

**HMK**  
- handbok i mät- och kartfrågor

# Laserdata

2015



## **HMK–Laserdata, status 2015**

HMK-Laserdata 2015 har uppdaterats med

- länkar till andra dokument

Uppdateringarna har utförts av Anders Grönlund, Lantmäteriet.

Gävle 2016-06-30

/ Anders Grönlund, Uppdragsledare HMK

## Förord 2015

HMK-Laserdata 2015 är den andra versionen av HMK-Laserdata. Jämfört med föregående version, HMK-Laserdata 2014, har dokumentet genomgått följande förändringar:

- kravställningen i bilaga B har omformulerats
- länkar till andra dokument har uppdaterats
- mindre ändringar eller flyttningar av text har gjorts för att anpassa dokumentet till HMK-dokument som publicerats efter HMK-Laserdata 2014

Uppdateringarna har utförts av Thomas Lithén och Marianne Orrmalm, Lantmäteriet. I arbetsgruppen har även Per Isaksson och Joakim Fransson, Trafikverket, Jan Wingstedt, Jönköpings kommun/Lantmäteriet, och Lena Morén, Lantmäteriet, ingått.

Luleå 2015-06-18

/Marianne Orrmalm, Projektledare Geodatainsamling

[Samlade Förord](#)

# Innehållsförteckning

Innehållsförteckning .....	3
1 Inledning .....	5
2 Teknisk specifikation .....	7
2.1 Allmän beskrivning.....	7
2.2 Specifikation av utgångsmaterial .....	7
2.3 Specifikation av produkten .....	8
2.3.1 HMK-standardnivå.....	8
2.3.2 Punkttäthet.....	9
2.3.4 Lägesosäkerhet .....	12
2.3.5 Skanningsvinkel .....	12
2.3.6 Insamlingsperiod .....	13
2.3.7 Tilläggspecifikation.....	13
2.4 Specifikation av leverans .....	15
2.4.1 Referenssystem.....	15
2.4.2 Stråk- och stödplan .....	16
2.4.3 Markstöd .....	16
2.4.4 Laserdata samt orienteringsdata ur GNSS/INS .....	16
2.4.5 Tilläggspecifikation av leverans .....	20
3 Genomförande .....	21
3.1 Planering av insamling .....	21
3.1.1 Val av flyghöjd och stråkplanering.....	21
3.1.2 Planering av markstöd .....	23
3.1.3 Leverans .....	26
3.2 Signalering och inmätning av markstöd .....	26
3.2.1 Leverans .....	27
3.3 Insamling av laser- och GNSS/INS-data samt beräkning av punktmoln .....	28
3.3.1 Laserskanning.....	28
3.3.2 Beräkning av orienteringsdata ur GNSS/INS-data.....	29
3.3.3 Beräkning av punktmoln .....	29
3.3.4 Leverans .....	30
4 Beställarens kontroll .....	31
5 Referenser/Läs mer .....	32
Bilaga A.1: Produktionsdokumentation .....	33
A.1.1 Stråk- och stödplanering.....	33
A.1.2 Signalering och inmätning av markstöd .....	34
A.1.3 Insamling av laser- och GNSS/INS-data samt beräkning av punktmoln .....	35

<b>Bilaga A.2: Exempel på metadata .....</b>	<b>36</b>
A.2.1 Exempel Svensk geoprocess.....	36
A.2.2 Exempel Lantmäteriet.....	37
<b>Bilaga A.3: Kontroll av laserdata .....</b>	<b>40</b>
A.3.1 Komplet leverans.....	40
A.3.2 Produkt.....	40
A.3.3 Fördjupad kontroll vid behov.....	48
<b>Bilaga B.1: Mall och exempel för upprättande av teknisk specifikation</b>	<b>50</b>
B.1.1 Mall för teknisk specifikation .....	50
B.1.2 Exempel på ifylld mall för en kommun .....	52
B.1.3 Exempel på ifylld mall för Trafikverket.....	55

# 1 Inledning

För eventuella fortlöpande justeringar av detta dokument, se [HMK-nytt](#).

HMK-Laserdata behandlar upprättande av teknisk specifikation för upphandling av georefererat laserpunktmoln samt hur det tas fram, kontrolleras och dokumenteras. Utgångspunkten är flygburen insamling av laserdata med GNSS/INS-stödd digital laserskanner. Punktmolnet ska kunna användas för framtagning av höjdmodeller och för kartering.

För hur strukturen är uppbyggd i detta dokument samt hur hänvisningar skall göras, läs [HMK-Introduktion](#) avsnitt 1.7

Dokumentet stödjer:

- Upprättande av en teknisk specifikation (avsnitt 2 och bilaga B)
- Genomförande av ett uppdrag avseende laserdata (avsnitt 3 och bilaga A1)
- Kontroll av leverans (avsnitt 4 och bilaga A3)

Följande HMK-standardnivåer omfattas, läs mer i [HMK-Geodatakvalitet 2015](#), avsnitt 2.6:

HMK-standardnivå 1:

- Nationell/regional mätning och kartläggning för översiktlig planering och dokumentation

HMK-standardnivå 2:

- Mätning och kartläggning av tätort för kommunal detaljplanering och dokumentation

HMK-standardnivå 3:

- Projektinriktad mätning och kartläggning för projektering och byggande

Frågor om upphandling, tillstånd och sekretess behandlas i [HMK-Introduktion 2015](#), avsnitt 3.

Tekniska termer och förkortningar förklaras i [HMK-Ordlista](#), senaste version.

Råden i HMK-Laserdata bygger främst på de erfarenheter som Lantmäteriet, kommuner och Trafikverket har som beställare inom sina respektive verksamhetsområden.

Mycket är dock generellt och kan, med mindre modifieringar, användas även inom andra verksamheter.

## Avgränsningar

Laserskanning för batymetrisk kartering av djupförhållanden behandlas ej. Fordonsburen datainsamling med mobila system beskrivs i dokumentet HMK-Fordonsburen laserdatainsamling.

## 2 Teknisk specifikation

### Rekommendation

- a) Beställaren beskriver och specificerar uppdraget i en teknisk specifikation

Vid upprättande av teknisk specifikation använder beställaren detta avsnitt samt bilaga B som stöd.

En teknisk specifikation kan helt eller delvis bestå av hänvisningar till en eller flera befintliga dataproduktspecifikationer (DPS) eller formella standarder. Avsnitt 2 och 3 kan även användas som checklista för att säkerställa att aktuell DPS/standard omfattar alla relevanta krav vid beställning av laserdata.

För generell information om upprättande av teknisk specifikation se [HMK-Introduktion 2015](#), avsnitt 2.1.

### 2.1 Allmän beskrivning

#### Rekommendation

Beställaren beskriver översiktligt:

- a) de tjänster och produkter som den tekniska specifikationen omfattar, det vill säga vad som ska utföras och levereras
- b) hur produkterna ska användas

Den allmänna beskrivningen säkerställer att samsyn råder mellan beställare och utförare.

### 2.2 Specifikation av utgångsmaterial

#### Rekommendation

- a) Beställaren levererar koordinatsatt begränsning av insamlingsområdet samt anger aktuellt filformat och referenssystem.
- b) Beställaren beskriver vilket befintligt material, som kan ställas till utförarens förfogande och anger filformat

Exempel på befintligt material är markmodeller, strandlinjer, stompunkter och befintliga stödpunkter med tillhörande metadata och kvalitetsuppgifter, vid klassning även information om vägar, broar, byggnader, vegetation med mera.



## 2.3 Specifikation av produkten

### 2.3.1 HMK-standardnivå

#### Rekommendation

- a) Beställaren anger HMK-standardnivå för produkten

Vald HMK-standardnivå ( läs mer i [HMK-Geodatakvalitet 2015](#) avsnitt 2.6), utifrån tänkt användning, blir styrande för genomförandet. Tabell 2.3.1 redovisar en sammanställning av parametervärden för respektive HMK-standardnivå. Värdena ska ses som rekommendationer och beställaren kan justera dessa vid behov. Det bör dock noteras att eventuella justeringar kan innebära påverkan både på slutprodukten användbarhet och på priset för genomförandet av uppdraget.

**Tabell 2.3.1.** Sammanställning av parametrar per HMK-standardnivå för flygbu-  
ren laserskanning. Standardosäkerhet avser väldefinierade kontrollobjekt.

Parametrar	HMK- standardnivå 1	HMK- standardnivå 2	HMK- standardnivå 3
Punkttäthet (punkter/m <sup>2</sup> ) 2D - sista eller enda retur	0,5 - 2	6 - 12	20 - 30
Standardosäker- het i höjd, på plana och välde- finierade ytor (m)	0,10	0,05	0,02
Standardosäker- het i plan på väldefinierade objekt (m)	0,30	0,15	0,05*
Maximal skan- ningsvinkel (grader)	± 20°	± 20°	**

\* handlingar för byggande kräver vanligen en standardosäkerhet på 20 mm eller bättre i både plan och höjd vilket ställer särskilda krav på datainsamlingen – ofta används en kombination av laserskanning och flygfotografering. Höjdläge tolkas från höjdmodell och planläge mäts genom fotogrammetrisk detaljmätning

\*\* se rekommendation enligt avsnitt 2.3.5

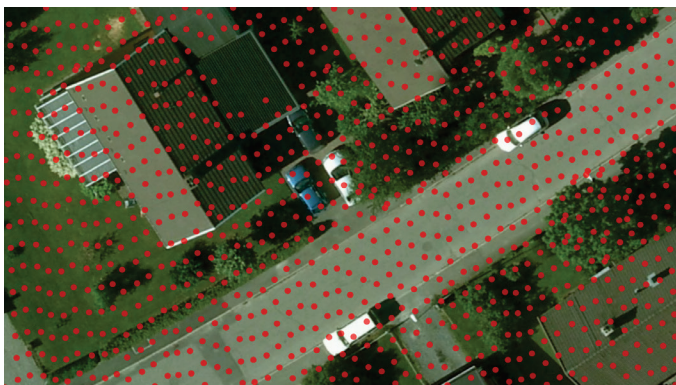
## 2.3.2 Punkttäthet

### Rekommendation

- a) Beställaren ställer direkt eller indirekt krav på punkttäthet för sista eller enda retur

Punkttäthet för sista eller enda retur mäts i 2D och är lika med antalet punkter per kvadratmeter i plan. En hög punkttäthet medger en mer trogen modellering av de träffade objekten, medan en låg punkttäthet ger en mer generaliserad modellering med högre osäkerhet i både geometri och klassning, läs mer i referens [1].

Krav kan ställas indirekt genom att specificera slutproduktens egenskaper och/eller funktion. Är punktmolnet slutprodukt bör punkttätheten specificeras.



**Figur 2.3.2.** Exempel, motsvarande HMK-standardnivå 1, på träffbild med punkttäthet avseende alla returer och storlek på träffyta. Den slutliga punkttätheten för alla returer beror på topografin och blir i skog vanligtvis högre än på öppen mark eftersom varje utsänd puls där kan ge flera returer. Punkttätheten på markytan blir däremot lägre.

**Tabell 2.3.2a.** Förhållandet mellan punkttäthet och genomsnittligt punktavstånd.  $\text{Punktavstånd} = \sqrt{(1/\text{punkttäthet})}$ .

Punkter/m <sup>2</sup>	Punktavstånd (m)
32	0,18
16	0,25
8	0,35
4	0,50
2	0,71
1	1,00
0,5	1,41

**Tabell 2.3.2b.** Ungefärlig storlek på träffyta (definierad enligt 1/e<sup>2</sup>). Storleken på träffytan på marken är tillsammans med punkttätheten avgörande för hur små objekt som går att identifiera i ett punktmoln.

HMK-standardnivå	Träffytans diameter (m)
1	0,5 – 2 m
2	0,2 – 0,5 m
3	0,1 – 0,2 m

**Tabell 2.3.2.c** Objekt som är möjliga att identifiera i punktmolnet vid viss upplösning enligt referens [2]. Definition av klasser framgå av Tabell 2.3.2.d. (\* Svårt att skilja på asfalt/grus.)

Objekt	Kartering i punktmoln		Kartering med stöd av bilder
	0,5 punkter/m <sup>2</sup> Klass	20 punkter/m <sup>2</sup> Klass	20 punkter/m <sup>2</sup> Klass
Väggkant asfalt	10	6*	3
Väggkant grus	10	6*	3
Väg målad linje		5	3
Stödremsekant			4
Kantstöd			4
Broar	8	3	3
Spår			5
Byggnad bostad	8	3	3
Uthus och mindre byggnader	8	4	3
Trappa		7	5
Altan		4	4
Luftledning		3	3
Stolpar			5
Trafikskyltar (bärande stolpar)			6
Kraftledningsstolpe		4	4
Elskåp			6
Hägnader/stängsel			6
Staket		7	4
Plank		5	4
Murar		5	4
Vägräcken			4
Diken	8	5	5
Strandlinje	9	6	5
Slänter	9	5	5
Ägoslagsgräns		10	7
Brunnar			4

**Tabell 2.3.2.d** Generell klassning av markmodell, enligt Tabell 6 i referens [2]. Medelavvikelse kontrolleras enligt kap10 i referens [2].

