



# Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 923–2017

## Kartering av fornminnen i skogen med fjärranalys

Identifying cultural heritage sites  
in forest with remote sensing

Erik Willén och Sima Mohtashami

# Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 923-2017

I serien Arbetsrapport finns bakgrundsmaterial, metodbeskrivningar, resultat, analyser och slutsatser från både pågående och avslutad forskning.

## Titel:

Kartering av fornminnen i skogen med fjärranalys.

Identifying cultural heritage sites in forest with remote sensing.

## Bildtext:

Odlingsröse med kulturstubbar och hur det syns i laserdata.  
Fotograf: Erik Willén, Skogforsk.

## Ämnesord:

Skoglig planering, Fornlämningar, fjärranalys, drivningsplanering  
Forestry planning, cultural heritage, remote sensing, operational planning.

## Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2017

ISSN 1404-305X



**SKOGFORSK**

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

Tel: 018-18 85 00 Fax: 018-18 86 00

skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se



**Erik Willén**, är jägmästare med mer än 18 års erfarenhet av skoglig fjärranalys. På Skogforsk är Eriks expertområden geodata och fjärranalys för skoglig planering.



**Sima Mohtashami**, civilingenjör. Arbetar på Skogforsk sedan 2011. Forskare och verksam inom Skötsel- och miljöprogrammet.

## Abstract

Many of the known cultural heritage sites are damaged during logging and other silvicultural activities. Although the situation has improved, 40% of the known sites have been damaged in some way.

Many studies have shown that various types of geographical data can be used as decision support, to improve the positional accuracy of known sites and to detect currently unrecorded sites. Laser scanning is now forming an important supplement to historical maps in locating sites. Laser beams pass through the forest canopy and display the topography in the form of digital terrain models for use in surveying cultural heritage sites.

The aim of this study was to map cultural heritage sites, mainly using laser data, and to integrate the results in operational planning to minimise damage. The hypothesis was to test whether a decision support tool for identifying possible sites in advance could improve field surveys. Possible sites or relics identified by the tool would then be validated in the field before relevant authorities are contacted and preservation measures drawn up.

The results showed great potential for detecting possible cultural heritage sites and relics, although the potential was limited in areas with large boulders and some types of site cannot be detected on laser-based maps. The material is easy to implement and would add value to forestry planning. Continual quality control of official databases and feedback from county administrative boards are also important in reducing levels of damage.

## Förord

Denna rapport summerar projektet kartering av fornminnen i skogen med fjärranalys och andra geodata som löpt under 2015–2016 med finansiering från Skogssällskapet och Skogforsk. Utvecklingsarbetet har skett i samarbete med arkeolog Benedict Alexander vid Länsstyrelsen i Dalarna som deltagit aktivt under karteringsarbetet och bidragit med värdefulla synpunkter till rapporten.

Författarna vill speciellt tacka Markus Boxe, Länsstyrelsen Kronoberg samt Anders Hansson, Jämtli i Östersund för information kring nya fornminnesinventeringar samt Rickard Sohlenius vid Riksantikvarieämbetet för diskussioner kring myndighetens rutiner.

Täcksidan visar ett foto på ett odlingsröse samt ett tolkningsunderlag från laserdata (© Lantmäteriet) som visar ett fornåkersområde fullt med odlingsrösen.

Uppsala i januari 2017

Erik Willén och Sima Mohtashami

## Innehåll

Förord .....	1
Sammanfattning.....	3
Inledning.....	4
Bakgrund.....	4
Litteraturgenomgång.....	5
Syfte och mål.....	7
Material och metod .....	8
Indata.....	8
Studieområden .....	9
Metodtest .....	10
Kartering .....	11
Utvärdering.....	12
Demonstration .....	13
Resultat .....	13
Testkartering.....	13
Utvärdering.....	16
Sveg.....	16
Kronoberg.....	21
Demonstrationer.....	25
Diskussion .....	26
Indata.....	26
Karteringsmetoder.....	27
Operativ användning.....	27
Slutsatser.....	28
Referenser.....	29

## Sammanfattning

Vid avverkning skadas många kända forn- och kulturlämningar. Förbättringar kan noteras, men cirka 40 procent av de kända fornlämningar som inventeras uppvisar någon form av skada. Många skador inträffar i samband med skogs-vårdsåtgärder. Skogsbruket har ökat ambitionen för att förbättra hänsynen till forn- och kulturlämningar. År 2016 tog skogsbruket fram branschgemensamma riktlinjer för att komma tillrätta med skadorna. Utöver detta sker fler utbildningsinsatser både för entreprenörer och skogliga planerare i hur hänsynen kan förbättras.

Flera studier visar på möjligheten att använda olika typer av geografiska data som beslutsunderlag för att både förbättra lägesnoggrannheten, men även för att identifiera okarterade fornminnen. Vid sidan av historiska kartmaterial har laserskanning vuxit fram som ett viktigt underlag för att kartera fornminnen. Laserskanning tränger igenom skogens krontak och ger en avbildning av markytan i form av en digital terrängmodell som används för att kartera forn- och kulturlämningar.

Syftet med projektet var att kartera fornminnen, främst med underlag baserat på laserdata, och att integrera resultaten i den operativa skogliga planeringen för att kunna minska skogsbrukets skador på fornminnen. Projektets hypotes var att ta fram beslutsstöd möjligt att använda under förtydningen i en drivningsplanering för att indikera kandidater till kulturhänsyn som sedan kräver fältinspektion för vidare bedömning.

Resultaten visar på goda möjligheter att hitta kandidater till vanligt förekommande lämningar, även om det är svårare i blockrika marker samt att vissa lämningstyper inte alls går att upptäcka. De utvecklade tolkningsunderlagen är lätta att implementera och mervärden i den skogliga planeringen identifierades. Samtidigt är fortsatt kvalitetssäkring av myndigheternas databaser samt återkopplingen från länsstyrelser viktigt att effektivisera för minskade skadenivåer.

Ett fortsatt utvecklingsarbete inom forskningen kan inriktas mot studier med ökad täthet i laserdata samt analyser av var olika typer av lämningar förekommer i landskapet.

# Inledning

## BAKGRUND

En fornlämning är ett spår av mänsklig verksamhet. De skyddas av kulturmiljölagen och för att kallas fornminnen ska tre kriterier vara uppfyllda:

1. De ska ha tillkommit genom äldre tiders bruk.
2. Vara varaktigt övergivna.
3. Tillkommit före år 1850.

Till varje fornlämning hör ett fornlämningsområde, en skyddszon (villkorsområde) för att säkra att fornlämningen bevaras. Storleken på detta område beslutas av länsstyrelsen.

Är lämningarna från senare tid kallas de övriga kulturhistoriska lämningar eller kulturlämningar. Hänsyn till dessa regleras i Skogsvårdslagens paragraf 30. Skador ska förhindras eller begränsas så långt som det är möjligt utan att den pågående markanvändningen avsevärt försvåras. Det finns även biologiska kulturarv som ofta kopplas till ett mänskligt markutnyttjande som kräver aktiv skötsel, exempelvis slätter eller skogsbete.

Riksantikvarieämbetet (RAÄ) ansvarar för ett fornminnesregister (FMIS) där kända fornminnen registreras av framför allt länsstyrelserna. FMIS nås via söktjänsten Fornsök. Skog och Historia (SoH) var ett arbetsmarknadsprojekt som drevs mellan framför allt RAÄ och Skogsstyrelsen (SKS). Det handlade om att inventera forn- och kulturlämningar (benämns ”lämningar” fortsättningsvis i denna rapport när bägge avses) i skogsmark och Skogsstyrelsen ansvarar för ett register som i huvudsak ska innehålla kulturlämningar. Fornlämningar ska in i FMIS och ett kvalitetssäkringsprojekt för att föra över fornminnen har precis avslutats (RAÄ & SKS, 2013). Omfattande samarbeten mellan RAÄ och Skogsstyrelsen har initierats för att kartlägga och förbättra situationen och i ett nyligen publicerat promemoria (SKS, 2014) beskrivs olika åtgärdsförslag. Bland dem noteras behovet av att kvalitetssäkra fornlämningskunskapen, exempelvis inom fornminnesregistret, FMIS. Ett större projekt – Digital Arkeologisk Process, DAP, – drivs på RAÄ som syftar till att höja kvaliteten i FMIS (Ragnarsson, 2014).

Några av de största problemen som beskrivs med FMIS är felaktigheter i den geografiska lägesnoggrannheten för karterade fornminnen samt det stora antalet icke karterade objekt (Jansson m.fl., 2009). Dessutom är stora områden i framför allt norra Sverige bristfälligt inventerade efter forn- och kulturlämningar. Såväl kulturmiljölagen som Skogsvårdslagens paragraf 30 skyddar även forn- och kulturminnen som inte finns registrerade i FMIS eller Skog och historia.

Det finns kvar många tips och förslag till lämningar som inte hunnit bearbetats. Upptäcker skogsbruket nya lämningar ska det rapporteras in till länsstyrelsen. Hanteringstiden för vidare bedömning vid länsstyrelserna varierar dock över landet.

Den antikvariska bedömningen i Fornsök kan vara inaktuell i söktjänsten, då den inte är uppdaterad efter den senaste ändringen i kulturmiljölagen. Exempelvis kan lämningar från 1850 eller senare vara redovisade som fornlämningar trots att de inte är fornlämningar enligt kulturmiljölagen samt vice versa. Därför bör man ha koll på de olika lämningstypernas antikvariska bedömning i RAÄ:s lämningstypista samt att helst samråda med länsstyrelserna.

Vid senaste inventeringen av skador på fornlämningar i skogsmark har konstaterats att 22 procent är påverkade, 10 procent skadade och 11 procent grovt skadade (SKS, 2016). En liknande skadebild har observerats tidigare. År 2012 var nästan hälften (44 procent) av kända forn- och kulturlämningar påverkade eller skadade i samband med föryngringsavverkning och föryngringsåtgärder (Ulfskiöld, 2013). Av dessa var 49 procent skadade eller grovt skadade. De grövsta skadorna uppstår vid markberedningen (RAÄ 2006; SKS, 2016), men vid senaste inventeringen noterades en lägre skadenivå när kulturstubbar stod bra placerade. Skadorna i villkorsområdena har ökat sedan 2012, vilket gör att Skogsstyrelsen ser ett behov av ökad uppmärksamhet på villkorsområdena i skogsbruket.

Skogsbruket har ökat ambitionen för att förbättra hänsynen till forn- och kulturlämningar. År 2016 tog skogsbruket fram branschgemensamma riktlinjer<sup>1)</sup> för att komma tillrätta med skadorna. Utöver detta sker fler utbildningsinsatser både för entreprenörer och skogliga planerare i hur hänsynen kan förbättras.

## LITTERATURGENOMGÅNG

Flera studier visar på möjligheten att använda olika typer av geografiska data som beslutsunderlag för att både förbättra lägesnoggrannheten, men även att identifiera okarterade fornminnen (Länsstyrelsen, 2013; Jansson m.fl., 2009; Persson, 2012; Andersson, 2013). Vid sidan av historiska kartmaterial har laser-skanning vuxit fram som ett viktigt underlag för att kartera fornminnen. Laser-skanning tränger igenom skogens krontak och ger en avbildning av markytan i form av en digital terrängmodell (DTM) som används för att kartera forn- och kulturlämningar (Lasaponara m.fl., 2011).

