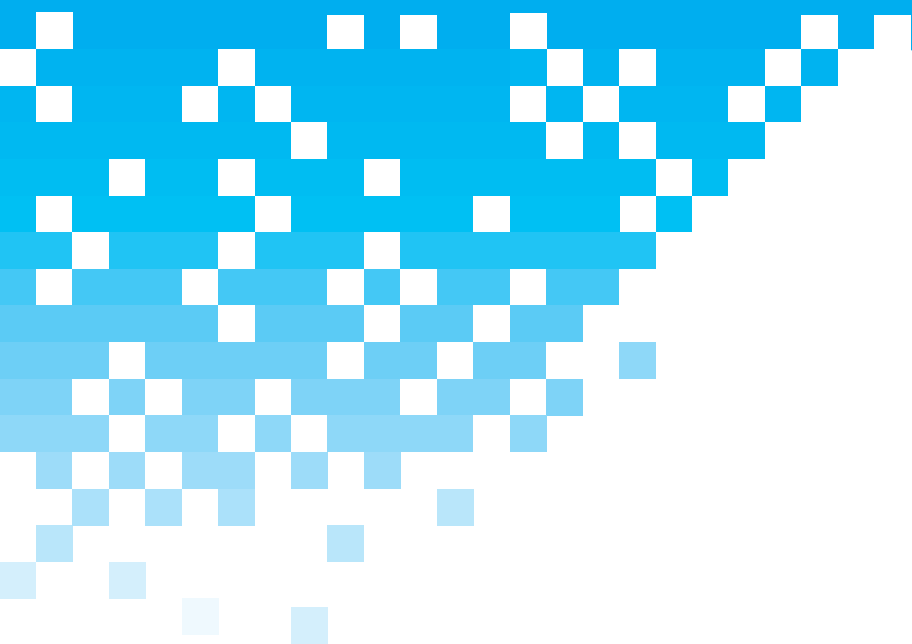


HMK

- handbok i mät- och kartfrågor

Fordonsburen laserdatainsamling

2015



HMK-Fordonsburen laserdatainsamling, status 2015

HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 har uppdaterats med

- länkar till andra dokument
- hänvisningar till Teknisk specifikation SIS-TS 201144:2016

Uppdateringarna har utförts av Anders Grönlund, Lantmäteriet.

Gävle 2016-06-30

/Anders Grönlund, Uppdragsledare HMK

Förord 2015

HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 är den andra versionen av HMK-Fordonsburen laserdatainsamling. Jämfört med föregående version 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- Fordonsburen laserdatainsamling 2014

Uppdateringarna har utförts av Thomas Lithén och Marianne Ormalm, 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 Ormalm, Projektledare Geodatainsamling

[Samlade Förord](#)

Innehållsförteckning

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | Inledning | 4 |
| 2 | Teknisk specifikation | 5 |
| 2.1 | Allmän beskrivning..... | 5 |
| 2.2 | Specifikation av utgångsmaterial | 5 |
| 2.3 | Specifikation av produkten | 6 |
| 2.3.1 | Punkttäthet och geometrisk upplösning..... | 7 |
| 2.3.2 | Lägesosäkerhet | 10 |
| 2.3.3 | Laser- och bildtäckning | 10 |
| 2.3.4 | Tilläggspecifikation..... | 10 |
| 2.4 | Specifikation av leverans | 13 |
| 2.4.1 | Referenssystem..... | 13 |
| 2.4.2 | Markstöd | 13 |
| 2.4.3 | Laserdata och bilder samt orienteringsdata ur GNSS/INS..... | 14 |
| 2.4.4 | Tilläggspecifikation av leverans | 16 |
| 3 | Genomförande | 18 |
| 3.1 | Planering av insamling | 19 |
| 3.1.1 | Planering av markstöd | 19 |
| 3.1.2 | Leverans | 20 |
| 3.2 | Signalering och inmätning av markstöd | 20 |
| 3.2.1 | Leverans | 21 |
| 3.3 | Insamling av laser- bild- och GNSS/INS-data | 22 |
| 3.3.1 | System och utrustning | 22 |
| 3.3.2 | Insamlingsförhållanden | 23 |
| 3.3.3 | Insamling..... | 24 |
| 3.3.4 | Beräkning av orienteringsdata ur GNSS/INS-data..... | 25 |
| 3.3.5 | Beräkning av punktmoln | 25 |
| 3.3.6 | Leverans | 26 |
| 4 | Beställarens kontroll | 27 |
| 5 | Referenser/Läs mer | 28 |
| Bilaga A.1: Produktionsdokumentation | | 29 |
| A.1.1 | Projektplanering | 29 |
| A.1.2 | Signalering och mätning av markstöd..... | 30 |
| A.1.3 | Insamling av laser- och GNSS/INS-data | 31 |
| Bilaga A.2: Metadata | | 32 |
| Bilaga A.3: Kontroll av laserdata | | 33 |
| Bilaga B.1: Mall och exempel för upprättande av teknisk specifikation | | 38 |
| B.1.1 | Mall för teknisk specifikation | 38 |
| B.1.2 | Exempel på ifylld mall för Trafikverket..... | 41 |

1 Inledning

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

HMK-Fordonsburen laserdatainsamling behandlar laserdata insamlade genom fordonsburen laserskanning med bilddata som komplement.

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 fordonsburen laserdata (avsnitt 3 och bilaga A1)
- Kontroll av leverans (avsnitt 4 och bilaga A3)

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

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.