Klass	Maximal medelavvikelse i höjd (m)	Användningsområde
1	0,02	Detaljprojektering för bygghandling väg och järnväg samt mängdberäkning på noggrant inmätta hårdgjorda ytor
2	0,05	Detaljprojektering för bygghandling väg och järnväg med befintliga bangårdar och spår och övriga byggnadsverk samt mängdberäkning på jämna markytor
3	0,10	Detaljprojektering för bygghandling väg, järnväg och övriga byggnadsverk samt mängdberäkning på övriga ytor och järnvägsbank. Underlag för relationshandling vid terrester komplettering av modell samt upprättande av bergmodell
4	0,15	Projekteringsunderlag för arbetsplan väg och systemhandling järnväg i jämn terräng
5	0,20	Underlag för arbetsplan väg och systemhandling järnväg i ojämn och kuperad terräng
6	0,30	Översiktlig projektering i jämn terräng. Väg- och järnvägsutredning i och i närheten av samhällen
7	0,50	Översiktlig projektering i ojämn och kuperad terräng. Väg- och järnvägsutredning i allmänhet
8	1,00	Förstudier i och i närheten av samhällen
9	2,00	Förstudier i allmänhet
10	3,00	Lokaliseringsöversikter

**Tabell 2.3.2e** Lämplig lägsta nivå på parametrar per HMK-standardnivå.

Parametrar	HMK-standardnivå 1	HMK-standardnivå 2	HMK-standardnivå 3
Minsta lämplig upplösning grid (m)	1,0	0,25	0,20
Minsta lämplig ekvidistans höjdkurvor (m)	0,5	0,25	0,1

### 2.3.4 Lägesosäkerhet

#### Rekommendation

- a) Beställaren ställer krav på lägesosäkerhet

Krav på lägesosäkerhet avser standardosäkerhet i höjd och plan för öppna plana hårdgjorda ytor respektive tydligt identifierbara objekt mätta i punktmolnet efter stråkutjämning och inpassning på stöd.

Observera att standardosäkerheten i höjd kan bli avsevärt högre på andra typer av ytor, exempelvis lutande ytor och ytor med vegetation. Läs mer i referens [1] och [3] för att få en uppskattning av vilken standardosäkerhet i höjd som kan förväntas utanför öppna plana hårdgjorda ytor.

Krav på lägesosäkerhet ställs utifrån kraven för användningen av den beställda produkten. Följande tumregler gäller för HMK-standardnivå 1, 2 respektive 3:

- Krav på standardosäkerheten i höjd bör inte överstiga 0,10, 0,05 m respektive 0,02 m på öppna plana hårdgjorda ytor.
- Krav på standardosäkerheten i plan bör inte överstiga standardosäkerheten i höjd med mer än en faktor 2-3 beroende på HMK-standardnivå.

Det är möjligt att uppnå en lägre standardosäkerhet i höjd än tumreglerna ovan. Vid hårda krav på standardosäkerheten i höjd för HMK-standardnivå 1 och 2 kan faktorn för standardosäkerhet i plan behöva höjas upp till 5, läs mer i referens [4]. Hårdare krav på standardosäkerheten i höjd påverkar kravställningen på stödpunkter, efterbearbetning med mera liksom kostnaden för uppdraget.

Laser- och bilddatainsamling kan göras vid samma insamlingstillfälle för att erhålla låg lägesosäkerhet i både plan och höjd samtidigt. Än så länge är detta vanligast för HMK-standardnivå 3.

Det förekommer också, exempelvis vid inventering, höga krav på tolkbarhet medan lägesosäkerheten är mindre viktig. I sådana fall kan kraven på lägesosäkerhet minskas jämfört med tumreglerna.

### 2.3.5 Skanningsvinkel

#### Rekommendation

- a) Beställaren specificerar skanningsvinkel.

Med skanningsvinkel menas infallsvinkeln mot marken, mätt från lodlinjen, i levererat punktmoln.

En skanningsvinkel nära 0 grader ger bättre insyn mot markytan i

skog och stadsmiljö. Större skanningsvinklar ger fler träffar på sidorna av höga objekt, till exempel husfasader. En stor skanningsvinkel kan öka osäkerheten i avståndsmätningen eftersom träffbilden förvanskas och avståndet till objekten längst ut i svepen ökar.

En laserskanning bör normalt planeras med en skanningsvinkel på upp till  $\pm 20$  grader. För skogliga ändamål är motsvarande rekommendation  $\pm 15$  grader.

### 2.3.6 Insamlingsperiod

#### Rekommendation

- a) Beställaren specificerar insamlingsperiod

När laserdata ska användas för att framställa en markmodell där marken är täckt med vegetation är den bästa årstiden för insamling, mellan snösmältning och lövsprickning. Under denna period döljs inte marken av vegetation eller snö, vilket medför att genomträngningen ner till markytan är som bäst. Snäva krav på insamlingsperiod kan dock öka kostnaden.

### 2.3.7 Tilläggs-specifikation

#### Rekommendation

- a) Beställaren specificerar eventuella övriga krav på produkten

Beställaren bör inte detaljstyra genomförandet, utan så långt som möjligt överlämna det till utföraren.

Nedan ges exempel på avsteg/tillägg till genomförandekraven enligt avsnitt 3.

#### Kontrollobjekt

Beställaren anger eventuella krav på kontrollobjekt. Antal kontrollobjekt, samt inbördes avstånd, anpassas så att uppnådd lägesosäkerhet i punktmolnet kan redovisas signifikant. De kontrollobjekt som används för att verifiera lägesosäkerheten i punktmolnet, ska vara geografiskt skilda från de stödpunkter som använts för att justera georefereringen av punktmolnet. Signalering av kontrollobjekt utformas enligt kraven i avsnitt 3.1.2.

#### Övertäckning och tvärstråk

Normalt ställer beställaren krav på övertäckning och tvärstråk implicit genom att specificera slutproduktens egenskaper och/eller kvalitet.

Krav förekommer främst vid HMK-standardnivå 1 och 2. Exempel på detta är nationella höjddata och kommunala upphandlingar.

Om annan hantering än genomförandekrav 3.1.1 c-g önskas specificeras detta av beställaren.

### Repetitiv insamling

För att öka punkttätheten eller insynen kan man välja att skanna området flera gånger vid samma tillfälle, så kallad repetitiv insamling.

För att öka insynen kan man välja att planera flygningen med korsande stråk eller parallellt förskjutna stråk, där det förskjutna stråket flygs mellan ordinarie stråk.

Om annan hantering än genomförandekrav 3.1.1 h-i önskas specificeras detta av beställaren.

### Samtidig bildinsamling

Beställaren ställer eventuella krav på samtidig insamling av bild och laserdata.

Bilddata kan komplettera laserdata, framför allt som stöd vid klassning och vid kvalitetskontroll. Bilddata kan också användas för färgsättning av punktmolnet. Bilderna används även till att ta fram andra produkter som ortofoto och som underlag vid kartering. Det kan därför vara lämpligt och kostnadseffektivt att samla in bilddata samtidigt som en laserskanning genomförs, framförallt vid HMK-standardnivå 3.

Insamling av bild- och laserdata ställer olika krav på bland annat ljusförhållanden. Därför kan bildkvaliteten bli lidande när laserdata är primära data. Bild- och laserinsamling vid samma tidpunkt ger ett homogent dataset, men om höga krav ställs på bildkvaliteten kan det begränsa insamlingsperioden och vara kostnadsdrivande.

Bilder insamlade vid ett annat tillfälle kan också användas. Hur stor tidsskillnad mellan insamlingstillfällena som är acceptabel beror bland annat på hur snabbt området förändras.

### Klassning och uttunning av punktmoln

Beställaren ställer eventuella krav på klassning av punktmolnet.

Det bör tydligt framgå vilka klasser som önskas, nivå på editering efter automatklassificering samt om nyckelpunkter skall tas fram. Klassning som underlag för höjddata är den vanligaste typen av klassning. För olika höjddatastyper och val av klasser vid leverans, se [HMK-Höjddata 2015](#), avsnitt 2.3.4 respektive 2.4.2. Det är även vanligt att byggnader, vegetation, vatten och felaktiga punkter identifieras

och klassificeras. Ibland klassificeras även väg- och broytor, järnvägsspår och kraftledningar.

Efter automatklassning utförs antingen en groveditering där felklassificeringar som kan upptäckas på en översiktsbild rättas till, eller en finreditering där en van operatör går igenom alla data visuellt och rättar till de felklassificeringar som upptäcks.

Efter en klassning kan uttunning göras av de klassade punkterna, genom att markera nyckelpunkter. Resultatet blir en hög detaljeringsgrad utan att modellen generaliseras i större omfattning samtidigt som datamängden avsevärt minskas.

### Vågform

Beställaren anger eventuella krav på insamling av vågform.

Vid beställning av vågform, bör även leverans av diskreta returter beställas. Vågform bör ses som ett komplement till ordinarie leverans och har specifika användningsområden.

## 2.4 Specifikation av leverans

### Rekommendation

- a) Beställaren specificerar vilka produkter som ska levereras
- b) Beställaren specificerar krav på produkterna
- c) Beställaren specificerar eventuella tilläggskrav på produktionsdokumentation

### 2.4.1 Referenssystem

#### Rekommendation

- a) Beställaren anger referenssystem i plan och höjd för de filer som ska levereras
- b) Vid beställning av annat referenssystem än SWEREF 99 och RH 2000 anvisar beställaren transformationssamband mellan systemen

Läs mer om SWEREF 99 och RH2000 samt relationer mellan olika referenssystem och projektionszoner i [HMK-Ge:Infra 2015](#), kapitel 2.

Om beställaren inte har ett aktuellt transformationssamband kan sådant upprättas som en del av uppdraget enligt [HMK-Ge:Infra 2015](#), avsnitt 2.8.



## 2.4.2 Stråk- och stödplan

### Rekommendation

- a) Beställaren anger filformat och namn för stråk- och stödplan

## 2.4.3 Markstöd

### Rekommendation

- a) Beställaren anger filformat och namn för markstöd

## 2.4.4 Laserdata samt orienteringsdata ur GNSS/INS

### Rekommendation

- a) För laserdata definierar beställaren:
  - filformat, eventuellt versionsnummer
  - krav gällande namngivning på filer, stråk med mera
  - klassindelning
  - komprimering
  - geografisk uppdelning och indexsystem
  - informationsinnehåll i eventuella metadata
  - filformat för metadata
- b) För GNSS/INS-data definierar beställaren:
  - filformat
  - krav gällande namngivning
  - krav gällande informationsinnehåll

Bilaga A.2: Exempel på metadata” används som stöd vid definition av informationsinnehåll i metadata.

### Filformat

Laserdata levereras lämpligtvis i [LAS](#)-format. Skillnaden mellan versionerna av LAS-formatet, liksom mellan andra format, är stora och det kan ta lång tid att anpassa en programvara för en ny version. Beställaren bör därför specificera både format och version, så att filerna kan läsas av den aktuella programvaran.

### Krav gällande namngivning på filer, stråk mm

Namngivning av filer bör ske på ett strukturerat sätt och anpassas till beställarens verksamhet. Oavsett namngivning ska stråk-ID vara unikt inom projektet.

## Klassindelning

Ett uppdrag som omfattar klassning av laserdata bör innehålla beställarens krav på klassindelning. Lämpligtvis beställs klassindelning enligt den aktuella versionen av LAS-formatet.

**Tabell 2.4.4a.** Klasser enligt specifikationen för LAS version 1.1 till 1.3. Version 1.4 har en delvis förändrad indelning. <http://www.asprs.org>

Klass	Betydelse
0	Råpunkter
1	Oklassad
2	Mark
3	Låg vegetation
4	Mellanhög vegetation
5	Hög vegetation
6	Byggnad
7	Lågpunkt
8	Nyckelpunkt
9	Vatten
10	Reserverad för ASPRS definition
11	Reserverad för ASPRS definition
12	Punkter i övertäckningszonen
13-31	Reserverad för ASPRS definition

**Tabell 2.4.4b.** Klasser som används inom Nationell höjdmodell.

Klass	Betydelse
1	Övrigt
2	Mark
9	Vatten
11	Bro

Om möjligt kan även LAS-formatets funktion med så kallade klassningsflaggor utnyttjas, något som i dagsläget stöds av få programvaror. Flaggorna gör det möjligt att tilldela punkter flera egenskaper samtidigt. En punkt kan exempelvis vara klassad som mark och samtidigt flaggas som nyckelpunkt.