I Storbritannien utnyttjade forskarna laserdata och digitala höjdmodeller för att upptäcka kulturminnen i skogslandskap i början av 2000 talet (Devereux m.fl., 2005). I Tjeckien redovisas hur olika filtreringsmetoder med laserdata förbättrar tolkningsmöjligheten av historiska färdvägar (Bila m.fl., 2012). I Sverige och norra Europa redovisas tillämpad forskning för att identifiera fornminnen med laserskanning med såväl högintensiv som mer lågintensiv laserskanning (Jansson m.fl., 2009; Trier m.fl., 2012). Det utfördes med hjälp av teknik som olika belysningsvinklar på markmodellen, ”sky-view factors”, mall-matchning (beskrivning av hur ett objekt samt dess omgivning ser ut i laserdata), men även med kompletterande flyg- eller satellitbilder som stöd vid karteringen. Vid ett nationellt investeringsprojekt i England (NMP) konstaterades att användning av laserdata tillsammans med äldre flygbilder ökar chansen att hitta nya objekt i skogen samt att förstå historien bakom kulturlämningarna (Crutchley, 2009).

---

<sup>1)</sup> <http://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2016/hansyn-till-forn--och-kulturlamningar---branschegemensamma-riktlinjer/>

Detaljeringsgraden i laserdata bestämmer hur väl olika objekt kan karteras. I Sverige finns nu tillgängliga laserdata med 0,5 – 1,0 träff per m<sup>2</sup> insamlat av Lantmäteriet för en ny svensk höjdmödel (Lantmäteriet, 2012).

I Norge har forskarna (Bollandsås m.fl., 2012) visat på att en ökning i laserdatas punkttäthet från 1 till 5 punkter per kvadratmeter, förbättrar möjligheten att finna lämningsojekt i skogen. Högre täthet, upp till 10 punkter per m<sup>2</sup>, ger inte lika stora förbättringar. Högre punkttäthet ger fler detaljer och stora objekt med tydliga geometriskstruktur som har höjdskillnad med sin omgivning (Risbøl m.fl., 2013) blir betydligt tydligare.

RAÄ:s förstudie (2014) indikerar att kulturlämningar som automatiskt ska karteras i laserdata ska vara större än tre gånger detaljeringsgraden i laserdata. Om detaljeringsgraden är en träff per m<sup>2</sup> bör då kulturlämningen vara större än 3 meter för att kunna karteras med hög grad av automatik, men det är nödvändigt att automatiserade metoder kvalitetssäkras med visuell tolkning vid kartering av mindre objekt.

I Sverige utvärderade Jordbruksverket möjligheten till kartering i laserdata för linjära strukturer, som exempelvis stenmurar, där automatiska metoder kombinerades med visuell tolkning (GeoXD, 2010). Det positiva resultatet ledde även till en pilotkartering över ett jordbrukslandskap.

Riksantikvarieämbetet genomförde under 2014–2015 studier för att utvärdera och demonstrera olika geodata som kunde användas för att kartera fornminnen (RAÄ 2014; 2015.) Studierna genomfördes av konsultföretaget Metria AB och visade på svårigheterna med att få till en automatisk kartering av fornminnen med fjärranalys, men att olika derivatprodukter (tolkningsunderlag) ger lovande resultat. Över skogen lämpar sig terrängmodeller och andra derivatprodukter från laserskanning bäst. I den uppföljande studien specificerades och prioriterades de olika föreslagna derivatprodukterna.

Vid en genomgång av litteraturen (främst RAÄ 2014; 2015), beskrivs specifika strukturer som man kan förvänta sig att upptäcka med hjälp av bildtolkning inom skogslandskap (Tabell 1), vilket är värt att känna till vid implementering av denna teknik i praktiken. Det är strukturer och inte lämningar som kan tolkas. I många fall krävs kompletterande fältbesök för att bekräfta att den identifierade strukturen verkligen är en lämning. Det är samtidigt självklart att vissa typer av lämningar som hållristningar eller platser med en speciell sägen eller historia är omöjliga att finna med fjärranalys.



Tabell 1.  
Exempel på fornminnen kopplat till strukturer för bildtolkning.

Vall	Grop	Hög	Block	Kanter	Rektangel	Linje
Fornborg	Gruvor Fångstgropar Torkugnar Sommargravar Varggrop Kolbotten Tjärdal	Järnåldersgrav Bronsåldersgrav Rösen Slagghögar Hällkistor	Husgrunder Hyttor Nybyggen Torp	Brott	Fornåker Fossil åker	Stig/väg Vägbank Stenmur

Olika pilotprojekt testar praktiskt hur fornminnesinventeringar kan använda laserdata som tolkningsunderlag. Under år 2015 genomförde Jamtli en fornminnesinventering inom ett 375 km<sup>2</sup> stort skogsområde i Härjedalen kommun i Jämtlands län, för att förbättra kvaliteten av FMIS-databasen i detta område (Olofsson, 2016). Tidigare inventerade material tillsammans med analysen av Lantmäteriets laserdata gav sammanlagt 1 644 (425+1 219) tips på förmodade lämningssubjekt i området av vilka 979 stycken nyregistrerades i FMIS efter en noggrann fältinventering. Kolbotten, efter liggmila, var den vanligaste fornlämningen som nyregistrerades (267 stycken). Därefter kom 34 blästplatser och 27 områden med skogsbrukslämningar. Arbetet vid Jamtli fortsätter med nya områden i Jämtland, men det finns ingen planerad nationell insats för storskalig kartering och komplettering av FMIS med dessa metoder.

## SYFTE OCH MÅL

Syftet med projektet var att kartera fornminnen (lämningar) och integrera resultaten i den operativa skogliga planeringen för att kunna minska skogsbrukets skador på fornminnen.

Målen var att:

1. Introducera underlag och arbetsrutiner till skogliga planerare för att kunna effektivisera skyddet av fornminnen.
2. Kartera de vanligast förekommande fornminnena i skogen.
3. Utvärdera karteringsnoggrannhet.

Projektets hypotes var att utvärdera om ett beslutsstöd som används under förtolkningen i en drivningsplanering kan förbättra möjligheten till att identifiera lämningar i fält. Är det sedan ett sannolikt fornminne krävs en bedömning från länsstyrelsen (eller annan av Länsstyrelsen godkänd aktör) om status och vilken hänsyn som ska lämnas.

# Material och metod

## INDATA

### Laserdata

Huvudmaterial som användes i studien var Lantmäteriets laserdata i form av punktmoln (\*.las). Detta användes för tillverkning av digital terrängmodell som därefter bearbetades till studiens tolkningsunderlag.

### Höjddata

Lantmäteriets höjdmodell med 2 meters upplösning användes i tillverkning av kartunderlagen för att utvärdera effekten av upplösning i kartornas tolkbarhet.

### FMIS

FMIS innehåller bland annat en databas med information om kulturhistoriska lämningar i landet. Uppgifterna i databasen sammanfattas i form av objekttyp, geografisk position eller avgränsning och lämningens antikvariska bedömning, d.v.s. om den skyddas av kulturmiljölagen.

### Skog och historia

Detta är ett av Skogsstyrelsens kartmaterial som är tillgänglig via tjänsten ”Skogens pärlor” och innehåller information från projektet Skog och historia. Uppgifterna i dessa kartunderlag bör tolkas som preliminära eftersom de inte har kvalitetsgranskats fullständigt.

### Terrängkarta

Lantmäteriets terrängkarta användes som bakgrundskarta för att avgränsa skog, vattenytor, bebyggelse och andra naturtyper.

### Ortofoto

Ortofoton användes både för att säkerställa ägoslag och för skogsbruksspår som drivningsvägar eller markberedningsspår, vilket kan vara svårt att urskilja i laserdata.

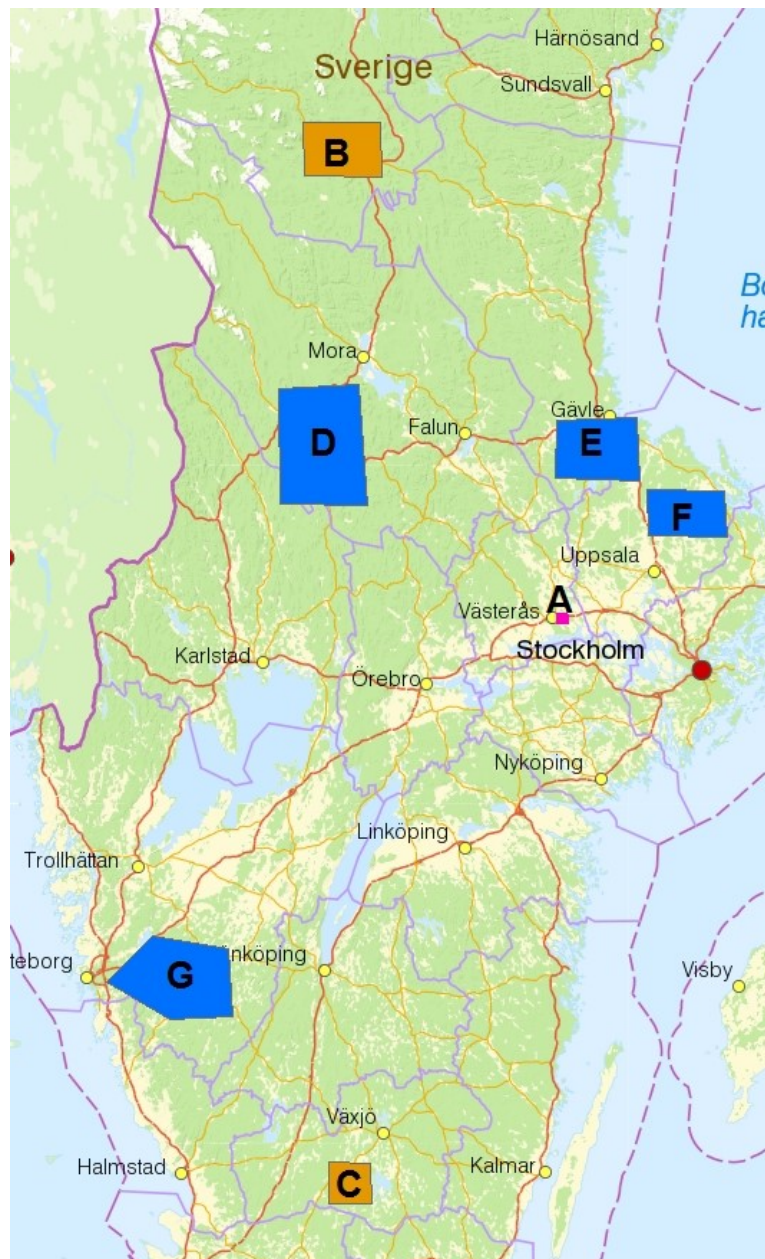
### Historiska kartor

Lantmäteriets e-tjänst som innehåller gamla läns- och landskapskartor från slutet av 1600-talet och framåt. Kartorna är inte ordentligt georefererade, men kan köpas över valda områden för vidare tolkning.

## STUDIEOMRÅDEN

Studien genomfördes över följande delar, Figur 1:

1. Testområde A i Västerås/Västmanland, för att testa kandidatmetoderna.
2. Studieområden B i Sveg/Härjedalen och C i Kronoberg/Småland, för kartering av fornminnen och utvärdering av tolkningsunderlagen.
3. Demonstrationsområden D i Dalarna, E och F i Uppland för BillerudKorsnäs och område G i Västergötland för Skogssällskapet. Detta för utvärdering av tolkningsunderlagen i praktiskt arbete.