HMK-Fordonsburen laserdatainsamling är i första hand anpassad för detaljprojektering och framtagande av markmodeller enligt standardnivå 3 men kan med mindre modifieringar även användas för andra tillämpningar av fordonsburen laserdatainsamling.

Flygburen insamling av laserdata för standardnivå 1-3 behandlas i dokumentet [HMK-Laserdata 2015](#).

Avgränsningar

System som endast samlar in bilder och/eller video behandlas inte i 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 "Mall och exempel för upprättande av teknisk specifikation" 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 höjddata.

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. Om produkten ska användas för tolkning och mätning av objekt bör en lista på aktuella objekttyper bifogas. Viktigt är att klargöra att även objekttyper som korsande broar, kraftledning- ar och liknande täcks in.

2.2 Specifikation av utgångsmaterial

Rekommendation

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

Insamlingsområde

Omfattning av datainsamlingen kan anges i en geografisk beskrivning av de körspår (trajectory) och eventuella anslutande delar av spår- och väganläggningar som ska ingå.

Befintligt material

Befintligt material, som kan underlätta och effektivisera planering och genomförande av uppdraget, är till exempel stompunkter och befintliga stödpunkter med tillhörande metadata och kvalitetsuppgifter. Ska klassning av laserdata genomföras kan även information om vägar, broar, byggnader, vegetation med mera underlätta arbetet.

2.3 Specifikation av produkten

Rekommendation

- a) Beställaren anger HMK-standardnivå för produkten

Vald HMK-standardnivå, utifrån tänkt användning, blir styrande för genomförandet. Tabell 2.3 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.

I detta dokument beskrivs endast insamling enligt standardnivå 3.

Standardnivå 3 är lämplig för projekt där målet är en detaljerad markmodell eller detaljerad modellering av objekt ovan mark. Exempel på användningsområden är projektering och modellering av infrastruktur inom väg och järnväg i befintlig sträckning.

Fordonsburen insamling kan också med fördel användas i miljöer med stora trafikmängder där terrester mätning skapar trafikstörningar och arbetsmiljörisker.

Fordonsinsamlad laserdata kan kombineras med den nationella höjdmodellen eller annan laserdata från flygburen insamling. På så sätt erhålls en hög detaljeringsgrad och samtidigt en bred korridor som även kan täcka in områden med obruten mark.

Tabell 2.3. Sammanställning av parametrar för standardnivå 3 vid fordonsburen insamling. Standardosäkerhet avser väldefinierade kontrollobjekt som är verifierade i slutlig produkt/modell på jämna hårdgjorda ytor i insamlingsområdet.

| Parametrar | Standardnivå 3 |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------|
| Punkttäthet för sista eller enda retur (Punkter/m ²) i 2D | 1500 |
| Geometrisk upplösning för bilddata (m) | 0,01 |
| Standardosäkerhet i plan på väldefinierade objekt (m) | <0,02 |
| Standardosäkerhet i höjd på plana och väldefinierade ytor | <0,02 |

2.3.1 Punkttäthet och geometrisk upplösning

Rekommendation

- b) Beställaren ställer krav på punkttäthet för sista eller enda retur
- c) Beställaren ställer krav på bildens geometriska upplösning

Punkttäthet för sista eller enda retur mäts i 2D och är lika med antalet punkter per kvadratmeter i plan för kontrolllytor längs med körspåret. En kontrolllyta definieras som en kvadrat med 2 meters sida centrerad över körspåret (trajectory).

Geometrisk upplösning för bilddata avser geometrisk upplösning på ett avstånd av 10 meter från kameran. 0,01 m är ett rekommenderat värde.

Punkttätheten har stor betydelse vid tolkning av detaljer och företeelser i laserdata. Beställaren kan alternativt välja att specificera vad som ska vara möjligt att tolka i laserdata men överlåta till utföraren att bestämma vilken punkttäthet som krävs för att uppfylla de ställda kraven.

Tabell 2.3.1a. Förhållandet mellan punkttäthet och genomsnittligt punktavstånd. $\text{Punktavstånd} = \sqrt{(1/\text{punkttäthet})}$.

| Punkter/m ² | Punktavstånd (m) |
|------------------------|------------------|
| 1500 | 0,025 |

Punkttätheten kan bli lägre på ytor med låg eller ingen reflektans i

laserns våglängd. Exempel på ytor som kan ge lägre punkttäthet är vattenytor, fuktiga ytor, glasrutor och mörka ytor såsom nylagd asfalt.

Den slutliga punkttätheten påverkas även av topografi och eventuella skymmande objekt såsom plank, tät vegetation, byggnader och höga slänter.

Tabell 2.3.1b. Objekt som är möjliga att identifiera i punktmolnet med punkttäthet enligt standardnivå 3. Definition av klasser framgår av Tabell 2.3.1.c.

| Objekt | 1500 punkter /m ² Klass |
|---------------------------------------------|---------------------------------------|
| Väggkant asfalt | 2 |
| Väggkant grus | 2 |
| Väg målad linje hel | 1 |
| Väg målad linje "spärrad" | 1 |
| Stödremsekant | 3 |
| Kantstöd | 1 |
| Broar | 1 |
| Spår | 1 |
| Byggnad bostad husliv (3 sidor) | 2 |
| Uthus och mindre byggnader husliv (3 sidor) | 2 |
| Trappa | 2 |
| Altan | 2 |
| Luftledning | 2 |
| Stolpar | 2 |
| Trafikskyltar (bärande stolpar) | 2 |
| Kraftledningsstolpe | 2 |
| Elskåp | 2 |
| Hägnader/stängsel | 2 |
| Staket | 2 |
| Plank | 2 |
| Murar | 2 |
| Vägräcken | 2 |
| Diken | 3 |
| Strandlinje | |
| Slänter | 3 |
| Ägoslagsgräns | |
| Brunnar | 2 |