## Datakomprimering

LAS-formatet är relativt kompakt men kan komprimeras ytterligare. Nackdelen med komprimerade data är att längre tid krävs för åtkomsten, något som måste vägas mot den kortare överföringstiden om filerna distribueras.

Det finns flera effektiva komprimeringar av LAS-formatet. De är programberoende och i dagsläget inte kompatibla med varandra. Beställaren bör därför specificera typ av komprimering.

## Geografisk uppdelning

Laserdata bör levereras i hanterbara filstorlekar och därför krävs normalt en geografisk uppdelning av större områden, vanligen i form av ett rutnät. En logisk namngivning av filerna bör tillämpas, gärna där koordinaterna för något hörn av respektive ruta ingår.

**Tabell 2.4.4c.** Förhållandet mellan HMK-standardnivå (punkttäthet), indexrutans storlek och filstorlek. De blå rutorna indikerar lämpliga kombinationer.

Indexrutans storlek	HMK-standardnivå 1 (0.5-2 p/m <sup>2</sup> )	HMK-standardnivå 2 (6-12 p/m <sup>2</sup> )	HMK-standardnivå 3 (20-30 p/m <sup>2</sup> )
100x100 m	0.5 MB	4 MB	10 MB
500x500 m	10 MB	100 MB	200 MB
1000x1000 m	40 MB	400 MB	800 MB
2500x2500 m	250 MB	2 500 MB	5 000 MB

En geografisk uppdelning enligt Lantmäteriets indexsystem kan tillämpas för SWEREF 99 TM. För lokala projektionszoner genereras lokalt rutsystem.

Vid laserskanning av korridorer kan punktmolnet delas upp i segment av lämplig storlek.

## Informationsinnehåll i metadata

Metadata specificeras av beställaren och bör innehålla:

- Punkttäthetskarta för sista eller enda retur
- Punkttäthetskarta för markklassade punkter - om markklassning beställts
- Karta som visar avvikelser i höjd i övertäckningszonen mellan stråk.
- Projektmetadata, se exempel i Bilaga A.2 "Exempel på metadata"

Punkttäthetskarta redovisas som en georefererad tiff-bild i det koordinatsystem som beställaren specificerat. Bilden bör ha en upplösning

på 10x10 meter för HMK-standardnivå 1, 4x4 meter för HMK-standardnivå 2 och 2x2 meter för HMK-standardnivå 3.

Punkttäthetskarta kan redovisas i en relativ eller absolut färgskala. Den absoluta färgskalan har fördelar om man lägger samman laserdata, med olika punkttäthet, från olika projekt förutsatt att projekten använder samma färgskala. Vid relativ skala rekommenderas samma färgskala som Nationella Höjdmodellen, se tabell 2.4.4d.

**Tabell 2.4.4d.** Relativ färgskala, enligt Nationella Höjdmodellen, för punkttätheten

- blå är minst den dubbla efterfrågade punkttätheten,
- grön är mellan den efterfrågade och dubbla punkttätheten,
- gul är mellan den halva och efterfrågade punkttätheten,
- röd är sämre än halva efterfrågade punkttätheten,
- svart används för dolda (maskade) ytor som vattenområden.

Karta som visar avvikelse i höjd i zonen med stråkövertäckning redovisas med upplösningen 10x10 meter för HMK-standardnivå 1, 4x4 meter för HMK-standardnivå 2 och 2x2 meter för HMK-standardnivå 3. Karta som visar avvikelser i höjd i övertäckningszonen mellan stråk kan redovisas i en relativ eller absolut färgskala. Den absoluta färgskalan har fördelar om man lägger samman laserdata, med olika punkttäthet, från olika projekt förutsatt att projekten använder samma färgskala. Vid relativ skala rekommenderas samma färgskala som Nationella Höjdmodellen, se tabell 2.4.4e

**Tabell 2.4.4e.** Relativ färgskala, enligt Nationella Höjdmodellen, för avvikelser i höjd i övertäckningszonen mellan stråk

- blå är bättre än efterfrågad standardosäkerhet i höjd,
- grön är mellan efterfrågad och 2,5 gånger efterfrågad standardosäkerhet i höjd,
- gul är mellan 2,5 och 5 gånger efterfrågad standardosäkerhet i höjd,
- röd är sämre än 5 gånger efterfrågad standardosäkerhet i höjd,
- svart används för dolda (maskade) ytor som vattenområden.

### Filformat och namngivning för metadata

Kartorna levereras lämpligen som georefererade tiff-bilder, eller liknande. Eventuella projektmetadata levereras i ett öppet filformat, läsbart i texteditor, eller definierat av beställaren.

## 2.4.5 Tilläggspecifikation av leverans

### Rekommendation

- a) Beställaren specificerar eventuella övriga krav på leverans

### Produktionsdokumentation

Beställaren anpassar, vid behov, kraven på produktionsdokumentation utifrån uppdragets storlek, omfattning och användningsområde.

Om annan hantering önskas än genomförandekrav enligt 3.1.3g-h för stråk- och stödplan, 3.2.1d-e för markstöd och/eller 3.3.4f-g för laser- och GNSS/INS-data, specificeras detta av beställaren

Exempel på tillägg till genomförandekrav är:

- karta med planerade stråk och markstöd enligt bilaga A.1.1b
- karta med inmätta markstöd enligt bilaga A.1.2c
- skiss över signal och signalens läge enligt bilaga A.1.2d
- karta med flugna stråk och tagna bilder enligt bilaga A.1.3b

### Prov- och delleveranser

Beställaren anger eventuella krav på prov- eller delleveranser, för godkännande av till exempel stråkplanering, laserkvalitet eller orienteringsdata. Stråk- och stödplaner granskas innan datainsamlingen påbörjas, i syfte att verifiera att planeringen genomförts enligt kraven i den tekniska specifikationen.

### Leveransmedia och katalogstruktur

Beställaren specificerar eventuella krav på leveransmedia och katalogstruktur för leverans av filer och produkter.

### Rådata

Beställaren specificerar eventuella krav på att leverantören ska leverera rådata och/eller delresultat i förädlingskedjan.

Alternativt ställs eventuella krav på lagring av data för beställarens räkning samt på hur länge lagrade data ska finnas tillgängliga hos leverantören.

## 3 Genomförande

### Krav

- a) Utföraren ska ansvara för kvalitetssäkring av produktionen samt för att det material som levereras är kvalitetskontrollerat och komplett enligt beställarens specifikation
- b) Allt insamlat material ska kontrolleras löpande under insamlingen för att eventuella brister tidigt ska kunna identifieras och åtgärdas

### Rekommendation

- c) En kvalitetsplan bör upprättas

I en kvalitetsplan definieras uppdragets genomförande. I den beskrivs bland annat hur produkterna ska tas fram samt vilka kontroller som ska genomföras och dokumenteras för att kvalitetssäkra planering, dattainsamling, efterbearbetning och leverans.

En kvalitetsplan ger förutsättningar för en tydlig kvalitetsstyrning av ett uppdrag. Beställaren kan kräva i upphandlingens kommersiella villkor att en kvalitetsplan upprättas, läs mer i [HMK-Introduktion 2015](#), avsnitt 2.2.

### 3.1 Planering av insamling

För mer information om planering vid flygburen laserskanning se kapitel 16.5.2 i referens [4].

#### 3.1.1 Val av flyghöjd och stråkplanering

### Krav

Vid val av flyghöjd och vid stråkplanering ska:

- a) krav på punkttäthet för sista eller enda retur uppfyllas i insamlingsområdets samtliga delar
- b) hänsyn tas till kuperad terräng och höga objekt som bebyggelse eller träd, för att säkerställa att samtliga objekt avbildas
- c) övertäckning mellan stråk vara minst 10 % om inte beställaren anger annat

### Rekommendation

Tvärstråk bör:

- d) placeras i skanningsområdets båda ändar och, vid större områden, även inne i området
- e) läggs i rät vinkel mot ordinarie stråk
- f) placeras över stödytorna
- g) undvika områden med vattenytor

### Krav

Vid repetitiv insamling ska:

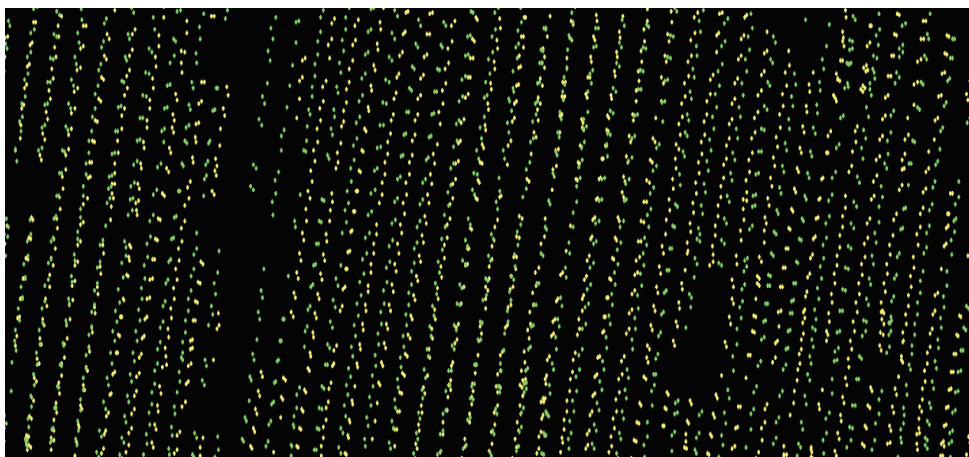
- h) punktmolnet vara fritt från interferens
- i) insamling utföras så snart som möjligt efter den första

Flygstråkens riktning planeras enligt det mest ekonomiska alternativet, om det inte medför negativ påverkan på slutprodukten.

Övertäckning mellan angränsande stråk ska säkerställa heltäckande insamling utan glipor, och möjliggöra stråkutjämning och kvalitetskontroll. Den faktiska övertäckningen varierar med terrängens höjd, men påverkas även av plattformens stabilitet.

Ett eller flera tvärstråk förbättrar stråkutjämningen och bidrar till en god geometri i det färdiga punktmolnet. Avståndet mellan tvärstråken styrs av systemets prestanda vad gäller GNSS och INS.

Repetitiv laserskanning längs samma eller parallella stråk kan ge interferens mellan skanningsmönstren. Det medför att punktavståndet längs och tvärs insamlingsriktningen blir ojämnt fördelat.



**Figur 3.1.1.** Interferens vid repetitiv laserskanning. Där skanningslinjerna sammanfaller blir punkttätheten ojämnt fördelad.