Figur 1.  
Karta över testområdet (A), studieområden (B, C) och demonstrationsområden (D, E, F, G).

## METODTEST

Baserad på litteraturgranskningen valdes en lista av kandidatmetoder som bedömdes vara lämpliga i skogslandskap, Tabell 2.

Tabell 2.

Kandidatmetoder på visualiseringsteknik som valdes utifrån litteraturgranskningen.

Intressanta metoder	Metodbeskrivning
Terrängskuggning (hillshade)	Är en 3D-representation av markens yta då den är belyst av solen från en riktning.
Multipel terrängskuggning (multiple hillshade)	Är en 3D-representation av markens yta då den är belyst från flera håll. Det är speciellt intressant vid att upptäcka linjära objekt eller i skuggbranter.
PCA of hillshading	Principal Components Analysis (PCA) of hillshading sammanställer information av flera reliefbilder.
Positive openness	Relaterar reliefs yta och dess omgivnings horisontala avstånd genom vinkelmätning, positive openness vinkelmäter strukturer ovanpå markensyta, är högst på konvexstrukturer (Yokoyama m.fl., 2002).
Negative openness	Relaterar reliefs yta och dess omgivnings horisontala avstånd genom vinkelmätning, Negative openness vinkelmäter strukturer under markensyta, är högst på konkavstrukturer (Yokoyama m.fl., 2002).
Sky view factor	En visualiseringsteknik baserad på parametern andel synbar himmel (visible sky) inom en relief yta (Zakšek m.fl., 2011).
Multiple hillshade-openness	Kombination av multiple hillshade och openness.

Tabellen nedan sammanfattar valda parametrar till kandidatmetoder och den programvara i vilken produktion av kartunderlagen utfördes. Kartunderlagen hillshade och multiple hillshade-openness (1 meter) över testområdet framställdes av konsultföretaget Metria AB.

Tabell 3.

Kandidatmetoder, utvalda parametrar och den mjukvara där tillverkning av kartunderlagen utfördes.

Intressanta Metoder	Valda parametrar	Mjukvara
Hillshade (Metria), 1 meter	Azimut: 315 Höjd: 45	ArcGIS/FME
Multiple hillshade-openness (metria), 1 meter	Antal riktningar: 8 Sol höjdvinkel: 20 Sökt radie (pixel): 5	ArcGIS/FME
Hillshade, 2 meter, 1 meter	Azimut: 315 Höjd: 45	ArcGIS/RVT
Multiple hillshade, 1 meter	Antal riktningar: 8 Sol höjdvinkel: 20	RVT*)
PCA hillshading, 2 meter	Antal riktningar: 8 Sol höjdvinkel: 20 Antal komponenter att spara: 3	RVT
Positive openness, 2 meter	Antal riktningar: 8 Sökt radie (pixel): 5	RVT
Negative openness, 2 meter	Antal riktningar: 8 Sökt radie (pixel): 5	RVT
Sky view factor, 2 meter	Antal riktningar: 8 Sökt radie (pixel): 5	RVT

\*) RVT (Relief visualization Toolbox, <http://iaps.zrc-sazu.si/en/rvt#v>)

Samtliga kandidatunderlagen producerades över Testområdet A nära Västerås (Figur 1) och testades för praktisk användning på kontoret och i fält. Enbart de mest lovande underlagen, d.v.s. hillshade och multiple hillshade (1 meter) togs med i fält. Dessa underlag producerades från 1 meters terrängmodell, vilken framställdes i programvaran Quick Terrain Modeler från Lantmäteriets laserdata (\*.las).

## KARTERING

För att utvärdera variationen av tolkningsmetodikerna genomfördes karteringen av tre olika tolkare, Tabell 4. Detta för att utvärdera skillnader i resultaten beroende av bakgrund och erfarenhet för tolkaren. Utbildning och erfarenhet samt regional kunskap om förekommande kulturspår kommer att öka noggrannheten i resultatet. Tolkaren lär sig känna igen förekommande lämningstyper och kan koppla ihop den till andra kulturmiljöer, exempelvis som närhet till järnbruk eller andra industrispår.

Tabell 4.  
Bakgrund och erfarenhet för tolkare.

Namn	Utbildning och erfarenhet av tolkning	Arkeologisk kunskap
Benedict Alexander	Arkeolog, mycket van att tolka kulturspår både i GIS och i fält. Tolkar kulturspår med GIS i Dalarna och har erfarenhet av tolkning i Jämtland (Sveg).	Expert
Erik Willén	Jägmästare, van med bildtolkning i GIS.	Skogsstyrelsens utbildning i natur- och kulturmiljövård. Genomfördes i Kronoberg. Fältresa med en av Skogsstyrelsens arkeologer i Jämtland.
Sima Mohtashami	Civilingenjör inom miljöteknik, van med bildtolkning i GIS.	Fältresa med en av Skogsstyrelsens arkeologer i Jämtland.

Karteringen utfördes sedan genom visuell tolkning med en tolkningsskala på cirka 1:1500 (1:1000–1:2000). Följande indata användes:

- 1) Hillshade – 1 meter upplösning.
- 2) Multipel hillshade – 1 meter upplösning.
- 3) Kartdata och ortofoton.
- 4) FMIS (registreringar före 2014).
- 5) Skog och Historia (registreringar före 2014).

Rasterdata omsamlades till ”*cubic convolution*” i vyn för att förenkla tolkningen.

Majoriteten av kandidater till lämningar karterades med punkter och linjeobjekt som exempelvis stenmurar noterade med start och slutpunkter. Större områden med fornåkrar i Kronoberg registrerades ibland som polygoner (ytor).

Tolkningstiden registrerades per tolkare och område och användningen av de två olika tolkningsunderlagen (1 och 2) gjordes parallellt för att bedöma mervärdet av något av underlagen.

Resultatet av tolkningen sparades som separata vektorfiler med en notering per objekt rörande om det är en säker eller osäker tolkning. Säkra objekt är mer tydliga och kräver egentligen inte kompletterande fältbesök, medan mer osäkra tolkningar visar en struktur där det krävs fältbesök för att bedöma om det är en lämning eller ej. I en tänkt användning under förtolkningen för drivningsplaneringen kan detta styra var fältinsatser kan fokuseras för lämningar. Metoden ger en övertolkning då det inte alltid på förhand går att veta om en upptäckt struktur verkligen är en forn- eller kulturlämning.

## UTVÄRDERING

Som oberoende referensdata valdes nya inventeringar av fornminnen genomförda 2014–2015 av länsmuseum (Jämtland) och länsstyrelse (Kronoberg). I Jämtland pågår en uppdatering av fornminnesinventeringen medan det i Kronoberg gjordes en inventering då området ska bli ett Natura2000-område och eventuellt nationalpark. Vårt att kommentera är att alla fornminnesinventeringar anpassas till en budget och de är, sannolikt, aldrig kompletta. Det finns fler lämningar än vad inventeringarna hittar och metoden för att identifiera lämningar påverkar hur många som hittas. Tillgången till detta oberoende referensmaterial var en viktig förklaring till att just dessa områden valdes då en referensdatainsamling i egen regi bedömdes alltför kostsamt och med en risk att vara mindre oberoende.

Inom karteringsområdet (Område B i Figur 1) i Sveg, finns 248 lämningar i FMIS. Innan uppdateringen 2014–2015 fanns 48 stycken. Antalet objekt i Skog och Historia var 11 stycken. För området i Kronoberg (Område C i Figur 1), finns 400 lämningar (varav 354 i skog) efter uppdatering mot 241 stycken tidigare. Antalet objekt där i Skog och Historia var 4 stycken.

Vid utvärderingen gjordes i Sveg en utvärdering av lägesnoggrannheten genom att variera radien mellan 1–25 meter från referensdata till karterad lämning. I övrigt antogs en kartering inom 25 meter från referensdata vara riktigt. Lägesnoggrannheten är känslig, men för användning i en förtolkning under drivningsplanering som följs av ett fältbesök bedömdes 25 meter vara acceptabelt. Dessutom finns ingen klar definition av vilken lägesnoggrannhet som gäller inrapporterade objekt i FMIS.

För att bekräfta bedömda säkra observationer som inte återfanns i referensdata genomfördes fältdagar i Kronoberg och Jämtland under hösten 2016. Där besöktes och dokumenterades ett antal olika typer av karterade kandidater till lämningar.

## DEMONSTRATION

Demonstrationen utfördes i samarbete med BillerudKorsnäs och Skogssällskapet. För BillerudKorsnäs (fem planerare) genomfördes demonstrationen i delar av Uppland, Gästrikland och Dalarna (Område D, E, F i Figur 1). Skogssällskapet (en planerare), demonstrerade användningen över ett område kring Borås (Område G i Figur 1).

Tolkningsunderlag i form av hillshade och multipel hillshade producerades och en workshop hölls som start av demonstrationen. Workshopen inkluderade träning i hur tolkningsunderlagen kunde användas. Sedan använde skogsföretagen tolkningsunderlagen i tre till fem månader under sin ordinarie drivningsplanering och utvärderade nyttan i operativ planering.

För att dokumentera nyttan med tolkningsunderlagen användes en enkät som fylldes i under det löpande planeringsarbetet.

Resultaten samlades in genom en ny workshop som avslutade demonstrationen och sammanfattade användningen.

## Resultat

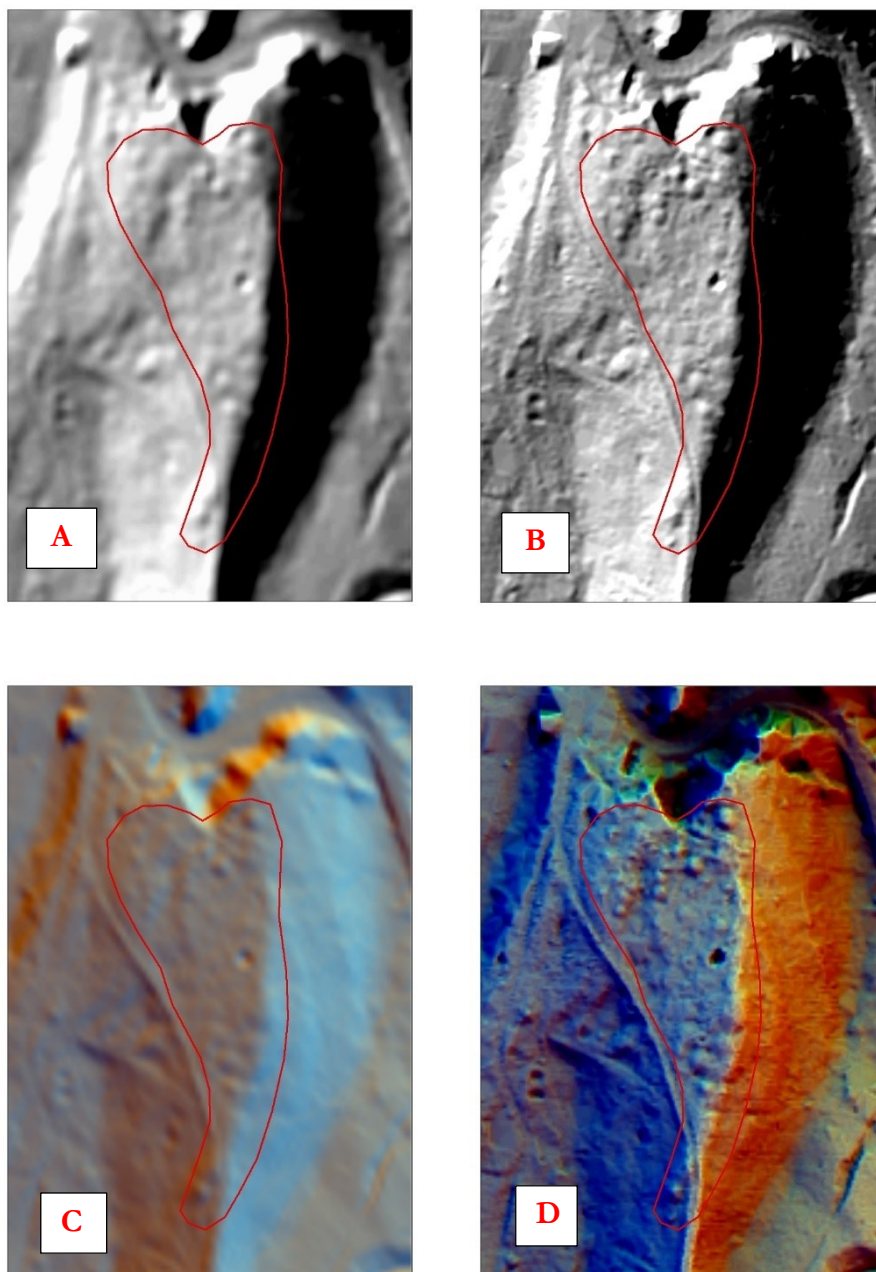
### TESTKARTERING

I Figur 2 och 3 redovisas hur ett område med gravfält från FMIS såg ut i de olika kartunderlag över testområdet (A) vid pilotutvärdering på kontoret.