Tabell 2.3.1c. Generell klassning av markmodell, enligt Tabell 6 i referens [1]. Medelavvikelse kontrolleras enligt kapitel 10 i referens [1].

| Klass | Maximal medelavvikelse i höjdmeter | 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 |

2.3.2 Lägesosäkerhet

Rekommendation

- a) Beställaren ställer krav på lägesosäkerhet

Krav på lägesosäkerhet avser standardosäkerhet i höjd och plan för 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 än öppna plana hårdgjorda ytor, exempelvis lutande ytor och ytor med vegetation.

Krav på lägesosäkerhet ställs utifrån kraven för användningen av den beställda produkten, se tabell 2.3.1c:

- Vissa användningsområden ställer högre krav på lägesosäkerhet. Det gäller exempelvis markmodell för detaljprojektering och byggande. En låg lägesosäkerhet är av stor vikt för att få korrekta volymer samt för att undvika motsättningar i relation till annan geodata.
- Det förekommer också, exempelvis vid översiktlig planering, förstudier och lokaliseringsöversikter, höga krav på tolkbarhet medan lägesosäkerheten är mindre viktig.

2.3.3 Laser- och bildtäckning

Rekommendation

Beställaren ställer krav på laser- och bildtäckning i form av:

- a) avstånd i alla riktningar från körspåret till objekt som ska täckas

Exempelvis kan avståndet avse enbart vägbredden eller vägbredden samt området från vägkant och minst 20 meter utåt.

2.3.4 Tilläggs-specifikation

Rekommendation

- a) Beställaren specificerar eventuella övriga krav på genomförandet

Beställaren bör inte detaljstyra genomförandet, utan så långt som möjligt överlämna det till utföraren enligt beskrivning i avsnitt 3.

Nedan ges exempel på några tillägg/avsteg från kraven i avsnitt 3 som ändå kan vara aktuella.

Kontrollprofiler enligt SIS TS 21144:2016

Vid behov av kontrollprofiler enligt [SIS TS 21144:2016](#) specificeras detta av beställaren.

För att få en bild av lägesosäkerheten på olika typer av markytor i en markmodell kan kontroll utföras med stöd av de metoder som beskrivs i kapitel 10 i referens [1]. Metoderna bygger på att laserpunktmolnet markklassificerats och att en markmodell tagits fram.

Kontrollpunkter

Vid behov av kontrollpunkter specificeras antal och placering av beställaren.

Kontrollpunkter som används för att verifiera lägesosäkerheten i punktmolnet ska vara geografiskt skilda från de stödpunkter som använts vid georeferering av punktmolnet.

Stödpunkter

Beställaren låter normalt utföraren bestämma antalet stödpunkter. Om annan hantering önskas specificeras antalet stödpunkter av beställaren.

Stödpunkter bör, som minimum, läggas i början och slutet av objektet samt i de områden där positioneringen vid datainsamlingen uppvisar brister som överstiger efterfrågad mätosäkerhet för slutprodukten. Signalering av stödpunkter utformas enligt kraven i 3.1.1.

Samtidig insamling av video

Video används som komplement till laser och bilddata. Vid behov specificeras detta av beställaren som även anger önskad kameravy och riktning.

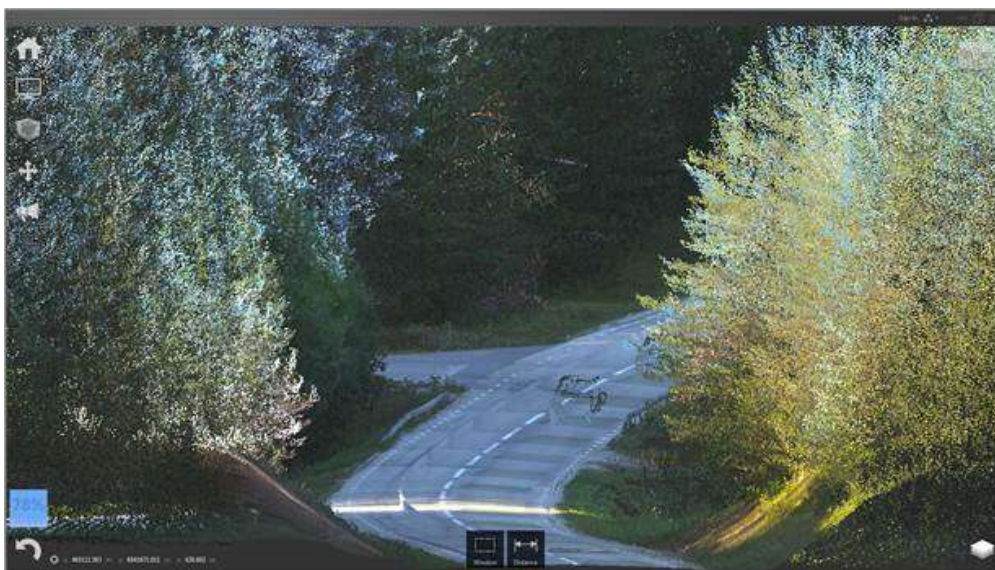
Avstånd mellan bilder och kameravy

Beställaren kan välja att specificera krav på önskat avstånd mellan bilder samt kameravy för att säkerställa lämplig nivå på bildmaterialet. Lämpligt avstånd mellan bilder är cirka 10-15 meter och minst en kamera bör vara riktad i körriktningen. Vid färgsättning av punktmoln bör bildintervallet inte överstiga 10-15 m.