### 3.1.2 Planering av markstöd

#### **Krav**

Stöd ska:

- a) anpassas i antal efter den förväntade mätosäkerheten i slutprodukten och efter kartläggningsområdets storlek
- b) fördelas jämnt men särskilt finnas i korsande stråk, hörnen, ytterkanten och mitten av kartläggningsområdet, för att er-hålla god kontrollerbarhet (figur 3.1.2a)
- c) vara horisontella och anpassade i form och storlek för att tolkas och mätas i punktmolnet

Signalerade stöd ska:

- d) signaleras med material och färg som säkerställer god kontrast mot omkringliggande yta

#### **Rekommendation**

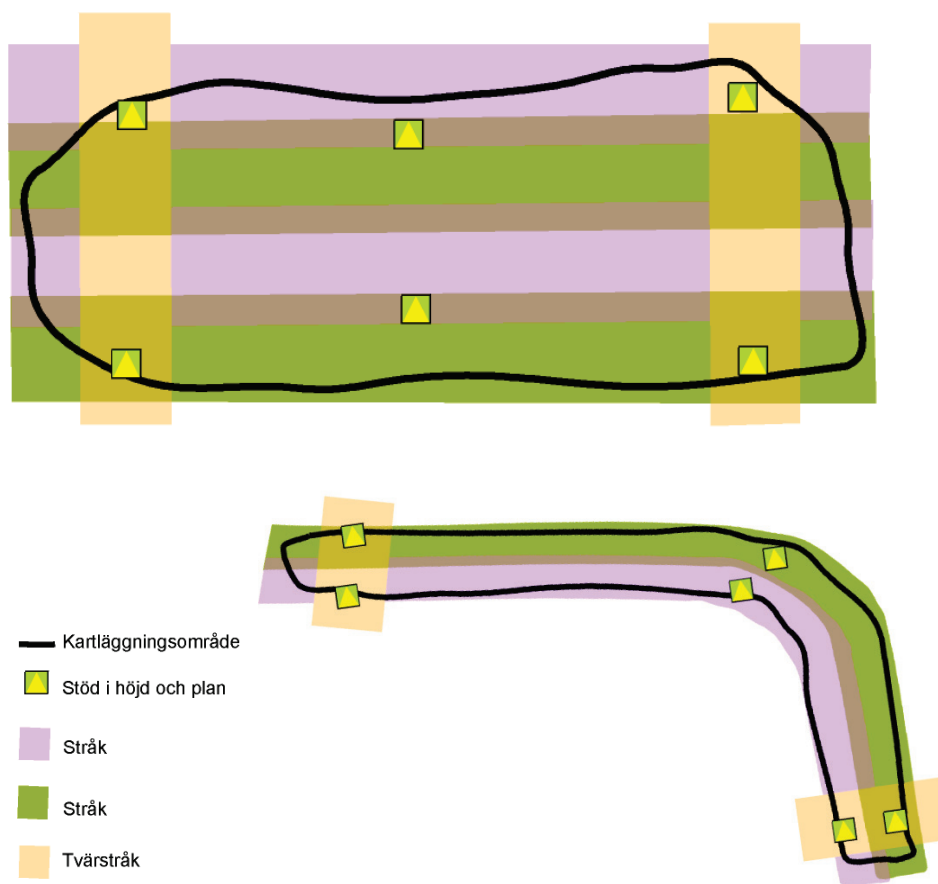
Stödyta i höjd bör:

- e) placeras på slät horisontell mark
- f) ha ett antal ingående punkter per stöd som anpassats efter vald teknik för inmätning och krav på lägesosäkerhet i punktmolnet
- g) ha ett inbördes avstånd mellan punkter i stödytan som är minst det dubbla, jämfört med det genomsnittliga punktavståndet i laserskanningen

Planstöd bör:

- h) ha minst två objekt per plats, om höjdprofiler, taksektioner eller vägmarkering i form av heldragen linje används. De två objekten bör vara orienterade i nära 90 graders vinkel mot varandra





**Figur 3.1.2a.** Principiell placering av stöd för yta respektive korridor. (Källa: Lantmäteriet).

Olika slags stöd kan användas beroende på laserskanningens punkttäthet. Vid låg punkttäthet är naturliga stöd vanligast, medan signalerade stöd kan förekomma vid hög punkttäthet.

### Naturligt stöd i höjd

Vid laserskanning med hög punkttäthet kan objekt som syns tydligt i intensitetsdata användas, vanligen vägmarkeringar. Målad streckad väglinje mäts i samtliga hörn på målningen. Inmätning av minst 5 stycken målningar ska utföras. Mätta målningar kan väljas fritt (behöver inte vara sammanhängande) beroende på målningens kvalitet.

Då målad väglinje i vägmitt utgörs av heldragen linje bör linjens mitt mätas in på en sträcka av minst 10 meter med ett punktavstånd på 2 meter. Denna mätning bör kompletteras med målade kantlinjer. Inmätning av minst 5 stycken målningar, på valfri sida av vägen, bör ske.

Vid låg punkttäthet kan höjdstöd mätas som ytor. Ytorna mäts på jämna, plana, horisontella och hårdgjorda ytor av typen asfalt, grus, betong. Ytans utformning är valfri, dock bör ytan ha en bredd av 3

meter. Om det är svårt att mäta en yta, på grund av mycket trafik, kan en längdprofil med punktavstånd på cirka 1 meter mätas. Profilens längd ska då vara  $\geq 15$  meter.

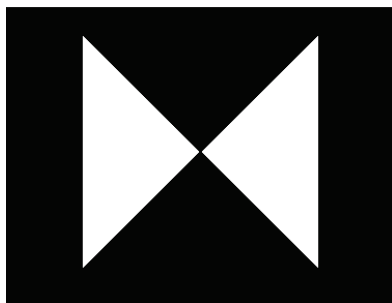
### Naturligt planstöd

På breda linjer som övergångsställen kan hörnpunkter användas. Vid låg punkttäthet utformas planstöd som höjdprofiler i terräng med markanta höjdskillnader. Eftersom inpassning i plan är tvådimensionell behövs minst två stöd om inte en signal går att identifiera. Ett exempel på naturligt stöd vid låg punkttäthet är två korsande terrängprofiler, exempelvis vägsektioner och branta sluttningar. Ett alternativ är att mäta in taknockar eller sektioner över sadeltak.

### Signalerat plan- och höjdstöd

Ett signalerat stöd ska vara enkelt att identifiera och mäta i laserdata. Storleken på signalen anpassas efter punkttätheten. En liten signal kan bli svår att lokalisera och en för stor signal kan medföra att dess centrum blir svårt att fastställa.

Det kan krävas åtgärder för att öka kontrasten mellan signalen och den omgivande ytan, såsom målning av kontrastram, täckning av markytan runt skivsignalen eller användning av skivsignal med färdig kontrastram (figur 3.1.2.b). Oavsett val av form ska signalens centrum vara lätt att bestämma.



**Figur 3.1.2b.** Exempel på signalform för HMK-standardnivå 3: diamant (Källa: Lantmäteriet).

### 3.1.3 Leverans

#### Krav

Leverans av stråkplan ska:

- a) vara kvalitetskontrollerad och komplett
- b) göras i form av en fil med de planerade stråken med de planerade stråkens namn och position. Koordinat- och höjdvärden redovisas i meter med tre decimaler
- c) levereras i det filformat och med den namngivning som anvisats av beställaren

Leverans av planerade stöd ska:

- d) vara kvalitetskontrollerad och komplett
- e) innehålla de planerade stödens namn och position. Koordinat- och höjdvärden redovisas i meter med tre decimaler
- f) levereras i det filformat och med den namngivning som anvisats av beställaren

Leverans av produktionsdokumentation ska:

- g) vara kvalitetskontrollerad och komplett
- h) bestå av rapport enligt punkt a) i bilaga A.1.1 "Stråk- och stödplanering" om beställaren inte särskilt anger annat

Filformat och namngivning specificeras av beställaren enligt avsnitt 2.4.2.

### 3.2 Signalering och inmätning av markstöd

#### Krav

Signalering och inmätning av markstöd ska:

- a) ske i anslutning till flygning för att säkerställa aktualitet
- b) ske med en standardosäkerhet, inklusive eventuella utgångspunkters mätosäkerhet, som inte överstiger 1/3 av standardosäkerheten i slutprodukten- enligt tekniska specifikationen
- c) ske med lämplig geodetisk mätmetod enligt [HMK-ReGe 2014](#) avsnitt 3.2. Kontroll kan göras med hjälp av [HMK-Geodatakvalitet 2015](#) Bilaga A.2

Mätosäkerheten hos markstöden har stor inverkan på lägesosäkerheten i slutprodukten. Om brister, orsakade av felaktigt utförd mätning eller dåliga inmättningsförhållanden, uppdagas vid beräkning av markstöd, måste punkten mätas om eller ersättas med ett naturligt stöd där bättre inmättningsförhållanden råder. Det är viktigt att olika felkällor tas med i beräkningen när mätosäkerheten för markstöden bedöms. Till exempel är det viktigt att utreda stomnätets kvalitet när en produkt med detaljprojekteringsnoggrannhet skall framställas.

Med den låga mätosäkerhet som laserskanning ger i dag börjar vi närma oss gränsen för vad Nätverks-RTK mot SWEPOS klarar av i höjd för HMK-standardnivå 1 och 2 om målsättningen är att kontrollmetodens standardosäkerhet är  $\leq 1/3$  av laserskanningens. Standardosäkerheten i bestämningen av ytan minskar med antalet kontrollpunkter – även om det finns en korrelation mellan mätningarna, eftersom punkterna ligger så tätt och eftersom inmätningen sker under en kort tidsperiod. Antingen mäts ett flertal punkter i varje stöd-/kontrollyta, läs mer referens [4], eller så väljs annan metod enligt [HMK-ReGe 2014](#) bilaga B.1. Nätverks-RTK mot SWEPOS är inte lämplig för HMK-standardnivå 3 eller vid särskilda krav på lägesosäkerhet i HMK-standardnivå 2.

### 3.2.1 Leverans

#### Krav

Leverans av markstöd ska:

- a) vara kvalitetskontrollerad och komplett
- b) göras i form av en fil som innehåller markstödens namn och position. Koordinat- och höjdvärden redovisas i meter med tre decimaler
- c) levereras i det filformat och med den namngivning som använts av beställaren

Leverans av produktionsdokumentation ska:

- d) vara kvalitetskontrollerad och komplett
- e) bestå av rapport enligt punkt a) och lista enligt punkt b) i bilaga b) i bilaga A.1.2 "Signalering och mätning av markstöd" om beställaren inte anger annat

Filformat och namngivning specificeras av beställaren enligt avsnitt 2.4.3.

## 3.3 Insamling av laser- och GNSS/INS-data samt beräkning av punktmoln

### 3.3.1 Laserskanning

#### Krav

- a) Kalibreringscertifikat för laserskannern ska på begäran kunna uppvisas för beställaren
- b) En laserskanner ska kunna registrera flera returer från en utsänd laserpuls, inklusive respektive returs intensitet (amplitud)

Skanningsparametrar ska väljas så att:

- c) likartat punktavstånd erhålls längs och tvärs insamlingsriktningen
- d) enstaka maxvärden inte överstiger det dubbla punktavståndet
- e) vald punkttäthet erhålls i minst 95 % av den skannade ytan, mätt i antal kvadratiska rutor, undantaget vattenområden (tabell 3.3.2)

#### Laserskanner

En laserskanner är vid leverans internt kalibrerad av leverantören. Kalibreringen ska verifieras med jämna mellanrum, exempelvis vid årlig service, och resultatet i form av ett kalibreringscertifikat ska vid begäran kunna uppvisas.

#### Skanningsparametrar

Vid val av skanningsparametrar vill man uppnå önskad kvalitet med viss marginal och samtidigt minimera tiden för datainsamlingen. Punktdistributionen påverkas bland annat av pulsfrekvensen, skanningsfrekvensen och flygplanets hastighet. Normalt bestäms parametrarna med hjälp av en speciell planeringsprogramvara som tillhandahålls av instrumenttillverkaren.

För mer information om skanningsparametrar och inställningar av laserskannern se kapitel 16.4 respektive 16.5.2 i referens [4].

**Tabell 3.3.1.** Upplösning på kvadratiska rutor för att beräkna andel rutor som ska uppfylla beställd punkttäthet. Punkttätheten avser punkter/m<sup>2</sup> i 2D för sista eller enda retur.

Parametrar	Standard-nivå 1	Standard-nivå 2	Standard-nivå 3
Storlek på kvadratiska rutor för olika HMK-standardnivåer.	10 x 10 m	4 x 4 m	2 x 2 m
Andel rutor som skall uppfylla beställd punkttäthet.	95% (undantaget vatten)		

### 3.3.2 Beräkning av orienteringsdata ur GNSS/INS-data

#### Rekommendation

- GNSS/INS-data beräknas enligt [HMK-Ge:Infra 2015](#), avsnitt C.6.3.

Brister i beräkningsresultatet kan medföra komplettering eller omskanning för att uppnå kraven på mätosäkerhet i slutprodukten.

### 3.3.3 Beräkning av punktmoln

#### Krav

- systemberoende korrigeringar, till exempel korrigeringar av laserlängder, skanningsvinklar etcetera liksom beräkning av laserpunkter från beräknade banddata och laserlängder skall utföras enligt systemleverantörens rekommendationer
- stråkutjämning ska utföras, där de återstående felen minimeras
- inpassning på stöd i givna referenssystem ska utföras, där avvikelser minimeras

#### Beräkningsprocessen

Beräkning av georefererat punktmoln sker normalt enligt följande:

- Skannerns position och orientering vid skanningstillfället beräknas i efterhand ur GNSS/INS-data som har samlats in i flygplanet och referensstation(er) på marken
- Systemberoende korrigeringar, till exempel korrigeringar av längder och vinklar utförs för varje flygsession. Laserpunkternas

- läge beräknas sedan med stöd av bland annat banddata, längder och vinklar
- Stråkutjämning utförs för att få ett mer homogent punktmoln med lägre relativ lägesosäkerhet. Vid stråkutjämningsanalysen analyseras laserdata i övertäckningszonen mellan angränsande stråk med avseende på avvikelser i höjd och/eller plan. Ur avvikelserna kan korrekationer, som sedan appliceras på hela eller delar av stråken, beräknas
- Inpassning i givna referenssystem görs med hjälp av stödbjekt/ytor i plan och höjd
- Resultaten utvärderas och eventuella åtgärder sätts in om resultatet inte uppfyller specifikationen

För mer information om beräkningar vid flygburen insamling se kapitel 16.5.3 i referens [5].