För att ett tolkningsunderlag ska bli användbart under den skogliga planeringen är det flera faktorer som ska vara uppfyllda:

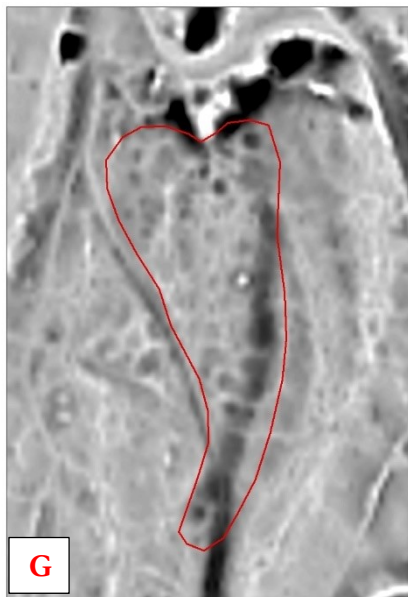
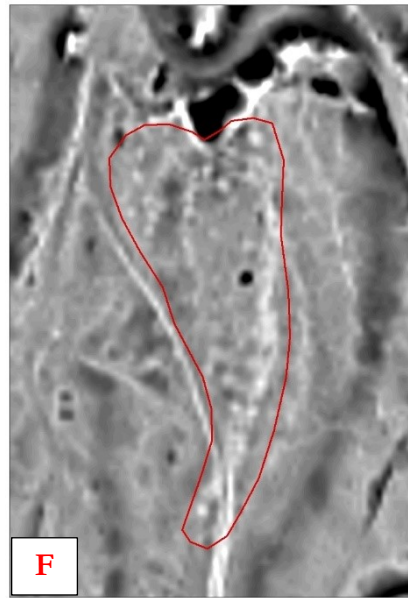
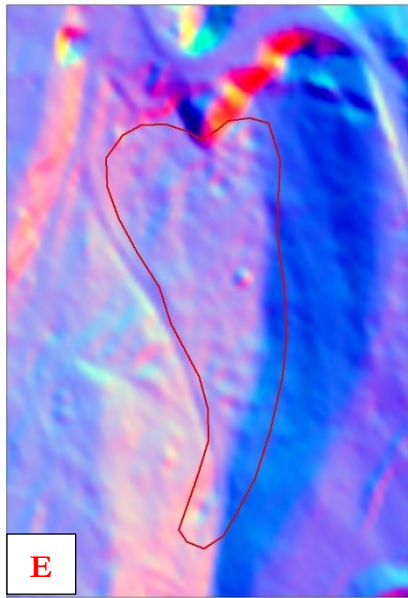
1. Det ska vara intuitivt att tolka. Tolkningen beräknas ske samtidigt som övrig förtydning under drivningsplaneringen och sker då över ett område på cirka 2–20 hektar. En förståelse för vad bildunderlagen visar gör att de är lätta att introducera. Samtliga underlag i Figur 2 och möjligen Bild E i Figur 3 bedömdes lättolkade.
2. Underlagen ska ha hög tillförlitlighet under tolkningen. Tolkade objekt ska i hög utsträckning vara kandidater till lämningar, även om det lätt blir övertolkningar, för många kandidater, beroende av att många strukturer finns som inte är lämningar, exempelvis nygrävda gropar eller grothögar. De tydligaste underlagen bedömdes vara Bild B och D i Figur 2.
3. Få tolkningsunderlag. Förtydningen innehåller många moment rörande såväl hänsyn- som produktionsplanering. Flera tolkningsunderlag används redan och ska fler underlag introduceras får de inte bli för många. Figurerna nedan innehåller åtta olika varianter (varav 2 med enbart varierande upplösning), men bedömningen är att enbart 1–2 kan introduceras för effektiv tolkning av lämningar.
4. Alternativ nytta i planeringen. Det finns anledning att bedöma nyttan av tolkningsunderlagen även för annan skoglig planering. Det är ingen uppgift för detta projekt, men motiverar introduktionen av valda underlag.

Sammantaget bedömdes hillshade (1 meter upplösning, Bild B i Figur 2) och multiple hillshade (1 meter upplösning, Bild C i Figur 2) som vara tydligast och enklast för implementering inom skoglig planering och användes vidare samtliga studieområden (B till G, se Figur 1). Motiveringen till detta var tillförlitlighet och hur intuitiva de var att tolka. Bild D som är en kombination med multipel hillshade och openess var något mer svårtolkad i skogsområden, se Figur 4.

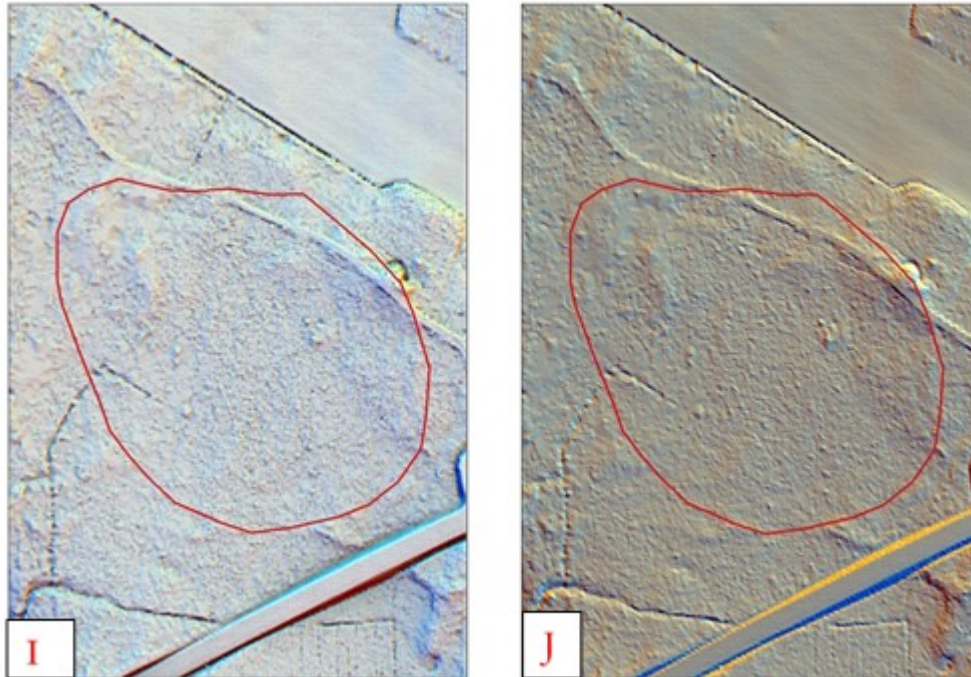


Figur 2.  
Ett lämningssubjekt i kandidatkartunderlagen: 2 meter hillshade (A), 1 meter hillshade (B), 1 meter multiple hillshade (C), multiple hillshade-openness (D).





Figur 3.  
Ett lämningsobjekt i kandidatkartunderlagen: PCA of hillshading (E), Positive openness (F),  
Negative openness (G) och Sky view factor (H).



Figur 4.  
Multiple hillshade-openness (I), i jämfört med multiple hillshade (J) över ett skogsområde.

## UTVÄRDERING

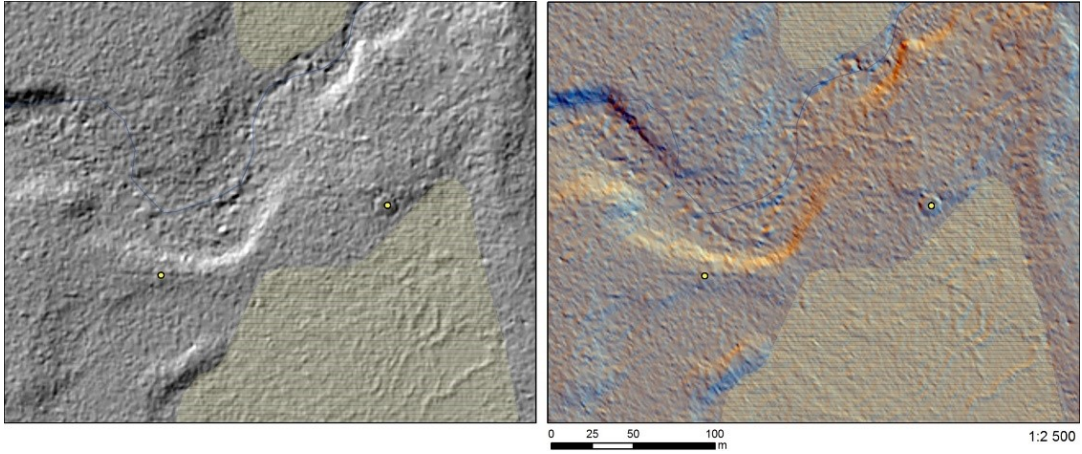
### Sveg

Antalet karterade lämningar i Sveg varierade mellan knappt 400 och drygt 600, se Tabell 5. Tiden för tolkningen varierade mellan 10–15 timmar, vilket visade sig ge cirka 40 kandidater till lämningar per tolkad timme oberoende av tolkare. Tätheten av kandidater till lämningar i detta område ligger alltså på en kandidat till fynd per 20–30 hektar.

