fram så kallade markslag på en lämplig nivå för 5 km rutan. Markslag är en kategorisering av landskapet på en grov nivå till exempel tätorter, jordbruksmark, betesmark och semiakvatisk mark. Detta är ett sätt att manuellt dela in landskapet i kategorier som i de flesta fallen inte kan karteras automatiskt med den information som finns i laserdata eller satellitbilder, utan måste tolkas (se bilaga 3).

De rasterskikt och polygonlager som bör vara lämpliga att producera är således:

- Markslagspolygoner (från flygbildstolkning)
- Trädhöjdsraster (från laserdata)
- Krontäckningsraster (från laserdata)
- Trädslagsraster (från satellitbilder)
- Klassning av markvegetation för öppna marker (från satellitbilder)
- Hyggeskartering (från multitemporala satellitbilder)

2 Material och metoder

2.1 Tolkning av markslag

Tolkning av markslag testades i ett antal rutor. För en utförligare beskrivning se bilaga 3. Beroende på den stora arealen användes fastighetskartans polygoner som utgångspunkt, i syfte att spara tid. Beroende på ambitionsnivå kan man tänka sig olika grader av hur mycket man ska ”förbättra” informationen i kartan. En arbetsinsats på cirka 2 dagar per ruta ger en avgränsning av jordbruksmarken som har liknande kvalitet som 1 km rutan.

Markslagen har visat sig ha ett stort värde vid de automatiska skattningarna. Att med markslag kunna ta bort bebyggd mark från krontäcknings och höjdskattningsarna är t.ex. därför mycket värdefullt. Att kunna använda tolkningen av markslagen för att skilja ut åker eftersom den förändras snabbt och därför är svår att klassa är också angeläget.

2.2 Förbehandling av fjärranalysdata

Laserdatat har normaliserats med Lantmäteriets markmodell (Lantmäteriet, 2014a) och överlapp mellan stråk tagits bort med kod som utvecklats på fjärranalys avdelningen för andra projekt (Olsson et al., 2014). Lasermått har sedan beräknats med FUSION (McGaughey, 2014) som är en gratis programvara.

Geometrisk korrigerade bilder från SPOT 5 och Landsat 8 satelliterna har laddats ned från SACCESS (Lantmäteriet, 2014b). Både SPOT 5 och Landsat 8 bilder har använts.

2.3 Översikt av analyser med olika referensdata

Det är relativt givet vilka fjärranalysdata som finns tillgängliga, men referensdata kan skaffas på flera sätt. En stor del av tidsåtgången vid skattningarna är att samla just referensdata, speciellt om nya data måste skaffas speciellt för dessa skattningar. Att hitta ett bra referensdata som ger en produkt anpassad till NILS behov har varit därför utgjort en stor del av projektet.

Referensdatat skall innehålla information för de skattningar som skall göras i projektet d.v.s. grundytavägd höjd, krontäckning, trädslag, markvegetation och gärna även åtgärder framförallt slutavverkning. Det är dessutom viktigt att insamlingen av referensdata inte blir för tidskrävande.

De olika analyserna som gjordes var:

- **Skattningar med tolkade referensdata:**
 - Till att börja med testades att använda NILS ordinarie tolkning i 1 km rutan som referens, eftersom det är befintliga data. Datat användes för skattningar av alla variabler i projektet (se sida 6).
 - I ett andra försök testades flygbildstolkning av systematiskt utlagda provytor.
 - Eftersom sällsynt klasser blev dåligt representerade med systematisk sampling av referensytor, så testades även tolkning av subjektivt utvalda referensytor.
- **Fältinventerade data som referens:**
 - Fältdata finns tillgängligt från främst NILS och Riksskogstaxeringen. Ytorna undersöktes för skattningar av höjd, krontäckning, trädslag och markvegetation.
 - Eftersom krontäckning bedöms subjektivt vid fältinventering och det finns risk att datat har varierande kvalitet testades även användning av beräknad krontäckning baserad på stamdiametrarna på träden mätta på Riksskogstaxeringens ytor. Den beräknade krontäckningen testades som referens för laserskattningar av krontäckning,

Nedanstående rubriker går igenom de olika testerna var för sig och redovisar resultaten.

2.4 Skattningar med tolkade referensdata

2.4.1 NILS 1-km ruta

Polygonerna i NILS 1 km ruta undersöktes som möjligt referensdata. En segmentering baserat på satellitbilder och laserdata gjordes av 5 km rutan, där segmentens storlek gjordes så att det motsvarade den ungefärliga storleken som de tolkade polygonerna i 1 km rutan hade. Detta för att spegla heterogeniteten i det lokala landskapet, och för att sedan göra skattningar av segmenten vilka då har en area som går att jämföra med träningsdatats. Sedan beräknades medelvärden av färgen i de respektive banden från satellitbilden inom dels segmenten och dels de tolkade polygonerna. Lasermått beräknades för segmenten och polygonerna genom att klippa laserpunktmolnet med dem och beräkna måtten på dessa delar av punktmolnet. Sedan användes polygonerna som träningsdata för att klassa segmenten i löv och barrskog samt till att beräkna regressions samband med tolkad höjd och krontäckning.

Att skatta höjd segmentsvis fungerade relativt väl, med ett medelfel inom regressionen på cirka 2 meter. Tätheten stämde även relativt väl, men det blev tydligt att de tolkade polygonerna är för heterogena för att användas som referens vid automatiserad klassning. Stora variationer i färg och lasermått finns inom en och samma polygon. Polygonerna avgränsas efter ett antal variabler till exempel markanvändning. En polygon har en minsta karteringsenhet och kan därmed innehålla mer än en typ av vegetation (Allard et al., 2007). Stor variation i fjärranalysdata inom en polygon är därför helt i sin ordning. Dock verkar medelvärdet eller medianvärdet av färginformationen inom en polygon inte tillräckligt tydligt beskriva en klass för att vara lämpligt som träningsdata för en klassning. NILS 1 km ruta är dessutom tolkad med en detaljgrad som inte kan fångas med de använda satellitbilderna. Många av polygonerna är långsmala eller små, och bredden på dem täcker kanske inte ens en pixel. Pixlar som ligger i eller nära gränsen mellan två typer av natur kommer därför att få en blandad färginformation.

Det blev också brist på träningsdata eftersom antalet polygoner per ruta inte är stort. Det är vanligt att den typ av landskap som finns i 1 km rutan inte täcker in alla typer av vegetation som finns i 5 km rutan, och att den information man söker därmed inte finns representerad i träningsdatat om bara data från den aktuella 1 km rutan ska användas som träningsdata. Slutsatsen blev att träning med NILS polygoner ger väl litet material att utgå ifrån och att de i många fall är alltför heterogena.

2.4.2 Skattningar med speciellt tolkade data

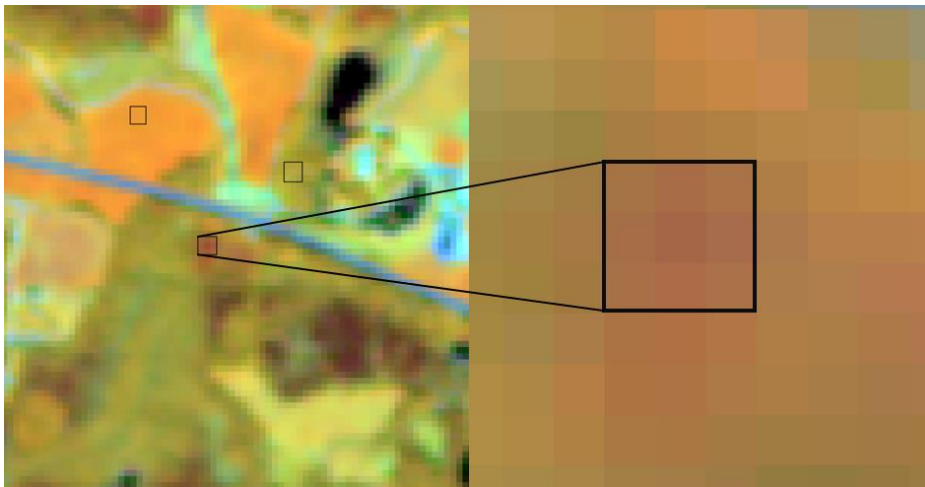
Efter de inledande testerna med NILS 1 km ruta som referens testades att flygbildstolka material speciellt för klassningen av 5 km rutan. För att undvika att behöva kompensera för varierande kvalitet på fjärranalysdata i detta inledande skede av projektet valdes fyra testrutor med disfria SPOT bilder och homogena laserskanningar. Valet föll på en ruta nära Umeå, för att underlätta fältkontroller. Därefter

valdes en ruta nära Simlångsdalen i Halland, en nära Varnhem i Västergötland och en nära Abisko för att representera fjällvärlden.

I ett första test valdes att slumpa ut ytor i 5 km rutan i Nordmalingsområdet. Fler ytor placerades i ovanliga färger i satellitbilden i syfte att öka andelen ovanliga klasser i träningsdatat. Det blev tydligt att arbetet med att fånga alla klasser, trots stratifieringen på färg i satellitbilden, blev för omfattande. I 5 km rutan tolkades 400 ytor, utan att alla klasser representerades väl och iden övergavs. Metoden som utvecklades byggdes istället på subjektivt valda ytor, där tolkaren valde ytor för att representera varje klass.

2.4.2.1 Metod

Data samlades genom att tolkaren valde ytor i homogena områden i syfte att representera olika typer av krontäckning, höjder, trädslagsblandning och vegetationstyper. Detta för att garantera att alla klasser representeras väl i träningsdatamaterialet. Ytornas storlek sattes till 3*3 SPOT pixlar om vardera 10 meter, och ytorna lades så att alla pixlar täcks av samma klass (se figur 2). Värden som samlades in med flygbildstolkning var krontäckning, trädhöjd, busktäckning, markslag, substratan-del och fältskiktsslag enligt NILS ordinarie kategorisering. En del av ytorna fältbesöktes, framförallt de som tolkats som busk.

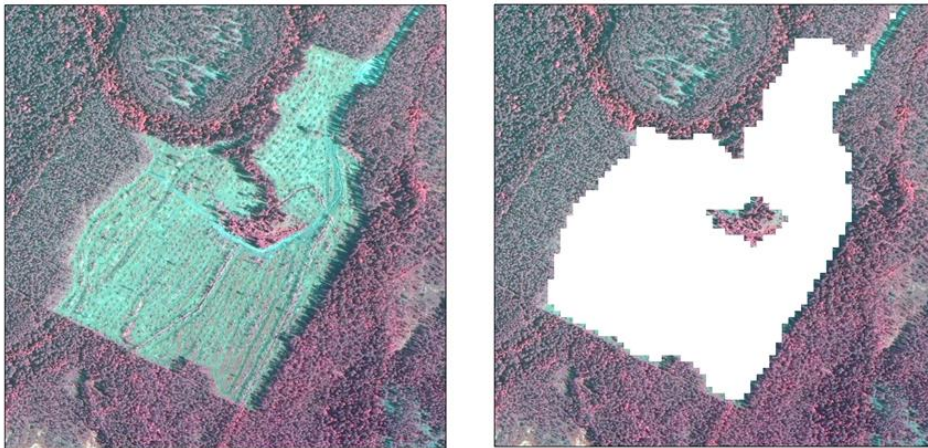


Figur 2 Exempel på subjektivt utlägg av träningsytor. Tolkaren placerar träningsytor i områden med liten variation i färgen som täcker in 3*3 pixlar i en SPOT 5 satellitbild, där varje pixel är 10*10 meter.

Ett klassningsschema utvecklades för att ”översätta” NILS variabler till grupper som utmärker sig spektralt. Detta utvecklades genom att ytor med NILS ordinarie fältskiktsslag tolkades och jämfördes med spektrala data. Satellitbilder från olika år användes för att kontrollera hur klasserna betedde sig i olika bilder och något skiftande årstider. För att kunna fånga nog många ytor av varje fältskiktstyp var vi tvungna att även tolka inom grann-rutorna till våra testrutor.

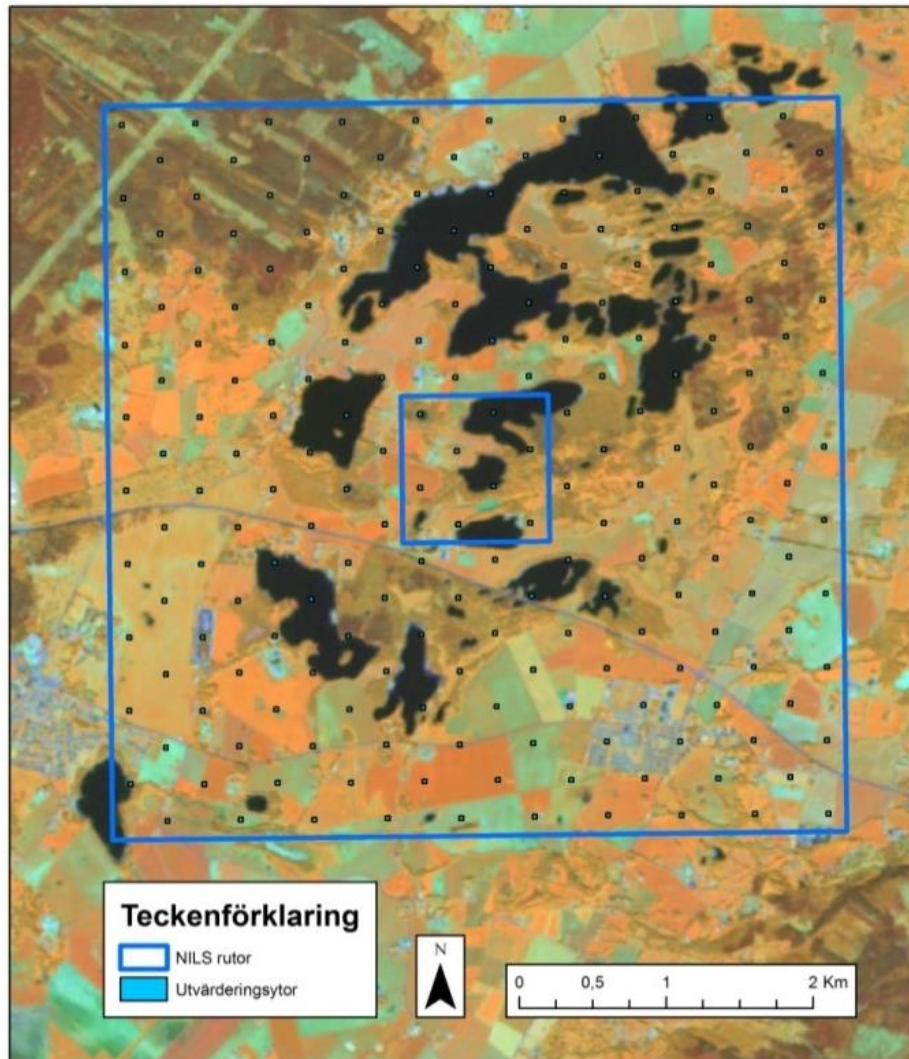
Ytorna användes sedan för att skatta höjd och krontäckning med lasermått. Trädslag och fältskikt klassades från satellitbilderna med maximum-likelihood metoden. Markslagspolygoner som tolkats för rutorna användes för att ta bort områden som inte skulle klassas, främst åker samt bebyggd mark. Markslagen visade sig även tillföra information för fältskiktssklassningen. En klassning per markslag som sedan lades ihop till en karta tycktes öka noggrannheten.

I de första testerna blev det tydligt att det faktum att laserdatat och satellitbilsdatat inte kommer från samma datum ger upphov till fel. Hyggen som tagits upp efter laserskanningen men innan satellitbilden finns, och ett sätt att ”uppdatera” laserskanningen kan vara att göra en förändringsanalys i satellitbilder. SWIR bandet i två bilder tagna olika år men under samma årstid användes, och för att kompensera för eventuella skillnader i atmosfären användes så kallad histogrammatchning. Till sist subtraherades den ena bildens band från den andra och en bild av områden som förändrats mer än medlet över området erhöles (figur 3). Genom att använda ett tröskelvärde för förändringen kan hyggen karteras. Det är även möjligt att kartera hyggen med en skillnadsbild som utgörs av residualerna då t.ex. SWIR bandet i en senare satellitbild predikteras med laserdata från en tidigare tidpunkt.



Figur 3 Hygge som tagits upp mellan tidpunkterna för två satellitbilder. I den högra bilden visas karteringen från förändringsanalys i vitt.

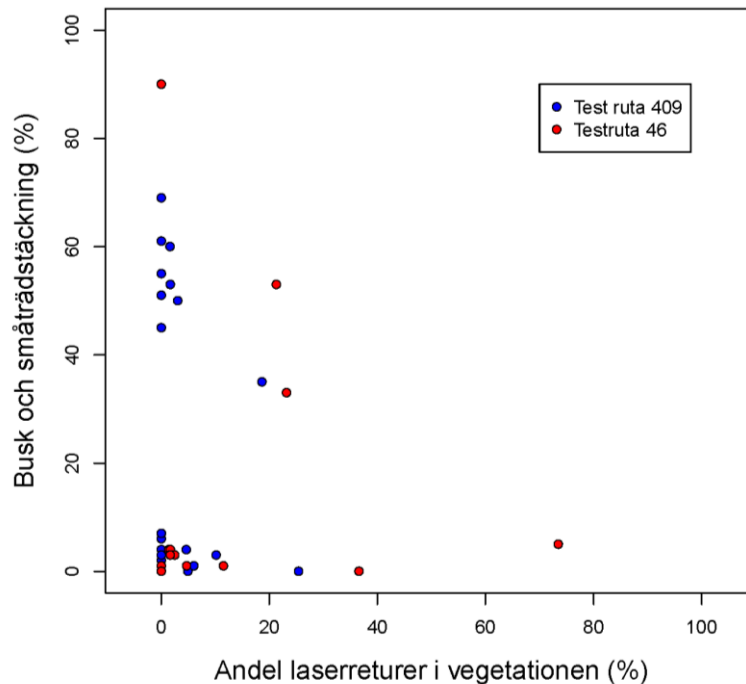
En separat utvärderingstolkning har gjorts där 200 ytor i ett regelbundet mönster tolkades (figur 4). Varje provyta var en kvadrat med sidan 30 meter, vilket täcker in 3*3 SPOT pixlar. Tolkaren gjorde till att börja med en bedömning av om provytan skulle tolkas, kriteriet var att ytan skulle innehålla minst 6 pixlar av samma klass. Detta för att tillräckligt homogena områden skulle väljas. Utvärderingen gäller alltså inte områden som påverkas av delade pixlar mm. Därefter tolkades markslag, markvegetationsklass, substratandel, trädslag, höjd, krontäckning samt busk- och småträds-täckning. Dessa tolkade värden översattes sedan till klasser enligt de klassningsscheman som utvecklades (se bilaga 2).



Figur 4 Utlägg av valideringsytor i en testruta i Västergötland. Till en början har 200 ytor lagts ut och av dessa tolkas de som är homogena.

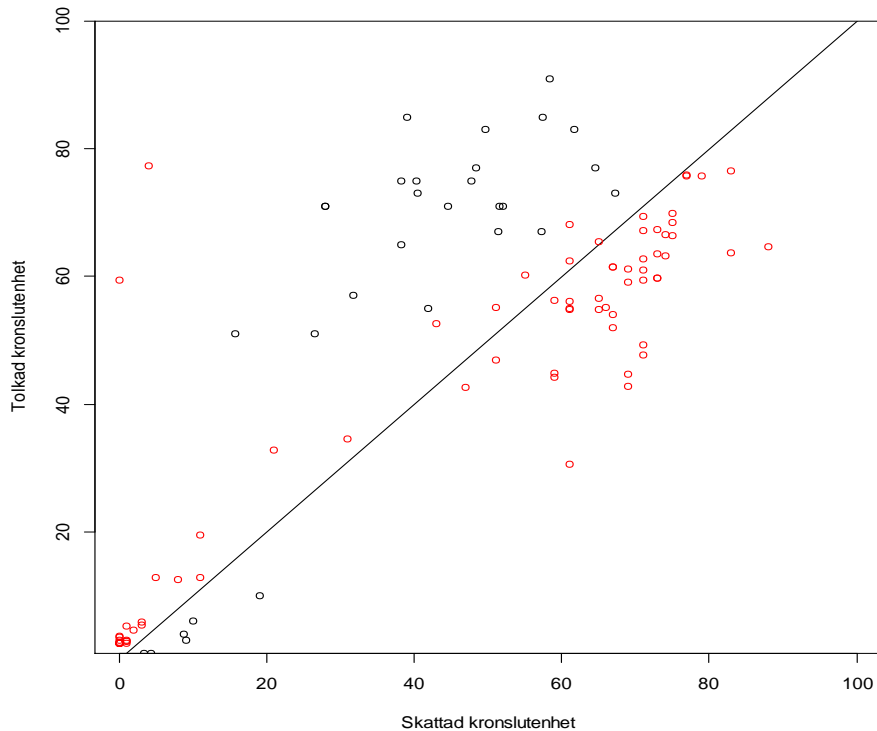
2.4.2.2 Resultat

I ansökan om medel till projektet fanns en förhoppning om att möjligtvis skatta täckningsgrader för buskar och småträd. Enligt de definitioner som används i NILS ordinarie tolkning är alla trädslag och större buskarter som ännu inte växt upp över 3 meter buskar och småträd. Mot det tolkade referensdatat som även kontrollerats i fält, visade det sig att informationsinnehållet i data från den nationella laserskanningen nära marken var lågt (figur 5). En mängd olika lasermått jämfördes med tolkade referensdata, utan att några var speciellt användbara. Att lägga till färginformation från en satellitbild hjälpte inte, eftersom buskar och småträd har mycket liknande spektrala egenskaper som till exempel örter och gräs.



Figur 5 Tolkad busktäckning på mark utan trädskikt plottat mot andel laserreturer från vegetationen. Plotten visar tolkade provytor från två testområden: ett i Västerbottens kustland (ruta 409) och ett i Halland (ruta 46). Som träffar i vegetationen räknas i detta fall laserträffar högre än 0,5 meter från laser-markmodellen. En stor del av de tolkade ytorna har kontrollerats genom fältbesök.

Utvärdering av skattningarna mot valideringstolkningen visade att krontäckning har en fullt tillräcklig noggrannhet. Utvärderingen visade även att det vid laserskanning under avlövide förhållanden finns en underskattning av krontäckning i lövskog (figur 6).



Figur 6 Skattad krontäckning med subjektivt valda ytor plottat mot tolkad krontäckning för objektivt utlagda utvärderingsytor. Barrdominerade skogar visas i rött och löv i svart. Skattningen avser NILS ruta nr 46 Halland med laserdata från avlödade förhållanden

Höjdsfattningarna av trädvegetationen med laserdata visade sig vara mycket bra. Vid utvärdering på 100 separata tolkade valideringsprovtytor var RMSE 1,1 meter. Regressionerna byggdes på höjdpercentil 90 från laser som förklarande variabel med subjektivt valda tolkade träningsytor.

Extra intressant är skattningar mot laser i fjällområdet. Fjällkedjan håller nu på att skannas (Lantmäteriet 2014), vilket inte ingick i ursprungsplanen, och här finns inte tillgång till samma mängd träningsdata från Riksskogstaxeringen som i övriga Sverige. NILS kommer således vara enda datakällan. Det enda tillgängliga laserdata från nationella laserskanningen i fjällkedjan under projektets gång fanns i Abisko. Där har ett laserblock skannats i syfte att testa skanning i bergiga områden. I fjällen används en gräns i NILS tolkning för att skilja mellan buskar och träd som är 2 meter istället för 3 meter i resten av Sverige. Höjder och tätheter finns därför för lägre träd. Bästa regression för höjden i Abisko området använde percentil 95 från laser och för krontäckning en andel retur över 0,5 meter. RMSE för höjdsambandet blev 1,2 meter och krontäckningen 13 procentenheter.

Klassningsresultaten för trädslag och markvegetationsklasser var överlag goda, men utvärderingsutlägget visade sig vara i glesaste laget eftersom alla klasser inte fick bra representation (tabell 1 och 2). Speciellt i jordbruksdominerade rutor fanns mycket ytor med gräsdominerad vegetation. Genom att även använda subjektivt valda utvärderingsytor förtätades utvärderingsresultatet något för att ge en indikation om vad man kan förvänta sig. Nackdelen med detta är att de subjektivt valda oftast är de som är tydligast och lättast att klassa, och resultaten måste därför tolkas med försiktighet. Resultaten för de subjektiva ytorna redovisas därför separat.