### 3.3.4 Leverans

#### Krav

Leverans av laserdata och eventuell metadata ska:

- vara kvalitetskontrollerad och komplett
- göras i det filformat, den punkttäthet, och med den namngivning som anvisats av beställaren

Leverans av GNSS/INS-data ska:

- vara kvalitetskontrollerad och komplett
- göras i form av en fil som innehåller bild-id,  $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $Z_0$ ,  $\omega$ ,  $\varphi$ ,  $\kappa$  och GPS-tid, samt eventuella övriga krav på innehållet som har anvisats av beställaren, för samtliga bilder. Koordinat- och höjdvärden ( $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $Z_0$ ) redovisas i meter med tre decimaler., bildvridningar ( $\omega$ ,  $\varphi$ ,  $\kappa$ ) i grader med fem decimaler och GPS-tid i sekunder med fyra decimaler
- göras i det filformat och med den namngivning som anvisats av beställaren

Leverans av produktionsdokumentation ska:

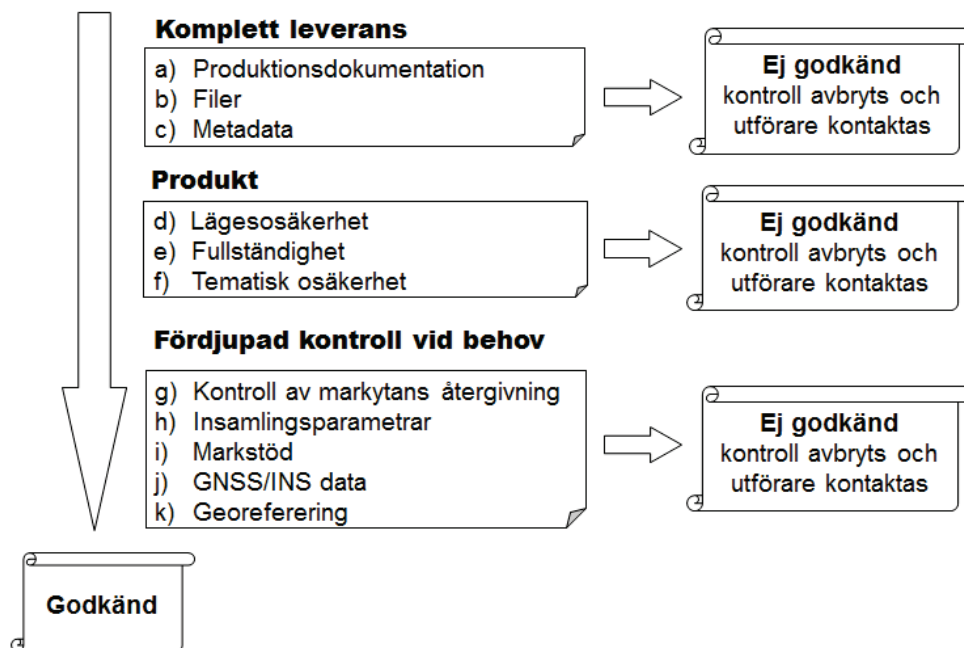
- vara kvalitetskontrollerad och komplett
- bestå av rapport enligt punkt a) i bilaga A.1.3 "Insamling av laser- och GNSS/INS-data" om beställaren inte anger annat

Filformat, namngivning och övrigt innehåll specificeras av beställaren enligt avsnitt 2.4.4

## 4 Beställarens kontroll

Beställaren bör kontrollera erhållen leverans snarast möjligt efter mottagandet. En tidsfrist bör anges i upphandlingens kommersiella villkor ([HMK-Introduktion 2015](#), avsnitt 3.2.1). Kontrollernas omfattning anpassas efter leveransens storlek och kan appliceras som fullständiga kontroller, där varje fil kontrolleras, eller som stickprov.

I figur 4, redovisas ett kontrollflöde i syfte att identifiera felaktigheter i leveransen. Först genomförs kontroll av komplett leverans och slutproduktens kvalitet. Endast om den uppvisar avvikelser sker en fördjupad kontroll. Om en leverans inte är komplett eller något kontrollsteg indikerar signifikanta brister bör kontrollen avbrytas och utföraren kontaktas. I Bilaga A.3 redovisas olika kontroller mer detaljerat. För generell information om datakvalitet och kontroll av geodata, se [HMK-Geodatakvalitet 2015](#).



**Figur 4.** Visualisering av kontrollflödet och de ingående kontrollerna.



## 5 Referenser/Läs mer

- [1] Trafikverket (2012) [NNH i Trafikverket](#) (Trafikverket, Rapport 2012:198).
- [2] SIS (2013) *Byggmätning – Specifikationer vid framställning och kontroll av digitala markmodeller* (Teknisk specifikation SIS-TS 21144:2013).
- [3] Rönnberg, A. (2011) [Höjdmodellens noggrannhet](#) (Lantmäteriet, PM - Ny Nationell Höjdmodell 2011-04-06).
- [4] Persson, C-G m.fl. (2014) [Kontroll av lägesosäkerheten i laserdata](#) (HMK – Teknisk rapport: 2014:1).
- [5] Lantmäteriet, LU, KTH och HiG (2013) [Geodetisk och fotogrammetrisk mättnings- och beräkningsteknik](#). (se kapitel 16.1-5 på sidorna 257-270)
- [6] Svensk geoprocess (2015): [Dataproduktspecifikation för Laserdata/Höjdmodell](#), version 1.0 2015-05-27
- [7] SIS (2012): [Nationell metadataprofil](#), SIS/TK 489 N247, Version 3.1.1, 2012-02-08

Förutom referens [5] finns följande svenskspråkiga läroböcker för introduktionskurser på universitet och högskolor framtagna:

- Harrie, L red. (2013) [Geografisk informationsbehandling – Teori, metoder och tillämpningar](#), sjätte upplagan, Studentlitteratur, (se kapitel 5.7 på sidorna 130-137).
- Nordkvist, K. m.fl. (2013) [Laserskanning och digital fotogrammetri i skogsbruket](#), andra upplagan, Sveriges lantbruksuniversitet, Rapport: 407 2013. (se kapitel 1-7)

HMK-liknande dokument finns på norska Kartverkets hemsida:

- [Produksjon av basis geodata](#) (Versjon 1.0 - mars 2015)
- [Geodatakvalitet](#) (Versjon 1.0 - januar 2015)
- [SOSI del 3 Produktspesifikasjoner](#), dataproduktspecifikationer för kart- och geodata

## Bilaga A.1: Produktionsdokumentation

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande:

- a) uppdraget
- b) uppdragsorganisation, det vill säga utförare och beställare
- c) en förteckning, över levererat material inklusive de filer/produkter som har levererats

### A.1.1 Stråk- och stödplanering

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande:

- a) rapport, i PDF/A-format om inte annat anges, som redovisar:
  - referenssystem i plan och höjd
  - punkttäthet
  - övertäckning mellan stråken
  - antal stråk
  - antal markstöd
  - stödets principiella lägen
  - markstödens planerade storlek, form och eventuell färg
  - skannermodell
  - flyghöjd
  - programvara, inklusive version, för stråkplanering
  - egenkontroll vid planering
  - särskilda överväganden vid planering

Om beställaren begär det:

- b) karta, i PDF/A-format om inte annat anges, där planerade stråk, tvärstråk och stöd med namn liksom kartläggningsområdet tydligt framgår

## A.1.2 Signalering och inmätning av markstöd

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande:

- a) rapport, i PDF/A-format om inte annat anges, som redovisar:
  - referenssystem i plan och höjd
  - geoidmodell
  - eventuella transformationssamband
  - referensstationer
  - antal markstöd
  - markstödens storlek, form, färg och signaltyp  
(signaltyp = till exempel skiva, målad på marken)
  - mätutrustning
  - mätmetod
  - programvara vid beräkning
  - särskilda överväganden vid inmätning och beräkning
  - egenkontroll vid inmätning och beräkning
- b) lista, i ASCII-format om inte annat anges, för samtliga stöd med namn, position och signaltyp samt kvalitetsuppgift, datum för signalering och inmätning

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande om beställaren begär det:

- c) karta, i PDF/A-format om inte annat anges, där inmätta markstöd liksom kartläggningsområdet och planerade stråk tydligt framgår
- d) skiss över signal och signalens läge, alternativt digitalt foto av varje signal och dess omgivning

### A.1.3 Insamling av laser- och GNSS/INS-data samt beräkning av punktmoln

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande:

- a) rapport, i PDF/ A-format om inte annat anges, som redovisar:
  - referenssystem i plan och höjd
  - geoidmodell och- eventuella transformations samband
  - punkttäthet för alla returer samt sista och enda retur
  - övertäckning mellan stråken, antal stråk och flyghöjd
  - skanner med serienummer
  - GNSS/INS-system
  - antenn-offset
  - systemkalibrering
  - kalibreringscertifikat för använd skanner
  - kalibreringsrutiner för skanner och GNSS/INS-system
  - programvara vid GNSS/INS-beräkning
  - programvara för framkallning av punkter
  - programvara vid stråkutjämnning
  - programvara vid inpassning på givna referenssystem
  - referensstation
  - väderförhållanden per flygsession (temperatur, vind)
  - uppgift om GPS-tid typ (veckotid/ absolut GPS-tid)
  - grafer eller liknande som redovisar kvalitetsmått som PDOP, antal satelliter, RMS av positioneringslösningen med mera
  - punkttäthetskarta för sista eller enda retur, grafiskt redovisad i en lämplig färgskala, så att områden där punkttätheten inte motsvarar ställda krav tydligt markeras.
  - beräkningsresultat från stråkutjämnning kompletterad med grafisk redovisning av höjdskillnader mellan markmodeller från övertäckande stråk. Höjdskillnaderna redovisas grafiskt med lämplig färgskala, så att områden där lägesosäkerheten inte motsvarar behoven tydligt markeras.
  - beräkningsresultat från inpassning på givna stöd
  - punkttäthetskarta för markklassade punkter - om markklassning beställts
  - egenkontroller vid insamling och efterbearbetning
  - särskilda överväganden vid insamling och efterbearbetning

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande om beställaren begär det:

- b) karta, i PDF/ A-format om inte annat anges, där stråk med namn liksom kartläggningssområdet tydligt framgår

## Bilaga A.2: Exempel på metadata

### A.2.1 Exempel Svensk geoprocess

Avsnitten nedan avser Svensk geoprocess dataproduktspecifikation för laserdata/höjdmodell - referens [6].

- Metadata enligt nationella metadataprofilen:  
Metadata anges på datamängdsnivå enligt den nationella metadataprofilen, aktuell version - referens [7]
- Höjdmetadata på övergripande nivå:  
Innehåll i höjdmetadata framgår av informationsmodellen och objekttypskatalogen avseende översiktlig informationsmodell i avsnitt 5.3.1 och 5.3.2 i referens [6]
- Höjdmetadata - laserdata:  
Innehåll i höjdmetadata framgår av informationsmodellen och objekttypskatalogen avseende laserdata i avsnitt 5.3.3 i referens [6]

## A.2.2 Exempel Lantmäteriet

**Tabell A.2.2a.** Exempel på parametrar i metadatafiler för laserskanning av ett insamlingsområde i Nationell Höjdmodell, (Källa Lantmäteriet).

Fält	Exempel	Förklaring
Områdesnamn	09P001	Identitet på skanningsområde.
Ursprung	1	1 = Lantmäteriets laserskanning 2009-2013
Höjdnoggrannhet (Standardosäkerhet i höjd)	0,05 m	Utfall från kontroll mot kända punkter. Punkterna ligger på öppna plana hårdgjorda ytor
Kontrolltytor i höjd	9	Antal kontrolltytor i höjd.
Kontrolltytor i plan	7	Antal kontrolltytor i plan.
Kvalitetsanmärkning	Stor mängd felaktigt markklassificerad låg vegetation.	Anger att man under bearbetningen upptäckt avvikelser eller problem som användaren bör vara uppmärksam på.
Klassificeringsprogramvara	Terra Scan 009.006	Programvara och version som använts för att klassificera alla rutor inom skanningsområdet till klassificeringsnivå 1. Annan programvara eller version kan förekomma för enstaka rutor med en högre klassificeringsnivå.
Ursprungligt klassificeringsdatum	2009-11-20	

**Tabell A.2.b.** Exempel på parametrar i metadatafiler för laserskanning på filnivå i Nationell Höjdmodell, (Källa Lantmäteriet).