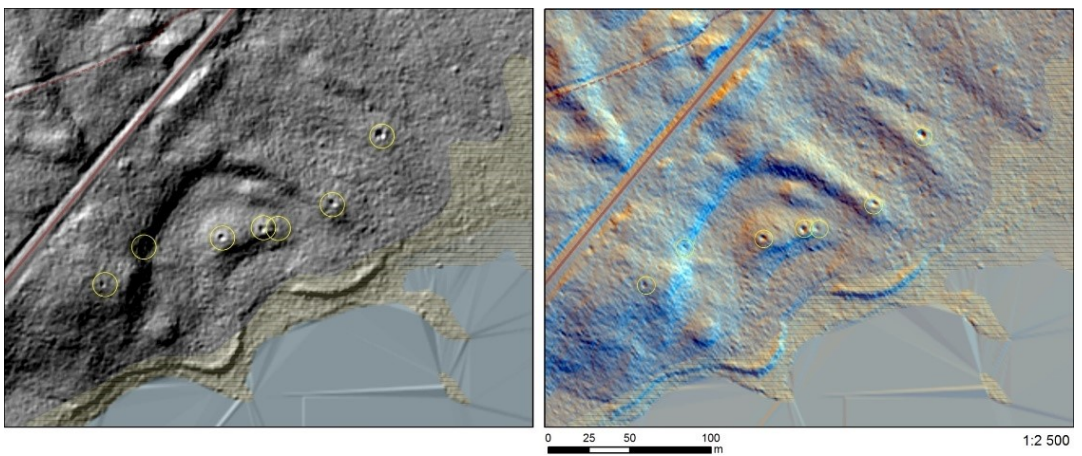
Tabell 5.  
Antalet tolkade kandidater till lämningar i Sveg.

Tolkare nummer	1	2	3
Säkra	191	172	45
Osäkra	442	203	475
Totalt	633	375	520

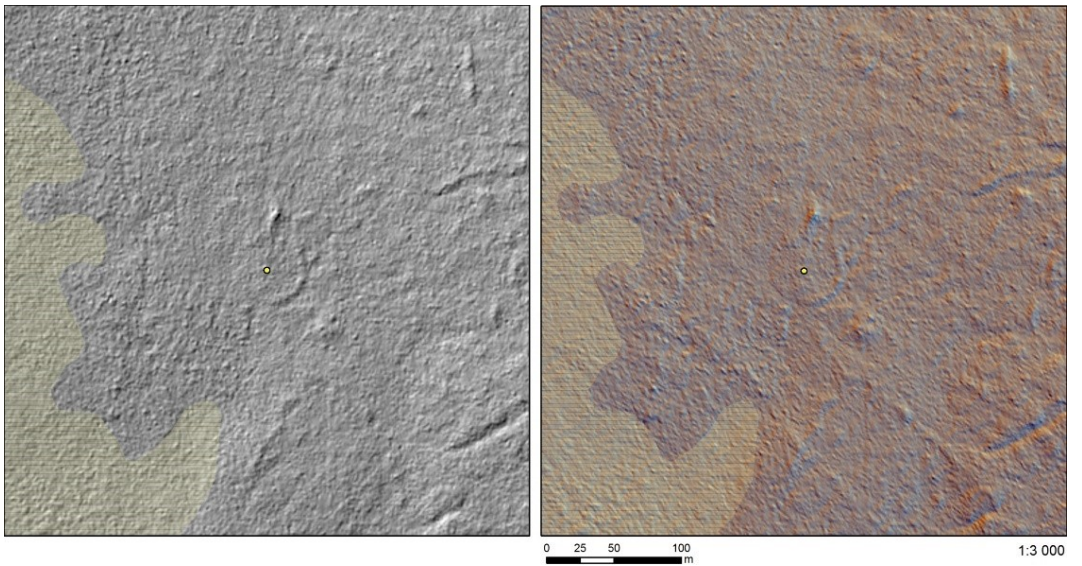
De vanligaste lämningstyperna som tolkades var kolbottnar (Figur 5) och fångstgropar (Figur 6), men även en del färdvägar (Figur 5) samt brott eller täkter. På Torpön väster om Sveg noterades en stor ring, 55 meter i diameter, med vall som var svår att tolka i fält, Figur 7. Sannolikt en lämning som kräver mer studier för att bestämma hur den användes. Det kan inte uteslutas att det är en naturbildning. Den finns inte med i den uppdaterade fornminnesinventeringen.



Figur 5.  
Kartering av färdväg och kolbotten i Sveg.



Figur 6.  
Fångstropssystem, gula ringar.



Figur 7.  
Rensad yta med vall, 55 meter diameter.

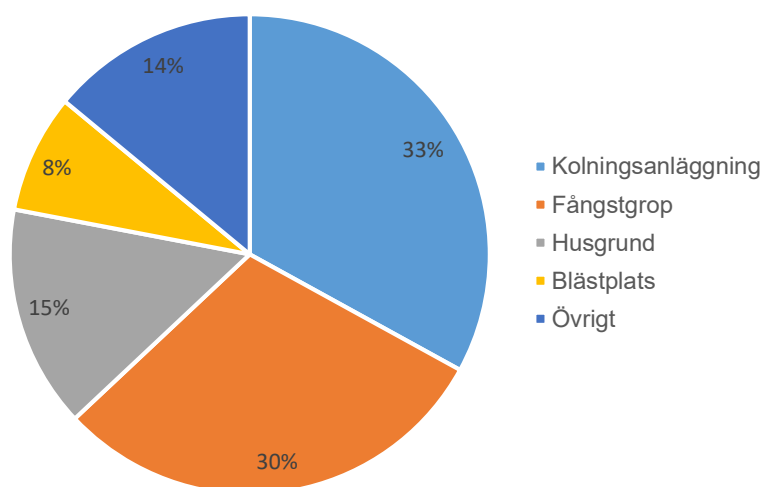
Jämförelsen av tolkningarna och det uppdaterade FMIS samt Skog och Historia hade Tolkare 1 och 2 drygt 100 överlapp, medan Tolkare 3 hade betydligt färre, Tabell 6. Det beror delvis på hur tydligt tolkaren upplever strukturen i tolkningsunderlagen för att kategorisera det som en säker tolkning. Det är fler FMIS-objekt som inte hittas än. De som finns med i den säkra tolkningen, samtidigt som en betydande del säkra tolkningar inte fångats i FMIS eller SoH. Lämningarna i Skog och Historia är få och består främst av objekt som inte är möjliga att se i tolkningsunderlagen som exempelvis blästbruk (3 × 1 meter), stora som mindre torpgrunder och med plats för koja. Det är kolningsanläggningar i SoH som återfanns i denna kartering.

Tabell 6.  
Utvärdering av säkra tolkningar.

Tolkare nummer	1	2	3
FMIS och med i tolkning	101	106	28
SoH och med i tolkning	1	2	1
FMIS ej med i tolkning	147	142	220
SoH ej med i tolkning	10	9	10
Andel FMIS-objekt hittade, %	41	43	11
Säkra tolkningar - ej i FMIS/SoH	89	64	16

Det som missas i den säkra tolkningen består främst av kolningsanläggningar (kolbottnar och tillhörande strukturer) och fångstgropar, men även husgrunder och blästplatser (Figur 8). De senare två är mer svårfunna i tolkningsunderlagen. Bland kategorin övriga återfinns ristningar, boplatser och föremål med tradition som alla helt enkelt inte syns i denna typ av underlag.

För att analyserna om missade FMIS-objekt var tolkningsbara gjordes en upprepad tolkning för att bedöma om de gick att upptäcka med kunskap om var de fanns. En fjärdedel (25 procent) av missade FMIS-objekt gick att hitta, men 75 procent var inte möjliga att hitta trots kunskap om läge. De syns helt enkelt inte i tolkningsunderlagen.



Figur 8.  
Översikt över vad som inte upptäcktes i tolkningsunderlagen.

Det som kategoriserades som säkra tolkningar, men som inte fanns med i FMIS eller Skog och Historia dominerades helt av kolbottnar eller fångstgropar. Det är vanliga lämningstyper i regionen och missas sannolikt under inventeringar, då det trots allt är begränsade resurser som ställs till förfogande och en prioritering är nödvändig. Fältbesök av säkra tolkningar som inte fanns med i FMIS bekräftade ofta detta faktum. Det var lämningar som inte kommit med i inventeringen (Figur 9).



Figur 9.  
Kolbotten som inte finns med i FMIS.

När jämförelsen inkluderade både säkra och osäkra tolkningar stiger antalet ”rätt” karterade objekt, men samtidigt är det många objekt som då inte finns med i referensdata. Denna övertolkning innehåller både, i referensdata, missade verkliga lämningar och andra funna strukturer som inte är någon lämning. Vid fältbesöket noterade exempelvis några rotvältor som karterats som tänkbara lämningar eller andra naturliga gropar eller högar, se exempel i (Figur 10).

Tabell 7.  
Totalt karterade objekt (säkra + osäkra).

Tolkare nummer	1	2	3
FMIS och med i tolkning	138	128	83
SoH och med i tolkning	1	3	4
FMIS ej med i tolkning	110	120	165
SoH ej med i tolkning	10	8	7
Andel FMIS-objekt hittade, %	56	52	33
Totalt antal tolkade			
Ej i FMIS/SoH	494	244	433



Figur 10.  
Exempel på naturlig grop efter rotvälta, ej någon lämning.

För att analysera lägesnoggrannheten i karterade objekt mot referensdata användes Tolkare 2. Säkra tolkningar och avståndet till FMIS-objekten varierades för att se hur många som fanns med när avståndet krymptes, Tabell 8. Det visade sig att 92 procent låg inom 10 meter och det var först på 1–3 meters avstånd som lägesnoggrannheten försämrades kraftigt.

Tabell 8.  
Analys av lägesnoggrannhet av karteringen.

(Meter)	25	20	15	10	5	3	1
FMIS-objekt (antal)	106	101	101	97	88	60	25

De samlade erfarenheterna efter tolkningen i Sveg var att den vanliga markskuggningen (hillshade) var svårtolkat i en del branter och skuggpartier. Här kunde underlaget med multipla solvinklar (multipel hillshade) bidra, men det krävdes lite vana att lära sig tolka i olika färger. Tolkningsskalan 1:1500 var bra, men det finns en risk att större sammanhang missas och fokus läggs på enskilda objekt. Det blir svårare med större yttäckande lämningstyper. Strukturer som gropar eller linjeobjekt ute på hyggen tolkas lätt som spår från pågående markanvändning. Det är svårare att konstatera att det är äldre lämningar då man förutsätter att spåren är från nyligen genomförda skogsbruksåtgärder.

I Sveg finns skoterleder som lätt kan tolkas som äldre färdvägar. Det kan även vara så att skoterleder anläggs i eller i anslutning till äldre färdvägar. Studier av historiska kartor kan stärka eller avfärda detta från fall till fall.

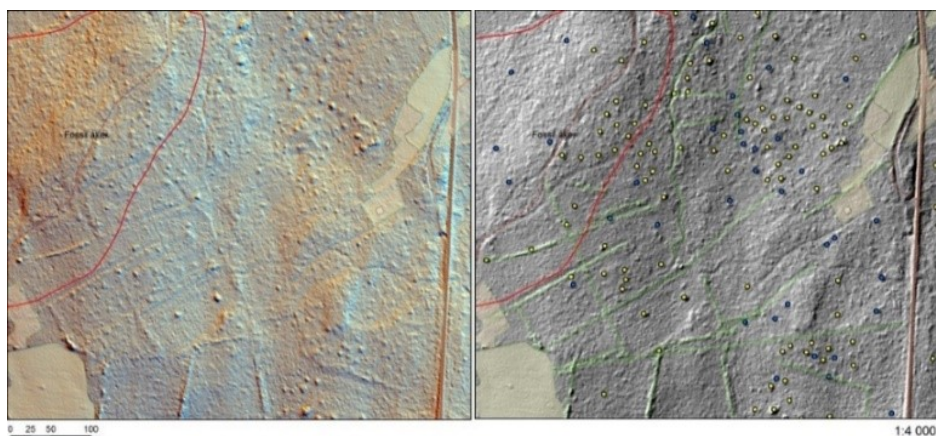
Det var värdefullt att använda Ortsnamn och Myrområden från kartdata för att hjälpa till att avgränsa lämningar.