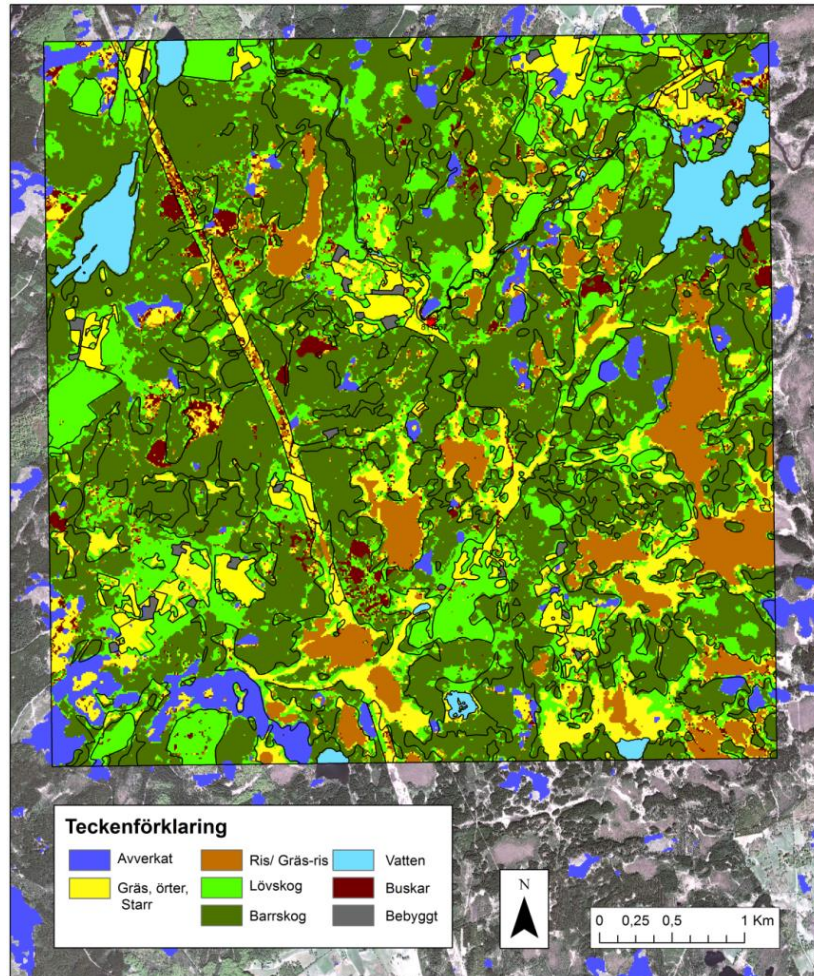
Tabell 1. Klassningsresultat för ruta 46 i Halland med subjektivt valda tolkade referensdata. Vid klassningen användes SPOT 5 satellitbild och laserdata från den nationella laserskanningen, samt en förändringsanalys för att identifiera avverkade ytor. Klassningen gjordes stratifierat på trädklädd och öppenmark var för sig. Siffror markerade i rött inkluderar subjektivt valda ytor.

Klass enligt utvärderingstolkning												
Klassningsresultat		Barrträd	Lövträd	Buskar	Avverkat	Vass	Lågstarr	Gräs/örter	Ris/gräsräs	Substrat	Vatten	% rätt
	Barrträd	43	5									89
	Lövträd	5	20						1			76
	Buskar		2	7					1			70
	Avverkat				4			1				80
	Vass					0						-
	Lågstarr						0					-
	Gräs/örter			3				9				75
	Ris/gräsräs	1							9			90
	Substrat									0		-
	Vatten										5	100
	% rätt	87	74	70	100	-	-	90	81	-	100	83

Tabell 2. Klassningsresultat för ruta 156 i Västergötland baserat på objektiva valideringsutlägg. De röda siffrorna är subjektiva ytor som är tillagda till utvärderingen. Klassningen tränades med subjektivt valda träningsytor, och gjordes var för sig för öppen respektive trädkläddmark.

Klass enligt utvärderingstolkning												
Klassningsresultat		Barrträd	Lövträd	Buskar	Avverkat	Vass	Lågstarr	Gräs/örter	Ris/gräsräs	Substrat	Vatten	% rätt
	Barrträd	10	4									71
	Lövträd	1	19			1						95
	Buskar							3				0
	Avverkat				0							-
	Vass					8						100
	Lågstarr						2					100
	Gräs / öter							11				100
	Ris / gräsräs							1				100
	Substrat								0			-
	Vatten										14	100
	% rätt	91	83	-	-	89	100	79	-	-	100	84 % totalt

Klassningarna och skattningarna gjordes till heltäckande skattningar för 5 km rutan och undersöktes visuellt (figur 7). I stort ser resultatet bra ut, några mindre justeringar kan behöva göras manuellt men i stort sett bör resultatet vara godtagbart.



Figur 7 Klassificering av en exempelruta baserad på en stratifierad klassning av trädklädd respektive öppen mark var för sig. Markslag (polygonerna med svarta gränser) har använts för att maska ut bebyggd mark samt åker. För avverkad mark har förändringsanalys använts.

2.4.2.3 Diskussion

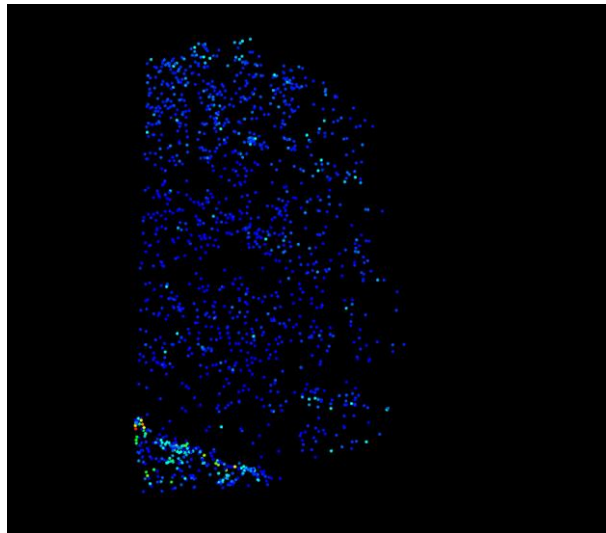
Resultatet att buskar och småträd inte med säkerhet kan karteras i lantmäteriets laserdata kan ha flera anledningar. Laserpulsen har en utsträckning på några meter och returen från marken och några meter höga buskar överlagras därför. Det beror sedan på vilken algoritm som används för att detektera en retur om det är läget för busken eller marken som genererar returen, men eftersom huvudsyftet oftast är att kartera marken kan man förmoda att de använda algoritmerna är optimerade för att göra just det. Nära marken kan markmodellens noggrannhet också påverka vilka laser punkter som blir klassade som vegetation och vilka som blir klassade som mark i den fortsatta bearbetningen. I lägen där marken varierar snabbt och skarpt ser man att markmodellen ibland ligger för lågt och det som egentligen är mark blir klassat som vegetation, vilket påverkar lasermåtten. En möjlighet är kanske att ta hjälp av laser, men att lägga till en manuell kartering för att skapa en godtagbar klassning av buskar. Eftersom det mesta av buskar och småträdklassen finns inom

ungskogar på hyggen bör man även kunna använda förändringsanalys över t.ex. 10 år för att särskilja ungskog från den spektralt liknande gräsmarken.

Krontäckningsskattningarna har visat sig vara tillräckligt pålitliga med flygbildstolkade data som referens. Att addera information om trädslag, till exempel färgen ifrån en satellitbild skulle möjligen kunna vara ett sätt att ytterligare förbättra kvaliteten på krontäckningsskattningen i fallet med avlövad skanning.

Något som upptäcktes då skattningarna gjordes om till raster var att trädslagsskattningarna och krontäckningsskattningarna påverkades nära sjöar. Trädslagsskattningen påverkas eftersom en mörk sjö blandat med skogen på stranden liknar den mörkare färg en barrskog har på skogsmark. Mycket lövskog längs med stränderna blir därför tyvärr klassad som barrskog.

Krontäckningsskattningarna från laserdata kan bli tydligt högre i kanten av sjöar. Det syns tydligt i bilderna, men är svårare att påvisa på grund av brist på utvärderingsdata. Tittar man på laserpunkterna (figur 8) verkar det bero på att den infraröda lasern inte alltid får retur i vattnet utan ljuset försvinner i vattnet. Det gör att pixlar i kanter mot vatten men med träd på ytan får vegetationskvoter som mäter enbart träden men inte vattnet. Om man delar antalet träffar över en viss höjd med antalet träffar totalt verkar det då som proportionen träffar i träden är högre jämfört med om vattnet varit t.ex. en lucka i skogen.



Figur 8 Träd vid sjö, vatten till höger i bilden och lite mark till vänster. Laserskott som träffat vatten ytan har inte gett några retur, vilket påverkar lasermåten.

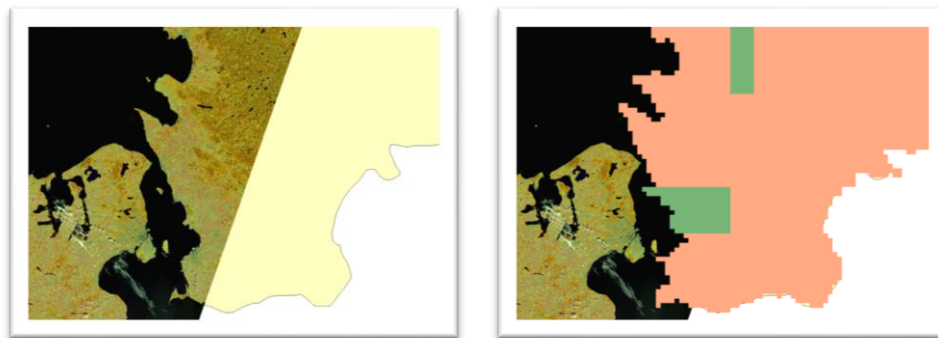
Klassningsschemat har efter testerna fått revideras. Även om det inte syns i utvärderingen (eftersom materialet är för litet) så kan inte vass skiljas från framförallt starr och gräs, även om laserdata inkluderas. En alternativ lösning vore att klassa allt inom en vattenmask som vegetationstäckt vatten eller öppet vatten.

2.5 Skattningar med fältinventerade data som referens

Den totala tidsåtgången per ruta måste hållas nere och att samla nya referensdata är tidskrävande. För att ha kvar mesta möjliga tid till tolkning av t.ex. markslag utredes möjligheten att använda befintliga data om landskapet i Sverige som referensdata. Sverige samlar relativt mycket data om miljön genom flera inventeringar, främst genom NILS och Riksskogstaxeringen. Dessutom finns specialinventeringar som MOTH och LillNILS.

I stället för att samla data för varje NILS-ruta var för sig skulle rutorna grupperas med denna metod så att de som faller inom en satellitbild eller ett laserblock skattas tillsammans. Om en tillräcklig mängd referensdata ska samlas krävs att man använder större områden så att fler provytor faller inom datasetet. Kan man täcka större områden med likvärdiga data ökar chansen att lyckas, och därför användes Landsat 8 scener med storleken 185*185 kilometer istället för som tidigare SPOT 5 scener som endast är 60*60 kilometer.

För att skapa en skattning för en ruta krävs att man samlar träningsdata från ytor där fjärranalysdata är likvärdigt med det data som täcker rutan. Det finns variationer i hur en satellitbilds färgvärden ser ut i bilder tagna under olika atmosfäriska förhållanden så väl som olika solhöjder och förhållanden som varierar på marken t.ex. fenologisk utveckling. Två satellitbilder som är tagna olika dagar kan alltså inte jämföras direkt och data från den ena kan inte utan omräkningar som kräver någon typ av gemensam referens användas för att träna en klassning i de andra. Vad det gäller laserskanning är två skannrar inte lika, och en skanning som utförts med löven fällda kan inte heller jämföras med en skanning med löven på. Om man kombinerar både satellitbilder och laserdata för en ruta och måste hitta homogena områden i både bilden och laser krymper storleken på området som totalt sett är homogent (figur 9).



Figur 9 Storleken på området som är att betrakta som homogent krymper då flera dataset kombineras. Den vänstra bilden visar ett utsnitt ur tre Landsat scener som är tagna samma dag, den högra bilden visar områden som är homogena med avseende på årstid för laserskanningen.

En utmaning är att hitta sätt att kombinera satellitbilder med laserdata, utan att områden med homogen datakvalitet blir så litet att för lite data samlas för att göra skattningarna. Två möjliga vägar att åstadkomma detta identifierades:

- Ett sätt är att göra skattningar av t.ex. höjd och krontäckning block för block med enbart laserdata som är samlade under lika förhållanden. Sedan används tränade, och då förhoppningsvis homogena, laserskattningar för alla blocken i en satellitbild tillsammans med färginformationen in i klassningen istället för lasermätningarna direkt.
- Det andra sättet är att använda laserskattningarna för att stratifiera landskapet i öppen mark respektive trädbeklädd mark. Inom respektive strata används sedan satellitbildens färginformation för att klassa vegetationen. För träd täckt mark klassas trädslag och för öppen mark grova fältskikt-klasser var för sig. Dessa klassningar läggs sedan ihop till en färdig ruta.

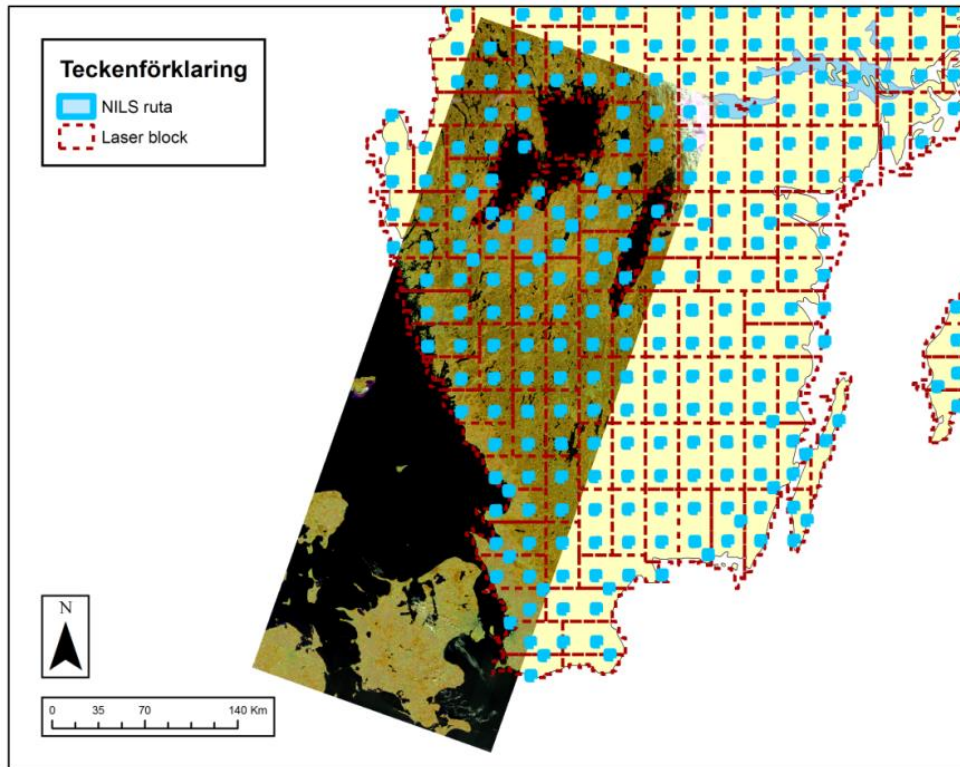
Enligt tidigare studier (Nordkvist et al., 2012; Reese et al., 2014) är största vinsten med att lägga till laserdata att öka noggrannheten i klassningen i de fall höjd är det som skiljer två klasser åt. Resultaten från skattningarna med tolkade data visar på att laserdata från den nationella laserskanningen innehåller mycket lite information om vegetationen under någon eller några meters höjd, och därmed bör vinsterna med att inkludera lasermått för fältskikt-klassning vara små.

Viktigt är naturligtvis också att tänka på hur fältdatat jämför sig med NILS tolkade data. Tolkningen använder klasser av fältskikt och delar inte upp buskar och träd efter art utan höjd. Gränsen på 3 meter för att skilja träd från buskar och småträd är tilltalande för laserskattningar eftersom höjd mäts med stor precision, i alla fall längre ifrån marken än 1-2 meter. Sammantaget är det svårt att skaffa referensdata från fält för buskar och småträd, men för fältskikt-klassning kan det vara möjligt. Eftersom de skattningar som görs i NILS bör syfta till att skatta samma saker har möjligheten att försöka anpassa klasser av fältdatat för att motsvara de tolkade klasserna undersökts.

2.5.1 Studieområde för klassning över flera NILS-rutor.

Att kunna samla nog mycket träningsdata för att alla önsvärda klasser skall vara representerade är avgörande för att lyckas med en klassning. Då befintliga data från fältinventeringar används samlas naturligtvis mer data ju större område fjärranalysdatat täcker. En förutsättning är således att satellitbildsscenerna som skall klassas är tillräckligt stora. Sentinel-2 är en serie kommande optiska satelliter där varje scen täcker stora områden, vilket troligen kommer att vara mycket användbart för våra syften. I väntan på uppskjutning testas metoderna på Landsat 8 data, vilken har något mindre scener. En Sentinel-2 scen täcker 290*290 km (European Space Agency, 2014), dvs. 84100 km² medan en Landsat 8 scen täcker 185*185 km² (U.S. geological survey, 2014), dvs. 34225 km². Intelligande scener som är tagna inom samma stråk och samma dag har ofta jämförbara egenskaper. En scen överlappar med en annan men datat i överlappet är egentligen samma eftersom det samlas radvis och sedan sätts ihop till lagom stora områden. För att förbereda för

Sentinel-2 som tros bli den satellit som kommer att användas i en operationell fas valdes 3 Landsat scener i rad över västra Sverige (figur 10). Eftersom intilliggande scener har ett visst överlapp är arean av de tre scener som valdes cirka 96000 km² vilket ganska nära motsvarar en Sentinel-2 scen. Scenerna är tagna 23/7 2013, och är relativt fria från moln och dis. Scener från mitten av sommaren gör att vegetationen hunnit utvecklas.



Figur 10 Studieområdet täcker totalt in tre Landsat 8 scener och ett 50-tal laserskanningsblock.

Området täcker in flera naturtyper, från Värmlands skogar och västkustens klipp-
hällar till Skånes jordbruksbygder. Inom det valda området finns 103 NILS rutor,
varav 8 täcks helt eller delvis av moln. Scenerna och täcker in ett 50-tal laserblock
och alla utom ett i norra änden på Vättern hade vid analystillfället (våren 2014)
skannats. De flesta har skannats under avlödade förhållanden och de flesta med
laserskanner från Leica och ett fåtal från Optech.

2.5.2 Förbehandling av data

De tre scenerna lades samman i en mosaik. Med visuell tolkning markerades moln
och distäckta områden i en shapefil. Dessa områden klassas inte, och inget pro-
vytedata kan heller hämtas härifrån. Färginformationen ifrån satellitbilden koppla-
des samman med provtytor från dels rikskogstaxeringen dels NILS färlinventering.
Detta gjordes genom att dels läsa ut värdena i den pixel som centrumkoordinaten
för provytan föll inom, dels genom att vikta in omgivande pixlar med så kallad
bilinjär interpolation. De koordinater för provytorna som användes var mätta med
GPS i de fall sådan koordinat fanns att tillgå, annars användes teoretisk koordinat.

Ett antal av Riksskogstaxeringens permanenta provytor har koordinatsats med noggrann DGPS. I interna resultat som inte ännu publicerats jämfördes den vanliga koordinaten med de nya bättre. Av de vanliga koordinaterna var 75 % inom 6,6 meter och 90 % inom 24,8 meter. Detta gäller för Riksskogstaxeringens data, och andra GPS-utrustningar med andra noggrannheter kan ha använts i NILS.

Av de laserblock som täcks helt eller delvis av satellitbilderna är några delade så att hela inte täcks av skanning under liknande förhållanden. För att underlätta de här inledande testerna valdes de blocken bort och lasermått beräknades för resterande block. Lasermått beräknades även för Riksskogstaxeringens ytor, då även från block utanför scenen eftersom dessa kommer att användas för skattningar med enbart laserdata.

2.5.3 Metod och resultat för projektets variabler med fältdata som referens

2.5.3.1 Tillgängliga fältinventerade data

Riksskogstaxeringen samlar rent generellt in mer data om träden. Framförallt klavas träden i större utsträckning, och på de permanenta ytorna koordinatsätts de. Det ger mer möjligheter att skriva fram tillståndet. Fler provytor inventeras dessutom och de skogliga skattningarna bör därför kunna stärkas betydligt genom att inkludera dessa data.

Data för fältskiktet samlas in på ett sätt som liknar NILS för de av Riksskogstaxeringens ytor som ingår i Markinventeringen. Markinventeringen utförs på två ytor per trakt med 10 års omrev, det ger en yta per trakt och vanligt femårs omdrev. Grunden bygger på bedömning av täckningsgrader för olika arter eller artgrupper. Bedömningar görs för botten-, fält- och buskskikt. Dessutom bedöms trädäckning.

Gemensamt för dessa inventeringar är att data samlas som andelar per art eller artgrupp och inte som klasser av vegetation. För att bestämma en sådan klass användes gränsvärden för täckningsgrader. Arter och artgrupper aggregerades och gränsvärden sattes för att sätta en klass som motsvarade NILS tolkade klasser.

Några skillnader har identifierats mellan NILS och Riksskogstaxeringens metoder. Markvegetationsinventeringen inom Riksskogstaxeringen utförs på ytor som har 5,64 m radie, det vill säga en yta om 100 m². Detta till skillnad mot NILS som bedömer täckningsgrader inom hela 10 meter radie ytan, vilket motsvarar en yta på 314 m². I NILS bedöms alla typer av mark, medan täckningsgrader bedöms inom markinventering endast om ytan faller inom ägoslagen produktiv skogsmark, myr samt fjällbarrskog.

Vissa skillnader finns i vad som bedöms på ytan. Artlistorna och artgrupperna som täckningsgradsbedöms är inte exakt lika. Några skillnader som kan påverka klassningen har upptäckts, utan att göra anspråk på att vara en komplett lista över skillnader:

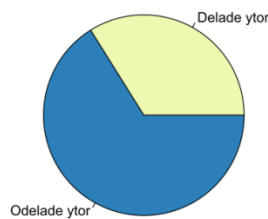
- Täckningsgradsbedömningarna av lav är inte helt lika, olika grupperingar används. I Riksskogstaxeringen räknas skorplavar in i lavtäckningen medan de i NILS räknas till stenarna.
- Substrattypen finns inte med i Riksskogstaxeringen, vilket det gör i NILS. Det värde som bedöms i Riksskogstaxeringen är ej vegetationstäckt mark utan specifikation.
- Hela ytan bedöms inte i Riksskogstaxeringens data. Arealen av avvikande mark och markbehandlad areal bortses från i vidare bedömningar. Vanligtvis innehåller denna areal hyggesrester och de stående trädens stammareal (grundyta).
- Arealen av vatten i bottenskiktet bedöms i NILS, men inte i Riksskogstaxeringen. Vattenytor som är mer än 2 m breda är annat markslag och skiljs ut därigenom.
- Vissa skillnader finns i artlistorna över arter som bedöms, t.ex. i buskskiktet.
- I NILS särskiljs vass, kaveldun och säv i både flygbildstolkning och fältdata. I markvegetationsinventeringen ingår detta i graminidgruppen.

På samtliga av Riksskogstaxeringens ytor görs dessutom en ståndortsbonitering där markvegetationsklass sätts. Detta sker enligt ett schema, där grupper av arter bedöms enligt täckningsgradsgränser (Riksskogstaxeringen, 2012). Dock är många kategorier sådana att det är svårt att avgöra om klassen speglar vad som finns mest av på ytan. Till exempel räcker det med förekomst av vissa arter för att ytan skall klassas som högörtstyp. En kategori har identifierats som möjlig träningsdata om enbart de klasserna används och det är lavrik och lavtyp. Dessa ytor har tidigare med framgång använts som referensytor för satellitbildsklassning (Gilichinsky et al., 2011), och skulle kunna ingå i ett referensdatset.

2.5.3.2 Analys fältdata för fältskiktssklassning

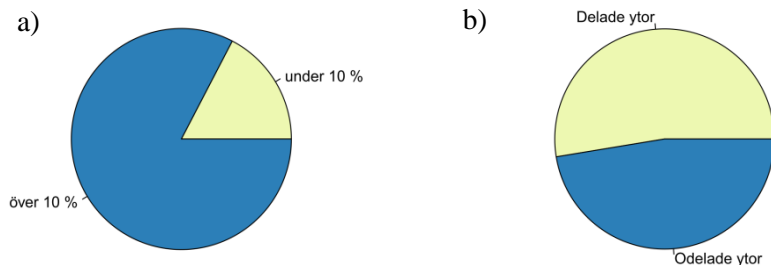
För att kunna göra en klassning av den öppna marken krävs att man har tillräckligt med data. En analys av hur stor del av det totala antalet ytor som kan användas gjordes därför.

Till en början analyserades NILS fältdata. Ytor som inte kunnat besökas i fält togs direkt bort ur materialet. Det kan handla om ytor som inte kan nå då de är i gröda eller på tomtmark. Delade ytor är rimligt att ta bort ur materialet eftersom färgen i pixeln inte motsvarar en klass utan en mix av flera klasser. Andelen delade ytor är relativt stort i det område som undersökts (figur 11).



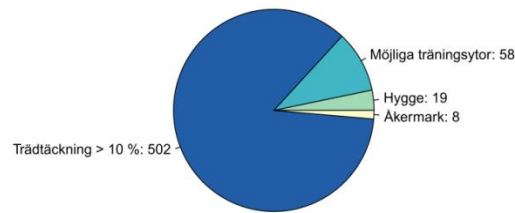
Figur 11 Andelen av NILS fältprovytor i studieområdet som är delade respektive odelade.