Fält	Exempel	Förklaring
Ruta	67475_5875_25	Koordinatangivelse för en kvadrats nedre vänstra hörn samt längden på kvadratens sida. (Sort=meter/100)
Skanningsdatum	2009-05-29, 2009-05-30	Datum när rutan skannades. En ruta innehåller normalt punkter från mer än ett stråk. Stråken kan ibland ha olika datum.
Klassificeringsprogramvara	Terra Scan 009.006	Programvara och version som senast använts för att klassificera laserpunkterna. Kan avse automatisk eller manuell klassificering.
Klassificeringsnivå	1	Omfattning av klassificering. Automatisk, manuell, fineditering.
Senaste klassificeringsdatum	2009-12-01	Datum när senaste klassificering är genomförd.
Klassnummer	1	Klasser som kan ingå. 1= Automatiserad klassificering av mark, vatten och övrigt. 2= Klassificering av broar och säkrad markklassificering av dammar. 3=Reserverad för ytterligare klassificering
Antal punkter	5143301	Antal punkter i varje klass.
Totalt antal punkter	12 023 602	Antal laserpunkter totalt.
Lägsta höjd	61,96	Lägsta höjdvärde i punktmolnet.
Medelhöjd	96,1	Medelhöjd i punktmolnet.
Högsta höjd	162,33	Högsta höjdvärde i punktmolnet.
Antal enda retur	7 874 089	Antal laserpulser som bara gett en enda retur.
Antal första retur	1 978 341	Antal retur som varit den första av flera.
Antal mellanretur	195 842	Kan vara både andra och tredje retur, men inte första eller sista.
Antal sista retur	1 975 330	Antal retur som varit den sista av flera.
Lägsta intensitet	0	Lägsta registrerade intensitet.
Medelintensitet	75	Genomsnittlig intensitet.
Högsta intensitet	255	Högsta registrerade intensitet.

**Tabell A.2.2c.** Exempel på parametrar i metadatafiler för laserskanning på stråknivå i Nationell Höjdmodell, (Källa Lantmäteriet).

Fält	Exempel	Förklaring
Produktionsområde	12I	Produktionsområde (11F, 09H ...)
Skanningsområde	12I158	Identitet på skanningsområde (001, 002...)
Stråknummer	12I158024	Stråknummer (001, 002...)
Datum	130722	Datum för skanning (ååmmdd)
Starttid	231608	Starttid (UTC) för stråket (ttmmss)
Startkoordinater	7368777.566,516042.522	Startkoordinater för stråket
Slutkoordinater	7368783.388,563718.096	Slutkoordinater för stråket
Stråkhöjd	4205	Stråkhöjd över havet (m)
Markhöjd	705	Markhöjd över havet i stråket (m)
Flyghastighet	147	Flyghastighet (knop)
Öppningsvinkel	36	Öppningsvinkel för hela "skanningsbredden" (grader)
Pulsfrekvens	71800	Pulsfrekvens (Hz)
Skanningsfrekvens	28,6	Skanningsfrekvens (Hz)
Övertäckning	20	Övertäckning mellan stråk (%)
Punkttäthet	0,3	Punkttäthet (punkter/kvadratmeter)
Moln	SKC	Väderförutsättningar/molnmängd (enligt anvisad skala) SKC=0/8
Trajectoryfil	165857_166459.trj	Namn på trajectoryfil (beräknade banddata för laserskannern)
Flygsession	13203NB14A	ID för Flygsession uppbyggt av GPS-day, Skanning unit, session i Bilaga 2E.4.4 (åådddXXXXa)



## Bilaga A.3: Kontroll av laserdata

### A.3.1 Komplet leverans

#### a) Produktionsdokumentation

Produktdokumentationen granskas för att verifiera:

- att dokumentationens omfattning och utformning överensstämmer med gällande krav och teknisk specifikation
- att uppnått resultat överensstämmer med gällande teknisk kravspecifikation
- eventuella avvikelser

#### b) Filer

Filer/material granskas för att verifiera att:

- alla filer i filförteckningen är levererade
- alla filer har korrekt filformat och filstorlek
- alla filer har korrekt namnsättning
- alla filtyper är öppningsbara

#### c) Metadata

Kontrollera att eventuella metadatafiler:

- är kompletta och korrekt ifyllda

### A.3.2 Produkt

#### d) Lägesosäkerhet

*d.1) Kontroll med hjälp av kontrolltytor/objekt på öppna ytor*

Objekten kan vara signalerade eller naturliga. För att undvika inverkan av klassning och punkttäthet placeras de på väldefinierade ytor i öppen terräng. Kontrollen kommer därför att ge en realistisk bild av lägesosäkerheten på öppna väldefinierade ytor men en optimistisk bild av lägesosäkerheten på områden med vegetation, stora lutningar mm.

Kontrollen sker genom jämförelse mellan laserpunktmolnet, efter beräkning enligt avsnitt 3.3.3, och ytor/objekt med kända positioner. För denna kontroll används:

- *Stödytor/stödobjekt* som har lägesbestämts för att passa in laserdata mot överordnat referenssystem. Utförs av leverantören och resultatet redovisas i produktionsdokumentationen, se Bilaga A.1.3.
- Oberoende *kontrolltytor/kontrollobjekt*, som mäts in separat och fördelas jämnt över projektområdet. Beställaren avgör vem som utför

kontrollen – i egen regi eller som ett tilläggsuppdrag till leverantören.

I praktiken kan även andra konfigurationer komma ifråga. Exempelvis kan brunnslock och streckmålningar i vägbanan mätas in i såväl höjd som plan (alla fyra hörnen på ett målat streck). Orsaken kan vara att sådana inmätningar behövs i andra sammanhang, för andra ändamål eller för att åstadkomma kombinerade produkter, där laserdata bara är en av flera datakällor. Det bör dock gå att tillämpa beskrivet förfarande även i dessa sammanhang.

RMS används som kvalitetsmått vid kontroll av laserdata i höjded. Off-set, radiellt, används som kvalitetsmått vid kontroll av laserdata i plan.

Tumregler för toleranser för enskilda ytor/objekt redovisas i Tabell A.3.2 Där finns även tumregler för *genomsnittliga RMS i plan och höjd*. Värdena utgår från att jämförelseytorna/-objekten är utformade på det sätt som beskrivs i avsnitt 3.1.2.

Totalt för hela projektet beräknas även *medelskiftet i höjd, Northing och Easting* samt *totalt, radiellt off-set i plan*. För dessa storheter ger HMK – för tillfället – inga toleranser, men de ska redovisas för att ge möjlighet till en kvalitativ granskning av helheten. Dessutom är det naturligtvis möjligt för varje beställare att ställa egna krav på dessa storheter.

Läs mer om tumreglerna, toleranser med mera i referens [4].

- RMS-värden beräknas enligt:

$$RMS_{höjd} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta H_i^2}{n}} \quad RMS_{plan} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta N_i^2 + \sum_{i=1}^n \Delta E_i^2}{n}}$$

där  $\Delta$  avser avvikelserna mellan lasermätningen och inmätningen av jämförelseobjektet och  $n$  är antalet punkter.

- Medelskift, i höjd ( $\Delta \bar{H}$ ) och plan ( $\Delta \bar{N}$ ,  $\Delta \bar{E}$ ), beräknas som:

$$\Delta \bar{H} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta H_i \quad \Delta \bar{N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta N_i \quad \Delta \bar{E} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta E_i$$

- Radiellt off-set i plan beräknas som:

$$\Delta \bar{R} = \sqrt{\Delta \bar{N}^2 + \Delta \bar{E}^2} \quad (\text{totalt})$$

$$\Delta R_i = \sqrt{\Delta N_i^2 + \Delta E_i^2} \quad (\text{enskilt objekt})$$

**Tabell A.3.2.** Formler för gränsvärden/toleranser för genomsnittliga och enskilda RMS i förhållande till projektets specificerade standardosäkerhet. Inom parentes framgår faktiska värden på standardosäkerhet från tabell 2.3.1 samt beräknade värden för gränsvärden/toleranser.

	Höjd (mm)			Plan (mm)		
	Standard-nivå 1	Standard-nivå 2	Standard-nivå 3	Standard-nivå 1	Standard-nivå 2	Standard-nivå 3
<b>Slutproduktens standardosäkerhet</b>	Sh1 (100)	Sh2 (50)	Sh3 (20)	Sp1=3*S h1 (300)	Sp2=3*S h2 (150)	Sp3=2,5*S h3 (50)
<b>Gränsvärde, genomsnittliga RMS i kontroll-/stödpunkter för hela projektet (tumregel)</b>	1,6*S h1 (160)	1,6*S h2 (80)	1,6*S h3 (30)	1,6*Sp1 (480)	1,6*Sp2 (240)	1,6*Sp3 (80)
<b>Tolerans, enskilda RMS i kontroll-/stödpunkter (tumregel)</b>	2*Sh1 (200)	2*Sh2 (100)	2*Sh3 (40)	2*Sp1 (600)	2*Sp2 (300)	2*Sp3 (100)

**Exempel:**

Följande exempel kommer från NNH-projektet, läs mer i referens [4]. Jämförelsen avser dels separata/oberoende kontrollpunkter, dels kontroll mot stödpunkterna – **efter** stråkutjämning och inpassning mot stöd. Exemplet avser att illustrera hur de olika lägesosäkerhetsparametrarna tas fram.

*Jämförelse mellan laserdata och kontrolltytor i höjd.*

Yta	Medelavvikelse (skift) [m]	StdAvv. (brus) [m]	RMS [m]
09P01_501H	+0.046	0.017	0.049
09P01_502H	+0.022	0.040	0.045
09P01_503H	+0.034	0.024	0.041
09P01_504H	-0.076	0.029	0.081
09P01_505H	+0.031	0.023	0.038
09P01_506H	-0.013	0.043	0.045
09P01_507H	+0.031	0.029	0.042
09P01_508H	-0.055	0.030	0.062
09P01_509H	+0.031	0.033	0.045
<b>Totalt</b>	+0.006 (medel) 0.042 (RMS)	0.031	0.051 (genomsnitt)

*Jämförelse mellan laserdata och stödytor i höjd.*

Yta	Medelavvikelse (skift) [m]	StdAvv. (brus) [m]	RMS [m]
09P01_001H	+0.008	0.042	0.042
09P01_002H	-0.003	0.043	0.043
09P01_003H	+0.021	0.033	0.039
09P01_004H	-0.037	0.051	0.062
09P01_005H	-0.022	0.025	0.033
09P01_006H	+0.022	0.022	0.030
<b>Totalt</b>	-0.002 (medel) 0.022 (RMS)	0.037	0.043 (genomsnitt)

*Jämförelse mellan laserdata och kontrollobjekt i plan.*

Objekt	dNorthing (skift) [m]	dEasting (skift) [m]	dPlan (radiellt off-set) [m]
09p01_501P	-0.102	-0.042	0.110
09p01_504P	+0.030	-0.050	0.058
09p01_505P	+0.156	-0.060	0.167
09p01_506P	+0.120	-0.050	0.130
09p02_507P	+0.175	+0.026	0.177
09p02_508P	+0.126	-0.069	0.144
09p02_509P	-0.004	+0.021	0.021
<b>Totalt</b>	+0.072 (medelskift) 0.117 (RMS)	-0.032 (medelskift) 0.048 (RMS)	0.127 (RMS, radiellt medel-offset)

*Jämförelse mellan laserdata och stödobjekt i plan.*

Objekt	dNorthing (skift) [m]	dEasting (skift) [m]	dPlan (radiellt off-set) [m]
09p01_001p	-0.054	-0.084	0.100
09p01_002p	-0.128	+0.129	0.182
09p01_003p	-0.050	-0.002	0.050
09p01_005p	+0.214	-0.057	0.221
09p01_006p	-0.321	+0.054	0.326
<b>Totalt</b>	-0.068 (medelskift) 0.185 (RMS)	+0.008 (medelskift) 0.077 (RMS)	0.200 (RMS, radiellt medel-offset)

### Slutsats

Punkttätheten var specificerad till  $\geq 0.5$  punkter per kvm, vilket motsvarar ett punktavstånd på ca 1,5 meter i genomsnitt. Om vi därför hänför projektet till HMK-standardnivå 1 så skulle toleranserna – enligt tabell A.3.2– bli:

- RMS i höjd: max 200 mm på varje yta.
- Off-set i plan: max 600 mm för varje objekt.

En jämförelse med de gulmarkerade värdena i tabellerna visar att aktuella ytor/objekt klarar kraven i samtliga fall.