## Kronoberg

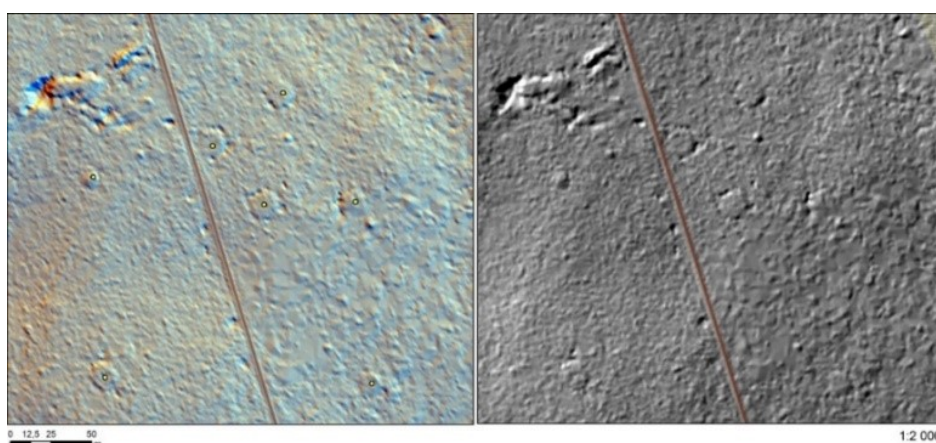
Antalet tolkade objekt i Kronoberg är betydligt fler, Tabell 9. Variationen mellan tolkare var betydligt större. Här ska noteras att Tolkare 3 bedömde studieområdet fel, varför resultaten ska ”viktas ner” i jämförelsen. Tiden för tolkning var totalt 10–30 timmar, 150–225 lämningar per tolkad timme. Då arealen skogsmark var betydligt mindre handlade det om 1–5 kandidater till lämningar per hektar. I Kronoberg dominerar lämningstypen av fornläger med tillhörande röjningsrösen vilka kan vara väldigt frekventa.

Tabell 9.  
Antalet tolkade lämning i Kronoberg.

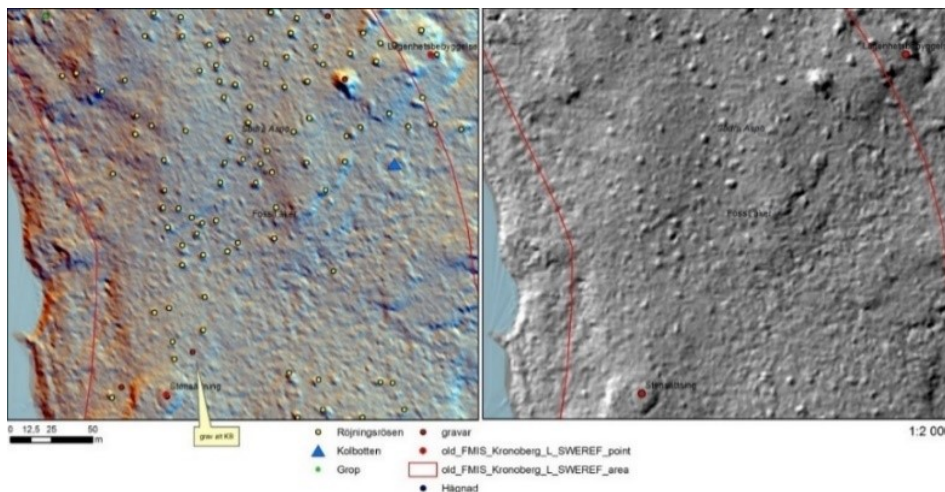
Tolkare nummer	1	2	3
Säkra	3 334	1 355	27
Osäkra	3 300	173	104
Totalt	6 634	1 528	131



Figur 11.  
Tolkning av röjningsrösen (blå+gula prickar) samt murar (gröna) i bild höger. Vänster utan tolkning.



Figur 12.  
Tolkning av sex kolbottnar (gula prickar).



Figur 13.  
Komplexa miljöer med många lämningar. Röda punkter och linjer från FMIS.

Den vanligaste lämningstypen som tolkades var röjningsrösen, Figur 11. Tolkningsinstruktionen var att tolka respektive röjningsröse med punkt medan referensdata bildar en polygon. Det förklarar det höga antalet jämfört med referensdata som var 400 objekt. En annan vanlig lämningstyp var kolbottnar, Figur 12, medan mer komplexa miljöer att tolka innehåller en stor mängd lämningar, och med bakgrund av detta går det att förstå att antalet tolkningar skiljer sig åt mellan tolkare, Tabell 9.

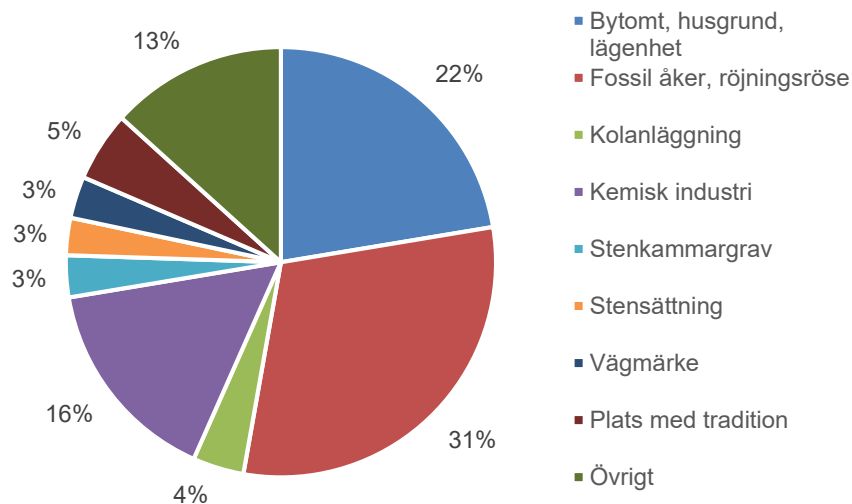
När tolkningsresultatet utvärderades mot de säkra tolkningarna var det många punkter som återfanns inom de polygoner som var vanligast i FMIS, Figur 13. Däremot var det en lägre andel av FMIS-objekten som tolkades som säkra jämfört med i Sveg. Förklaringen till detta går att utläsa i Figur 14 där det är tydligt att variationen av lämningstyper är stor och många inte möjliga att upptäcka med denna detaljeringsgrad av tolkningsunderlag. Skog och Historia är enbart fyra objekt och består av torplämningar och ruiner som inte är möjliga att tolka.

Tabell 10.  
Säkra tolkningar i Kronoberg och referensdata.

Tolkare nummer	1	2	3
FMIS och med i tolkning	2 021	887	20
SoH och med i tolkning	0	0	0
FMIS, ej i tolkning	247	288	345
SoH, ej i tolkning	4	4	4
Andel FMIS hittade, %	30	19	3
Säkra ej i FMIS/SoH	1 313	468	7

För att analyserna om missade FMIS-objekt var tolkningsbara gjordes en upprepad tolkning för att bedöma om de gick att upptäcka med kunskap om var de fanns. Endast cirka 15 procent av missade FMIS-objekt gick att hitta, men 85 procent inte var möjliga trots kunskap om läge. De syns helt enkelt inte i tolkningsunderlagen.





Figur 14.  
Missade lämningstyper i FMIS.

Samtidigt är det många säkra tolkningar som inte finns med i referensdata. Figur 15 visar ett fornminne som inte fanns med i referensdata och som i fält bedömdes vara en gammal förvaringsgröp och som var tydlig i tolkningsunderlagen. Det som annars dominerade bland de säkra tolkningarna, men som inte fanns med i referensdata var röjningsrösen (>90 procent), murar och kolbottnar. Under fältbesöket bedömdes samtliga säkra tolkningar som inte fanns med i referensdata vara riktiga lämningar.



Figur 15.  
Förvaringsgröp eller fångstgröp.

En viktig iakttagelse under fältbesöket var dock att stenmurar ibland filtreras bort i markmodellen under Lantmäteriets klassificering av punktmolnen trots att de är tydliga i fält. Figur 16 visar en stenmur som inte är med i alla delar i tolkningsunderlagen, medan den mer otydliga i Figur 17 var med komplett. Det beror av att klassificeringen av laserpunkterna ska representera marken och sådant som tydlig sticker upp ska filtreras bort. I praktiken går detta oftast att tolka fram ur bilderna ändå då äldre murar sällan är helt intakta och det är inte alla som sticker upp så tydligt som i detta exempel. Väldigt många stenmurar är tydliga som i exemplet i Figur 11.



Figur 16.  
Tydlig stenmur i fält.



Figur 17.  
Delvis raserad stenmur i fält.

När en jämförelse görs med både osäkra och säkra tolkningar är mellan 50–60 procent av tolkningarna rätt jämfört med referensdata, Tabell 11. Det måttet är mer relevant då punktinformation jämförs med polygoner. Många säkra tolkningar kan rymmas inom en polygon i referensdata.

Den valda metoden som ger kandidater till lämningar identifierar betydligt fler möjliga lämningar (609–3 347) än de som finns i FMIS, men inte i tolkningen (153–275).

Tabell 11.  
Totalt antal tolkade objekt i Kronoberg.

Tolkare nummer	1	2	3
FMIS och med i tolkning	3 287	919	61
SoH och med i tolkning	0	0	0
FMIS, ej i tolkning	153	275	332
SoH, ej i kartering	4	4	4
Andel FMIS hittade, %	57	22	6
Totalt antal tolkade ej i FMIS/SoH	3 347	609	70
Andel "rätt" av totalt karterade, %	50	60	47

De samlade erfarenheterna efter tolkningen i Kronoberg var att det är tydligt att i lämningstäta områden kommer sannolikt både en traditionell inventering och utvecklade tolkningsunderlag få svårt att bli kompletta. Det skulle vara alltför resurskrävande.

Användningen av fastighetsgränser kan vara ett effektivt sätt att hitta linje-strukturer som stenmurar. För landskapen i södra Sverige med omväxlande öppna ytor och skogsmark är det viktigt att få med kartdata som stöttar tolkningen. I skogsdominerade områden är detta inte lika viktigt.

Gällande kartering av strukturer i områden med fossil åkermark där röjnings-rösen är dominerande, bör man börja att tolka de ystora lämningarna om de är synliga. Gå sedan över till linje-elementen, d.v.s. hägnader, stenmurar och eventuella stigar. Därefter går tolkningen över till punktobjekten.

## DEMONSTRATIONER

Demonstrationerna vid BillerudKorsnäs visade på både möjligheter och begränsningar. I Uppland finns en del moränmark som bitvis är relativt blockig och det gör tolkningsunderlagen svåra att använda. Flertalet lämningar syns inte. Det var tydligare med lämningar på sedimentmarker där det gick enklare att tolka. Det bedömdes som att marktypen avgjorde hur lätt underlagen var att använda. Underlagen kunde även användas till annat, exempelvis identifiera dikessystem som var möjliga att identifiera. Sedan hittas flera kandidater till lämningar som i verkligheten inte är forn- eller kulturminnen, vilket man behöver träna sig till att bedöma underlagen. Planerarna i Uppland/Gästrikland föredrog varianten hillshade, men såg gärna att bägge underlagen implementerades.