Andelen av ytorna som är delade, fördelat på kategorier av ytor visas i figur 12. Ytor på öppen mark kan användas till fältskiktssklassningen och därför av speciellt intresse. En stor del av dessa ytor är delade, medan en mindre del av de trädbevuxna ytorna är delade. Detta minskar mängden tillgängliga data för fältskiktssklassningen.



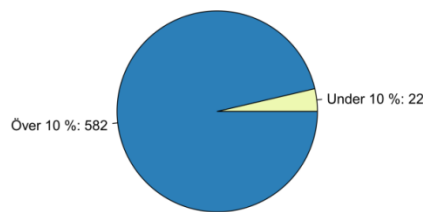
Figur 12 Andelen NILS fältprovytorytor med över eller under 10 % krontäckning (a) samt delade ytor för ytor med under 10 % trädäckning (b). Trädäckningen som använts är subjektivt bedömd i fält.

Hyggen karteras bäst med multitemporala skillnadsbilder, vilket redan görs av skogsstyrelsen. Färgerna på ett hygge i satellitbilden gör att det är svårt att skilja ut vegetationstyper, samtidigt som den viktigaste egenskapen är störningen och inte vegetationen. Ytor på åkermark bör inte heller ingå i klassningen eftersom det som finns på marken högst troligt har ändrats mellan inventeringsdatumet och satellitbildens datum. Figur 13 visar träningsdata där delade ytor tagits bort fördelat på olika typer av data. Över hela området samlas således enbart 58 NILS ytor som kan användas för träning av en satellitbildsklassning av den öppna marken. För att en satellitbildsklassning skall vara möjlig krävs att alla klasser har en tillräcklig representation, vilket inte är fallet.



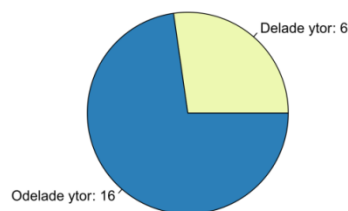
Figur 13 Resterande fältprovvytor från NILS efter att delade ytor tagits bort. Ytor har sedan fördelats på kategorier efter lämplighet som referensdata för fältskiktssklassning. Ytor med alltför stor trädäckning för att se fältskiktet, hyggen och åkermark bör inte användas för fältskiktssklassning.

Av Riksskogstaxeringens totala utlägg inventeras de så kallade markvegetationsytorna på ett liknande sätt som NILS. Eftersom dessa enbart inventeras var 10:e år, är en delmängd av de permanenta ytorna och enbart ytor på vissa markslag täckningsgradsbedöms i fältskiktet, samlas i utgångsläget relativt få ytor. Totalt inventerades över 3000 Riksskogstaxeringsytor mellan åren 2008 och 2012 i studieområdet. Av dessa var 602 vegetationsytor varav flertalet ytor har en hög trädäckning. Andelen trädäckta ytor är högre än för NILS data (figur 14).



Figur 14 Andelen av de Riksskogstaxeringsytor inom markinventeringen där fältskiktet täckningsgradsbedömts som finns på öppen mark, och som är intressanta för en fältskiktssklassning.

Ytterligare ytor går bort eftersom en del av ytorna på öppen mark är delade. Av de odelade ytorna kan dessutom en del vara hyggen eftersom det inte har tagits bort (figur 15). Hyggen bör enligt tidigare resonemang tas bort.



Figur 15 Delade respektive odelade markinventeringsytor med under 10 % krontäckning.

Utöver de större basinventeringarna i Sverige (NILS och Riksskogstaxeringen) finns det mindre riktade inventeringar som också är sampel-baserade. MOTH (Monitoring of Terrestrial Habitats in Sweden), LillNILS och ängs- och betesmarksinventeringen (ÄoB) är anpassade till NILS metodik, vilket bör göra datat jämförbart. Dessa skulle kunna addera referensdata till klassningen.

Två av inventeringarna är fokuserade på mestadels gräsmarker. ÄoB inventerar enbart gräsmarker vilket skulle kunna bidra med referensdata för graminider. Lill-NILS är en regional förtätning av provytor i gräs och våtmarker, men begränsas till enbart vissa län. Dock är det efter ovanstående utredningarna av NILS och Riksskogstaxeringens data uppenbart att mer data behövs från fler naturtyper.

MOTH har ett stratifierat utlägg i syfte att fånga in data om olika mer ovanliga naturtyper. Med hjälp av en förtolkning i flygbilder av en mängd ytor väljs ett antal ut för fältbesök. Ett sådant upplägg bör kunna göra att man får en större representation av öppet landskap. Tyvärr är MOTH en engångsinsats mellan 2010 och 2014. En snabb analys av datat visade på att många ytor även från MOTH har stor träddäckning och att en stor del av ytorna finns på gräsmark.

Slutsatsen blir att mängden data från öppna landskapet är för liten i fältdatat för att ligga till grund för någon klassning av markvegetation. Inte ens om grova klasser används kan en full representation nås utan att man aktivt söker efter klasserna som skall inkluderas. Att använda sig av fältdata för skattningar i skogsmark kan dock fortfarande vara intressant, och med ett stratifierat angreppssätt där skogsmark skattas för sig och öppenmark för sig kan man använda tolkning för att fylla i det som inte täcks in av fältdata.

2.5.3.3 Skattning av höjd med Riksskogstaxeringens data

Ett projekt med många synergier med det föreliggande projektet är de nationella skattningarna av skogliga grunddata som bekostas av regeringen via Skogsstyrelsen (Olsson et al., 2014). I det projektet skattas grundytavägd medelhöjd, grundyta, volym, biomassa och grundytavägd medeldiameter med hjälp av regression med Riksskogstaxeringens ytor som referens. Eftersom målet för skogsstyrelsen är att skatta så gott som hela landet utom fjällkedjan, bör dessa skattningar dessutom kunna användas direkt för 5 km rutan.

De data som kommer tas fram inom Skogsstyrelseprojektet kommer att redovisas som heltäckande raster med pixelstorleken 12,5 meter. Detta görs bl.a. för att storleken av en pixel ungefär bör motsvara storleken av en provyta. En provyta har radien 10 m eller 7 m för permanenta respektive tillfälliga Riksskogstaxeringsytor, och en pixel bör då ha en yta som är nära medlet av areorna i stickprovet och därför valdes 12,5 meter (Olsson et al., 2014).

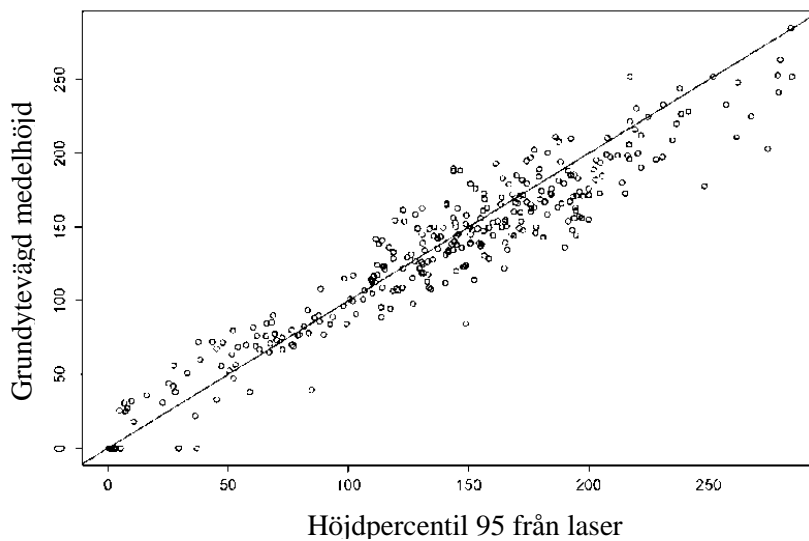
För att testa jämförbarheten med NILS ordinarie dataset, dvs. tolkade data, utvärderades en skattning med Riksskogstaxeringens data som referens mot tolkade data på 100 stycken provytor. Regression med percentil 90 som förklarande variabel användes, och Riksskogstaxeringsdata från skanningen över NILS rutan samt angränsande block med laserskannerdata användes. Testet gjordes i Norrlands kustland, i testruta 409 nära Nordmaling. RMSE vid träning med tolkade data, utvärderat mot tolkade valideringsdata var 1,1 m. Vid träning med Riksskogstaxeringens data var RMSE 1,7 meter, utvärderat mot samma tolkade ytor (figur 16). Det ska observeras att trädhöjderna i Riksskogstaxeringens material är beräknade från funktions samband mellan stamdiameter och höjdmätning på ett sampel av provträd. Då

Riksskogstaxeringens data ska användas som referens för laserskannerdata, så kan stamdiametrarna skrivas fram, eller tillbaka, till respektive laserblocks skanningsår.



Figur 16 Flygbildstolkad höjd på utvärderingsprovytor, jämfört med skattad höjd där Riksskogstaxeringens provytor använts tillsammans för skattning med laserdata. Förhållandet är nära ett till ett.

I studieområdet i Västsverige användes metoden för ett 50-tal laserdatablock, vilka sammanfogades till en stor mosaik som undersöktes visuellt med gott resultat. Intercepten i regressionerna blev upp till cirka 2 meter (figur 17).



Figur 17 Exempel på lasermått från ett block i studieområdet Västsverige. Jämförelse mellan höjdpercentil 95 och fältmätt grundtyvägd medelhöjd i dm. Linjen visar ett 1:1 förhållande. Notera att nära marken vid cirka 1-2 meter har många ytor en percentil som närmar sig 0.

2.5.3.3.1 Slutsatser om skattning av höjd med Riksskogstaxeringensdata

För att spara tid bör man kunna använda redan befintliga data, speciellt som skattningarna verkar vara jämförbara med NILS ordinarie tolkning. Slutsatsen är att utanför fjällkedjan bör skattningar av trädhöjd från projektet som finansieras av Skogsstyrelsen användas.

Intercepten blev högre än väntat, och orsakar att lägsta värde i skattningarna i rastren blir lika med interceptet. Skattningarna för t.ex. en åker blir då upp till cirka 2 meter. Detta verkar bero på att percentilerna går mot noll vid höjder enligt fältdatat lägre än 1-2 meter. Skillnaden i lasermåtten mellan trädlös och låg trädbevuxen mark tycks alltså vara liten.

2.5.3.4 Fältbedömd krontäckning som referensdata

Riksskogstaxeringen bedömer krontäckning på samma sätt som NILS i fält. Detta görs på en 20 m radie stor yta och bedöms subjektivt av fältpersonalen. Det som avses är så kallad diffus krontäckning, vilket även är det som tolkas i flygbilder av NILS. Före år 2011 bedömdes inte krontäckning om grundtyvägd medelhöjd var under 7 m, vilket senare infördes även för dessa ytor.

Skillnaden mellan fältbedömd och flygbildstolkad krontäckning är att definitionen av träd bygger på höjd i tolkningen, medan det i fält bygger på art. Träd och buskar under 3 meter kallas i tolkningen för småträd och buskar. Träd och buskar skiljs åt genom art oberoende av höjd i fält. Övertäckning räknas bort i trädtäckningen medan busktäckningen kan vara under trädkrona. Definitionerna skiljer sig något, men genom att bortse från ytor där informationen skiljer sig åt bör det gå att jämföra.

2.5.3.4.1 Metod

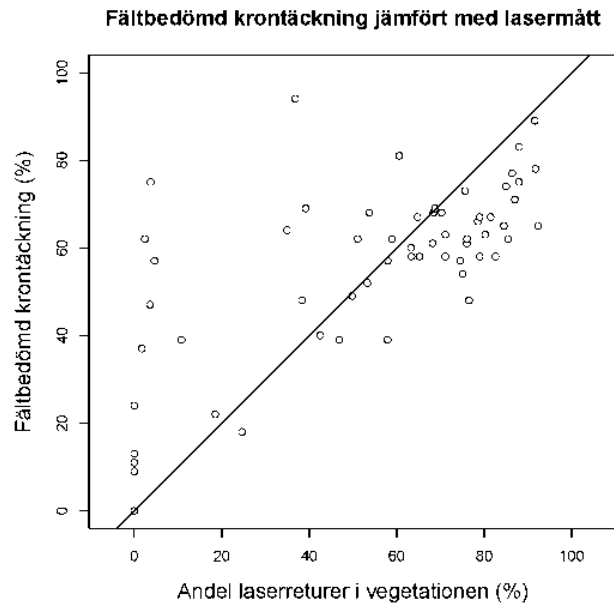
För att testa användbarheten av fältbedömd krontäckning som referens valdes två laserskanningsblock som täcker de rutor som valts för projektet. Dels rutan i Halland (nr 46) och dels rutan i Västergötland (nr 156). Omkringliggande laserskanningar med liknande egenskaper vad det gäller skanner och fenologisk utvecklingsgrad användes även för att samla nog mycket provytor för undersökningen. Provytor från så nära laserskanningen i tiden som möjligt användes, dock maximalt 5 års tidsskillnad. Eftersom NILS definition på krontäckning enligt flygbildskarteringen av 1 km rutan gäller enbart täckning av träd över 3 meter har projektet inriktats på att skatta enligt den definitionen. Riksskogstaxeringens trädsiktvisa data användes för att ta bort ytor med ett undre skikt under 3 m och utan någon busktäckning över huvud taget, eftersom definitionen på buske skiljer sig åt mellan NILS flygbildtolkning och fältinventeringen. Ytor utan täckningsgrad av vare sig buskar eller träd inkluderades dock i syfte att stärka modelleringen.

Uppenbara uteliggare togs bort genom att plotta ytornas lasermått mot mått volym och grundtyvägd medelhöjd. Detta för att undvika att ta med ytor som påverkats mellan inventeringsdatumet och laserskanningen, och att det är lättare att jämföra mot mätta värden än bedömda.

Ytorna plottades mot lasermått som i tidigare studier visat sig innehålla information om krontäckning (Holmgren et al., 2008; Korhonen et al., 2008; Nyström et al., 2012). Andel laserreturer över varierande höjd över marken är de mest använda. Eftersom datat trots rensning av uteliggare var spretigt gjordes en manuell rensning innan en regressionsmodell byggdes.

2.5.3.4.2 Resultat

Bästa regressionsmodellen visade en dålig förklaringsgrad, endast 41,8 % (R^2 -adjusted) (figur 18).



Figur 18 Jämförelse mellan andelen laserreturer i vegetationen över 1,5 meter över marken och bedömd krontäckning från fältytor. Datat har rensats för uteliggare.

Skogen på de ytor som inte kunde förklaras var till stor del under 10 meter hög, men inte alla.

2.5.3.4.3 Diskussion

Slutsatsen var att subjektivt bedömd krontäckning från fält troligen är ett mindre bra datamaterial, som inte har nog hög kvalitet för att duga som referensdata till laser skattningar. Tidigare undersökningar av Holmgren et al. (2008) har sökt andra vägar till en mer objektiv metod att samla referensdata till laserskattningar av krontäckningsgrad genom att mäta kronornas utsträckning, med mycket bra resultat.

2.5.3.5 Beräknad krontäckning som referens

2.5.3.5.1 Inledande tester på Holmgrens et al. (2008) ytor i Halland

Eftersom fältbedömda krontäckningar är skakiga har det tidigare gjorts ansatser att hitta alternativ. Holmgren et al. (2008) mätte radien på alla kronor provytor i två riktningar för att sedan approximera kronan med en ellips. Därefter sattes samband ihop med laserdata, med mycket goda resultat. Tidigare undersökningar har visat att det finns ett samband mellan kronradien och diametern på stammen (Jakobsons

1970). Ett angreppssätt som tidigare testats på avdelningen för fjärranalys är att utifrån dessa samband ställa ut träden på provytan, utifrån diametern ge trädet en kronradie och beräkna hur stor del av ytan som täcks av dessa modellerade kronor.

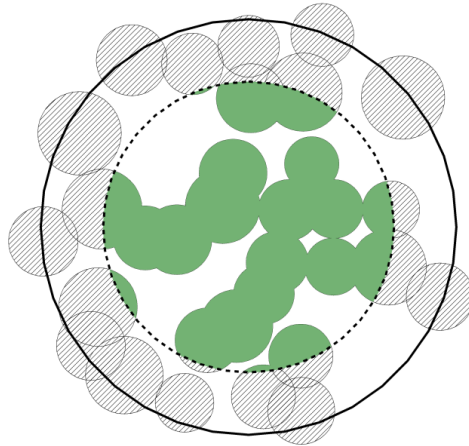
Från Riksskogstaxeringens data känner vi diametern på alla träd, samt positionen för träden på permanenta ytor. Alla träd större än 99 mm klavas på en yta med 7 eller 10 meter radie från ytcentrum (tillfällig respektive permanent yta), de under 100 och över 39 mm klavas på en mindre yta med 3,5 meter i radie. Träd under 40 mm mäts på två små ytor med 1 m radie placerade inom 3,5 meters ytan med annat ytcentrum.

På de ytor Holmgren (2008) använde finns klavade och positionerade träd över 3 meter i testområdet i Halland. Dessutom mättes på motsvarande sätt busk- och småträdstäckning för dessa ytor enligt NILS definition. Genom att använda deras data som facit och även beräkna krontäckningen från klavdiametrarna på ytorna testades noggrannheten för denna metod. Holmgrens data är extra intressanta eftersom tolkade data finns för 20 av ytorna, därtill från flera tolkare. Det finns därmed en unik möjlighet att även jämföra de olika referensdatatyperna för att se hur nära NILS definition av krontäckning en beräknad krontäckning är.

2.5.3.5.1.1 Metod

Två tester gjordes: dels användes klavdiameterar och positioner för alla inmätta träd på Holmgrens 10 m radie ytor för att beräkna kronradie enligt Jakobsons (1970) funktioner, dels användes enbart träd som skulle klavats i taxens utlägg på en permanent yta. D.v.s. på 10 m ytan träd över 99 mm DBH och över 39 mm DBH på 3.5 meter ytan. Träd inmätta i 3,5 m ytan användes för att simulera små träd i 10 m ytan. Detta gjordes genom att med samma täthet som i 3.5 m ytan placera ut träd i 10m ytan utanför 3.5m ytan med Poisson-fördelning. Inga data under 39 mm användes eftersom samplet på 1 m ytorna bedömdes vara för litet för att väl beskriva en hel yta.

Funktionssambanden för kronradien är enligt Jakobsons (1970) olika för södra respektive norra Sverige. För region 5 finns inga rapporterade funktioner så samband för region 4 användes. Alla triviala lövträd räknades som björkar, alla granar som gran och lärk eller contorta som tall. För ädellöv användes ekfunktionen oavsett region.

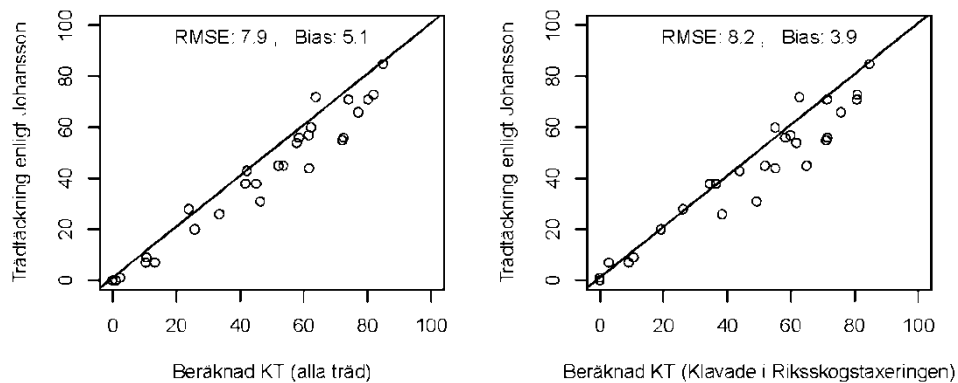


Figur 19 Exempel på provyta från Riksskogstaxeringen där trädkronan fått en radie med hjälp av Jakobsons (1970) samband och krontäckningen sedan beräknats på en 7 meters yta (inre cirkeln).

Trädens kronradie och position användes för att beräkna krontäcket enligt figur 19. För att undvika effekter av träd som inte klavats på ytan, men som sträcker sig in med kronan beräknades andelen krontäckning som andelen krona per 7 meter radie yta. De beräknade krontäckningarna jämfördes med Johanssons värden samt tolkade värden för ytor och RMSE och bias beräknades.

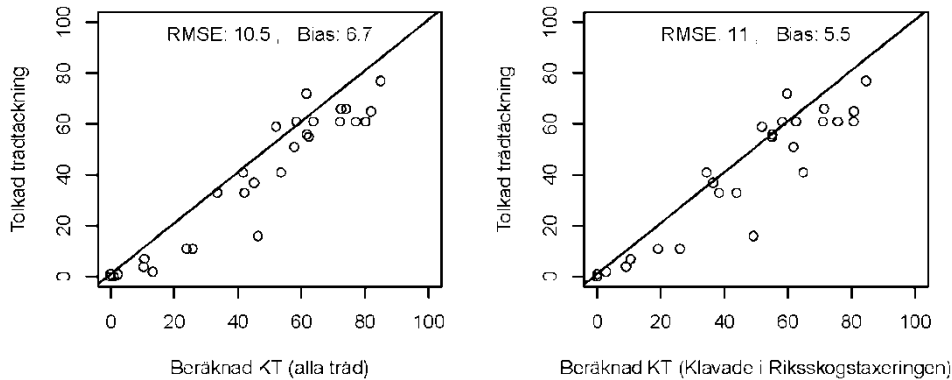
2.5.3.5.1.2 Resultat

Resultaten av beräkningarna var goda (figur 20). Endast en mindre försämring noterades då endast träd som skulle mätts enligt Riksskogstaxeringens metod fanns med, och resten simulerades.



Figur 20 Jämförelse mellan beräknad krontäckning (KT) utifrån position på träd och beräknad kronradie utifrån Jakobsons (1970) samband med diametern. Beräknad KT (alla träd) inkluderar alla träd som klavats på Johanssons ytor, Beräknad KT (Klavade i Riksskogstaxeringen) inkluderar alla träd som skulle klavats om ytan varit en riksskogstaxeringsyta.

En jämförelse mellan den beräknade och den bästa tolkarens krontäckning gjordes även, där bäst i detta fall avser minsta spridning jämfört med Holmgrens (et al 2008) trädtäckning. Även i detta fall uppnåddes god noggrannhet (figur 21).



Figur 21 Beräknad krontäckning med alla respektive träd som skulle klavats i Riksskogstaxeringen med en tolkares data på y-axeln.

De goda resultaten motiverade ett test på riktiga Riksskogstaxeringsytor över större områden.

2.5.3.6 Storskaliga tester

2.5.3.6.1 Metod

I samma område i Halland söktes ett antal permanenta ytor ut och trädtäckning beräknades på motsvarande sätt som tidigare. Lasermått beräknades för ytorna och jämfördes med beräknad krontäckning. Vegetationskvoten verkade som väntat innehålla mycket information (Korhonen et al., 2011). De modellerade kronorna kontrollerades mot ortofoto.

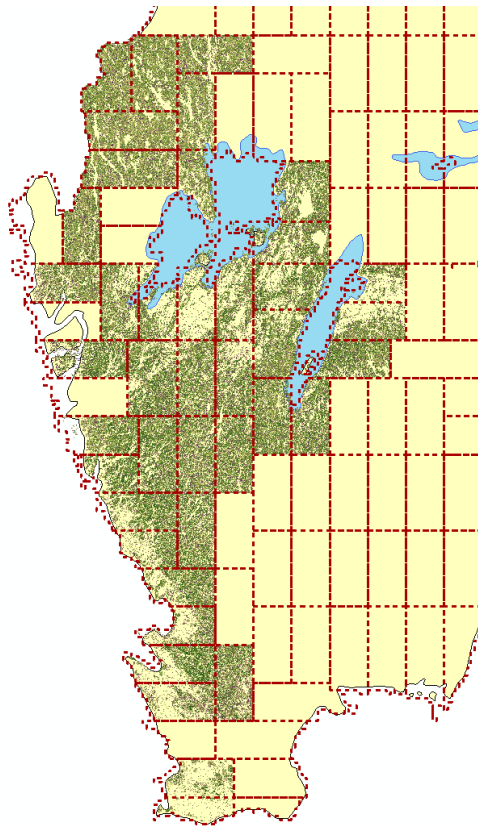
Krontäckning beräknades för permanenta Riksskogstaxeringsytor inventerade mellan 2008-2012 på produktiv skogsmark. De klavade diametrarna användes i detta test utan framskrivning, vilket bör innebära att äldre provytor får en viss underskattning av den beräknade krontäckningen. För de ytor som föll inom vårt studieområde i Västergötland beräknades även lasermått. I Västergötland finns många skanningar med olika typer av laserskannrar och olika årstider. Baserat på datum för skanning bestämdes om skanningen skett avlövat eller lövat. Varje laserblock som inte var delat mellan lövad och avlövad skanning i studieområdet skattades med en egen regression, där ytor plockats från det egna och intilliggande block med samma skanner och lövat/avlövat status med så litet avstånd från blocket som skall skattas som möjligt.

Till att börja med togs uteliggare bort för varje område genom att jämföra fältnmätt höjd och volym. Uteliggare innefattar bland annat avverkningar och en del gallringar. Formen på regressionen antogs vara liknande som tidigare studier visat, det vill säga att mycket av variationen kan förklaras med andelen laserreturer i vegetationen över en viss höjd över marken. Ingen större skillnad märktes beroende på

vilken höjdgräns över marken som sattes vid beräkning av de använda lasermåtten och 1,5 meter sattes godtyckligt.