Färgsättning av punktmolnet

Eventuella krav på färgsättning av punktmoln specificeras vid behov av beställaren.

Färg är radiometrisk information, som i efterhand kan draperas på punktmolnet med hjälp av positionsbestämda bilder. Intensitet och färg underlättar tolkning och digitalisering av objekt i punktmoln. Ett färgsatt punktmoln är också användbart vid till exempel visualisering av befintliga miljöer. Kvalitén i färgsättningen beror på vilken typ av kamera som används. Även bildavstånd och rådande ljusförhållanden är avgörande.



Figur 2.3.4. Exempel på punktmoln motsvarande standardnivå 3, färgsatt med RGB-värde från bilder.

Klassning

Eventuella krav på klassning av punktmolnet specificeras vid behov av beställaren. Det bör tydligt framgå vilka klasser som önskas.

Förutom markklassning är det vanligt att även byggnader, vegetation, vatten och felaktiga punkter identifieras. Ibland utförs även klassning av vägytor, brokonstruktioner, järnvägsspår och kraftledningar.

Nyckelpunkter

Eventuella krav på nyckelpunkter specificeras vid behov av beställaren.

Efter markklassning glesas då punkterna ut så att endast nyckelpunkter återstår. Det gör det möjligt att behålla en hög detaljeringsgrad och samtidigt minska datamängden.

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 produktionsdokumentationen

2.4.1 Referenssystem

Rekommendation

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

Läs mer om SWEREF 99 och RH 2000 samt relationer mellan olika referenssystem och projektionszoner i [HMK-Ge: Infra 2015](#), avsnitt 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 Markstöd

Rekommendation

- a) Beställaren anger filformat och namn för markstöd

2.4.3 Laserdata och bilder samt orienteringsdata ur GNSS/INS

Rekommendation

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

Filformat

Skillnaden mellan olika filformat är stor och när det gäller LAS-formatet är den stor även mellan olika versioner. Beställaren bör därför specificera både format och version så att filerna kan läsas av den programvara som används.

Namngivning av filer, stråk/körspår med mera

Namngivning av filer, stråk/körspår med mera bör ske på ett strukturerat sätt och anpassas till beställarens verksamhet.

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 2.4.3a. *Klasser enligt specifikationen för LAS version 1.2*

| 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 | Överlappspunkter |
| 13-31 | Reserverad för ASPRS definition |

* *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS)*

Tabell 2.4.3b. *Klasser som används inom nationella höjdmodellen.*

| Klass | Betydelse |
|--------------|------------------|
| 1 | Övrigt |
| 2 | Mark |
| 9 | Vatten |
| 11 | Bro |

Om möjligt kan även LAS-formatets funktion med så kallade klassningsflaggor användas, något som i dagsläget stöds av få programvaror. Flaggor gör det möjligt att tilldela en punkt flera egenskaper vilket innebär att en punkt kan 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 fi-

lerna distribueras.

Det finns flera effektiva komprimeringar av LAS-formatet. De är programberoende och i dagsläget inte kompatibla med varandra. Vid behov bör beställaren välja typ av komprimering.

Filstorlek och geografisk uppdelning

Vid fordonsburen laserskanning delas punktmolnet lämpligtvis upp i segment. Segmentens längd bör väljas så att datamängden blir hanterbar i de programvaror som används vid vidare bearbetning.

Vid datainsamling enligt Standardnivå 3 med cirka 1500 punkter/m² bör segmentlängden inte överstiga cirka 600 meter. Segmentets längd ska dock anpassas efter aktuell punkttäthet, vilket bör beaktas exempelvis vid överlappande data.

Informationsinnehåll i eventuella metadata

Metadata specificeras av beställaren och bör innehålla:

- Karta som visar avvikelser i höjd mellan stråk/körspår, se Figur A.3.2a.
- Punkttäthetskarta för sista eller enda retur, se Figur A.3.2b
- 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 2 x 2 meter. För punkttäthetskartan rekommenderas samma relativa färgskala som nationella höjdmodellen, det vill säga blå, grön, gul och röd för dubbla, aktuella, halva respektive en fjärdedel av den efterfrågade punkttätheten. Svart används för områden utan returer.

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

2.4.4 Tilläggs-specifikation 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 3.1.2e-f för planering, 3.2.1e-f för markstöd och/eller 3.3.6 för laserdata, specificeras detta av beställaren.

Exempel på tillägg till genomförandekrav är:

- karta med planerade körspår och stöd enligt punkt b) i bilaga A.1.1 karta med inmätta markstöd enligt punkt c) och skiss/foto enligt punkt d) i bilaga A.1.2
- karta med stråk/körspår enligt punkt b) i bilaga A.1.3

Prov- och delleveranser

Eventuella krav på prov- eller delleveranser, för godkännande av till exempel körplan, laserkvalitet eller orienteringsdata ställs vid behov. Kör- och stödplaner granskas innan datainsamlingen påbörjas, för att säkerställa att planering genomförts enligt kraven i den tekniska specifikationen.