I Dalarna bedömdes att det var enklare att tolka och att underlagen även kunde användas till att planera vägdragningar. Överlag påtalades behovet av längre tid för användning och även behovet av utbildning i hur bilderna kan tolkas, hur olika typer av lämningar kan karteras direkt i bilderna eller indirekt med hjälp av andra strukturer. Planerarna i Dalarna föredrog varianten multipel hillshade, men såg gärna att bägge underlagen implementerades.

Sammanfattningsvis för BillerudKorsnäs bedömdes underlagen ge ett tillskott i förtydningen. Tiden att tolka var kort, vilket gav mervärden samt att underlagen är lätta att implementera i befintliga verktyg.

För Skogssällskapet noterades att vissa typer av lämningar kan karteras, men att de inte alltid syns. Ett exempel kan vara stenmurar som ibland kan karteras, men inte alltid. Kolbottnar och torpgrunder bedömdes enklast och flera gånger var det möjligt att hitta den verkliga positionen på lämningen, som då skiljde sig mot den i FMIS-karterade positionen. Underlagen bedömdes värdefulla i operativ planering. En introduktionsperiod krävs för att lära sig hantera den övertolkning som sker och det finns behov av regional utbildning. Planeraren föredrog varianten multipel hillshade, men såg gärna att bägge underlagen implementerades.

## Diskussion

### INDATA

Det är tydligt att laserdata har många användningsområden för tillämpningar inom skogsbruket och denna studie visar ännu en passade tillämpning. Laserdata finns tillgängligt över hela landet och beslutsstöd kan produceras med relativ enkel bearbetning. Studien visar att den högre detaljeringsgraden som 1 meters upplösning, medför bättre tolkning än att utgå från grid 2+ (2 meters upplösning).

Erfarenheterna visar även på de utmaningar som finns med befintliga inventeringar av forn- och kulturlämningar (FMIS och SoH). De referenser (FMIS) som användes under utvärderingen var nyligen genomförda och vid nyinventeringen återfanns betydligt fler lämningar än vad som fanns registrerade tidigare. Det bekräftar bara att det finns många okarterade lämningar att ta hänsyn till. Det är också tydligt att alla inventeringar har en begränsning i hur mycket det hinner inventeras och att de inte är kompletta.

Väsentliga indata som förenklar tolkningar är ortofoton och vanliga kartdata, vilka finns hos majoriteten av skogsföretagen. Det räcker att ha tillgång till dem som visningstjänster. De viktigaste användningsområdena är bedömningar om det är avverkningsspår som markberedning eller grothögar som tolkas ur laserdata samt att bedöma att det verkligen är skogsmark eller andra ägoslag.

Under studien bedömdes även historiska kartor, vilka kan användas men lägesnoggrannheten på torp eller äldre industrier varierar mycket och i dagsläget är kartorna inte georefererade. Det kan göras relativt enkelt med vissa fel och brister. Den stora utmaningen rörande historiska kartor bedöms handla om det är värt att lägga ner tiden med de bristfälliga underlagen då de samtidigt inte är kompletta.

## KARTERINGSMETODER

Studien indikerar på svårigheterna med en automatisk metod för att kartera forn- och kulturlämningar. Det kommer då att komma med så många kandidater att stödet blir ett värdelöst alternativ, som att missa för många lämningar. Ingen av alternativen stöttar den skogliga drivningsplaneringen effektivt. Med en tätare laserskanning (fler punkter per m<sup>2</sup>), skulle fler lämningar kunna identifieras med automatik. Risken är fortfarande stor för en kraftig övertolkning, d.v.s. att för många kandidater hittas som skulle kräva omfattande fältkontroller.

Visuell tolkning av strukturer bedöms som den bästa metoden med dagens tillgängliga beslutsunderlag. Valet av hillshade och multiple hillshade som lämplig visualiseringsteknik (kartunderlag) i denna studie, grundar sig i både enkel produktion av underlagen med dagens tillgängliga GIS programvaror samt en hyfsat bra tolkningsförmåga av dessa underlag hos skogsbrukare, vilket underlättar implementering av sådana beslutsstöd vid avverkningsplanering.

Genom att kombinera denna tolkning med regional kunskap om vanliga lämningstyper kommer många lämningar att hittas och skyddas i den skogliga drivningsplaneringen. Flera av de planerare som testat underlagen, pekar på behovet av regionala utbildningar som även inkluderar tolkningsunderlagen, vilket är goda idéer för en bredare implementering. Dagens utbildningar kring forn- och kulturlämningar kan kompletteras med praktiska övningar med beslutsstöden.

Det finns även möjlighet att lära sig mer kring var lämningstyper, vilka återfinns i landskapet som boplatser nära vattendrag och strategisk placering av fångstgropar. Här finns också möjlighet att utveckla utbildningar för skogliga planerare.

Att förbättra kvaliteten av laserdata genom att skanna med högre punkttäthet och att utnyttja fullvågssensorer vid framtida laserskanningar, behöver utforskas mer för att kunna avgöra om de kan medföra förbättrade markmodeller som kan effektivisera uppfinring av lämningsobjekt inom skogslandskapet.

## OPERATIV ANVÄNDNING

Studien visar på tolkningsunderlag som är lätta att tekniskt implementera i dagens förplanering under drivningsplaneringen. Det krävs utbildning och träning för att skogliga planläggare ska dra full nytta av underlagen. Utförda demonstrationer visar att nya lämningar hittas och det även ibland går att kvalitetssäkra positionen på kända lämningar med felaktig position i FMIS.

Samtidigt kan det konstateras att dagens kända lämningar redan nu blivit skadade av skogsbruket. Blir fler lämningar identifierade, ökar risken till mer skador även om de kommer in i traktdirektiven. En stor utmaning ligger i att jobba för att minska skadenivåerna och här är det bland annat viktigt att se till att information om hänsyn till lämningar sprids i hela skogsvårdskedjan, d.v.s. även till markberedning och plantering. Tolkningsunderlagen kan bidra med att säkerställa att lämningar verkligen kommer in i traktdirektiven och ökad fokus på hänsyn till lämningar i stort.

Som referens i utvärderingen användes nya fornminnesinventeringar. Det finns över väldigt små ytor i landet vilket gör att det är betydligt vanligare att utgångsläget gäller. I utvärderingsområdena innebär det att det fanns 59 lämningar (FMIS och SoH) i Svegsområdet och 245 lämningar i Kronobergsområdet före den nya inventeringen. Betydligt fler lämningar hittades under den genomförda karteringen även om enbart ”säkra” karteringar räknades.

Det är samtidigt viktigt att vara tydlig på att det inte är den skogliga planeraren som i dag kan avgöra om en nyfunnen lämning är ett fornminne, utan det krävs att länsstyrelsen är med och fattar beslutet. Karteras de innan fältbesöken kan dock fältinsatsen effektiviseras genom att planeraren går till rätt ställen. Det finns ett stort antal relativt okomplicerade lämningstyper, som kolbottnar, där hänsyn kan markeras direkt under planeringen och avstämning ske med länsstyrelsen.

Olika tolkningsbakgrund kommer att påverka resultatet, men samtidigt finns det goda möjligheter till bra tolkningsresultat även för personer utan arkeologisk vidareutbildning, vilket pekar på att det går att föra in i den skogliga planeringen.

Rapporten visar att olika karterare inte kommer att finna samma lämningar totalt sett. Det kommer variera, men samtidigt kommer lämningar hittas som inte kommit in i nykarteringar av mer erfarna inventerare. Genom att använda underlagen finns förutsättningar för att hitta fler lämningar och att undvika skador på kända fornlämningar genom bättre positionering. Sedan måste hänsyn tas under själva drivningen och kulturstubbar lämnas, men planeringen är en förutsättning för ökad hänsyn.

## Slutsatser

Genom att nyttja tolkningsunderlag baserat på laserdata kan nya forn- och kulturlämningar hittas och lägesnoggrannheten för kända lämningar förbättras.

Vanligt förekommande lämningstyper som gick att kartera inkluderar fångstgropar, tjärddalar, kolningsanläggningar och odlingsrösen samt linjära strukturer kopplat till odlingslandskapet. Betydligt svårare (läs omöjligt) är bland annat boplatser, hållristningar och de många mindre husgrunderna. Många lämningstyper går inte att kartera i fjärranalys, men kan samtidigt vara svårt att tolka även i fält för oerfarna.

Tolkningsunderlagen är lätta att implementera, men kräver utbildning och övning för att bli mer användbara. Övningen bör inkludera både tolkningsunderlagen och fältinsatser.

Tolkningsunderlagets kvalitet påverkas bland annat av markens blockighet, vilket gör den mer lättanvänd över sedimentmarker. Samtidigt visar erfarenheterna att mer vana ökar möjligheterna till användning över hela landet.

Samtidigt som denna rapport visar på möjligheterna att finna och kvalitetssäkra lämningar är det bara en del av arbetet med hänsynstaganden för forn- och kulturlämningar. Andra viktiga områden inkluderar uppdatering och kvalitetssäkring av myndigheternas databaser, återkoppling från länsstyrelser rörande villkorsområden, tydlighet i lämnad hänsyn samt hur information om lämningar sprids till drivnings- och skogsvårdsinsatser.

En fortsatt utvecklingsinsats kan visa hur en ökad punkttäthet ger bättre tolkningsunderlag eller hur landskapet kan tolkas regionalt för att stötta var olika lämningstyper förekommer.

## Referenser

- Andersson, B. 2013. Skogens kulturarv i Kvarkegionen2 – verksamheter under 2012, Västerbottens län. Rapport Dnr 622/09, Västerbottens museum/Skogens kulturarv i Kvarkegionen.
- Bila, Z., Faltynova, M., Pavelka, K. 2012. Discovering of human activity traces in the landscape by using ALS in the Czech Republic. In: Proceedings of EARSel Workshop Advances in Remote Sensing for Archaeology and cultural heritage Management (Gent, Belgium), vol 1.
- Bollandsås, O.M., Risbøl, O., Ene, L.T., Nesbakken, A., Gobakken, T., Næsset, E., 2012, Using airborne small-footprint laser scanner data for detection of cultural remains in forests: an experimental study of the effects of pulse density and DTM smoothing, *Journal of Archaeological Science* 39.
- Crutchley, S., 2009. Ancient and modern: Combining different remote sensing techniques to interpret historic landscapes, *Journal of Cultural Heritage* 10S.
- Devereux, B.J., Amable, G.S., Crow, P. & Cliff, A.D. 2005. The potential of airborne lidar for detection of archaeological features under woodland canopies. *ANTIQUITY* 79: 648–660.
- GeoXD. 2010. Detektering av öppna diken och stenmurar i laserdata. Förstudie. Jordbruksverket.
- Jansson, J., Alexander, B. & Söderman, U. 2009. Laserskanning från flyg och fornlämningar i skog. Rapport 2009:9. Länsstyrelsen i Dalarna.
- Lasaponara, R., Coluzzi, R. & Masini, N. 2011. Flights into the past: full-waveform airborne laser scanning data for archaeological investigation. *Journal of Archaeological Science*, vol 36, 9:2061–2070.
- Länsstyrelsen i Västernorrland, 2013. Projekt från modell till planeringsunderlag. Slutrapport – värdering av ej fornminnesinventerade områden i Jämtland och Västernorrland. Rapport 2013:13.
- Olofsson, K-J 2016. 2015 års fornminnesinventering i Jämtlands län. RAPPORT-JAMTLI 2016:9.
- Persson P. 2012. Fortsatt analys för förbättrade kulturmiljöunderlag i samband med vindkraftsetableringar i Västernorrlands och Jämtlands län. Rapport nr 2012:12. Länsstyrelsen Västernorrland.
- Ragnarsson, A. 2014. DAP-digital arkeologisk process. Riksantikvarieämbetet.
- RAÄ. 2006. Studie av skador på fornlämningar i skogsmark. Rapport från Riksantikvarieämbetet 2006:2.
- Riksantikvarieämbetet och Skogsstyrelse 2013. Redovisning av 2012 års arbete inom projektet kvalitetssäkring Skog och Historia. RAÄ dnr 3.5.1-988-2009. SKS dnr 2011–4173.