För varje block plottades lasermått och krontäckning för de ytor som söktes ut för att skatta det blocket. Ytor som hade avvikande värden undersöktes i ortofotot och en stor del av dem var ungskog. Dessa togs bort som uteliggare. Regressionsmodeller skattades för blocken och modellen användes för att göra en heltäckande skattning av blocket på raster med 12,5 meter pixelstorlek.

Totalt skattades ett 50-tal block, vilket täckte större delen av Västsverige. Skattningarna sattes ihop till en stor mosaik som användes för att visuellt undersöka datat (figur 22).



Figur 22 Totalt testades krontäckningsskattningar på ett område som täckte större delen av västra Sverige. Ett 80-tal NILS rutor täcktes av området.

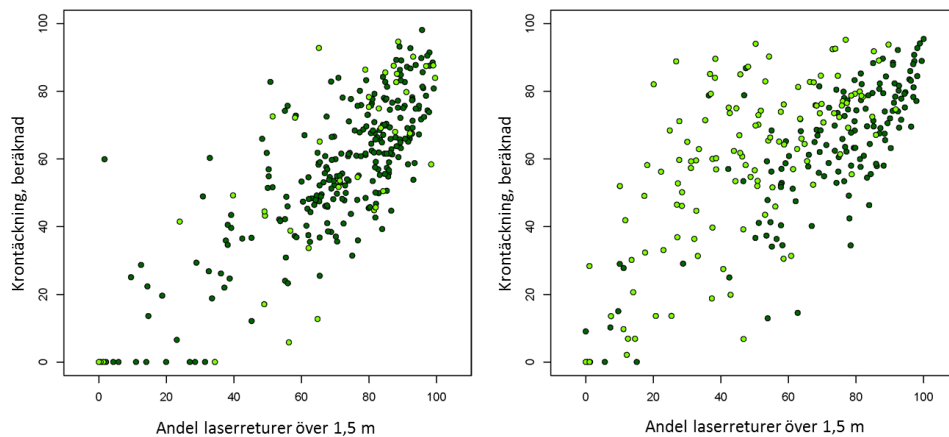
Eftersom den beräknade krontäckningen inte helt säkert speglar de som finns i NILS ordinarie inventeringar gjordes en separat utvärdering av skattningarna tillsammans. NILS tolkning i 1 km rutan användes.

Datat som tolkats är från NILS första omdrev dvs. 2003-2007. Endast rutor med inventeringsår 2007 användes för att minska tidsskillnaden mellan inventering och skanning. Skanningsåren för dessa rutor var mellan 2009 och 2012. NILS polygontolkning är mycket detaljerad, och många polygoner är små och långsmala så att det inte ryms hela pixlar i dem. I syfte att välja ut polygoner med mindre påverkan från kanter och därmed pixlar som endast delvis tillhör polygonen sattes ett

antal kriterier för polygonerna. Areal skulle vara minst 0,3 hektar. Långsmala polygoner togs bort. Eftersom byggnader i detta projekt kommer skiljas ut med kartmask togs polygoner med byggnadstäckning över 0 % bort, eftersom byggnader påverkar lasermåtten. Resterande polygoner kontrollerades mot ortofoto för att ta bort helt eller delvis avverkade polygoner. Endast uppenbart kalavverkade ytor togs bort, gallringar och röjningar som kan ha påverkat beståndet mellan skanning och inventering är kvar. Eftersom vissa rutor har 5 år mellan skanning och tolkning togs några ungskogar bort, men bara då det var uppenbart att ungskogen växt kraftigt. Resultatet jämfördes med medelvärdet av pixlarna inom polygonen, och RMSE och bias beräknades.

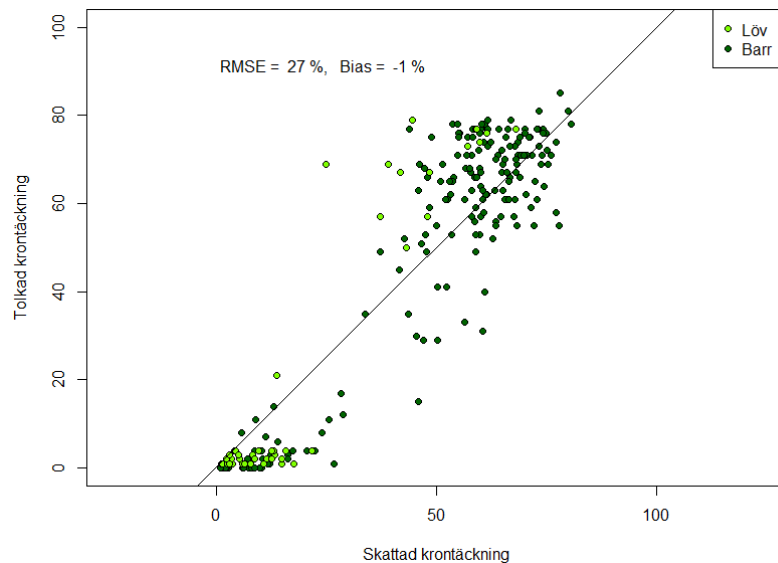
2.5.3.6.2 Resultat

Under arbetet med regressionsanalysen blev det tydligt att avlödade skanningar till skillnad mot skanning under lövade förhållanden hade tydliga skillnader mellan löv respektive barr dominerade ytor. På ytor med stor lövandel underskattas krontäckningen betydligt då laserdata från en tidpunkt utan löv användes (figur 23).



Figur 23 Laserdata mot beräknad krontäckning på Riksskogstaxeringsytor, över 50 % av volymen löv visas med ljusgrön färg och under 50 % löv i mörkgrönt. Skanningen i det vänstra spridningsdiagrammet är utförd under lövade förhållanden, medan den högra är med löven fällda. Vegetationskvoten, dvs. andelen returer över ett visst tröskelvärde från markmodellen är vid samma krontäckning lägre i ett avlövat lövbestånd. Vissa uteliggare finns kvar i datat.

Vid den oberoende utvärderingen blev resultatet relativt gott, med ett RMSE på 27 % och bias -1 %, trots tidsskillnaden mellan skanning och tolkning. Gallringar och andra åtgärder bör rimligtvis ha påverkat bestånden i materialet (figur 24).



Figur 24 Flygbildstolkad krontäckning på polygoner i NILS 1 km rutor, plottat mot medelvärdet inom polygonen av den skattade krontäckningen från laser med beräknad krontäckning som referens. De NILS rutor inom testområdet i västra Sverige som hade minst tidsskillnad mellan inventeringsår och laserskanning användes.

2.5.3.6.3 Diskussion

Man kunde konstatera att många de modellerade kronorna kunde urskiljas i ett ortofoto, men att trädtäckningen troligen underskattas i några ytor. Det syns även då datat plottades mot lasermått. Det beror troligen på att de ytorna har många träd under 39 mm, som därmed inte klavas annat än på 1 m ytan. Klavgränsen 39 mm är troligen lite väl hög för vår ambition att skatta trädtäckning för alla träd högre än 3 meter. Troligen är beräknade krontäckningar från Riksskogstaxeringens klavträd ändå det bästa materialet som finns, men en viss uppmärksamhet i skogar med lägre höjd krävs.

Utvärderingsresultatet tyder på att detta är en bra väg att samla referensdata. Med tanke på tidsskillnaden och de åtgärder som har utförts på skogen i materialet är resultatet bra. Dessutom har flera olika tolkare inventerat, och både lövade och avlövade skanningar blandas i materialet. I ytor med låg krontäckning överskattas den laserskattade krontäckningen jämfört med tolkade värden, vilket kan bero på regressionens dragning mot mitten. Det bör dock vara rimligt att anta att en del av skillnaden även beror av tillväxt. Framförallt är det många ungskogar som har låg krontäckning och med den höga tillväxten som ungskogar ofta har i Västsverige kan en viss del av skillnaden kanske förklaras av tillväxt.

Om man tittar på resultatet visuellt syns skillnaderna i kanten mellan vissa av laserskanningarna där ena skannats med löven på och den andra med löven av. Bilden (figur 25) nedan är ett exempel från ett område nära Falköping. De flesta grän-

serna mellan två skanningar syns dock inte alls lika tydligt. Det kan bero på att det finns gott om gränsfall där skanningen skett i lövsprickningen och det är svårt att avgöra om det är lövat eller avlövat.



Figur 25 Lövbekövånd i Falköpingsområdet som skannats under lövade förhållanden i den högra delen och avlövade i den vänstra. Gränsen mellan skanningarna markeras med en streckad linje. Färgskalan går från lila nära 0 % till grönt nära 100 % krontäckning.

2.5.3.7 Trädslagsklassning med hjälp av fälldata

För att ytterligare underlätta klassningen av 5 km rutan testades klassning med Riksskogstaxeringens provvytor som referens. Att skatta trädslag med Riksskogstaxeringens provvytor har testats tidigare, med framgång (Reese et al., 2003; Hagner et al., 2005).

2.5.3.7.1 Metod

Tanken var att använda laserskattningar för att särskilja vad som är skog och inte och sedan klassa skogen i löv eller barrskog med optiska data eller en kombination av optiska data och laserdata. Satellitbildens färginformation överfördes till ytorna både med bilinjär interpolation och närmsta pixelns värde. NDVI beräknades även och enbart banden grön, röd, NIR, och de två SWIR-banden användes då de banden är minst påverkade av dis. Det pankromatiska bandet saknas för närvarande i Landsat 8 bilderna från SACCESS varför 30 meters upplösning användes. Den upplösningen gör att pixeln är betydligt större än provytans area (314 m² mot pixelns 900 m²).

Ett problem är att laserblocken och satellitbilden inte har samma geografiska utbredning. En satellitbild innehåller många laserblock som ofta har skannats under olika förhållanden. Ett sätt att lösa detta som testades var att använda laserskattningar istället för lasermått direkt. Genom att använda färdiga skattningar som gjorts separat för de skanningsområden som registrerats under likartade förhållan-

den förväntas skillnaderna mellan blocken vara mindre tydlig. För varje yta skattades grundyta, krontäckning, grundytetvägd höjd och volym med hjälp av regression och utvärderades med korsvalidering.

I ett första steg rensades ytor som påverkats mellan inventeringstillfället och satellitbildens datum bort, detta gjordes först mot laserskanningen. Volymen och höjden som mätts i fält användes för att ta bort påverkade ytor. Genom att undanhålla en yta och bygga ett regressions samband genom robust regression mellan lasermått och volym respektive höjd beräknades Mahalanobis avståndet till regressionen för den ytan. Ungefär hur stor andel av ytorna som bör vara påverkade genom skötselåtgärder är känt. En rimlig andel av ytorna längst från regressionen togs bort antaget att dessa är de som påverkats av skötsel eller plötsliga händelser så som stormskador.

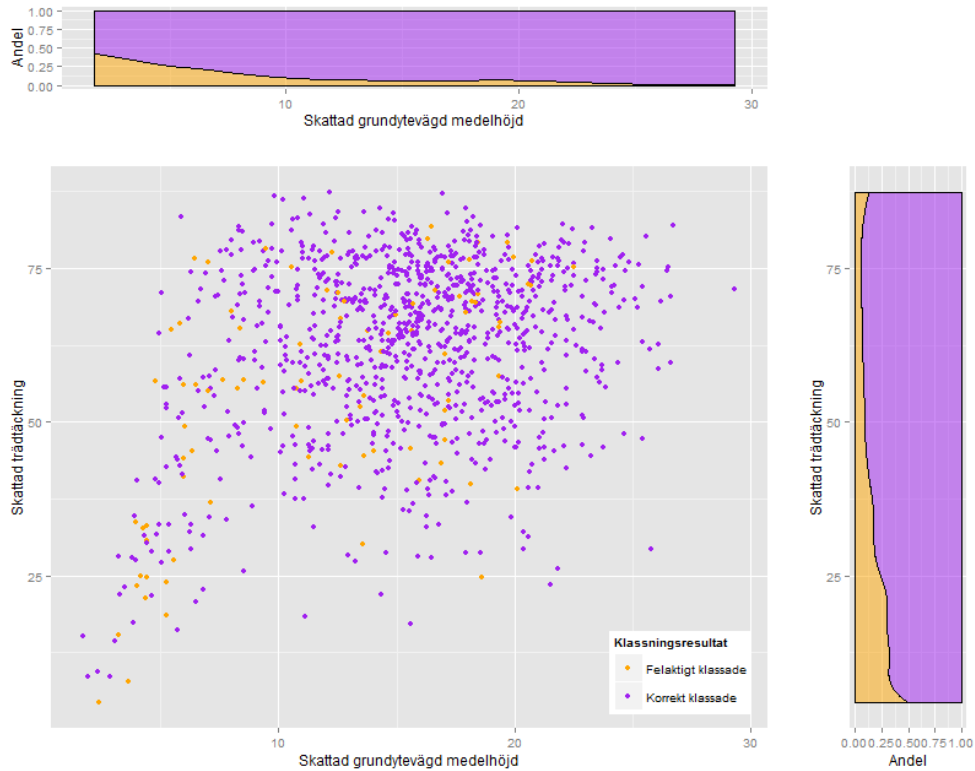
Trädslag kategoriserades i löv eller barrskog baserat på volym-andelen. Sedan rensades ytterligare uteliggare genom att titta på scatterplottar av färginformationen för att sedan jämföra med ett ortofoto taget så nära satellitbilden i tid som möjligt. Ett antal ytterligare avverkade ytor efter skanningen togs bort samt en del som tycks vara påverkade av gallring eller delvis avverkning. Spektrala överlapp undersöktes. Många av ytorna som ligger färgmässigt i gränslandet mellan löv och barr och därför är svåra att klassa är ytor på kanten mellan två bestånd eller i kanten av en väg, åker eller liknande. Många är även ungskogar, troligen gransskogar i planteringar där man ofta ser raderna i ortofotot.

Ett problem är att lövskog är mycket mer ovanligt i landskapet än barr. Det leder till brist på träningsdata för lövskogen. En skevhet i datamaterialet måste hanteras i klassningen eftersom många algoritmer gynnar den vanligaste klassen. På grund av tidsbrist har programmet som använts för att beräkna krontäckning inte utvecklats klart för de ytor som inte har givna trädpositioner för de klavade träden. Det gör att enbart Riksskogstaxeringens permanenta ytor har använts i klassningen. Att utöka detta till alla tillfälliga ytor och dessutom de av MOTH ytorna som klavats skulle avsevärt förtäta materialet.

Provytorna klassades sedan med random forest, vilket är en icke parametrisk klassificerare som bygger på så kallade ”decision trees” (Breiman, 2001). Olika kombinationer av mått testades, både med enbart satellitbilsinformation och med kombinationer av tränade laservärden och satellitbilsdata. För att kompensera för att löv är ovanligare än barr samplades barrskogen bort och varje träd i random forest byggdes på färre observationer av barrdominerade ytor än som fanns tillgängliga. Relationen i samplet ställdes in genom att experimentera så att lövskogens fel blev mer jämna, det vill säga syftade till att barytor klassade som lövskog skall vara lika vanligt som lövytor som blir klassade som barr.

2.5.3.7.2 Resultat

Ett ökande fel noterades med minskande höjd och täthet (figur 26). Ungskogar och glesa skogar bör vara svårare att klassa korrekt. Glesa skogar eftersom en mindre del av färginformationen kommer från träden och färgen påverkas mer av det som finns på marken. Unga barrskogar har ofta en färg som liknar lövskog mer än äldre barrskog och är därför svårare att skilja ut.



Figur 26 Spridningsdiagram där klassningsresultat med optiska satellitbilsdata från trädslagsklassning med Riksskogstaxeringens data som referens t plottats mot genom korsvalidering skattad krontäckning och skattad höjd från laser. Andelsdiagramen visar andelen felklassade ytor med laserskattade värden på x-axlarna. Lägre och glesare skog verkar bli sämre klassad.

Ett test gjordes för att bedöma ned till vilka gränser för krontäckning och höjd man kan klassa trädslag med tillräcklig noggrannhet. Därför testades klassning då med högre krav på höjd och täthet för att en yta skulle få ingå i träningsdatat, utan att några större skillnader kunde upptäckas för noggrannheten för de kvarvarande träningsytorna (se tabell 3).

Tabell 3. Olika resultat vid klassning av löv eller barrdominerade ytor med varierande kombinationer satellitbilsdata och laserdata. Sat står för satellitbilsinformation, NDVI står för en kvot mellan olika satellitbilsband, KTskattad står för skattad krontäckning från laser. Laserskattningar står för skattningar av grundtevägd medel höjd, krontäckning, grundyta och volym. Siffror inom parentes anger antalet av först barr- sedan löv-ytor i samplet för varje träd i random forest

Klassnings kombination:	Användares noggranhet (%)		Producents noggranhet (%)		Total noggranhet (%)
	Löv	Barr	Löv	Barr	
Sat (300/150)	74	97	85	95	93
Sat (250/170)	71	98	89	93	92
Sat + NDVI (250/170)	71	98	88	93	92
Sat + Laserskatt- ningar (250/170)	71	97	87	93	92
Sat + KT _{skattad} (250/170)	72	98	89	93	93
Sat (350/170)	75	97	84	94	93
Sat + NDVI (350/170)	75	97	82	95	93
Sat + Laserskatt- ningar (350/170)	74	97	84	95	93
Sat + KT _{skattad} (350/170)	75	97	84	94	93
Sat (350/170)*	75	98	86	96	94
Sat (350/170)**	74	97	84	95	94

* Enbart ytor med grundtevägd höjd över 7 meter och 20 % krontäckning

** Enbart ytor med grundtevägd höjd över 10 meter och 30 % krontäckning

2.5.3.7.3 Diskussion

Förhoppningen var att kunna använda pankromatiska bandet från Landsat 8 för att öka den rumsliga upplösningen. Genom att använda någon av de metoder som finns tillgängliga för att skärpa upp färgbanden med grövre upplösning baserat på det pankromatiska högre rumsliga upplösningen kan pixlarna minskas till 15 meter. Därmed skulle arean av en pixel stämma bättre mot arean av en provyta.

En slutsats är att laserdata verkar innehålla lite information om trädslag, även i kombination med färginformation. Det är möjligt att man kan utnyttja färginformationen bättre givet att man vet t.ex. tätheten på krontäcket, men det kräver i så fall andra metoder än som testats i detta projekt.

Man kan även diskutera om man inte borde ha ett separat utvärderingsdataset, men i detta fall är tillgången på data framför allt från lövbestånd en knapp resurs för träningen av klassningen. Att öka antalet provytor bör inte vara alltför svårt. Tillfälliga Riksskogstaxeringsytor har inte använts, och MOTH inventeringen har ett utlägg riktat mot ädellövskog där träden klavas. Det som saknas är att utvidga programmet som beräknar krontäckning från diametrarna på träden till att gälla även ytor där positionen inte är känd.

Om datat skall användas på mark som har ett mycket glest trädtäcke eller i skog som förändras snabbt över tiden (ungskogar) bör man vara försiktig. I en gles skog kommer det mesta av färginformationen från marken (figur 27). Det verkar som om man skall lita mindre på klassningen av låg och gles skog. Kanske bör man införa högre krav för att sätta träslag och enbart redovisa trädtäckning i pixlar med träd men för lite för trädslagsklassning. Ju öppnare marken är desto bättre blir en fältskiktsklassning så kanske bör man redovisa en klass "glost trädtäckt mark" i ett krontäckningsintervall säg mellan 5 till 30 %.



Figur 27 Det är inte så konstigt att denna yta blir felklassad. De rosa cirklarna är modellerade kronor från position och diameter på träden som mätts på ytan, och ytans utbredning markerad med en cirkel. I bakgrunden används ett färg-infrarött ortofoto. Modellerad trädtäckning utifrån diametrarna är just över 10 %. Andelen av färginformationen som kommer från träden måste vara liten.

Skog som är nära 3 m och 10 % krontäckning kan nog inte förväntas hålla en stabil trädslagsblandning. Det allra mesta av den lägre och glesare skogen är ungskogar som växer och förändras fort. I detta fall användes Riksskogstaxeringens omdrev 2008-2012 tillsammans med en satellitbild från 2013. Problemet bör kunna bli mindre om man använder en bild som kommer från mitt i omdrevet. Vi hade dock inte den möjligheten eftersom satellitbilder som täcker stora områden inte finns tillgängliga från detta omdrev beroende på problem med de tidigare Landsat satelliterna och förseningen av Sentinell-2.

2.6 Diskussion och slutsatser

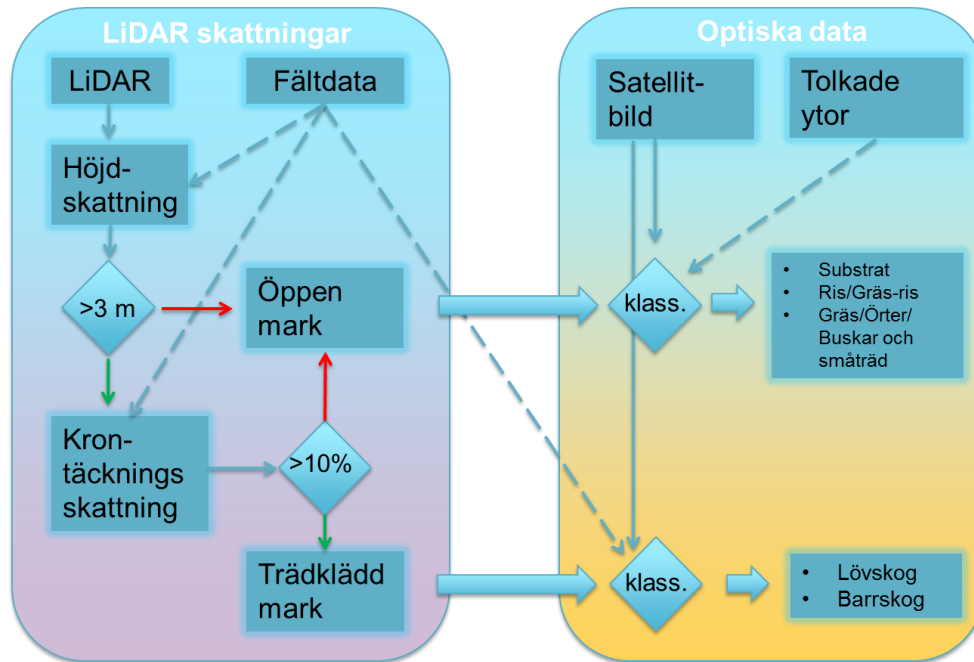
Det har visat sig att regressioner mot laser för att skatta höjd och krontäckning ger stabila resultat oavsett om referensdatat är tolkat eller beräknat från fältinventering. I fallet med krontäckning har det visat sig möjligt att beräkna krontäckningen från klavträden istället för att använda den i fältbedömda. Sammantaget bör alltså data från Riksskogstaxeringen kunna användas för att underlätta skattningen av skogen med laser. Även trädslagsklassning med fältdata bör kunna bli effektivt, men en viss utvecklingspotential finns. Speciellt att utöka datamaterialet med MOTH och Riksskogstaxeringens tillfälliga ytor för att öka mängden träningsdata för lövrika ytor bör vara användbart. Det skulle göra att man eventuellt kan minska avståndet mellan NILS rutan och området man hämtar data ifrån. I nuläget hämtades datat från tre Landsat-scener i rad, tagna samma dag. I de fall det finns dis och moln i delar av scenen är det viktigt att kunna använda ett mindre område.

Fältdata har visat sig vara användbart för laserskattningar av höjd och krontäckning samt trädslagsklassning. Däremot misslyckades försöket att med fältdata underlätta karteringen av öppna marker på grund av brist på data. Det rekommenderade metoden blir att klassa med subjektivt valda tolkade ytor som träningsdata. För klassning av öppna ytor krävs tolkning av referensytor. Tolkning av referensdata bör kunna göras för grupper av rutor. Det testades för alla manuellt tolkade rutor utom den i Abisko. Rutorna som testades ligger tillräckligt nära varandra för att inte påverkas så mycket av trender i atmosfäriska skillnader i satellitbilder och inom likvärdiga områden med avseende på laserskanningen. Om tolkade data i något område behövs för att göra skattningar bör man kunna tolka i flera rutor och göra skattningarna för rutorna tillsammans, förutsatt att de ligger inom likvärdiga skanningar. I fjällkedjan finns inte tillgång på data från Riksskogstaxeringen på samma sätt. NILS fältdata kan nog användas för att komplettera, men i många fall behövs nog nya data samlas.

Klassning av fältskiktet visade sig också vara mycket svårare än klassning av trädslag. Vill man ha data för 5 km rutan är slutsatsen att man måste tolka referensdata för en lösning som innehåller klassning, men även att man måste ha tid över till att eftereditera det som man inte fångar med spektrala data. Mycket stöd kan man även få i de så kallade markslagen, de har i detta projekt använts för att ta bort de områden som ger allra sämst resultat i klassningen. Det är framförallt tätbebyggt område och åkrar. Att med framgång lyckas kartera 5 km rutan inklusive fältskiktet

innebär dels att man måste sänka ambitionsnivån vad det gäller noggrannhet och antal klasser. Mycket mer tid måste läggas bara på att hitta träningsdata för alla klasser om man skall fånga många klasser och mycket mer tid måste till för att korrigera fel klassningar.

Att kunna fylla den trädklädda marken med data från en källa och det öppna landskapet med data från en annan talar för en stratifierad metod. Arbetsgången kan beskrivas med ett flödesschema enligt nedan.