En sammanställning av samtliga ytor/objekt ger (enhet meter)ger

<b>Höjd</b> , totalt för alla ytor (15 st.)	+0.003 (medelskift H) 0.035 (RMS)	0.034 (StdAvv H)	0.048 (genomsnittligt RMS-höjd)
<b>Plan</b> , totalt för alla objekt (12 st.)	+0.014 (medelskift N) 0.149 (RMS)	-0.015 (medelskift E) 0.062 (RMS)	0.021 (radiellt off-set) 0.161 (genomsnittligt RMS-plan)

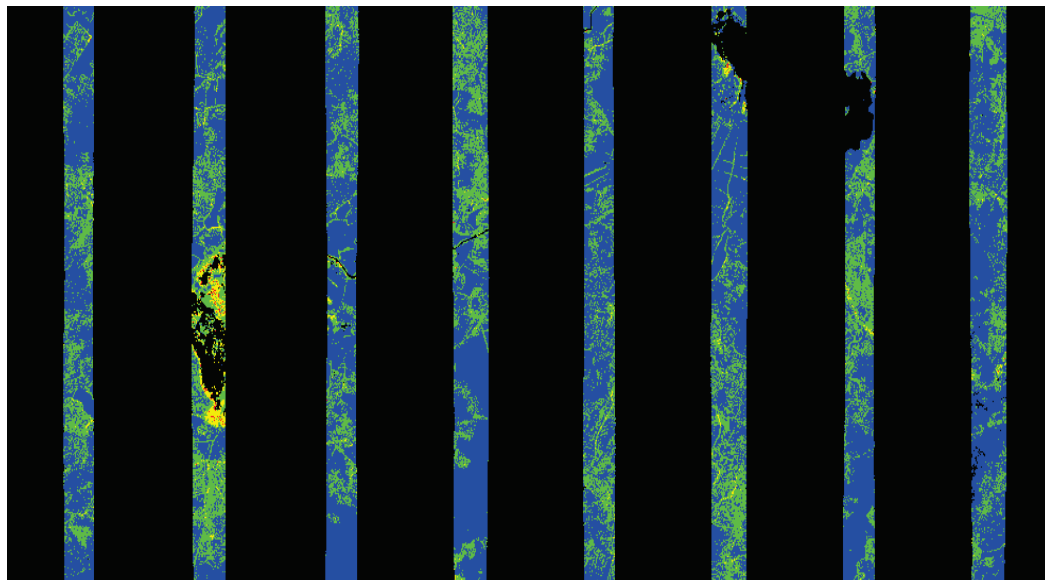
Ur detta kan vi utläsa att projektet totalt sett ligger väl centrerat, utan nämnvärda skift i vare sig höjd (0.003) eller plan (0.021), samt att genomsnittliga RMS ligger väl under tumregelns värden både i höjd (0.048 vs. 0.160) och plan (0.161 vs. 0.480). Även om det inte finns regelrätta toleranser för dessa storheter så ger de som synes tilläggsinformation, som kan vara av betydelse för helhetsbedömningen.



Bilden illustrerar principiell placering av stöd, kontroller och tvärstråk i ett skanningsområde på 25\*50 km<sup>2</sup> i NNH. (Källa: Nationella höjdmodellen, Lantmäteriet)

#### *d.2) Avvikelse i höjd i stråkövertäckning*

Analys av avvikelse mellan flygstråk ger främst information om relativ osäkerhet i höjd, men i kuperad terräng inverkar även planläget på resultatet. Observera att olika terrängtyper kommer att ingå i analysen vilket kan medföra en högre beräknad osäkerhet än mot kontrollobjekt.



**Figur A.3.2a.** Bilden illustrerar avvikelser i höjd i övertäckningen mellan stråk. Gula och röda områden uppfyller inte kraven, men i detta fall orsakas de högre avvikelserna troligen av vattenytor. (Källa: Nationella höjdmodellen, Lantmäteriet)

I bebyggda områden kan man även kontrollera avvikelser mellan hus-tak eller andra distinkta objekt i stråkövertäckningszonerna. En fördel är att markklassningens osäkerhet inte inverkar som vid analys av höjdskillnad mellan markmodeller, samt att samma objekt kan användas för uppskattning av relativ osäkerhet i både höjd och plan. En begränsning är att lämpliga objekt bör finnas spridda inom hela området. För kontroll av motsättningar i plan kan även detaljer synliga i intensitetsdata användas.

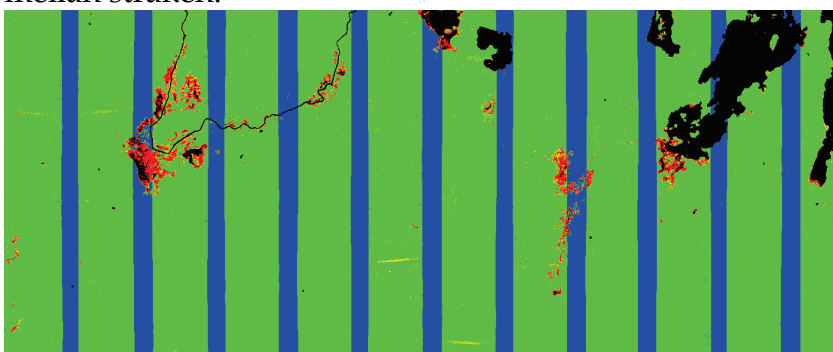
#### *d.3) Avvikelse i höjd mellan mörka och ljusa ytor*

För att verifiera god korrektion av mätta avstånd baserat på intensitet ska höjdskillnader mellan angränsande mörka och ljusa ytor kontrolleras i laserdata med hög punkttäthet. Större vägmarkeringar på mörk asfalt kan vara lämpliga objekt. En bristfällig korrektion leder normalt till att vägmarkeringar avviker i höjd från den omkringliggande asfalten.

## e) Fullständighet

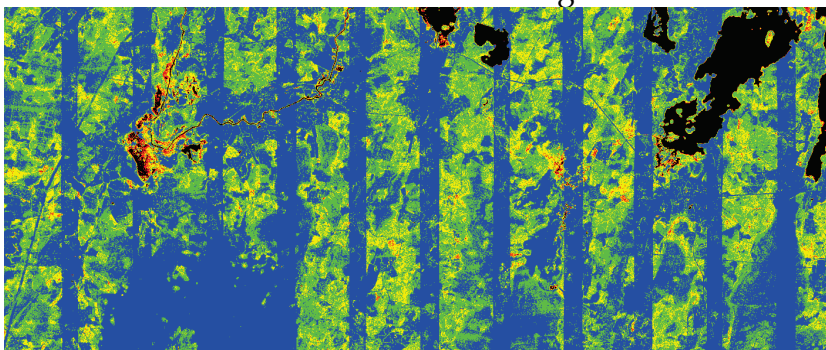
### e.1) Punkttäthet och distribution

Punkttätheten kan bli lägre på ytor med låg reflektans i laserns våglängd. Vattenytor eller våta objekt, och mörka ytor som nylagd asfalt, är exempel på ytor med låg reflektans. Mindre avvikelser från den planerade punkttätheten, exempelvis orsakade av mörka ytor eller vatten, kan accepteras så länge inga glipor uppstår mellan stråken. Skanningsmönster och eventuell repetitiv datainsamling beaktas. Övertäckning mellan stråk och eventuell övertäckning mot angränsande områden måste kontrolleras. Mindre avvikelser från den planerade övertäckningen, exempelvis orsakade av stark sidvind eller höjdväxningar i terrängen, kan accepteras så länge inga glipor uppstår mellan stråken.



**Figur A.3.2b.** Punkttäthet för enda eller sista retur redovisad i rasterform med relativ färgskala. Blå färg indikerar en täthet som är dubbelt så hög som den efterfrågade och förekommer främst i övertäckningszoner mellan stråk. Grön färg indikerar en täthet ner till den efterfrågade. Gul och röd färg indikerar att tätheten inte uppfyller ställda krav och förekommer i detta fall i anslutning till vattenytor, som visas i svart färg. (Källa: Nationella höjdmodellen, Lantmäteriet)

Det är naturligt med låg punkttäthet på markytan i översvämmade områden och i tät skog. Låg täthet i brant terräng kan dock tyda på brister i den automatiska markklassningen.



**Figur A.3.2c.** Punkttäthet på markytan redovisad i rasterform med relativ färgskala. Blå färg indikerar en täthet som är högre än den efterfrågade och förekommer främst i övertäckningszoner mellan stråk och på öppna ytor. Grön färg indikerar en täthet ner till halva den efterfrågade. Gul och röd färg indikerar att tätheten är mycket låg och förekommer i detta fall på översvämmad mark och i tät skog. (Källa: Nationella höjdmodellen, Lantmäteriet)



### *e.2) Täckning, returerna och intensitetsvärden*

Kontrollera att laserdata:

- täcker hela kartläggningsområdet
- inga glipor eller hål finns i data som inte är accepterade (vatten och mörka ej reflekterande ytor)
- har multipla returerna i område med vegetation

Intensitet och returinformationen utgör en viktig del av den insamlade datamängden, både som indikatorer på instrumentets funktion och som hjälp vid klassning och kartering. Informationen kan kontrolleras visuellt genom en intensitetsbild respektive en punkttäthetskarta för alla returerna eller genom statistiska metoder

### **f) Tematisk osäkerhet**

Genomför visuell kontroll

- Granska punktmolnet som en skuggmodell (shaded surface), färgsatt höjdintervallsbild och/eller kurvbild för att hitta spikar och andra felaktigheter.
- Beträktning i isometric/front vy ger mer information och kan till exempel visa hur kvarvarande yta ser ut när bro har klassats - var börjar och slutar bron?
- Vegetation i diken kan upptäckas i front vy.
- Skuggmodell kan visa ofullständigt klassade branter och vallar.
- Skuggmodell kan visa ojämnheter på vägyta.
- Skuggmodeller kan också visa felaktig markklassning på altan, husvägg, bilar på parkering, vegetation på myr och åkrar.
- Ortofoto kan hjälpa till att avgöra vattenytors avgränsning mot land (till exempel identifiera vass).

## **A.3.3 Fördjupad kontroll vid behov**

Ytterligare kontroll bör göras om tidigare kontrollsteg har påvisat oklarheter eller eventuella brister. Sådana kontroller ställer dock krav på beställarens kompetens och tillgång till lämpliga programvaror.

### **g) Kontroll av markytans återgivning**

#### *g.1) Jämförelse mot kontrollprofiler enligt SIS TS 21144:2013*

För att få en bättre helhetsbild på lägesosäkerhet på olika typer av markytor i en markmodell kan kontroll utföras med stöd av olika metoder beskrivna i kapitel 10 i referens[5]. Metoderna bygger på att laserpunktmolnet markklassificerats och att markmodell tagits fram.

### *g.2) Jämförelse mot annan höjdmodell*

En mer yttäckande kontroll av den lägesosäkerheten i laserdata kan fås genom jämförelse mot befintliga laserdata eller markmodell med känd osäkerhet. Efter markklassning kan markmodellerna subtraheras, och resultatet i form av en differensmodell kan analyseras både statistiskt och visuellt. Hänsyn måste då givetvis tas till de naturliga förändringarna av landskapet och vegetationen som har skett mellan de båda insamlingstillfällena. Eventuella systematiska fel, exempelvis dålig stråkutjämning eller dålig GNSS/INS-lösning i enskilda stråk, kan ses i den visuella bilden.

### **h) Insamlingsparametrar**

Följande tilläggskontroller kan genomföras:

- punkttätheten, genom att till exempel mäta tätheten på centrala platser i insamlingsområdet
- övertäckning inom och mellan stråk
- punktdistributionen, verifiera att avståndet inte överstiger de angivna värdena i längs- och tvärled

### **i) Markstöd**

Beräkningsresultaten granskas för att verifiera att:

- erhållen standardosäkerhet i geodetisk mätning av stöd- och kontrollpunkter överensstämmer med specificerade krav
- nyttjad geodetisk mätmetod ger önskad lägesosäkerhet, se [HMK-ReGe 2014](#) avsnitt 3.2

### **j) GNSS/INS-data**

Beräkningsresultaten granskas för att verifiera att:

- beräknade positionerings- och orienteringsdata inte uppvisar signifikanta brister eller avvikelser

### **k) Georeferering**

Beräkningsresultatet granskas för att verifiera:

- stråkutjämning
- att antal och placering av markstöd är acceptabelt
- geodetiska utgångspunkter

# Bilaga B.1: Mall och exempel för upprättande av teknisk specifikation

## B.1.1 Mall för teknisk specifikation

### 0 Teknisk specifikation

Genomförande ska göras enligt denna tekniska specifikation. Förklaring av krav och definitioner av termer framgår av [HMK-Laserdata 2015](#) och [HMK-Ordlista](#) senaste version.

#### 1 Allmän beskrivning (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.1)

Ingående tjänster:.....