- RAÄ. 2014. Fjärranalys för kulturmiljövården. Underlag för arbete med lägesbestämda fornlämningar. Rapport.
- RAÄ 2015. Fjärranalys för kulturmiljövården, steg 2. Rekommenderade derivatprodukter och produktionsmetoder.
- Risbøl, O., Bollandås, M., Nesbakken, O.M., A., Ørka, H.O., Nasset, E., Gobakken, T. 2013. Interpreting cultural remains in airborne laser scanning generated digital terrain models: effects of size and shape on detection success rates. *Journal of Archaeological Science* 40.
- Skogsstyrelsen, 2014. Bevara skogens kulturmiljöer. PM 2014-12-05. Dnr 2014/2958.
- Skogsstyrelsen 2016. Hänsynen till forn- och kulturlämningar. Resultat från Hänsyns-uppföljning Kulturmiljöer 2015. Rapport 5.
- Trier Due Ö., Gustavsen, L., Pilö, LH. & Tønning, C. 2011. Application of remote sensing in cultural heritage management. Project Report 2011. Norsk Regnesentral.
- Ulfhielm, C. 2013. Hänsynen till forn- och kulturlämningar. Rapport 3. Skogsstyrelsen.
- Yokoyama, R., Shirasawa, M., Pike, R.J. 2002. Visualizing topography by openness: A new application of image processing to digital elevation models. *Photogramm. Eng. Remote Sensing*, 68, 251–266.
- Zakšek, K. Oštir, K. & Kokalj, Z. 2011. Sky-View Factor as a Relief Visualization Technique. *Remote Sensing* 3: 398–415.

## Litteratur

- Lantmäteriet. Ny nationell höjddata. (2012).  
[http://www.lantmateriet.se/globalassets/kartor-och-geografisk-information/hojddata/nyhetsbrev/2012/ny\\_nationell\\_hojddata\\_info\\_blad-131.pdf](http://www.lantmateriet.se/globalassets/kartor-och-geografisk-information/hojddata/nyhetsbrev/2012/ny_nationell_hojddata_info_blad-131.pdf)
- Skogforsk. Hänsyn till skogens kulturarv. (2014).  
<http://www.kunskapdirekt.se/sv/KunskapDirekt/Kulturarv/>



## Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2016

### År 2016

- Nr 892 Ågren, K., Hannrup, B., Jonsson, R., Jönsson, P., Lundström, H. och Nordström, M. Utvärdering av dimensionsmätning och förekomst av kapsprickor vid avverkning med Komatsu X19. – Evaluation of measurement quality and frequency of bucking splits in harvesting with the Komatsu X19 Harwarder. 21 s.
- Nr 893 Ågren, K., Möller, J. J. och Bhuiyan, N. 2016. Utveckling av en standardiserad metod för kalibrering av volymsbestämning vid avverkning med flerträdshanterande skördaraggregat. – Development of a standardised method for calibrating volume measurements when using a multi-tree handling harvester head. 27 s.
- Nr 894 Almqvist, C. & Rosenberg, O. 2016. Bekämpning av grankotterost (*Thekopsora areolata*) med fungicider – Försök utförda 2014 och 2015. – Control of cherry spruce rust infection (*Thekopsora areolata*) by use of fungicides – Trials performed in 2014 and 2015. 10 s.
- Nr 895 Westin, J., Helmersson, A. & Stener, L.-G. 2014. Förädling av lärk i Sverige. – Kunskapsläge och material. Genetic improvement of larch in Sweden – knowledge status and seed materias. 55 s.
- Nr 896 Mohtashami, S., Nordlund, S., Krook, M., Bergkvist, I., Ring, E. & Högbom, L. 2016. Körskador vid slutavverkning – en inventeringsstudie i Mälardalen. 16 s.
- Nr 897 von Hofsten, H. & Eliasson, L. 2016. Skotning av grot och rundved med en kombiskotare eller med två dedikerade skotare. 8 s.
- Nr 898 Rytter, L. & Mc Carthy, R. 2016. – Uthållig produktion av hybridasp efter skörd – Slutrapport 2016 för Energimyndighetens projekt 30346. - Sustainable production of hybrid aspen after harvest – Final Report 2016 from Swedish Energy Agency Project 30346.
- Nr 899 Bhuiyan, N., Möller, J.J., Hannrup, B. & Arlinger, J. 2016. Automatisk gallringsuppföljning. – Arealberäkning samt registrering av kranvinkel för identifiering av stickvägsträd och beräkning av gallringskvot – Automatic follow-up of thinning.- Stand area estimation and use of crane angle data to identify strip road trees and calculate thinning quotient.. 47 s.
- Nr 900 Pettersson, F. 2016. Effects of type of thinning and strip road distance on timber production and economy in the Scots pine field experiment at Kolfallet. Results after two thinnings and a 20-year study period.
- Nr 901 Eliasson, L., Mohtasami, S. & Eriksson, A. 2016. Analys av ett högproduktivt flissystem – Analysis of factors affecting a high productive chip supply system. 20 s.
- Nr 902 Enström, J., Asmomar, V., Davidsson, A., Johansson, F., Jönsson, P. & Mohtashami, S. 2016. Transportsystemet Inlandsbanan – The Inlandsbanan transport system. 50 s.
- Nr 903 Klingberg, A., Persson, T. & Sundblad, L.G. 2016. Projektrapport – Fröskörd från tallfröplantage T2 Alvik – Effekt av inkorsning på planteringsresultatet i fält (projekt nr 244). – Project report Harvests from the T2 Alvik orchard – Effect of cross-pollination on operational planting outcome.
- Nr 904 Friberg, G. & Bergkvist, I. 2016. Så påverkar arbetsrutiner och markfuktighetskartor körskador i skogsbruket – How operational procedures and depth-to-water maps can reduce damage on soil and water and rutting in the Swedish forestry 28 s.
- Nr 905 Berlin, M. & Friberg, G. 2016. Proveniensval av Svartgran i Mellansverige. – Provenance choice of black spruce in central Sweden.. 22 s.

- Nr 906 Grönlund, Ö. 2016. Kontrollmätningens utformning vid chaufförers travmätning – Quality control procedure for stack measurement by truck drivers. 16 s.
- Nr 907 Björheden, R. 2016. Mekaniserad avverkning av grova lövträd - en litteraturstudie. – Mechanised harvesting of large-size hardwood trees – a literature study. 26 s.
- Nr 908 Bhuiyan, N., Hannrup, B., Nordström, M. & Larsolle, A. 2016. Beslutsstöd för stubbskörd.– Utveckling av ett prototypprogram för snabbare implementering i skogsbruket. – Decision-support tool for stump harvest. – Development of prototype software for faster implementation in forestry. 22 s.
- Nr 909 Brunberg, T. & Lundström, H. 2016. Tidsåtgång och bränsleåtgång vid användning av sortimentsgripen 2014. – Evaluation of assortment grapple 2014 in terms of processing time and fuel consumption. 19 s.
- Nr 910 von Hofsten, H., Eliasson, L., Lundström, H. & Granlund, P. 2016. Prestation och bränsleförbrukning för två stora trumhuggar avsedda för flisning på terminaler. – Production and fuel consumption for two large drum chippers. 14 s.
- Nr 911 Jonsson, R., Jönsson, H. & Lundström, H. 2016. Prestation och kostnader för slutavverkningsdrivare Komatsu X19 harwarder med snabbfäste. – Performance and cost in final felling for Komatsu X19. Harwarder with quick hitch. 40 s.
- Nr 912 Jonsson, R., Jönsson, P., Lundström, H. & Manner J. 2016. Prestation och kostnader för drivaren Komatsu X19 och tvåmaskinsystem med Komatsu 941 och 895 i grov slutavverkning – Performance and costs for the Komatsu X19 harwarder compared to Komatsu 941/895 harvester/forwarder in heavy-timber final felling. 38 s.
- Nr 913 Jönsson, P., Andersson, M., Hannrup, P., Henriksen, F. & Högdahl, A. 2016. Avverkningskapacitet för sågkedjor – en jämförande studie. – Cutting capacity of saw chains – a comparative study. 38 s.
- Nr 914 Skutin, S.G. & Bergqvist, M. 2016. Slutrapport – Rapport Bergtäkt. – Potentialer till kortare ledtider i miljöprövningen. – Final report of the 'Rock Quarry' project. Potential to shorten lead times in environmental assessment. 44 s.
- Nr 915 Ottosson, P., Andersson, D. & Fridh, L. 2016. Radarteknik för fukthaltsmätning – en förstudie. – Radar technology for measuring moisture content – a preliminary study. 23 s.
- Nr 916 Manner, J., Björheden, R., Jonsson, R., Jönsson, P. & Lundström, H. 2016. Prestation och drivningskostnad för drivarprototypen Komatsu X19 jämfört med ett konventionellt tvåmaskinsystem. – Productivity and logging costs of the harwarder prototype Komatsu X19 and a conventional CTL system. 27 s.
- Nr 917 Bergqvist, M., Björheden, R. & Eliasson, L. 2016. Kompakteringseffekter på skogsbilvägar. – Effect of compaction on forest roads. 24 s.
- Nr 918 Jönsson, P., Andersson, M., Hannrup, B., Henriksen, F. & Högdahl, A. 2016. Cutting capacity of saw chains – a comparative study. – Avverkningskapacitet för sågkedjor – en jämförande studie. Ss. 38.
- Nr 919 Asmoarp, V., Bergqvist, M., Frisk, M., Flisberg, Patrik & Rönnqvist Mikael. VägRust på SCA. En analys av vägupprustningsbehov på SCA Skog AB:s tre sydliga förvaltningar. – Decreased cost of logistics with RoadOpt. An analysis of road upgrading needs on three southern holdings at SCA Skog AB. 35 s.

År 2017

- Nr 920 Bergqvist, M., Bradley, A., Björheden, R. & Eliasson, L. 2017. Validering av STP (Surfacing Thickness Program) för svenska förhållanden – Validation of the Surfacing Thickness Program (STP) in Swedish conditions. 40 s.
- Nr 921 Eriksson, B. & Sääf, M. 2017. Branschanalys-Ekonomiska prestationer i entreprenadskogsbruket. – Sector analysis: economic performance in contractor forestry. 31 s.
- Nr 922 Söderberg, J., Willén, E. & Bohlin, J. 2017. Gallringspunkter från fjärranalys. – Identification of thinning needs using remote sensing. 14 s.
- Nr 923 Willén, E. & Mohtashami, S. 2017. Kartering av fornminnen i skogen med fjärranalys. – Identifying cultural heritage sites in forest with remote sensing. 32 s.

## SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiftelsen, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar m.fl. som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

### FORSKNING OCH UTVECKLING

Två forskningsområden:

- Förädling
- Skogsskötsel
- Driftsystem
- Värdekedjor

### UPPDRAG

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

### KUNSKAPSFÖRMEDLING

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

Från Skogforsk nr. 923–2017



[www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se)