Figur 28 Flödesschema för föreslagen metod att klassa NILS 5 km ruta. Grön pil markerar pixlar som faller över tröskelvärden i romberna. "klass." står för en klassnings algoritm.

Tolkningsarbetet för att samla data med subjektivt utlägg för en klassning visade sig underlättas mycket av det interaktiva verktyg som finns i ArcGIS som kallas "image classification toolbar". Verktyget kan användas för att markera ytor i satellitbilden och att plotta upp banden mot varandra med olika klasser/grupper i olika färger. Ytor som behöver undersökas kan dessutom markeras, och om de markerade områdena exporteras till en shapefil. Ett verktyg för att snabbt kunna göra en klassning finns i toolbaren, vilket ger ledtrådar om hur olika ytor påverkar klassningen.

Tidigare studier har visat på en förbättring av kartering av buskar när laser använts tillsammans med färginformation istället för enbart färginformation (Reese et al., 2014). I en studie med en speciellt anskaffad laserskanning lyckades en objektbaserad identifiering av buskar (Nyström et al., 2013). Holmgren (2008) visade dock på att busk- och småträdstäckning enligt NILS definitioner inte kan skattas från det laserdatasetet man jobbade med i Halland, vilket var betydligt tätare än nationella laserskanningen.

2.6.1 Arbetstid per ruta

NILS har ett utlägg på 631 rutor runt om i Sverige. För att kunna gå från kartering av 1 km rutan till att även täcka in 5 km rutan med sikte på 5 årigt omdrev måste en effektiv metod användas. Skall karteringen lyckas måste varje ruta kunna karteras på högst några dagars arbete. Till exempel om 3 dagar skulle användas per ruta och man räknar med att en person kan lägga 200 arbetsdagar per år på detta skulle det ta cirka 9 månår att bli klar.

Hittills har testerna visat på att arbetet per ruta med de helt manuella metoderna knappast kan understiga 2 dagars arbete per ruta. Det har inkluderat förbearbetning av fjärranalysdata, markslagstolkning, insamling av referensdata, byggande av regressioner mot laserdata för höjd och krontäckningsgrads skattningar samt klassning av trädslag och fältskikt. Slutsatsen blir att man måste förenkla för att kunna nå ända fram med en rimlig total arbetsinsats för hela landet. Speciellt om man vill ha pålitlig kvalitet, vilket kräver att en viss tid avsätts till kontroller på varje ruta. Förenklingen bör baserat på resultaten i detta arbete bestå i att använda befintliga träningsdata till minst laserskattningar och eventuellt trädslagsskattningar, och att använda få men robusta klasser för fältskiktet.

I början av projektet söktes metoder för enskilda rutor men det visade sig ta för lång tid att leta referensdata för varje ruta för sig. Att enbart använda tolkade data till både klassningar för trädslag och enkla vegetationsklassningar och regressioner för att göra skattningar med laser tar för lång tid. Störst tidsvint bör man erhålla genom att göra regressioner för skattning av höjd och krontäckning med Riksskogstaxeringens provtytor som referensdata. Klassningar av trädslag bör gå att göra för större antal rutor tillsammans, men är inte lika lätt som regression mot laser. Mer arbete krävs med att undersöka datats kvalitet än vid laserskattningar. Helst bör satellitbilden vara från samma år som laserskanningen, men det skulle kräva att kanske 500 SPOT bilder hanteras.

En vision vore att kunna ha en rå klassning klar från fältdata, och att en tolkare sedan justerar klassningens så kallade prior probabilities tills det stämmer så bra som möjligt på varje ruta. Därefter skulle en viss justering av de sista felen göras och rutan få vara klar. Detta skulle kunna fungera för klassningen av trädslag och om man manuellt tolkar referensdata till fältskiktsklassning i grupper av rutor.

Att ha många klasser innebär inte bara möjligheten till ett större informationsinnehåll. Det gör att klassningsproblemet blir mycket mer svårhanterligt och tar längre tid. Fler klasser innebär mer förväxling mellan dem och en karta som kräver mer efterbearbetning för att ge en tillräcklig kvalitet. Fler klasser innebär också ett större behov av träningsdata för att alla klasser skall vara väl beskrivna. Att hitta åt områden med en viss klass i ett begränsat landskaps utsnitt har visat sig ta mycket tid, och även om man jobbar med grupper av flera rutor i taget kommer fler klasser att öka tidsåtgången till datainsamling och kontroll.

Metoderna som använts för att kartera rutorna inom försöksområdet i västra Sverige har lett till att krontäckning, höjd och trädslagskartering gjorts för ett 90-tal

rutor med rimlig tidsåtgång. Dessa data behöver dock en mask i syfte att ta bort bebyggd mark. Vill man ha en mer komplett 5 km ruta behöver man även data från den ej trädbeklädda marken.

2.6.2 Alternativa datakällor

Man kan diskutera möjligheten att ta in redan färdiga data i 5 km rutan. Dock krävs kanske en kvalitetskontroll, men med den expertis som finns inom tolkningen hos NILS kan möjligen en lätt efterbearbetning för 5 km rutan vara en tänkbar väg.

Ett skikt som diskuterats är skogsstyrelsens förändringskartering som ger en ålder på hygget och en grov avgränsning. Viss komplettering skulle man behöva göra eftersom Skogsstyrelsen kartering syftar till att följa upp avverkningsanmälningar. Det gör att om man inte fått en molnfri satellitbild att kartera hyggena med inom ett par år över ett område har avverkningen preskriberats och man behöver inte karteringen längre. Komplettering över lite längre tid kan alltså behövas i vissa områden.

Det mesta av buskar och småträd finns på hyggen. Eftersom vi tidigare i projektet konstaterat att man inte med säkerhet kan skilja buskar från andra klasser så kan förändringsanalysen även skärpa upp karteringen av 5 km rutans fältskikt och buskar. Om man söker efter de typiska gräsmarkerna kommer man att få mindre områden att leta bland om man har hyggena karterade.

En fördel med den stratifierade approachen är att man kan kombinera olika dataset. I detta fall har vi testat ett för det öppna landskapet och ett för skogen. Tidigare erfarenheter har lett till att ansökan för detta projekt riktats mot skogen eftersom fjärranalys presterar bäst där. Med de nya teknikerna med laserskanning och digitalfotogrammetri samt stora projekt i syfte att skapa nationell skattning av skogliga variabler kanske man även i framtiden kan få mycket information om skogen utan så mycket egen insats. Därför borde en stratifierad ansats där man kan fylla skogsbeklädd mark med data från en källa och öppen mark från en annan, där eventuellt en egen skattning med manuell efterkontroll kan vara en rimlig väg framåt.

En tänkbar och lätt genomförbar väg att skaffa data för skogen vore att justera en färdig produkt som till exempel kNNs trädslagsfördelning. Man skulle kunna beräkna lövandelen och sedan justera ett tröskelvärde för lövskog ruta för ruta i syfte att kompensera för dragning mot mitten. Med en lätt efter editering kan man sedan möjligen ha ett tillräckligt bra resultat.

2.6.3 Utvecklingsmöjligheter och framtiden i projektet

En utvecklingsmöjlighet som inte testats ordentligt men använts i till exempel kNN Sverige (Reese et al., 2003) är att dela in skogen även i tall och gran. Att även karakterisera lav med Riksskogstaxeringens ståndortsbonitering som referens har testats (Gilichinsky et al., 2011) och bör gå att använda även för NILS 5 km ruta.

I början av projektet testades att klassificera vass och säv inom sjöar och våtmarker, men en uppenbar förväxling med annan vegetation som starr uppstod. Kanske kan man förenkla och klassa enbart vegetationstäckt vattenyta för sjöarna. Pixlar som innehåller en del land och en del vatten kan komma att felaktigt klassas som vattenvegetation men överlag bör resultatet bli godtagbart.

Att skilja buskar och småträd från gräs och örter vore önskvärt, men har visat sig svårt. Dock kanske ett mer manuellt angreppssätt med en enkel tröskling i laserdata med efterföljande kontroll kan vara en väg att pröva. Vid visuell kontroll av busklasserna verkar det som om områdena fångas hyfsat bra med laser men en vettig avgränsning av områdena med buskar skulle behövas eftersom endast en del av pixlarna med buskar och småträd i fångas inom områdena.

Den del av projektet som är kvar att genomföra är digitalfotogrammetridelen. En nackdel med att använda Riksskogstaxeringens data är att man inte självklart kan göra skattningar med digitalfotogrammetri med ytorna som referens för att göra uppdaterade skattningar i framtiden. Det eftersom man behöver täcka in ett större område för att få in nog mycket ytor. Då behöver man köpa in fler flygbilder vilket kan bli orimligt dyrt. Det vi får hoppas på för att kunna göra detta effektivt är att Lantmäteriet kommer att göra 3D data av sina flygbilder. I skrivandets stund (2014) har Lantmäteriet föreslagit detta vid rapportering av ett regeringsuppdrag om framtida 3D databaser (Lantmäteriet, 2014c). En annan begränsning med digital fotogrammetri är att krontäckningsskattningarna väntas bli sämre än med laser. Den senare delen av projektet får visa hur bra skattningarna blir.

2.6.4 Slutsatser och rekommenderad metod

- Man kan skapa höjd och krontäckningsdata för trädtäckt mark med fältdata från Riksskogstaxeringen på ett tidseffektivt sätt.
- Trädslagsklassning från Riksskogstaxeringensdata är möjligt, bara satellitbilden täcker större områden så att nog många ytor dominerade av lövträd fångas in.
- Hellre få och så spektralt tydliga klasser som möjligt än för många och mycket editering i efterhand.
- Fältskiktsklassning måste göras med tolkning som referensdata. En del av tiden bör avsättas till efterkontroll av de klassade rutorna.

En metod som kan rekommenderas bör kunna se ut som så här:

- Skattning genom regression av höjd och krontäckning från lasermått.
- Tolkning av markslag, som används för att skilja framför allt bebyggd mark och åker från resten av landskapet.
- Stratifiering av satellitbildsscenen med ledning av laserskattningarna. Träd-täckt mark skiljs från öppen mark.
- Inom den trädtäkta marken klassas trädslag. Antingen genom en egen klassning med fältdata, eller så undersöks kommande nationella data följt av en efterkontroll.
- Klassning med tolkade referensdata och tolkning där så behövs av fältskikt inom den öppna marken.
- Efterkontroll via tolkning.

2.7 Övriga resultat

Tolkning i markmodellen kan vara intressant, det är lätt att se till exempel diken och en del jordartsgärnser. Genom att lägga på en terrängskuggning framträder många objekt på marken. Eftersom laserdatat är så glest kan man troligen inte identifiera objekten automatiskt men för ett mänskligt öga är det tydligt vad det är.



Figur 29 Utsnitt av område där markmodellen har fått en skuggning så att ojämnheter så som diken framträder.

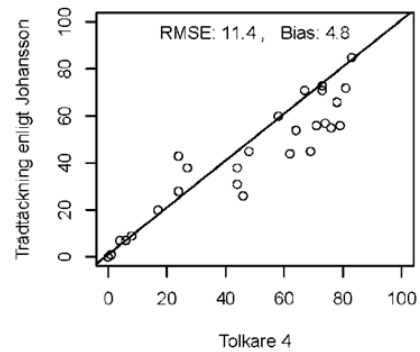
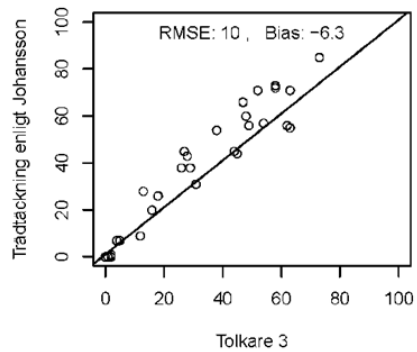
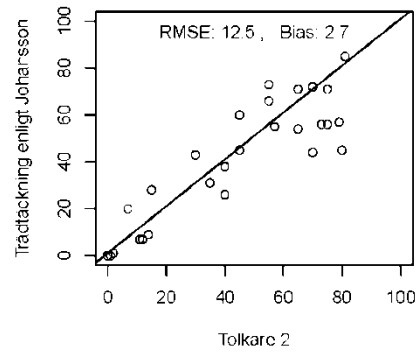
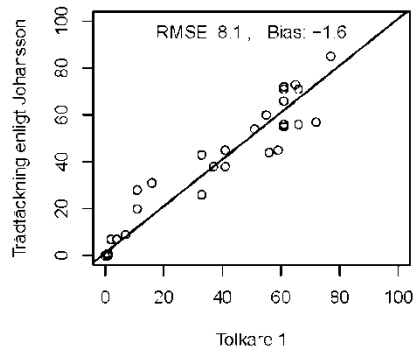
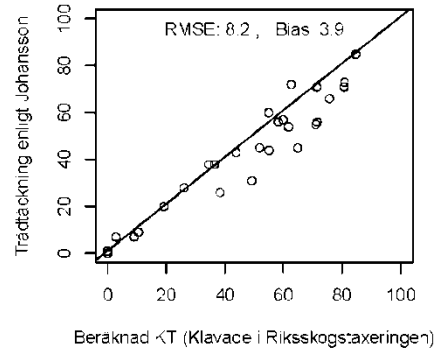
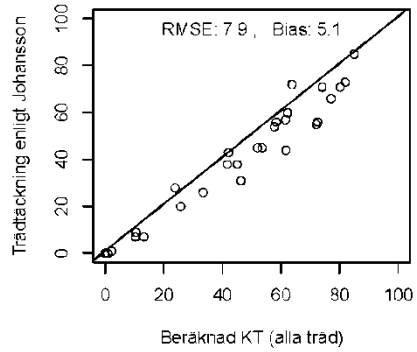
Projektet har presenterats på EMMA projektets slutkonferens i Stockholm i november 2013 och som en poster på ESA summer school i Rom i augusti 2014. Dessutom med en presentation i Wien vid 'International Workshop on Remote Sensing and GIS for Monitoring of Habitat Quality' i september 2014.

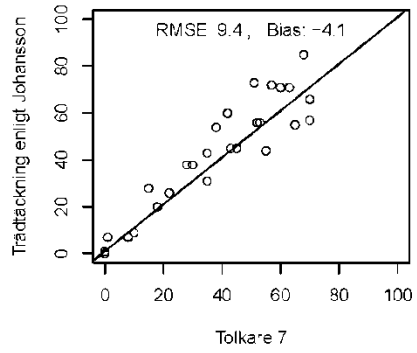
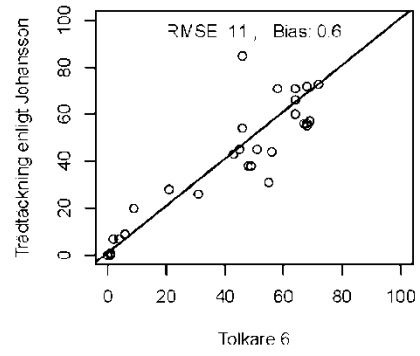
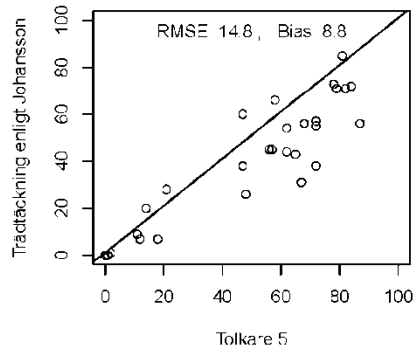
Referenser

- Allard, A. (red.). (2012). *Instruktion för flygbildsinventeringen vid Nationell Inventering av Landskapet i Sverige, NILS 2007*. Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU. Arbetsrapport, manual.
- Bohlin, J., Wallerman, J., & Fransson, J. (2012). Forest variable estimation using photogrammetric matching of digital aerial images in combination with a high-resolution DEM. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 27, 692-699
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45, 5-32
- Christensen, P., Ecke, F., Nilsson, L., Ottvall, R., Pettersson, A., Skånes, H., Tyboni, M., & Åkerholm, M. (2012). *Fåglar i ett landskapsperspektiv*. Umeå: Institutionen för skoglig resurshushållning
- European Space Agency (2014). Sentinel-2. earth.esa.int/web/guest/missions/esa-future-missions/sentinel-2 [2014-09-20]
- Gilichinsky, M., Sandström, P., Reese, H., Kivinen, S., Moen, J., & Nilsson, M. (2011). Mapping ground lichens using forest inventory and optical satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 32, 455-472
- Hagner, O., Nilsson, M., Reese, H., Egberth, M., & Olsson, H. (2005). Procedure for classification of forests for CORINE land cover in Sweden. I: Oluic, M. (red) *New Strategies for European Remote Sensing*. Rotterdam: Millpress Science Publishers
- Holmgren, J., Johansson, F., Olofsson, K., Olsson, H., & Glimskar, A. (2008). Estimation of crown coverage using airborne laser scanning. I: R. Hill, J. Rosette, & J. Suarez (red), *Proceedings of SilviLaser 2008, 8th international conference on LiDAR applications in forest assessment and inventory*, Heriot-Watt University, Edinburgh, Storbritannien, 17-19 September, 2008 (pp. 50-57). Bournemouth, UK: SilviLaser 2008 Organizing Committee
- Jakobsons, A. (1970). *Sambandet mellan trädkronans diameter och andra träd-faktorer, främst brösthöjdsdiametern. Analyser grundade på riksskogstaxerings provträds-material*. Stockholm: Institutionen för skogstaxering, Skogshögskolan (14:1970)
- Korhonen, L., Korpela, I., Heiskanen, J., & Maltamo, M. (2011). Airborne discrete-return LIDAR data in the estimation of vertical canopy cover, angular canopy closure and leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, 115, 1065-1080
- Lantmäteriet (2014a). *Fakta om laserskanning*. www.lantmateriet.se/Kartor-och-geografisk-information/Hojddata/Fakta-om-laserskanning/. [2014-09-20]
- Lantmäteriet (2014b). *SUCCESS*. success.lantmateriet.se [2014-09-20]
- Lantmäteriet (2014c) *Förutsättningar för att tillhandahålla kart- och bildinformation i tre dimensioner (3D)*. Redovisning av uppdrag från regeringen (Dnr 505-2013/3895)

- McGaughey, R.J. (2014). *FUSION -Providing fast, efficient, and flexible access to LIDAR, IFSAR, and terrain datasets*. forsys.cfr.washington.edu/fusion/fusionlatest.html [2014-09-20]
- Nordkvist, K., Granholm, A.H., Holmgren, J., Olsson, H., & Nilsson, M. (2012). Combining optical satellite data and airborne laser scanner data for vegetation classification. *Remote Sensing Letters*, 3, 393-401
- Nordkvist, K., & Olsson, H. (2013). *Laserskanning och digital fotogrammetri i skogsbruket*. Umeå: Institutionen för skoglig resurshushållning (Arbetsrapport 407:2013)
- Nyström, M., Holmgren, J., & Olsson, H. (2012). Prediction of tree biomass in the forest-tundra ecotone using airborne laser scanning. *Remote Sensing of Environment*, 123, 271-279
- Nyström, M., Holmgren, J., Fransson, J. E. S., & Olsson, H (2013). Detecting afforestation at individual tree level using ALS (manuskript).
- Olsson, H., Wallerman, J., Nordkvist, K., Jonzén, J., Axensten, P., Lindgren, N., Nilsson, M., Nilsson, L.-L., & Larsson, S. (2014). Production of a nationwide forest attribute map of Sweden using airborne laser scanning and national forest inventory plot data. Abstract.
- Reese, H., Nilsson, M., Pahlen, T.G., Hagner, O., Joyce, S., Tingelof, U., Egberth, M., & Olsson, H. (2003). Countrywide estimates of forest variables using satellite data and field data from the national forest inventory. *Ambio*, 32, 542-548
- Reese, H., Nyström, M., Nordkvist, K., & Olsson, H. (2014). Combining airborne laser scanning data and optical satellite data for classification of alpine vegetation. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 27, 81-90
- Riksskogstaxeringen (2012). *Fältinstruktion 2012*. Umeå: Institutionen för skoglig resurshushållning
- U.S. geological survey (2014). *Landsat 8*. <http://landsat.usgs.gov/landsat8.php> [2014-09-20]

Bilaga 1. Holmgrens et al. (2008) krontäckning jämfört med tolkad och beräknad krontäckning





Bilaga 2. Klassningsschema för projektet

Klassningsschema i syfte att undersöka egenskaper hos NILS tolkade klasser

Rangordnade klasser, högre hierarki går före underliggande.

1. Tätort, från markslagspolygoner
2. Hyggen, från förändringsanalys
3. Skog med över 10 % trädäckning och höjd över 3 meter
 - a. Lövskog, andel löv över 50 %
 - b. Barrskog
4. Halvöppen eller Öppen mark, Under 10 % trädäckning eller höjd under 3 m
 - a. Buskar och småträd, med busk- och småträdstäckning större än 10 %
 - b. Busktäckning under 10 %
 - i. Substratmark, mark med högre substrat andel än 50 %
 - ii. Vegetationstäckt mark
 1. Lav eller lav med ris
 2. Ris/Gräs-ris
 3. Gräs/ örter/högstarr, lågstarr och vitmossa
 4. Vass och säv

Föreslaget klassningsschema vid slutet av projektet

1. Tätort, från markslagspolygoner
2. Hyggen, från förändringsanalys
3. Skog med över 10 % trädäckning och höjd över 3 meter
 - a. Lövskog, andel löv över 50 %
 - b. Barrskog
4. Halvöppen eller Öppen mark, Under 10 % trädäckning eller höjd under 3 meter
 - a. Substratmark, mark med högre substratandel än 50 %
 - b. Vegetationstäckt mark
 - i. Lav/ Lav med ris
 - ii. Ris/Gräs-ris
 - iii. Gräs/ örter/högstarr, vass och säv, samt buskar och småträd

Bilaga 3. Fastighetskartan som grund för avgränsning av Markslagsklasser

Innehåll

Allmänt	52
Markslag	52
Sömlös anslutning till NILS KM-ruta	53
Bildtolkning av Markslag i Landskapsrutan	55
Lägsta ambitionsnivå – oredigerad Fastighetskarta.....	55
Högre ambitionsnivå – förbättrad avgränsning i jordbruksmark.....	55
Högre ambitionsnivå – förbättrad avgränsning i bebyggd mark.....	55
Högre ambitionsnivå – förbättrad avgränsning i övriga marker	56
Exempel på avgränsning av Markslag – erfarenheter från försöket.....	56
Exempel – ruta dominerad av jordbruksmark.....	56
Exempel – ruta dominerad av skog och myr i södra Sverige.....	59
Exempel – ruta dominerad av skog och myr i norra Sverige.....	62
Exempel – kustruta med jordbruksmark och bebyggd mark	65
Exempel – ruta med skogsmark och jordbruksmark.....	66
Exempel på fjällruta.....	67
Exempel – jordbruksdominerad ruta	69
Exempel blandad ruta – förenklad avgränsning.....	69
Slutsatser	70
Referenser	71

Allmänt

Att få in data i NILS Landskapsruta 5x5 km är av stort intresse men medför också stora kostnader om man vill ha högupplösta data insamlade med manuella metoder (Marklund m.fl. 2007). Ett sätt att minska kostnaderna skulle kunna vara att använda Fastighetskartan som en grund och därmed slippa att kartera många av de gränser som är av intresse och som är svåra att hitta med "automatiska" fjärranalysmetoder. En metod som diskuterats är att med flygbilder kartera s.k. Markslag (Glimskär, 2012) på en övergripande nivå och därefter "fylla" dessa markslagspolygoner med data om vegetationen med hjälp av fjärranalysmetoder.

I det följande finns en beskrivning av hur Fastighetskartans klassning av markytan överförts till förenklade preliminära Markslag. Tanken är att dessa ska kunna användas som en grund för ytterligare uppdelning och justering genom bildtolkning.

Markslag

De markslagsklasser som används försöksmässigt inom NILS KM-ruta finns redovisade i nedanstående tabell. Vid bildtolkningstesterna inom detta försök är det främst inom huvudklasserna 4 – 6 som avgränsning av de detaljerade klasserna testats.