Leveransmedia och katalogstruktur

Eventuella krav på leveransmedia och katalogstruktur för leverans av filer och produkter specificeras vid behov.

Rådata

Eventuella krav på att leverantören ska leverera rådata och/eller delresultat i förädlingskedjan specificeras vid behov.

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

Visningsverktyg

Eventuella krav på ett licensfritt visningsverktyg med leveransen ställs vid behov.

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

- a) 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, datainsamling, 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

Projektplanering avseende geografisk täckning, markstöd med mera genomförs och dokumenteras.

3.1.1 Planering av markstöd

Krav

Stödpunkter ska:

- a) anpassas i antal och geografiskt läge för att uppnå kraven på lägesosäkerhet i slutprodukten
- b) anpassas till erhållen mätosäkerhet vid datainsamlingen
- c) finnas i början och slutet av insamlingsområdet för att erhålla god kontroll och för att säkerställa lägesosäkerheten
- d) i första hand signaleras horisontellt
- e) placeras så att de kan identifieras i punktmolnet och i samtliga bilder som innefattar punkten
- f) utgöras av naturligt stöd eller markeras med signal som säkerställer god kontrast mot omkringliggande yta
- g) väljas eller anpassas i form och storlek så att signalernas centra är lätta att mäta

Signalutformning

Väl synliga naturliga stöd som vägmarkeringar väljs i första hand som signaler. Om naturliga stöd saknas ska signaler utformas så att de är enkla att identifiera och mäta i punktmolnet och bilderna. Storleken på signalen anpassas efter punkttätheten och eventuellt bildens upplösning. 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. Oavsett val av form på signal ska signalens centrum vara lätt att bestämma.



Figur 3.1 Exempel på signalutförande, diamant. (Bild: Lantmäteriet)

3.1.2 Leverans

Krav

Leverans av planerade markstöd ska:

- a) vara kvalitetskontrollerad och komplett
- b) innehålla de planerade stödets namn och position. Koordinat- och höjdvärden redovisas i meter med tre decimaler
- c) levereras i det filformat som anvisats av beställaren enligt avsnitt 2.4.2
- d) levereras med den namngivning som anvisats av beställaren enligt avsnitt 2.4.2

Leverans av produktionsdokumentation ska:

- e) vara kvalitetskontrollerad och komplett
- f) bestå av rapport enligt punkt a) i bilaga A.1.1 om beställaren inte särskilt anger annat

3.2 Signalering och inmätning av markstöd

Krav

Signalering och inmätning av markstöd ska:

- a) ske i anslutning till insamlingen för att säkerställa aktualitet
- b) ske med en standardosäkerhet, inklusive eventuella utgångspunkters mätosäkerhet, som inte överstiger $1/3$ av standardosäkerheten i slutprodukten, enligt den tekniska specifikationen
- c) ske med lämplig geodetisk mätmetod enligt [HMK-ReGe 2014](#) avsnitt 3.2

Mätosäkerheten hos markstöden har stor inverkan på lägesosäkerheten i slutprodukten. Om brister, orsakade av felaktigt utförd mätning eller dåliga inmätningförhållanden, uppdagas vid beräkning av markstöd, måste punkten mätas om eller ersättas med ett naturligt stöd där bättre inmätningförhållanden råder.

Olika felkällor ska tas med i beräkningen när mätosäkerheten för markstöden bedöms. Till exempel är det viktigt att utreda stomnätens kvalitet när en produkt för detaljprojektering med krav på låg osäkerhet skall framställas.

Kravet på standardosäkerhet på $\leq 1/3$ av laserskanningens mätosäkerhet avser inmätning av ett stöd. Genom att lägga ut multipla stöd kan kravet på den enskilda mätningen minska. Standardosäkerheten i bestämningen av en yta bestående av flera inmätta punkter minskar med antalet punkter, 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 stödyta, läs mer i referens [2], eller så väljs en metod, till exempel RUFRIIS med projektanpassad nätverks-RTK, som klarar kraven i sig. Projektanpassad nätverks-RTK kan vara gångbart genom användning av multipla stöd. Nätverks-RTK mot SWEPOS är inte lämplig för standardnivå 3. Läs mer om kontroll av mätosäkerheten i Nätverks-RTK i [HMK Geodatakvalitet](#) bilaga A.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. Läs mer i [HMK-Geodatakvalitet 2015](#), bilaga A.8 (om varför man ska vara generös med siffrorna under beräkningsgången och inte avrunda till ungefär en tiondel av lägesosäkerheten förrän i slutprodukten).
- c) ha det filformat som anvisats av beställaren enligt avsnitt 2.4.2
- d) ha den namngivning som anvisats av beställaren enligt avsnitt 2.4.2

Leverans av produktionsdokumentation ska:

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

3.3 Insamling av laser- bild- och GNSS/INS-data

3.3.1 System och utrustning

Krav

System för fordonsburen insamling ska minst bestå av:

- a) GNSS-mottagare, med stöd för minst två GNSS system.
- b) IMU, anpassad för fordonsburen insamling
- c) odometer
- d) kamera anpassad för mätning
- e) minst 2 laserskannrar anpassade för fordonsburen laserskanning
 - laserskannrarna ska kunna registrera flera returer från en utsänd laserpuls, inklusive varje returs intensitet (amplitud)
 - laserskannrarnas relativa mätosäkerhet i avståndsmätning får inte överstiga 1/3 av den förväntade standarosäkerheten i plan och höjd enligt vald standardnivå.
 - lasersystem ska vara ögonsäkert enligt SSMFS 2012:4 vid användning på offentliga platser, till exempel inom tätort eller andra platser där människor befinner sig.