Aktuella produkter:.....

Produkternas användning:.....

#### 2 Specifikation av utgångsmaterial (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.2)

Kartläggningsområde inklusive format:.....

Övrigt material inklusive format:.....

#### 3 Specifikation av produkten (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.3)

Krav på HMK-standardnivå:.....

Krav på punkttäthet:.....

Krav på standardosäkerhet i plan/höjd:.....

Krav på insamlingsperiod:.....

Krav på tilläggspecifikation av produkten: *(exempelvis krav på antal stödpunkter, kontrollpunkter, stråkriktning, övertäckning och tvärstråk, repetitiv insamling, samtidig bildinsamling, färgsättning, klassning, nyckelpunkter, vågform):*.....

#### 4 Specifikation av leverans (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.4)

##### 4.1 Referenssystem (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.4.1)

Krav på referenssystem i plan:.....

Krav på referenssystem i höjd:.....

##### 4.2 Stråk- och stödplan (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.4.2)

Krav på innehåll:.....

Krav på format:.....

Krav på namngivning:.....

##### 4.3 Markstöd (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.4.3)

Krav på innehåll:.....

Krav på format:.....

Krav på namngivning:.....

#### **4.4 Laserdata samt orienteringsdata ur GNSS/INS (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.4.4)**

##### **Laserdata**

Krav på format:.....

Krav på namngivning:.....

Krav på innehåll i metadata:.....

Krav på format för metadata:.....

Övriga krav: *( exempelvis klassindelning, komprimering, geografisk uppdelning och indexsystem)*.....

##### **GNSS/INS-data**

Krav på format:.....

Krav på namngivning:.....

#### **4.5 Tilläggspecifikationer av leverans (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.4.5)**

Krav på tilläggspecifikation av produkten: *( exempelvis krav på produktionsdokumentation, prov- och delleranser, leveransmedia, katalogstruktur, rådatahantering)*: .....

### **5 Specifikation av genomförande (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 3)**

Här anges hänvisningar till vilka krav i avsnitt 3 som ska gälla.

Se [HMK-Introduktion 2015](#) avsnitt 2.1 för principer för hänvisning till krav samt exempel på hur hänvisningar och avsteg/tillägg kan formuleras.

Nedan följer en komplett lista på alla krav och rekommendationer i avsnitt 3. Ej aktuella krav tas bort av beställaren.

Krav 3a-b HMK-Laserdata 2015 gäller

Rekommendation 3c HMK- Laserdata 2015 gäller

Krav 3.1.1a-c HMK-Laserdata 2015 gäller

Rekommendation 3.1.1d-g HMK- Laserdata 2015 gäller

Krav 3.1.1h-i HMK-Laserdata 2015 gäller

Krav 3.1.2a-d HMK-Laserdata 2015 gäller

Rekommendation 3.1.2e-h HMK- Laserdata 2015 gäller

Krav 3.1.3a-h HMK-Laserdata 2015 gäller

Krav 3.2a-c HMK-Laserdata 2015 gäller

Krav 3.2.1a-e HMK-Laserdata 2015 gäller

Krav 3.3.1a-e HMK-Laserdata 2015 gäller

Rekommendation 3.3.2a HMK- Laserdata 2015 gäller

Krav 3.3.3a-c HMK-Laserdata 2015 gäller

Krav 3.3.4a-g i HMK-Laserdata 2015 gäller

## B.1.2 Exempel på ifylld mall för en kommun

### 0 Teknisk specifikation

Genomförande ska göras enligt denna tekniska specifikation. Förklaring av krav och definitioner av termer framgår av [HMK-Laserdata 2015](#) och [HMK-Ordlista](#) senaste version.

#### 1 Allmän beskrivning (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.1)

**Ingående tjänster:** Kravspecifikationen omfattar planering och genomförande av laser-skanning. Beställaren gör inmätning och beräkning av stöd.

**Produkternas användning:** Laserskanningen skall användas som underlag för framställning av markmodell samt byggnadsmodeller. Markmodellen skall användas som underlag för kommunens höjdmodell.

#### 2 Specifikation av utgångsmaterial (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.2)

**Kartläggningsområde inklusive format:** I detta underlag ingår områdesbegränsning i form av bild (jpg) med kartbakgrund samt även områdesbegränsning i form av Mapinfo-fil (tab).

**Övrigt material inklusive format:** Om så önskas kan brytlinjer tillhandahållas i form av dwg-filer ur primärkartan för att förfina höjdmodellen och filtreringen. T.ex. finns stereokarterade vägkanter, broar och takdetaljer att tillgå.

#### 3 Specifikation av produkten (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.3)

Krav på HMK-standardnivå vid genomförandet enligt HMK-Laserdata, avsnitt 3: Standardnivå 2

Krav på punkttäthet: 10 pkt/ m<sup>2</sup>

Krav på standardosäkerhet i plan respektive höjd: 0,15/0,05 m

Krav på insamlingsperiod: Vårsäsongen när det är snö- och lövritt

Övriga krav:

Krav på klassning av mark, vatten, broar och oklassificerat.

#### 4 Specifikation av leverans (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.4)

##### 4.1 Referenssystem (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.4.1)

Krav på referenssystem i plan: Allt material ska levereras i plansystem SWEREF 99, projektionszon 1200

Krav på referenssystem i höjd: RH 2000.

Övriga krav: Geoidmodell SWEN 08 ska användas för beräkning av höjder.

#### **4.2 Stråk- och stödplan (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.4.2)**

Krav på innehåll: Enligt HMK-Laserdata, avsnitt 3.1.3

Krav på format: ESRI-shape eller KML

Krav på namngivning: Överenskoms efter avtalstecknande

Övriga krav: Leverantören upprättar stråk- och stödplan i samråd med Beställaren. Antal, läge och utformning för stöden redovisas i signaleringsplan. Signaleringsplan levereras till Beställaren senast tre veckor före planerad flygning.

#### **4.3 Markstöd (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.4.3)**

Krav på innehåll: Enligt HMK-Laserdata, avsnitt 3.2.1

Krav på format: ASCII-fil

Krav på namngivning: Överenskoms efter avtalstecknande

Övriga krav: Beställaren mäter in stöd i höjd och plan för georeferering enligt överenskommen signaleringsplan.

#### **4.4 Laserdata samt orienteringsdata ur GNSS/INS (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.4.4)**

Krav på innehåll: Enligt HMK-Laserdata, avsnitt 3.3.4

##### **Laserdata**

Krav på format: LAS, version 1.2

Krav på namngivning: Överenskoms vid avtalstecknande

Krav på innehåll i metadata: Punkttäthetskartor för sista och enda retur samt markklassade punkter levereras enligt tabell 2.4.4d. Avvikelser i höjd mellan stråkövertäckningszoner levereras enligt tabell 2.4.4e.

Krav på format för metadata: Punkttäthetskartor och avvikelser i höjd mellan stråk levereras som en georefererad tiff-bild med 4x4 meters upplösning.

Övriga krav: Klasserna i tabell 2.4.4a skall användas för begärda objekt övrigt läggs i klass 1 Oklassad.

##### **GNSS/INS-data**

Krav på format: enligt överenskommelse.

Krav på namngivning: enligt överenskommelse.

Övriga krav: -

#### **4.5 Tilläggs-specifikationer av leverans (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.4.5)**

Krav på leveransmedia: Hårddisk med gränssnitt USB 3.0

Krav på katalogstruktur: -

Krav på rådata: utföraren ska behålla rådata, det vill säga obearbetat punktmoln och orienteringsdata, i fyra år från fotograferingstillfället.

#### **5 Specifikation av genomförande (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 3)**

Krav 3a-b HMK-Laserdata 2015 gäller

Rekommendation 3c HMK- Laserdata 2015 gäller

Krav 3.1.1a-c HMK-Laserdata 2015 gäller

Rekommendation 3.1.1d HMK- Laserdata 2015 gäller

Krav 3.1.2a-h HMK-Laserdata 2015 gäller

Krav 3.1.3a-h HMK-Laserdata 2015 gäller

Krav 3.2a-c HMK-Laserdata 2015 gäller

Krav 3.2.1a-e HMK-Laserdata 2015 gäller

Krav 3.3.1a-e HMK-Laserdata 2015 gäller

Rekommendation 3.3.2a HMK- Laserdata 2015 gäller

Krav 3.3.3a-c HMK-Laserdata 2015 gäller

Krav 3.3.4a-g HMK-Laserdata 2015 gäller

## B.1.3 Exempel på ifylld mall för Trafikverket

### 0 Teknisk specifikation

Genomförande ska göras enligt denna tekniska specifikation. Förklaring av krav och definitioner av termer framgår av [HMK-Laserdata 2015](#) och [HMK-Ordlista](#) senaste version.

#### 1 Allmän beskrivning (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.1)

**Ingående tjänster:** Kravspecifikationen omfattar planering och genomförande av laserskanning och samtidig flygfotografering, inmätning och beräkning av stöd.

**Produkternas användning:** Laserskanningen skall användas som underlag för framställning av markmodell som underlag i projektering för framtagande av vägplan.

#### 2 Specifikation av utgångsmaterial (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.2)

Trafikverket kan tillhandhålla följande material digitalt, för planering och genomförande av laserskanningen:

- Aktuellt karteringsområde (KML-fil)
- Stompunkter i plan och höjd
- GSD-Terrängkartan i rasterform med statligt vägnät
- GSD-Fastighetskartan i shape- och DWG-format

#### 3 Specifikation av produkten (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.3)

Krav på HMK-standardnivå vid genomförandet enligt HMK-Laserdata, avsnitt 3: Standardnivå 3

Krav på punkttäthet: 20 pkt/m<sup>2</sup>

Krav på standardosäkerhet i plan/höjd: 0,02/0,02 m

Krav på insamlingsperiod: vårsäsongen när det är snö- och lövritt

Övriga krav:

Krav på övertäckning inom/mellan stråk för flygbilder: 30/60 %

Krav på bildkvalitet som lägst: betyg 2 enligt HMK-Bilddata 2013

#### 4 Specifikation av leverans (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.4)

##### 4.1 Referenssystem (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.4.1)

Krav på referenssystem i plan: Allt material ska levereras i plansystem SWEREF99, projektionszon 1800

Krav på referenssystem i höjd: RH2000.



Övriga krav: *Geoidmodell SWEN 08 ska användas för beräkning av höjder.*

#### **4.2 Stråk- och stödplan (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.4.2)**

Krav på innehåll: *Enligt HMK-Laserdata, avsnitt 3.1.3*

Krav på format: *KML*

Krav på namngivning: *Överenskoms vid avtalstecknande*

Övriga krav: -

#### **4.3 Markstöd (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.4.3)**

Krav på innehåll: *Enligt HMK-Laserdata, avsnitt 3.2.1*

Krav på format: *ASCII-fil*

Krav på namngivning: *Överenskoms efter avtalstecknande*

Övriga krav: -

#### **4.4 Laserdata samt orienteringsdata ur GNSS/INS (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.4.4)**

Krav på innehåll: *Enligt HMK-Laserdata, avsnitt 3.3.4*

##### **Laserdata**

Krav på format: *LAS, version 1.3*

Krav på namngivning: *Överenskoms efter avtalstecknande*

Krav på innehåll i metadata: -

Krav på format för metadata: -

Övriga krav: -

##### **GNSS/INS-data**

Krav på format: -

Krav på namngivning: -

Övriga krav: -

#### **4.5 Tilläggs-specifikationer av leverans (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 2.4.5)**

Krav på leveransmedia: *Hårddisk med gränssnitt USB 3.0*

Krav på rådata: *Utföraren ska behålla rådata, det vill säga obearbetade bilder och orienteringsdata, i fyra år från fotograferingstillfället. Bilder levereras i originalformat.*

## **5 Specifikation av genomförande (HMK-Laserdata 2015, avsnitt 3)**

Krav 3a-b HMK-Laserdata 2015 gäller

Rekommendation 3c HMK- Laserdata 2015 gäller

Krav 3.1.1a-c HMK-Laserdata 2015 gäller

Rekommendation 3.1.1d HMK- Laserdata 2015 gäller

Krav 3.1.2a-h HMK-Laserdata 2015 gäller

Krav 3.1.3a-h HMK-Laserdata 2015 gäller

Krav 3.2a-c HMK-Laserdata 2015 gäller

Krav 3.2.1a-e HMK-Laserdata 2015 gäller

Krav 3.3.1a-e HMK-Laserdata 2015 gäller

Rekommendation 3.3.2a HMK- Laserdata 2015 gäller

Krav 3.3.3a-c HMK-Laserdata 2015 gäller

Krav 3.3.4a-g HMK-Laserdata 2015 gäller