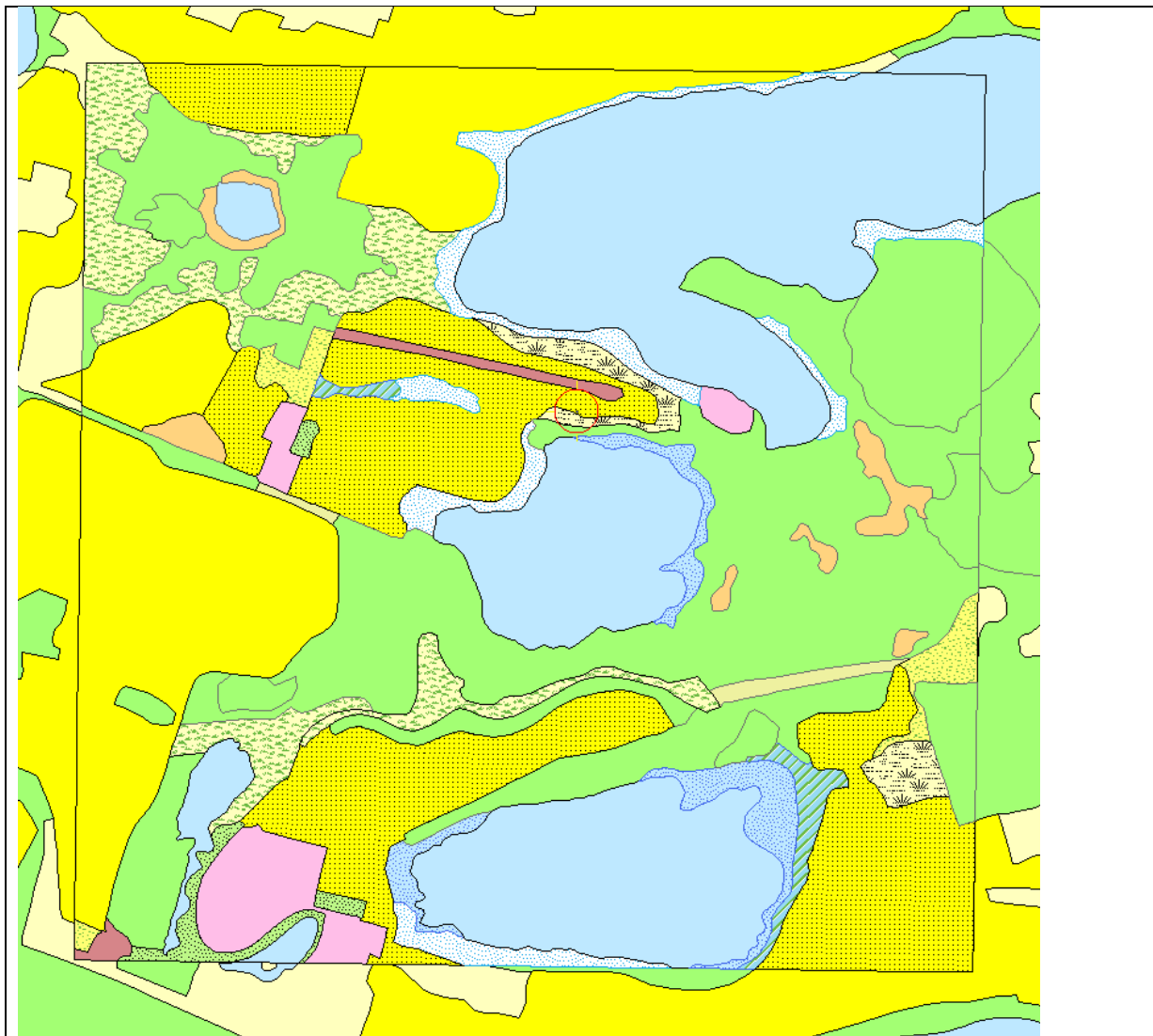
Tabell: Markslagsindelning på två nivåer: huvudtyp och undertyp.

1. Naturmark med skog	2. Terrester naturmark utom skog	3. Semiakvatisk naturmark utom skog	4. Terrester seminaturlig fodermark	5. Åkermark och tidigare åkermark	6. Anlagd mark utom åkermark	7. Akvatisk yta
11. Terrester skogsmark med tydliga spår av åtgärder	21. Naturlig block- och hållmark	31. Torvbildande mark (myr) utom stränder	41. Hävdad betes- och slåttermark	51. Åkermark med åkerbruk/vall	61. Transportområde	71. Akvatisk yta utom myrmosaik
12. Terrester skogsmark utan tydliga spår av åtgärder	22. Annan mark präglad av hårt klimat och/eller naturlig störning	32. Torvbildande mark (myr) vid stränder	42. Ohävdad betes- och slåttermark	52. Åkermark med permanent bete/slätter	62. Bebyggelseområde	72. Akvatisk yta i myrmosaik
13. Terrester mark med skog av igenväxningskaraktär	23. Annan mark präglad av mänsklig störning eller markanv.	33. Icke-torvbildande mark utom stränder	43. Betespräglad block- och hållmark	53. Obrukad åkermark	63. Industriområde	
14. Semiakvatisk skogsmark med tydliga spår av åtgärder	24. Glaciär	34. Icke-torvbildande mark vid stränder		54. Tidigare åkermark med permanent bete/slätter	64. Rekreationsområde	
15. Semiakvatisk skogsmark utan tydliga spår av åtgärder	25. Snötäckt mark			55. Obrukad tidigare åkermark	65. Jordbruksområde	
16. Semiakvatisk mark med skog av igenväxningskaraktär						

Sömlös anslutning till NILS KM-ruta

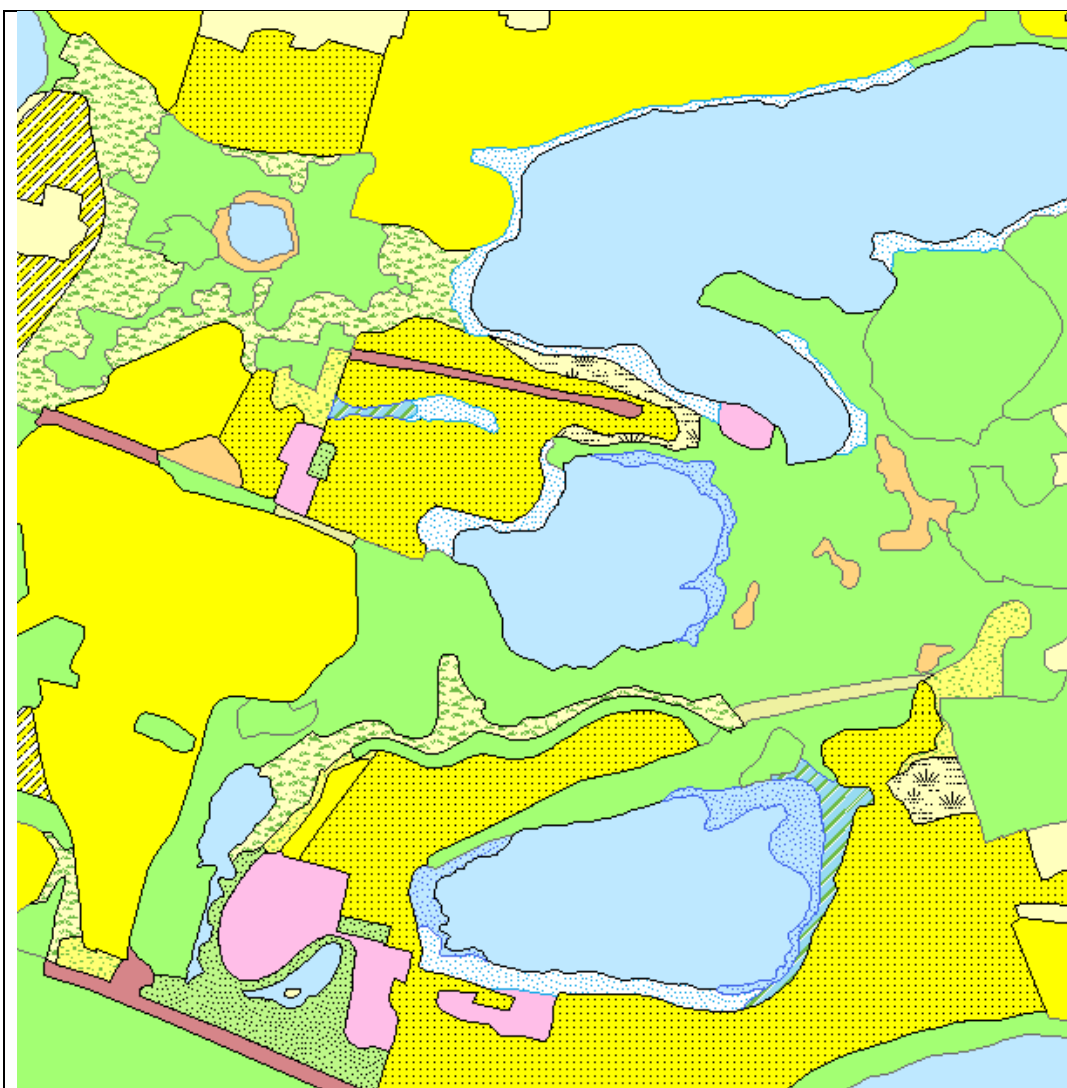
Om man vill att den befintliga bildtolkningen i NILS KM-ruta (1,1x1,1 km) ska anslutas till Landskapsrutan (5x5 km) måste vissa processer genomföras.

Nedan finns resultatet av inkopieringen av KM-rutan innan redigeringen är gjord.



KM-rutan är tolkad med de detaljerade Markslagen. I figuren ser man att vissa gränser måste kompletteras, tas bort eller justeras om en skarvlös övergång ska bli fallet. I vissa fall kan det räcka med en omklassning av en yta för att få överensstämmelse.

Tidsåtgången för att göra redigeringen i denna ruta har varit ca 1,5 timmar. Nedan finns resultatet efter redigeringen.

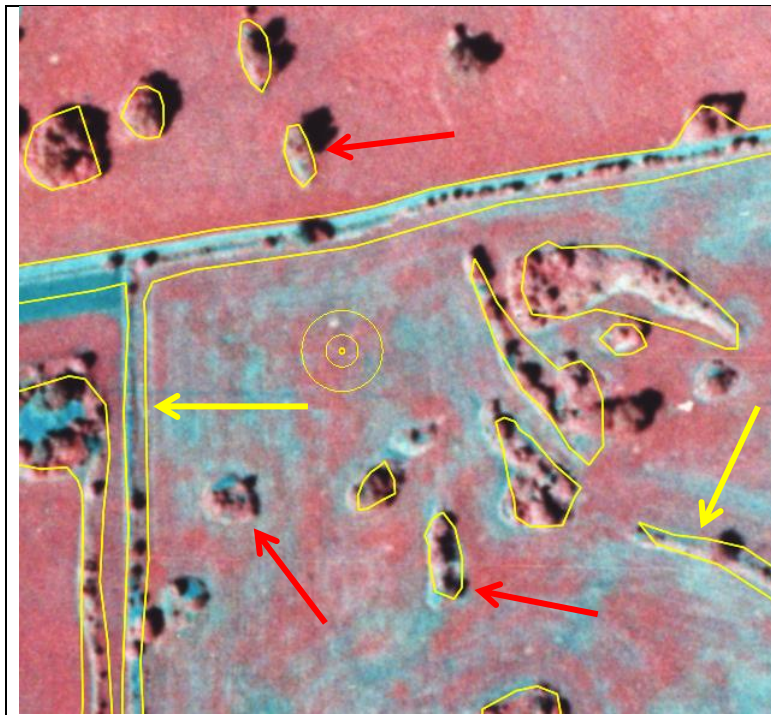


KM-rutans (1,1x1,1 km) avgränsning har kopierats in i Landskapsrutan. Polygongränserna och markslagsklasserna har redigerats så att den före detta rutkanten nu är borta.

Fördelen med att lägga in KM-rutan är att man då får samma avgränsning och klassning i Landskapsrutan 5x5 km som man har i KM-rutan. Om man använder Fastighetskartans gränser kommer man att få ett något annorlunda resultat även om man gör en vidarebearbetning med samma målsättning/instruktion.

Nackdelen är att man får ett något ojämnares tolkningsresultat eftersom olika regler för minsta karteringsenhet har använts. Inom KM-rutan är NILS-reglerna använda (0,1/0,05 ha, minst 10m bredd). I Fastighetskartan är dessa regler annorlunda och vissa mindre/smälare objekt finns karterade som polygoner (se figur nedan). Möjligen skulle detta delvis kunna åtgärdas genom en förbearbetning av Fastighetskartan. Många av dessa "för små" objekt är sådana som skulle bli linje- eller punktobjekt vid ordinarie NILS-tolkning. Tar man bara bort dessa i 5 km-ruta är det risk för att värdefull information om småbiotoper försvinner. Att göra om småytorna till linje-/punktobjekt med hjälp av bildtolkning med samma principer som i KM-rutan skulle för vissa rutor ta flera timmar, medan t.ex. skogsdominerade ytor skulle gå betydligt snabbare. Inga tester av detta har dock genomförts.

Vilken metod som är att föredra beror antagligen av vad som är syftet med inventeringen.



Exempel på "småbiotoper" som är avgränsade som polygoner i Fastighetskartan (och vissa som inte finns med). Den inre cirkeln centralt i figuren har diametern 10 m och den yttre är 0,05 ha, vilket är minimimått för polygoner av denna typ i NILS KM-ruta.

Röda pilar visar exempel på objekt som skulle bli punktojekt och gula pilar exempel på linjeobjekt i KM-rutan.

Behålls objekten som polygoner får man alltså varierande principer beroende på var i rutan man befinner sig.

Man ser också att Fastighetskartan inte har fullständig redovisning av t.ex. små åkerholmar.

Bildtolkning av Markslag i Landskapsrutan

När de ovan beskrivna arbetsmomenten är avklarade kan resten av Landskapsrutan avgränsas och tolkas. Olika ambitionsnivåer är tänkbara. I de försök som gjorts har målsättningen varit att dels testa om det går att använda markslagsavgränsningen som grund för en klassning av vegetationen med fjärranalysmetoder, dels vilken tidsåtgång de olika ambitionsnivåerna medför.

Lägsta ambitionsnivå – oredigerad Fastighetskarta

Lägsta ambitionsnivån skulle kunna vara att använda Fastighetskartans avgränsning mer eller mindre utan ytterligare bearbetning. Ett problem här är att t.ex. den bebyggda marken inte är avgränsad. Möjligen skulle man här kunna använda de skikt som finns i kartan för tätbebyggt område och skiktet för byggnader. Man skulle kunna i så fall behöva använda buffertzoner kring byggnaderna och på så vis få fram en ungefärlig avgränsning av den bebyggda marken. Likaså skulle vägområden kunna skapas genom buffertzoner kring vägarna (som är karterade som linjeobjekt). Detta har dock inte testats inom detta projekt.

Denna lägsta ambitionsnivå kräver ingen egentlig bildtolkning. Möjligen skulle man kunna tänka sig en snabb redigering t.ex. med stöd av ortofoto.

Högre ambitionsnivå – förbättrad avgränsning i jordbruksmark

En högre nivå skulle kunna vara att göra en förbättrad avgränsning inom jordbruksmarken. I försöket har avgränsningen inom jordbruksmarken förbättrats på några rutor, se exempel. Jordbruksmarken ligger i stor utsträckning inom det som i ovanstående har översatts till Markslagen 51 (Åkermark) och 67 (Ospecificerad öppen mark).

Högre ambitionsnivå – förbättrad avgränsning i bebyggd mark

En ytterligare förbättring kan vara att man gör en mer detaljerad indelning även i bebyggd mark och annan anlagd mark som t.ex. vägområden, se exempel.

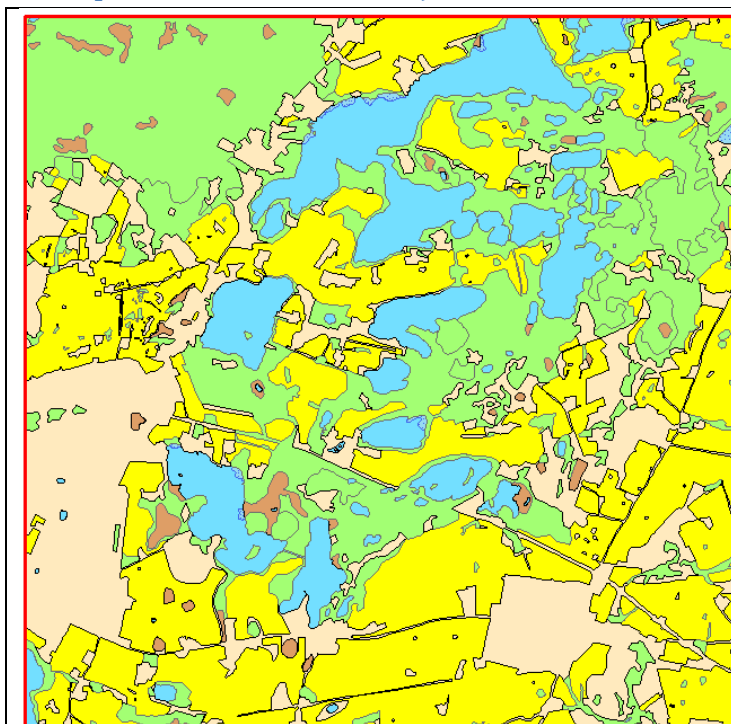
Högre ambitionsnivå – förbättrad avgränsning i övriga marker

Vill man förbättra avgränsningen i övriga marker ökar tidsåtgången avsevärt. Vissa gränser kan man dock tänka sig att förbättra med automatiska eller semiautomatiska fjärranalysmetoder. En viktig gräns är t.ex. mellan produktiv skogsmark och impediment. I det som avgränsats som myrmark skulle man kunna använda av laserdata (som kan ge virkesförråd och beståndshöjd) och klassa allt som hamnar under ett gränsvärde som myrimpediment och resten som fuktig skogsmark. Vissa områden t.ex. yngre skogar kommer då att bli felklassade och detta måste i så fall justeras manuellt om ambitionsnivån är hög.

Exempel på avgränsning av Markslag – erfarenheter från försöket

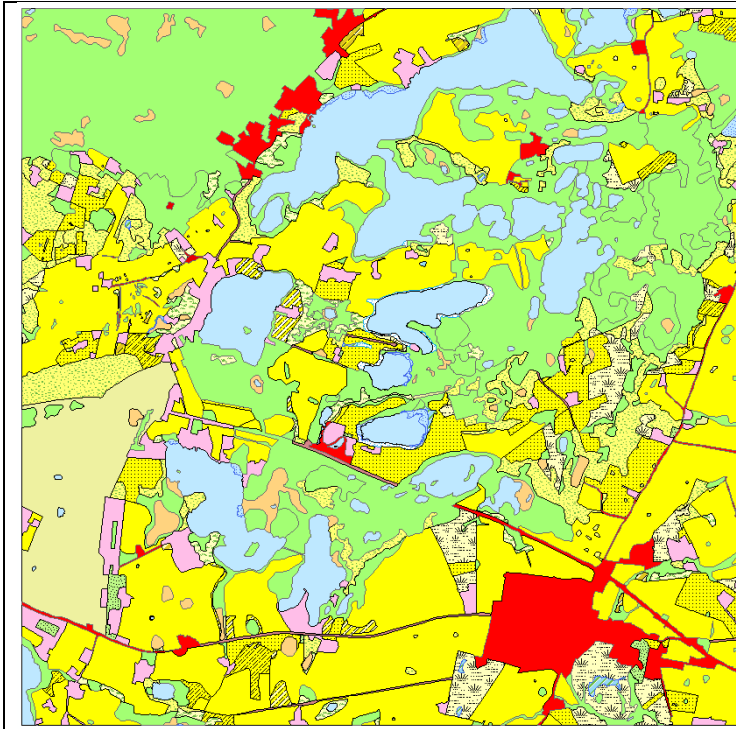
Nedan följer några exempel på avgränsning av Markslag.

Exempel – ruta dominerad av jordbruksmark



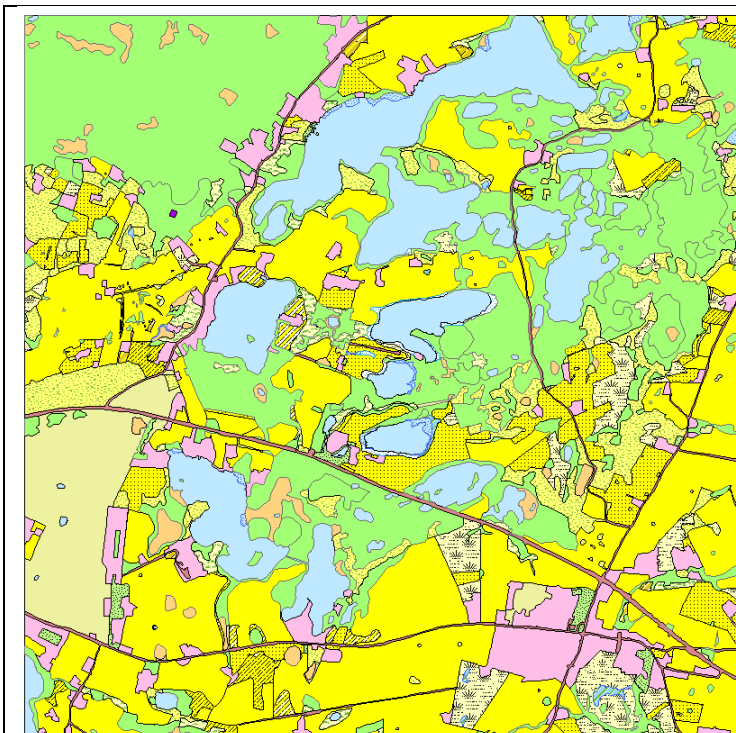
Exempel på lägsta ambitionsnivån. Fastighetskartan översatt till förenklade markslagsklasser. NILS KM-ruta är inte ansluten.

Tidsåtgången för att erhålla detta skikt är försumbar om man bearbetar alla NILS-rutor med hjälp av en modell.



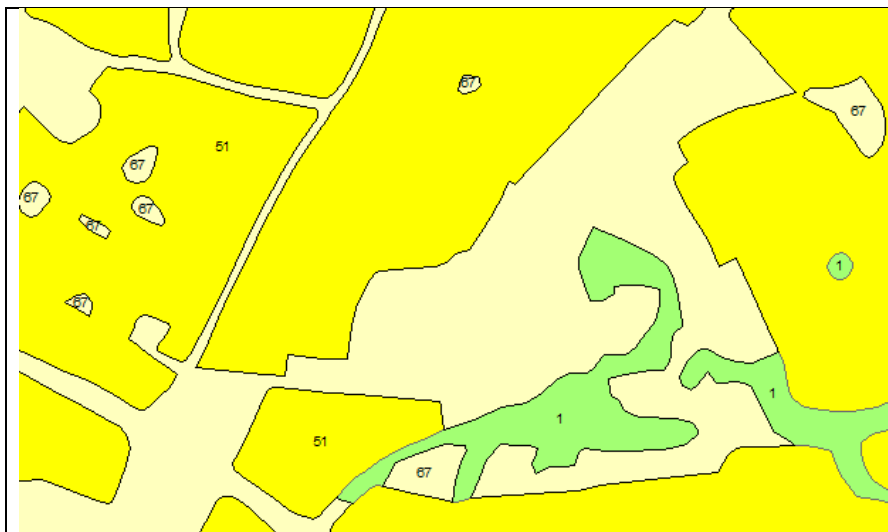
Exempel på högre ambitionsnivå. Jordbruksmarken är avgränsad enligt de detaljerade markslagsklasserna. Alla gränser mellan brukningsenheter (som ska avgränsas i KM-rutan) är dock inte karterade om samma klass råder på båda enheterna.

Den bebyggda marken är avgränsad från övrig mark förutom att vägområden och bebyggd mark inte alltid åtskilts (rött i figuren).

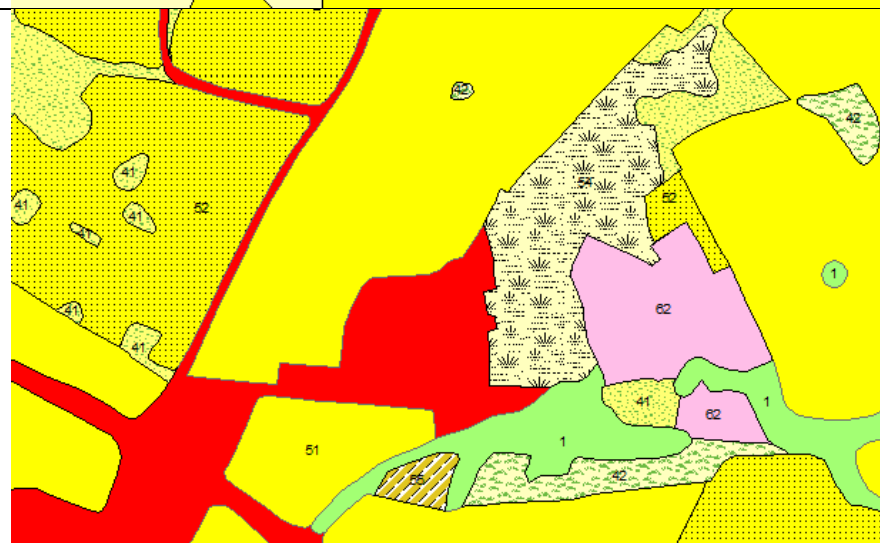


Exempel på ytterligare höjd ambitionsnivå. Vägområden avgränsade från den bebyggda marken. Vissa gränfall finns dock som inte avgränsats (gränfall som redan varit avgränsade i Fastighetskartan har behållits). Större grönytor i den bebyggda marken är också avgränsade.