Fordonsburen insamling sker ofta i miljöer med begränsad sikt mot GNSS-satelliter, exempelvis mellan höga byggnader, bland träd eller under broar. För att erhålla en mätning med så många satelliter som möjligt är det därför viktigt att GNSS-mottagarna har stöd för flera navigationssystem, exempelvis GPS, GLONASS eller Galileo.

Förutom en IMU ska ett fordonsburet system vara utrustat med odometer, vanligen monterad på fordonets icke drivande hjul. Odometern används för att mäta hastighet och distans vilket används tillsammans med övriga positionsdata vid positionsberäkning för att minska avdriften i tröghetspositioneringen, exempelvis vid passage genom tunnlar.

Laserskannrar för fordonsburen insamling har vanligtvis en roterande spegel som ger 360 graders täckning och ett spiralförmigt skanningsmönster i insamlingsriktningen. Skanningsmönstret (antal skannrar, skannrarnas placering och riktning) påverkar hur olika objekt återges.

Med en systemhöjd på cirka 2,5-3 meter kan blindzoner undvikas samtidigt som framkomligheten under broar och andra trafik hinder bibehålls.

3.3.2 Insamlingsförhållanden

Krav

- a) Laserskanning ska inte utföras vid förhållanden som negativt påverkar slutprodukten.

Laserskanning ska inte utföras vid nederbörd, fuktig väg bana, tjälad mark eller liknande förhållanden som påverkar kvalitén i den slutliga produkten. Tillfälliga hinder såsom parkerade fordon och tät trafik ger oönskade skuggeffekter och ska om möjligt undvikas eller hanteras genom kompletterande datainsamling vid andra tidpunkter.

Tidpunkten för laserskanning ska i möjligaste mån väljas efter tillgången till GNSS-satelliter samt deras inbördes konfiguration. Aktuell satellitprediktion ska redovisas i leveransrapporten.

Ibland kan det vara nödvändigt att arbeta nattetid för att till exempel undvika tät trafik och störande verksamhet. Detta är dock endast lämpligt om bilddata inte ska samlas in.

3.3.3 Insamling

Krav

Vid fordonsburen laserskanning ska:

- a) systemhöjden vara tillräcklig för att inte oönskade skuggeffekter i innerslänter ska uppstå
 - b) intensitet registreras och ingå som attributdata i laserdatafilen
- Skanningsparametrar ska väljas så att:

- c) beställd punkttäthet uppfylls i minst 90 % av kontrollytorna
- d) laserpunkterna har en homogen fördelning över kontrollytorna med likartat punktavstånd längs och tvärs insamlingsriktningen
- e) enstaka maxvärden inte överstiger det dubbla punktavståndet

Vid samtidig bildinsamling ska:

- f) bildtäckningen vara komplett
- g) specificerad geometrisk upplösning eller bättre uppnås, på en yta parallell med sensorn, på ett avstånd av 10 meter från kameran
- h) tidsmärkning, orientering och positionering ha sådan upplösning och kvalitet att bilderna i ett senare skede kan användas för färgsättning av laserdata
- i) avstånd mellan bilder inte överstiga 15 meter
- j) minst en kamera vara riktad i körriktningen om inte 360 graders kamera används

En kontrollyta definieras som en kvadrat med 2 meters sida centrerad över körspåret.

3.3.4 Beräkning av orienteringsdata ur GNSS/INS-data

Krav

- a) GNSS/INS-data ska beräknas enligt rutiner som framgår av [HMK-Ge:Infra](#) 2015, avsnitt C.6.1

3.3.5 Beräkning av punktmoln

Krav

- a) Matchning av körspår ska utföras, för att minimera de återstående felen
- b) Resultat från matchning ska redovisas
- c) Inpassning i beställda referenssystem utförs med hjälp av stöd-punkter i plan och höjd
- d) Resultat från inpassning ska redovisas

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 fordonet och i referensstation(er) samt data från odometern.
- Systemberoende korrigeringar ska dokumenteras och redovisas i en produktionsrapport och till viss del i metadatafiler.
- Innan matchning görs en preliminär markklassning.
- Vid stråkutjämnningen analyseras överlappande laserdata från angränsande stråk/körspår med avseende på motsättningar i höjd eller plan. Ur motsättningarna kan korrektioner beräknas som sedan appliceras på hela eller delar av stråken. Resultatet blir ett mer homogent punktmoln med lägre relativ lägesosäkerhet.
- Resultatet från stråkutjämnningen är en viktig del av kvalitetskontrollen och ska redovisas på ett överskådligt sätt, till exempel som motsättningar mellan överlappande körspår före och efter stråkutjämnning.

3.3.6 Leverans

Krav

Leverans av laserdata ska:

- a) vara kvalitetskontrollerad och komplett
- b) göras i det filformat, med den punkttäthet och namngivning som anvisats av beställaren
- c) följa den geografiska indelning som tillhandahållits av beställaren

Resultatet av den lokala inpassningen mot stöd ska redovisas.