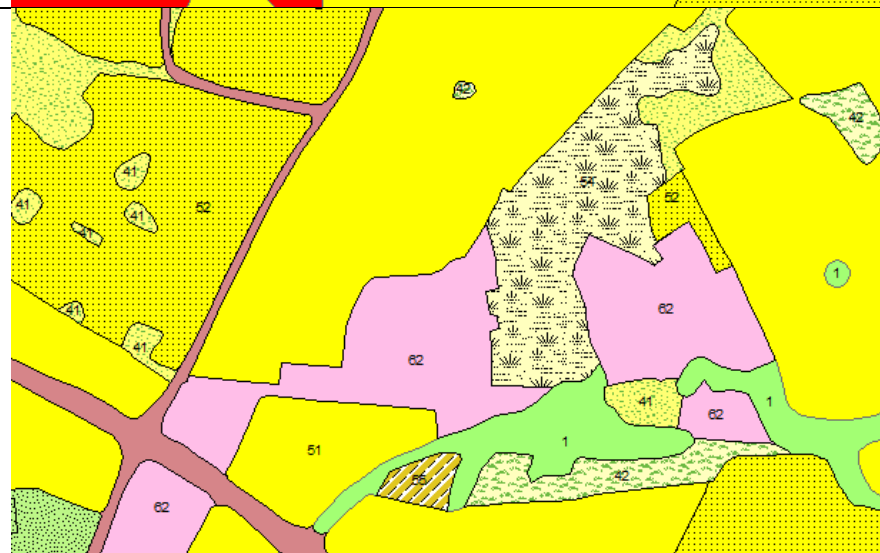
Tidsåtgången för att erhålla detta skikt har varit ca 2 dagar.



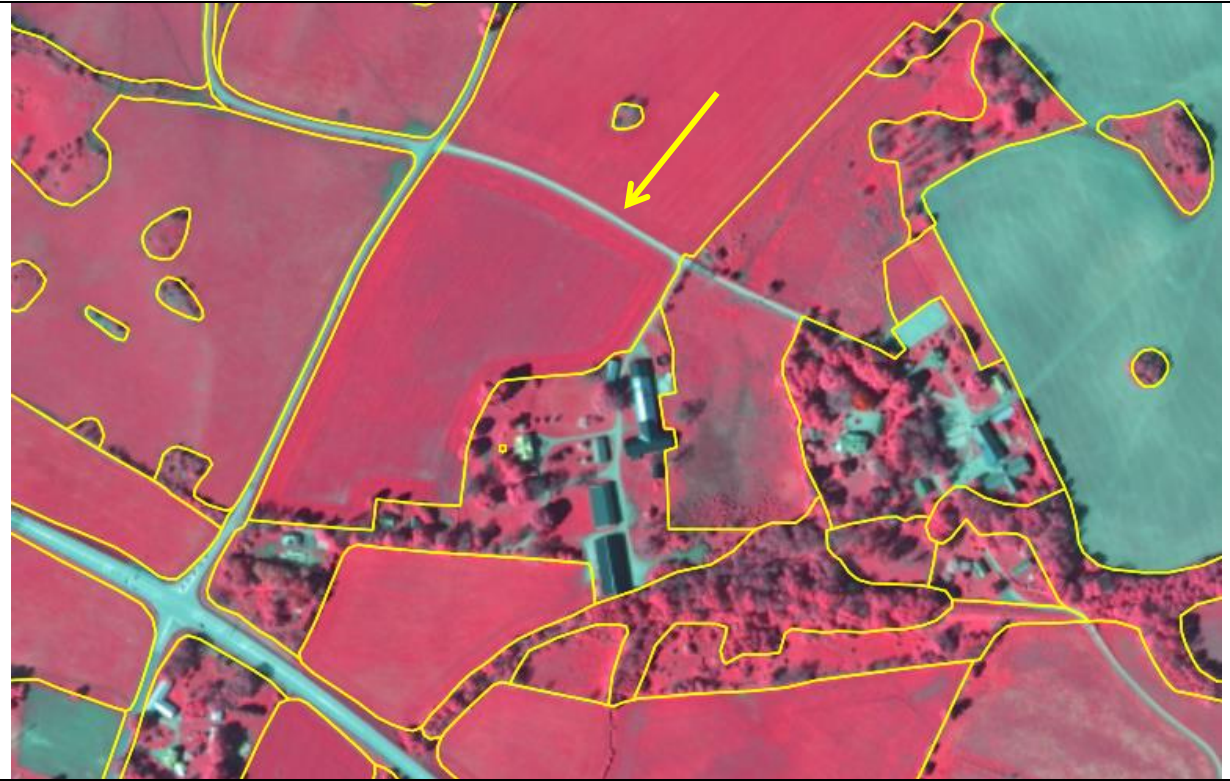
Detaljerat exempel på den lägsta ambitionsnivån, Fastighetskartan översatt till förenklade markslagsklasser. Fastighetskartans öppna fastmark är översatt till Markslag 67 Ospecificerad öppen terrester mark.



Detaljerat exempel på en hög ambitionsnivå i jordbruksmark. Vägområden är dock inte avgränsade fullt ut, t.ex. inte från den bebyggda marken (röd färg i exemplet). Vissa vägområden finns dock redan avgränsade från jordbruksmarken i Fastighetskartan men ingår då i den öppna marken.

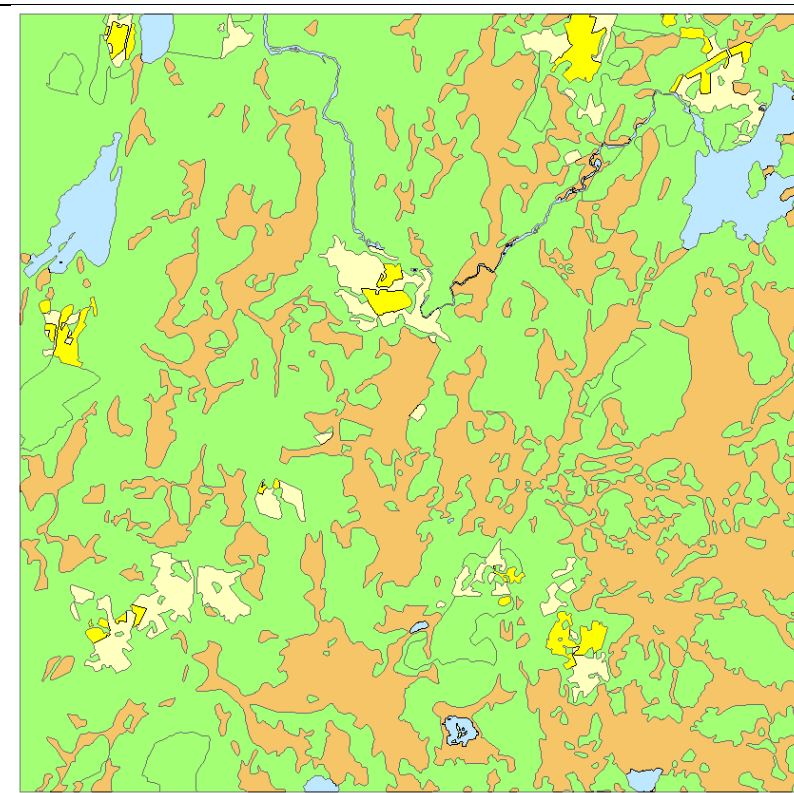


Ytterligare högre ambitionsnivå. Vägområden är nu avgränsade. Åkermarken är dock inte fullständigt avgränsad, se flygbildsexempel nedan.

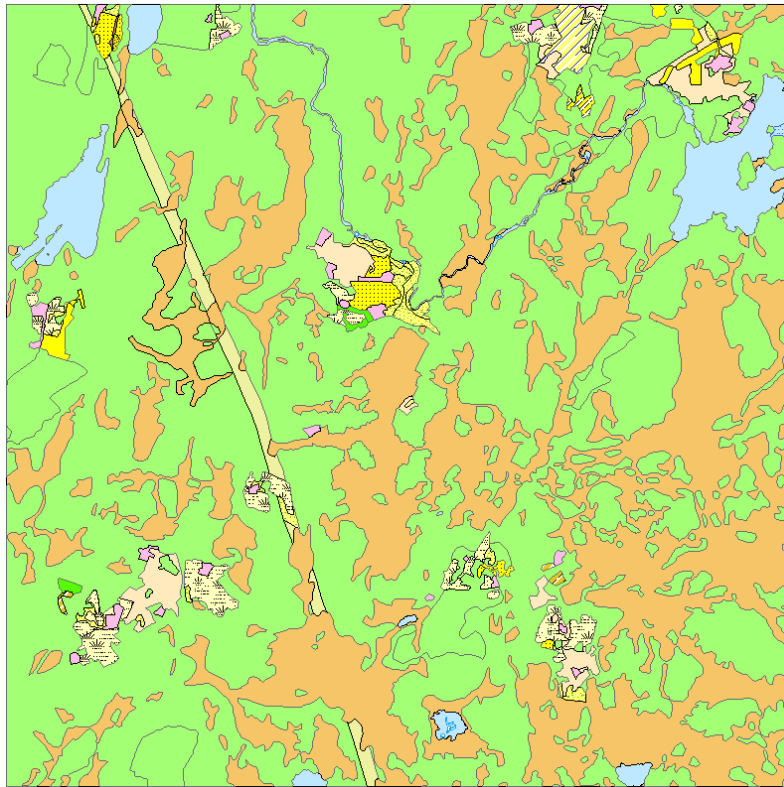


Den mest detaljerade avgränsningen enligt ovan. Vissa gränser som borde finnas i KM-rutan fattas dock fortfarande, exempelvis borde åkermarken delas vid pilen om samma principer som i KM-rutan ska användas. Delningar av denna typ skulle dock kunna göras med hjälp av Fastighetskartans linjeskikt för vägar.

Exempel - ruta dominerad av skog och myr i södra Sverige



Exempel på lägsta ambitionsnivån. Fastighetskartan översatt till förenklade markslagsklasser. NILS KM-ruta är inte ansluten.



Exempel på högre ambitionsnivå.

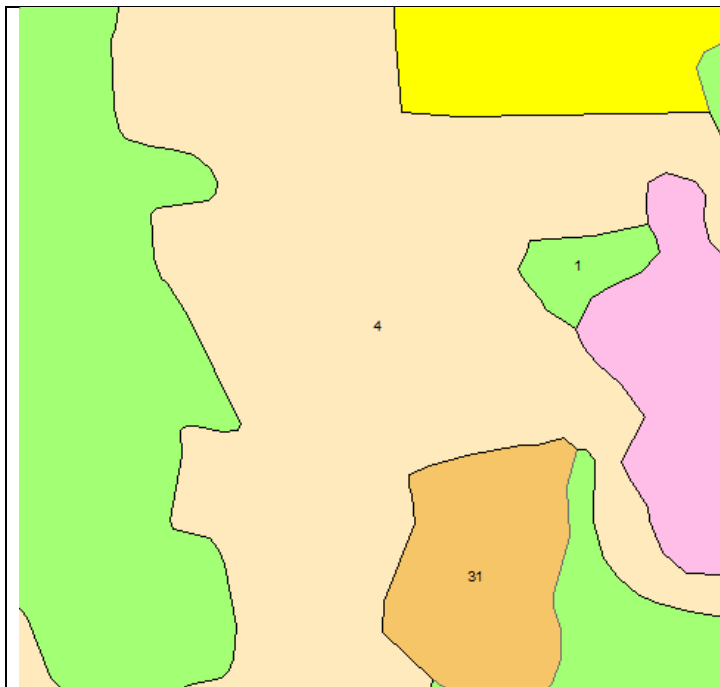
Kilometerrutan är inlagd.

Jordbruksmarken är till stor del avgränsad enligt de detaljerade markslagsklasserna. Dock är inte alla gränser dragna inom huvudklasserna 4 Terrester seminaturlig fodermark respektive 5 Åkermark och tidigare åkermark.

Bebyggd mark och en större kraftledningsgata är avgränsade.

Vägområden är inte karterade. Inte heller är skog och myr enligt kartan genomarbetat. I t.ex. skogsmarken kan betesmark förekomma (se exempel).

Tidsåtgången för att få fram denna version har varit kring 1,5 dagar. Skulle jordbruksmarken delas in komplett enligt de detaljerade klasserna får man räkna med ytterligare någon timme.

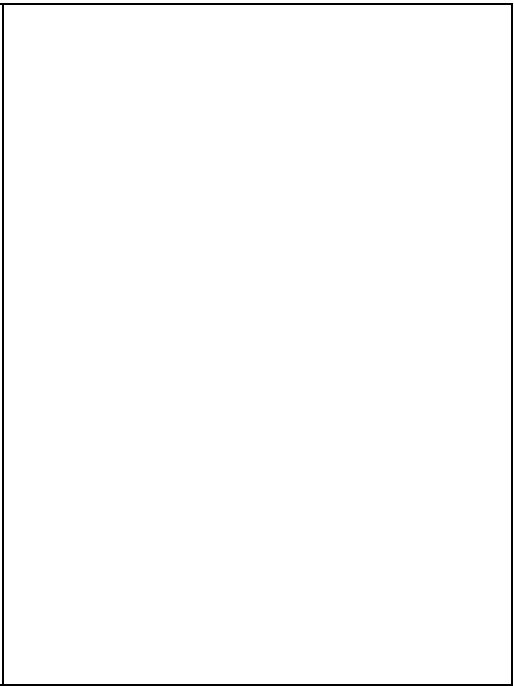
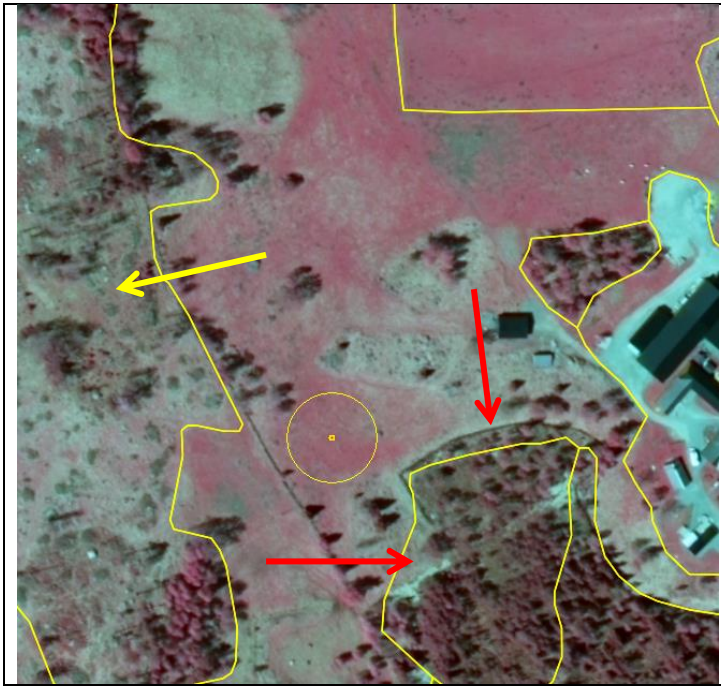


Exempel på område där inte markslaget 4 Terrester seminaturlig fodermark blivit avgränsad enligt de detaljerade klasserna (jfr med flygbild nedan).

Vissa områden med trädbevuxen mark som översatts till skog från Fastighetskartan kan vara trädbevuxna betesmarker. I vissa fall kan dessa vara röjda/urglesade vilket kan missas om man inte går igenom skogsmarken vid bildtolkningen (gul pil).

Vissa gränser behöver justeras om man ska ha samma noggrannhetskrav som i KM-rutan (röda pilar). Vill man tjäna tid bör man tillåta vissa mindre fel. Felen i bilden kanske är i största laget?

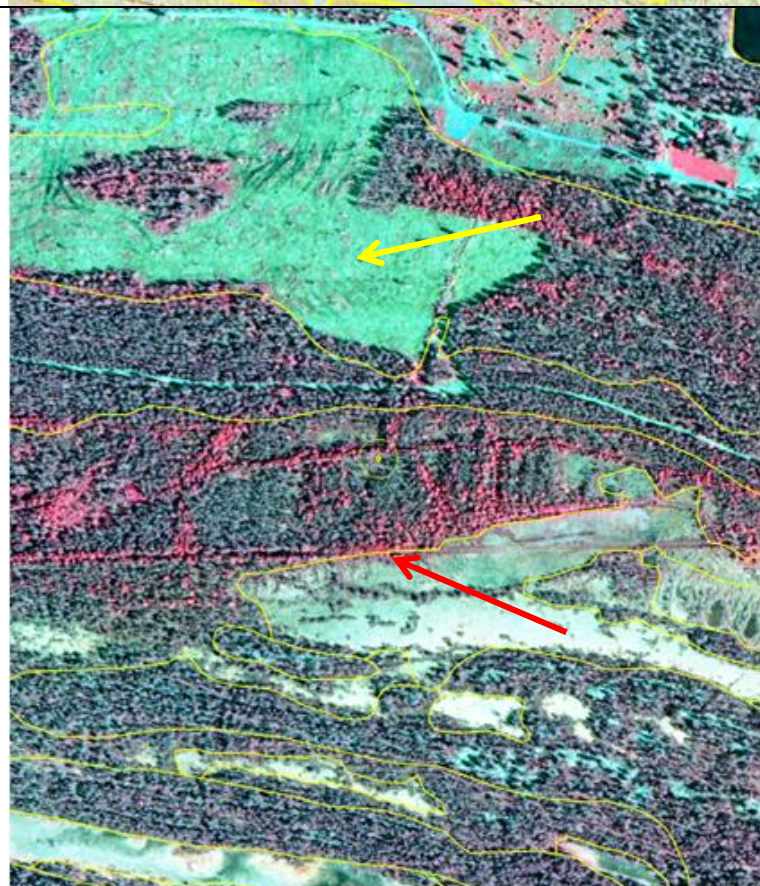
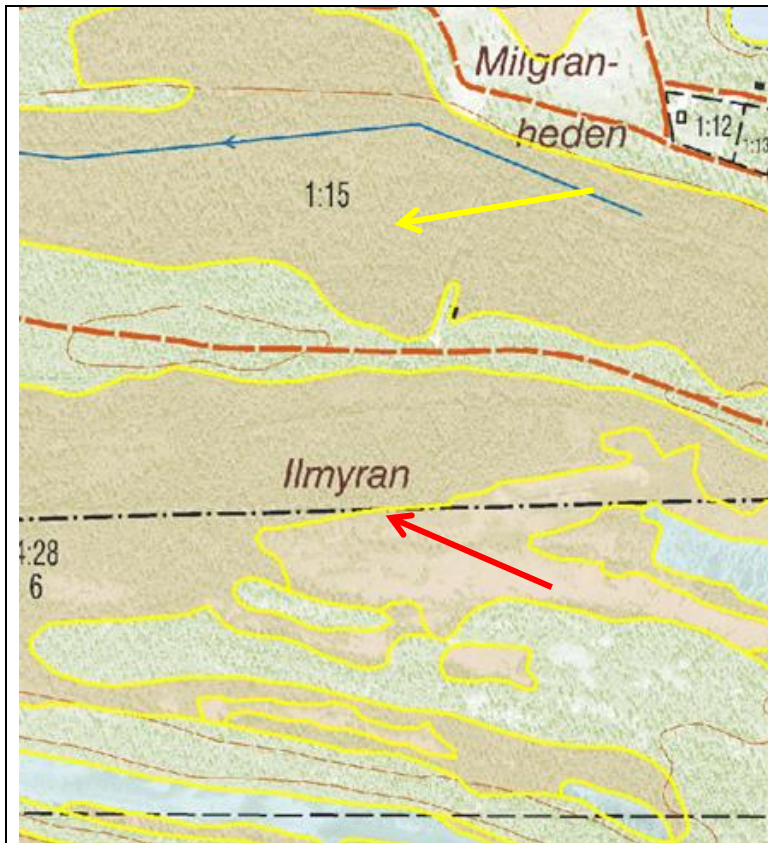
Cirkeln är 0,1 ha.



Exempel - ruta dominerad av skog och myr i norra Sverige

	<p>Exempel på lägsta ambitionsnivån. Fastighetskartan översatt till förenklade markslagsklasser. NILS KM-ruta är inte ansluten.</p> <p>Här har all sankmark enligt kartan översatts till markslag 3 Semiakvatisk mark. Fastighetskartans svårframkomlig sankmark har alltså inte utnyttjats (gränserna finns dock kvar).</p>
	<p>Markslagen har i princip avgränsats på den detaljerade nivån i jordbruksmark och bebyggd mark inklusive vägområden. Även myrmarken har anpassats till markslagsklasserna.</p> <p>Block- och hållmark har avgränsats. Där emot har inte skogsmarken avgränsats till detaljerade klasser mer än i undantagsfall (olika gröna nyanser) eftersom detta bedömdes ta för lång tid för att vara genomförbart inom projektet.</p> <p>KM-rutan har anslutits.</p> <p>Tidsåtgången för att avgränsa en ruta av denna karaktär med mycket av både myr- och hållmarker blir avsevärd om minsta karteringsenhet ska vara lika som inom KM-rutan, ca 5 dagar i detta exempel.</p>

Att avgränsa produktiv skogsmark från myr- och bergimpediment tar mycket lång tid i en ruta av denna typ, i alla fall om man kräver samma detaljeringsgrad som i KM-rutan. Kartans sankmarksskikt stämmer ofta dåligt med skogsmarken och hållmarken finns inte avgränsad över huvud taget, se bildexempel nedan.

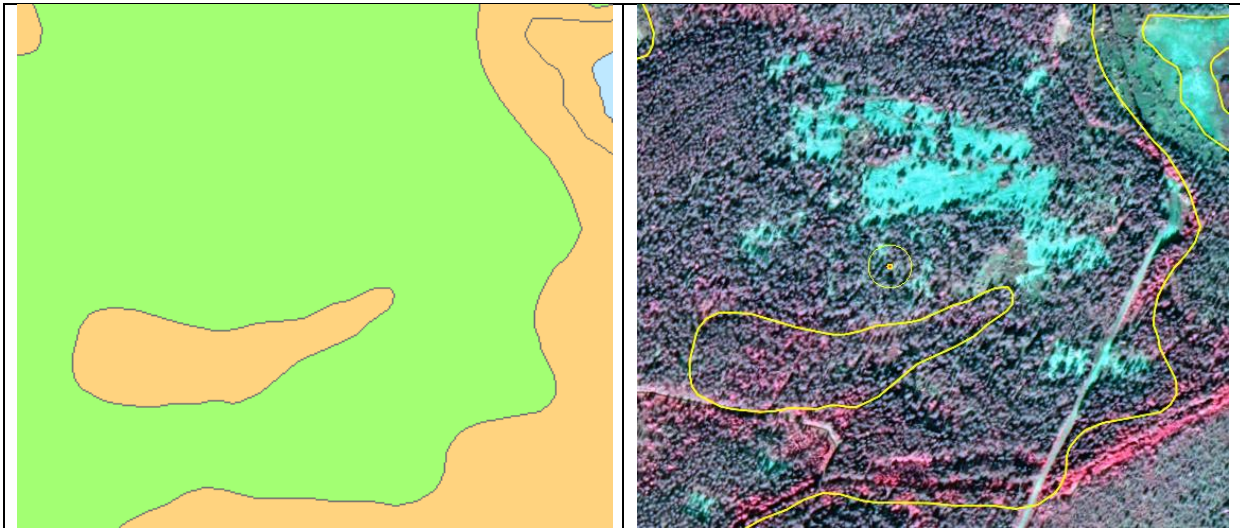


Mycket av den trädbevuxna sankmarken i Fastighetskartan är produktiv skogsmark. Ett exempel på detta finns vid pilen där det tagits upp ett hygge, se flygbild nedan.

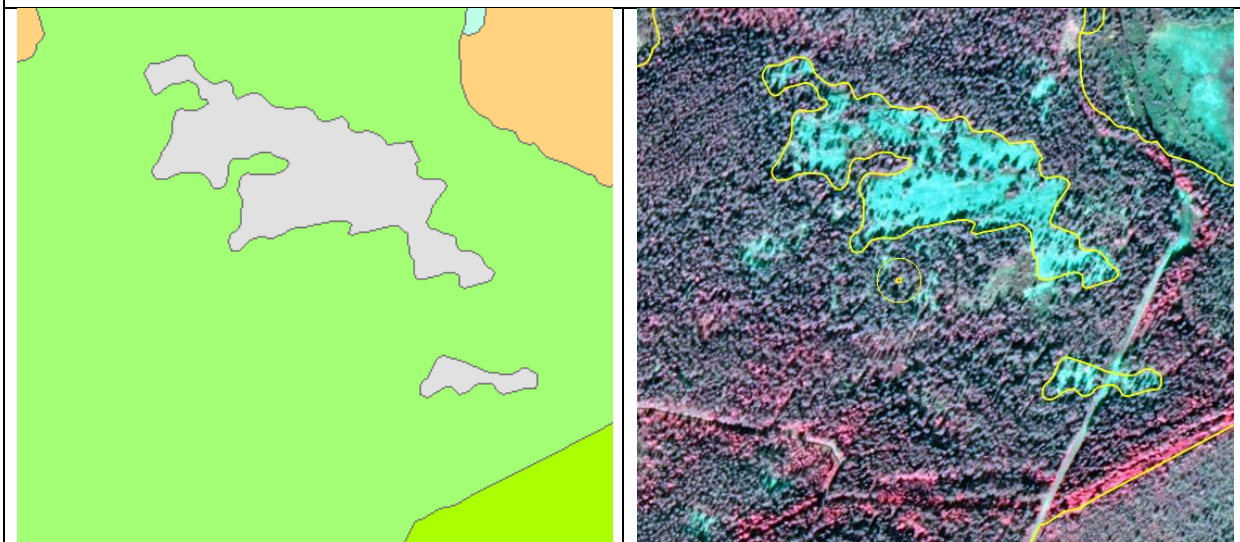
På en ruta av denna karaktär tar det lång tid att avgränsa myrimpedimenten från den produktiva skogsmarken med manuella metoder.