Leverans av bilder/video ska:

- d) vara granskad avseende täckning och kvalité
- e) innehålla EXIF-data enligt Bilaga A.2

Leverans av GNSS/INS-data ska:

- f) vara kvalitetskontrollerad och komplett
- g) göras i form av en fil som för samtliga bilder innehåller bild-id, Heading, Roll, Pitch och GPS-tid, samt övrigt innehåll som har anvisats av beställaren enligt avsnitt 2.4.3
- h) göras i det filformat och med den namngivning som anvisats av beställaren enligt avsnitt 2.4.3

Leverans av produktionsdokumentation ska:

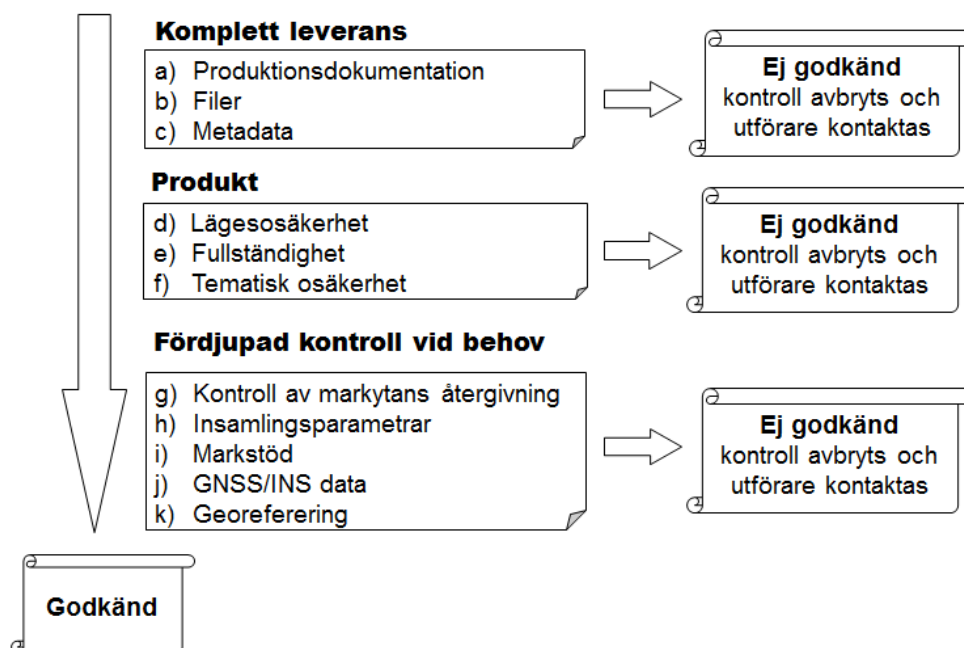
- i) vara kvalitetskontrollerad och komplett
- j) bestå av rapport enligt punkt a) i bilaga A.1.3 om beställaren inte anger annat

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 och 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.

Bilaga A.3 redovisar 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] SIS (2016) Byggmätning – Specifikationer vid framställning och kontroll av digitala markmodeller (Teknisk specifikation SIS-TS 21144:2016).
- [2] Persson, C-G m.fl. (2014) [Kontroll av lägesosäkerhete i laserdata](#) (HMK – Teknisk rapport: 2014:1, publiceras hösten 2014).
- [3] <http://www.exio2.org/Exif2-2.PDF>

Bilaga A.1: Produktionsdokumentation

Produktionsdokumentationen ska redovisa:

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

A.1.1 Projektplanering

Produktionsdokumentationen ska redovisa:

- a) rapport, i PDF-format om inte annat anges, som redovisar:
 - referenssystem i plan och höjd
 - satellitprediktering
 - punkttäthet
 - övertäckning mellan stråk/körspår
 - antal körspår
 - antal markstöd
 - stödens principiella lägen
 - markstödens planerade storlek, form och färg
 - systembeskrivning
 - särskilda överväganden vid planering
 - egenkontroll vid planering

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande om beställaren begär det:

- b) karta, i PDF-format om inte annat anges, där planerade körspår och stöd med namn liksom insamlingsområdet tydligt framgår.

A.1.2 Signalering och mätning av markstöd

Produktionsdokumentationen ska redovisa:

- a) rapport, i PDF-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 = exempelvis 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-format om inte annat anges, där inmätta markstöd liksom insamlingsområdet och planerade körspår tydligt framgår
- d) skiss över signal och signalens läge alternativt digitalt foto av varje signal och dess omgivning.

Kontrollprofiler enligt SIS TS 21144:2016

Om kontrollprofiler är beställda ska produktionsdokumentationen redovisa:

- e) karta där planerade kontrollprofiler med namn liksom insamlingsområdet tydligt framgår.
- f) rapport, i PDF-format om inte annat anges, som redovisar:
 - den utrustning, mätmetod och programvara som använts vid inmätning och beräkning av kontrollprofiler
 - kalibreringsrutiner för geodetisk mätutrustning
 - beräkningsresultat och egenkontroll av beräkningsresultatet
 - lista med koordinat- och höjduppgifter, kvalitetsuppgift och datum då inmätningen utfördes.
 - karta där realiserade kontrollprofiler liksom insamlingsområdet tydligt framgår.