Eftersom Lantmäteriets definition för sankmark bygger på torvdjup kan det i vissa terrängtyper bli mycket produktiv skogsmark inom sankmarken. I denna ruta hade det eventuellt gått fortare att helt göra om myravgränsningen utan att använda Fastighetskartans gränser.

Möjligen skulle man i detta fall bara översatt den öppna sankmarken till myr (exempel på gräns vid den röda pilen).

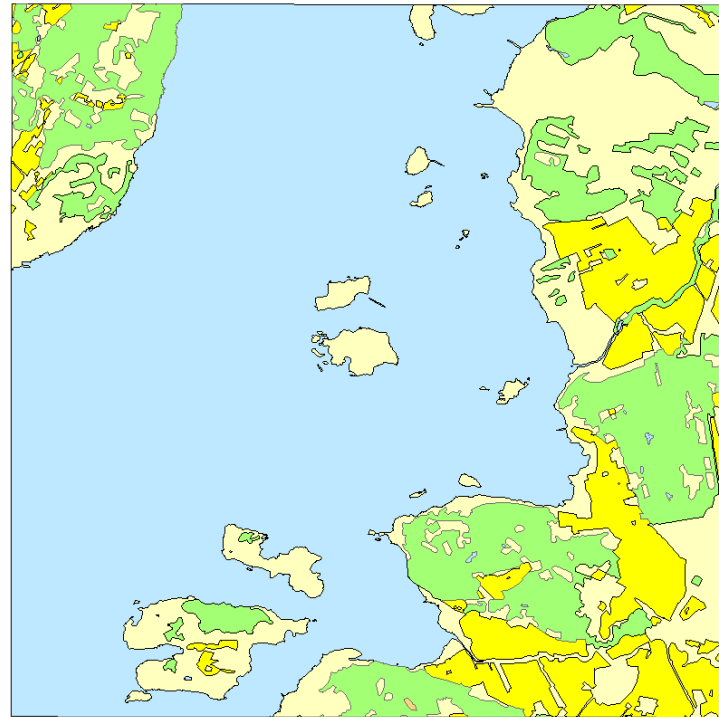


Exempel på ett område med hållmarker (som inte finns avgränsade i fastighetskartan). I figuren ovan är markslagen från Fastighetskartan redovisade. Grönt = skog, brunt = myr.

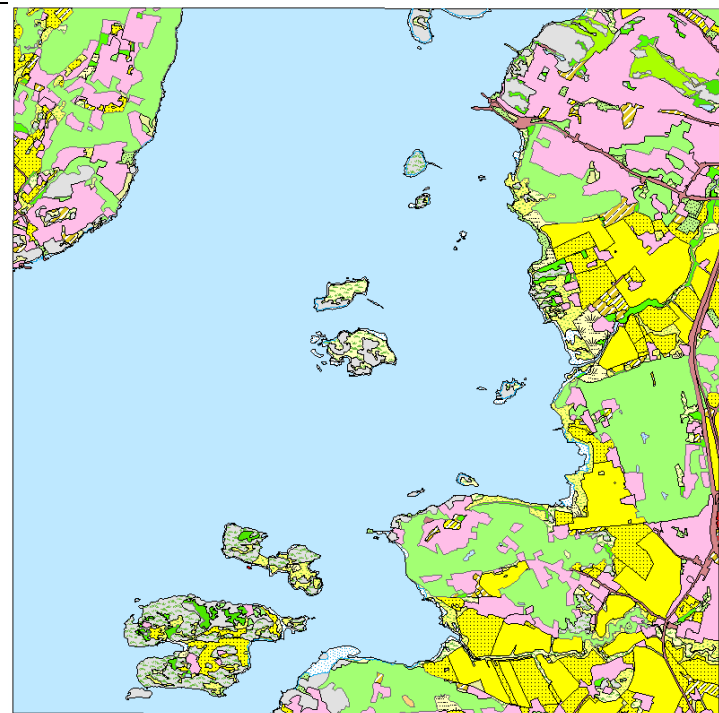


Hållmarker över 0,1 ha avgränsade. Den mindre myrmarken som finns i Fastighetskartan har bedömts som produktiv skogsmark.

Exempel - kustruta med jordbruksmark och bebyggd mark



Exempel på lägsta ambitionsnivån. Fastighetskartan översatt till förenklade markslagsklasser. NILS KM-ruta är inte ansluten.

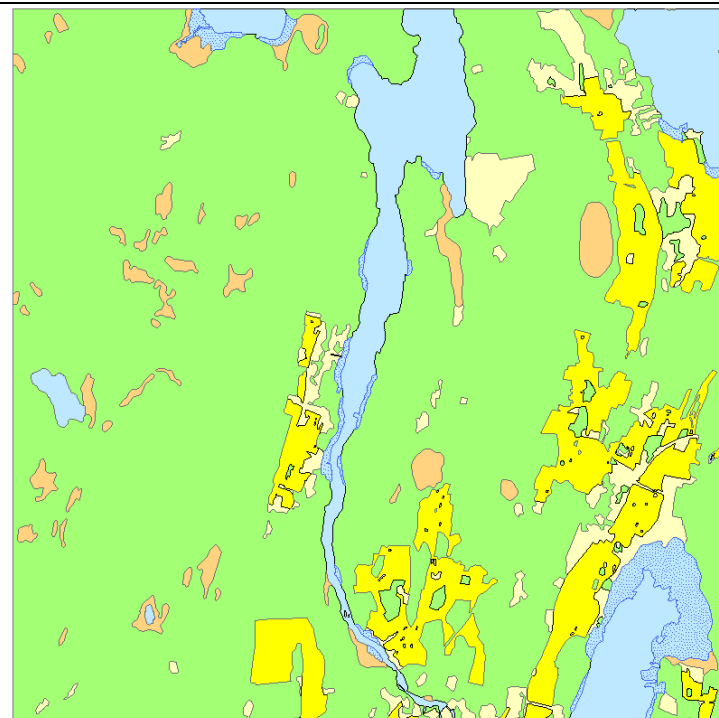


Exempel på hög ambitionsnivå. All jordbruksmark är avgränsad till den detaljerade nivån. Den bebyggda marken är avgränsad från övrig mark men kan innehålla en del grönytor som egentligen borde tillhöra ett annat markslag på den detaljerade nivån.

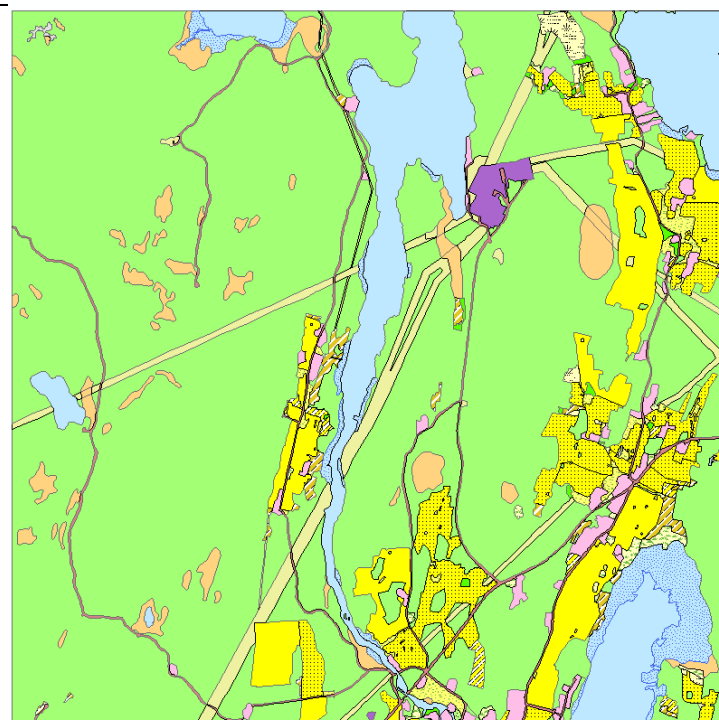
Skogsklädd mark enligt Fastighetskartan är inte genomgången i detalj och kan därför framför allt innehålla block-och hållmark.

Trots den stora andelen vattenyta så har avgränsningen till denna nivå tagit ca 1 vecka.

Exempel - ruta med skogsmark och jordbruksmark



Exempel på lägsta ambitionsnivån. Fastighetskartan översatt till förenklade markslagsklasser. NILS KM-ruta är inte ansluten.



Exempel på högre ambitionsnivå. All jordbruksmark är avgränsad till den detaljerade nivån. Den bebyggda marken är avgränsad från övrig mark.

Vägområden är avgränsade.

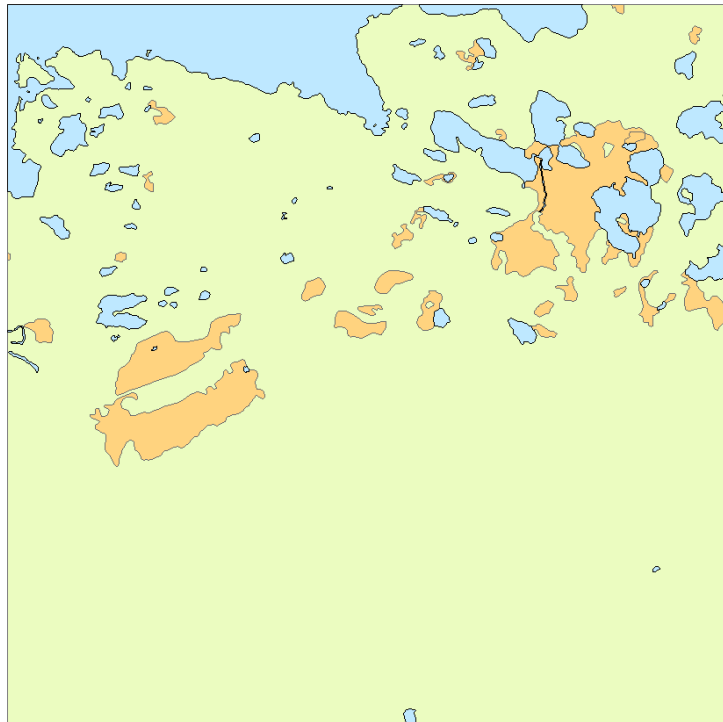
Ledningar är avgränsade. Dock är inte hållmarker under ledningar avgränsade.

Block-och hållmark är inte avgränsad. Detta hade krävt åtskilliga timmars arbete.

Ingen avgränsning har skett i skogsmarken förutom att vissa smärre ytor med tidigare jordbruksmark i anslutning till den nuvarande jordbruksmarken har klassats som 13 Skog av igenväxningskaraktär.

Tidsåtgången har varit drygt 2 dagar.

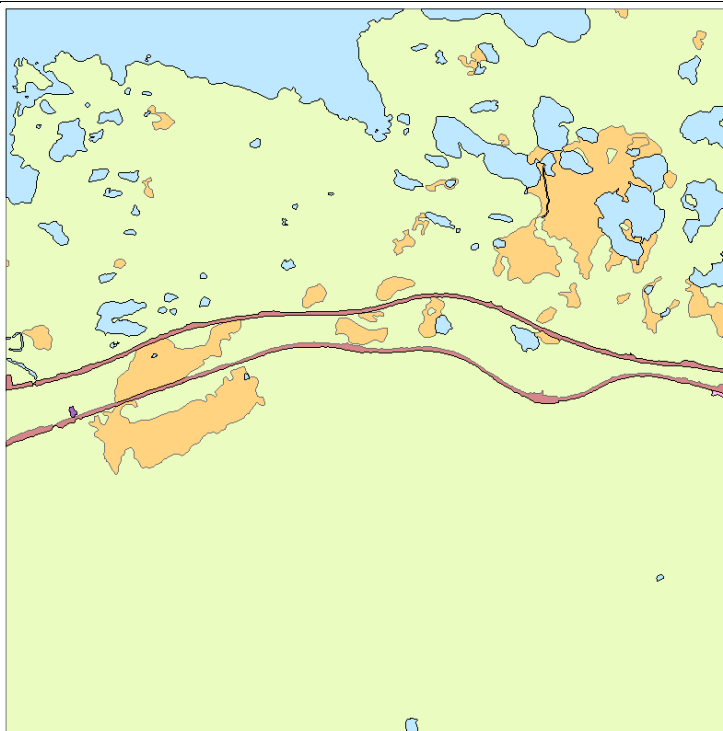
Exempel på fjällruta



Exempel på lägsta ambitionsnivån. Fastighetskartan översatt till huvudmarkslagsklasserna

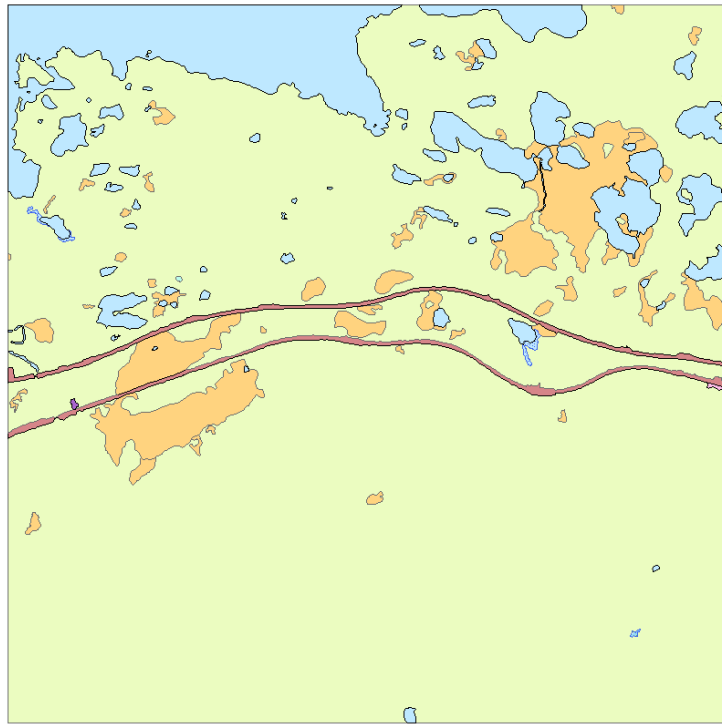
- 2. Terrester naturmark utom skog (grönt)
- 3. Semiakvatisk naturmark utom skog
- 7: Akvatisk yta (blått).

NILS KM-ruta är inte ansluten.



Vägområden och bebyggd mark har avgränsats.

Tidsåtgången för detta blev ca 1 timme.

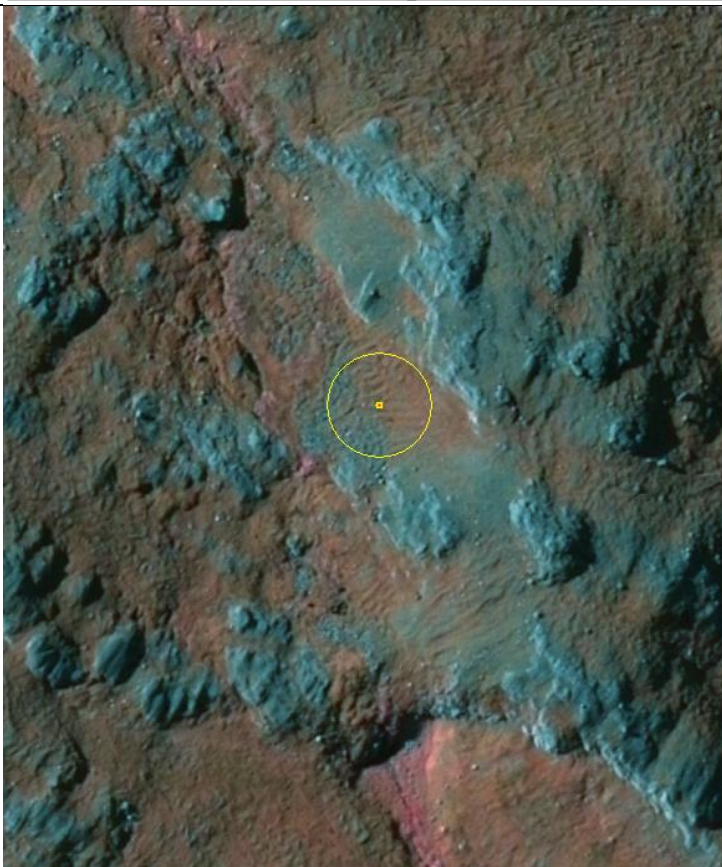


Avgränsningen av den semiakvatiska marken har kompletterats.

I fjällterräng är ofta gränserna mellan semiakvatisk och terrester mark diffus och svårbedömd.

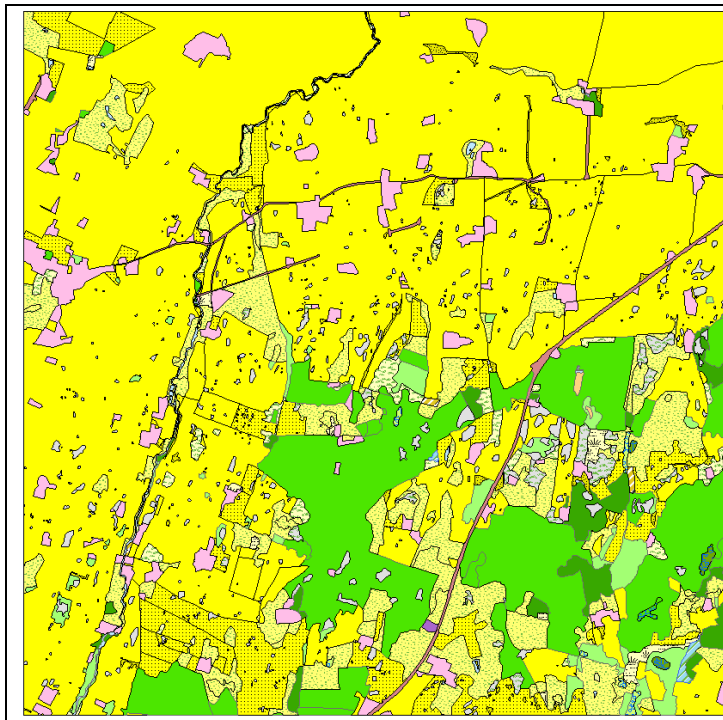
I fjällen finns stora arealer mark som enligt de detaljerade markslagsklasserna definieras som Block- och hållmark (se flygbild nedan). Att manuellt avgränsa i de detaljerade klasserna i en 5x5 km stor ruta över fjällterräng har inte bedömts som genomförbart.

Tidsåtgången för att avgränsa myrmarken i en fjällruta är troligen mycket olika beroende på terrängtypen. I denna ruta har bara ett fåtal myrar avgränsats och mesta tiden har lagts ner på att leta efter myrmark, i detta fall ca 1,5 timme.



Block- och hållmarken är ofta spridd mosaikartat i terrängen. Att avgränsa denna ner till 0,1 ha skulle ta mycket lång tid (jfr cirkeln). Dessutom är gränserna mot övrig mark ofta diffusa.

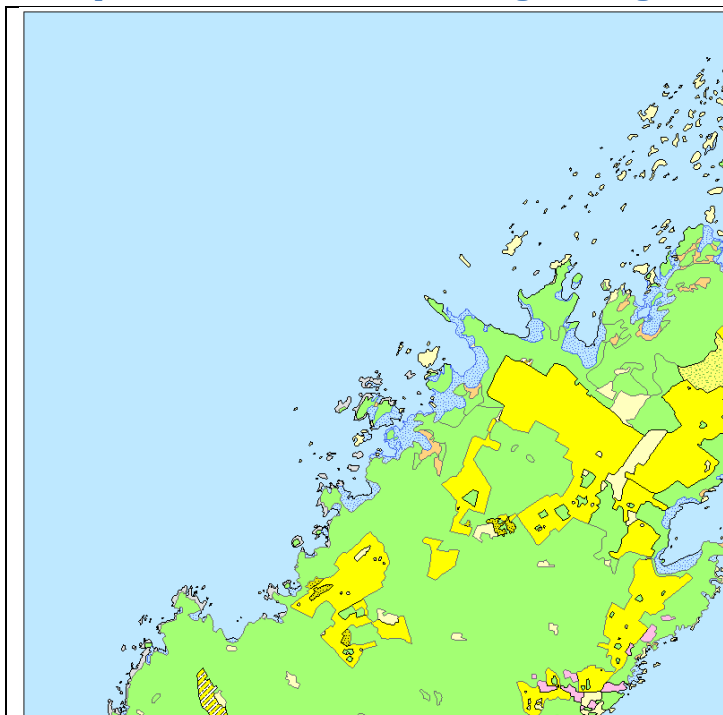
Exempel – jordbruksdominerad ruta



Hela rutan är avgränsad enligt de detaljerade markslagsklasserna, dvs. även skogsmarken. Däremot är inte brukningsenheter avgränsade inom jordbruksmarken.

Tidsåtgång ca 4 dagar.

Exempel blandad ruta – förenklad avgränsning



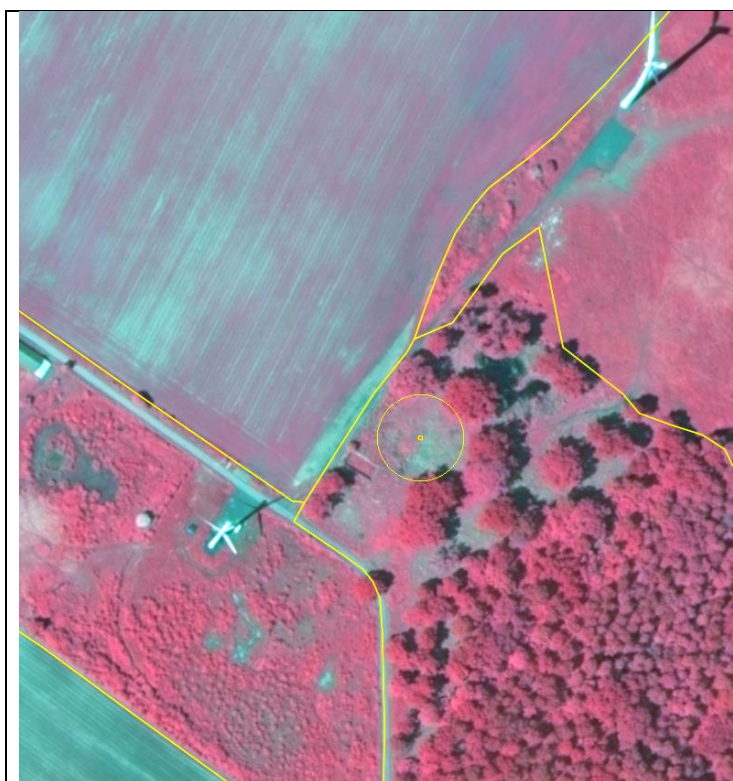
Avgränsningen i rutan är något förenklad. Betesmarker inom Fastighetskartans skogsmask är inte avgränsade (se bildexempel nedan).

All mark som klassats som 67 Ospecifierad öppen mark är inte omklassad.

Fastighetskartans klass för svårframkomlig myr har översatts till 32 Limnogen karr (men inte kontrollerats).

Tidsåtgång ca 1 dag.

Fullständig avgränsning av jordbruksmarken hade troligen krävt ca 0,5 – 1 dag ytterligare.



Kring mätmärket finns exempel på betesmark som ingår i Fastighetskartans trädklädda mark.

Slutsatser

Fastighetskartans avgränsning av marktyperna bör kunna användas som en grund för vidare avgränsning. Beroende på ambitionsnivå kan man tänka sig olika grader av hur mycket man ska "förbättra" informationen i kartan.

Det tycks som att en arbetsinsats på ca 2 dagar innebär att jordbruksmarken i de flesta NILS-rutor kan avgränsas med nära nog samma upplösning som i KM-rutan.

Beroende på hur mycket bebyggd mark som förekommer kan även detta markslag ibland kunna bli fullständigt bearbetat inom denna tidsrymd medan det för vissa rutor kan ta betydligt längre tid.

Avgränsningen av myr är ett problem. Fastighetskartans myravgränsning följer inte alltid gränsen för produktiv skogsmark, som är den gräns som skiljer markslagen. Manuell avgränsning av detta markslag skulle i många fall kräva mycket arbete om man ska ha samma detaljeringsgrad i Landskapsrutan som i KM-rutan.

Även avgränsningen av hållmark skulle i många rutor kräva en stor arbetsinsats. Här finns heller ingen avgränsning i Fastighetskartan. En mycket schematisk avgränsning finns i Terrängkartan (f.d. Topografiska kartan).

Om Fastighetskartans avgränsningar ska användas som grund bör man tillåta vissa smärre avvikelser från de "riktiga" lägena i vissa fall. Om man ska rätta alla felaktigheter kan detta ta lång tid. Framför allt tar det tid att kontrollera alla gränser.

Flera tester skulle kunna göras. Bl.a. skulle man kunna tänka sig att använda buffertzoner kring kartans byggnadspolygoner för att få en preliminär avgränsning av den bebyggda marken. Likaså kan man tänka sig att använda buffertzoner kring vägarna och därigenom få en snabbare avgränsning av

vägområdena. Dessa "automatiska" avgränsningsmetoder ger självklart en något sämre avgränsning men kan man tillåta detta så bör man tjäna en del tid.

Referenser

Marklund, L. et.al., 2007: Utveckling av metodik för flygbildstolkning inom NILS landskapsrutor (5x5 km). SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning. Arbetsrapport 173, 2007.

Glimskär, A., 2012: Markslag som grund för inventering och analyser i NILS. Opublicerad.