A.1.3 Insamling av laser- och GNSS/INS-data

Produktionsdokumentationen ska redovisa:

- a) rapport, i PDF-format om inte annat anges, som redovisar:
 - referenssystem i plan och höjd
 - punkttäthet
 - geografisk täckning
 - antal stråk/körspår
 - väderförhållanden
 - GNSS/INS-system
 - systemhöjd
 - antenn-offset
 - systemkalibrering
 - kalibreringsrutiner för skanner och GNSS/INS-system
 - programvara för framkallning av punkter
 - programvara vid GNSS/INS-beräkning
 - referensstation
 - eventuell geoidmodell
 - eventuella transformationssamband
 - uppgift om typ av GPS-tid (veckotid/absolut GPS-tid)
 - grafer eller motsvarande som redovisar kvalitetsmått som PDOP, antal satelliter, RMS av positioneringslösningen med mera
 - punkttätheten grafiskt redovisad med lämplig färgskala, så att områden där punkttätheten inte motsvarar ställda krav tydligt framgår
 - resultat från stråkutjämnning kompletterad med en grafisk redovisning av höjdskillnader mellan markmodeller från överlappande stråk/körspår i en lämplig färgskala, så att områden där lägesosäkerheten inte motsvarar behoven tydligt framgår. I dessa områden bör orsaken redovisas.
 - särskilda överväganden vid insamling och efterbearbetning
 - egenkontroller vid insamling och efterbearbetning

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande om beställaren begär det:

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

Bilaga A.2: Metadata

Metadata för bilder

Obligatoriska EXIF-attribut[3]:

0x02: GPSLatitude

0x04: GPSLongitude

0x07: GPSTimeStamp

0x1D: GPSTimeStamp

0x12: GPSMapDatum (Koordinatsystem)

Attribut som kan förbättra positioneringen av bilden:

0x11: GPSImgDirection, anger riktning för kamera vid fototillfället (heading) vilket kan användas för att detektera riktning på väg samt filtrera troliga vägar

0x0d: GPSSpeed, kan användas för att ignorera import av bilder vid stillastående samt filtrering av möjliga vägar.

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 och metadata

d) Lägesosäkerhet

d.1) Kontroll med hjälp av objekt

Lägesosäkerheten kontrolleras genom mätning i laserdata av objekt med kända positioner. Kontrollen görs lämpligen i två steg:

1. Markstöd som har lägesbestämts för att passa in laserdata mot överordnat referenssystem. Utförs av leverantören och resultatet redovisas i produktionsdokumentationen, se Bilaga A.1.2.
2. Inmätning av oberoende tydligt identifierbara kontrollpunkter, signalerade eller naturliga, som är geodetiskt inmätta med en lägre standardosäkerhet än den som specificeras för laserdata i uppdraget. Punkterna ska vara jämnt fördelade över kartläggningsområdet och inte sammanfalla med markstöden.

Följande beräknas separat för markstöd och kontrollpunkter:

- *RMS*-värden för *N*, *E* och *H*, som är ett mått på mätosäkerheten. Skattas enligt (Δ avser avvikelse mellan ursprungs- och kontrollmätning och *n* antalet kontrollerade punkter):

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

- Systematiska avvikelser i form av medelvärden av de kontrollerade objektens avvikelser i plan ($\Delta \bar{N}$, $\Delta \bar{E}$) och höjd ($\Delta \bar{H}$). Skattas enligt:

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

d.2) Relativ lägesosäkerhet

Analys av avvikelse mellan stråk/körspår och analysen 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 mellan överlappande körspår. grön 0-2 cm, blå 2-5, gul 5-10 cm.

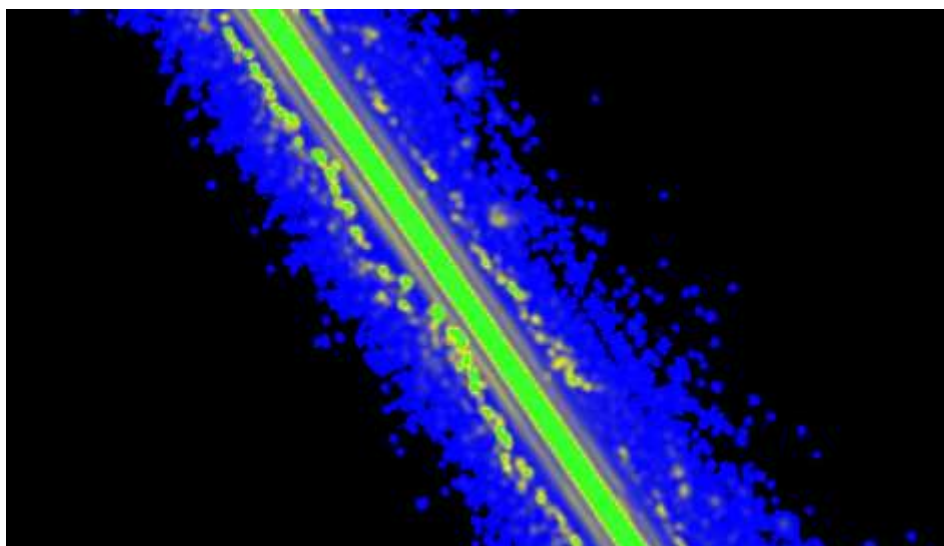
Man använder med fördel asfaltsytorna för att analysera skillnaden mellan körstråken.

e) Fullständighet

e.1) Punkttäthet och distribution

Innan markklassning sker kontrolleras att hela området täcks av laserdata med täthet och punktavstånd som motsvarar ställda krav. Även skanningsmönster beaktas. Eventuella brister är viktiga att upptäcka i ett tidigt skede så att komplettering kan utföras så snart som möjligt.

Även övertäckning mellan stråk/körspår och eventuell övertäckning mot angränsande områden måste kontrolleras. Mindre avvikelser från den planerade övertäckningen, exempelvis orsakade av trafik eller oplanerade hinder, kan accepteras så länge inga glipor uppstår mellan stråken.



Figur A.3.2b. Punkttäthet för samtliga punkter redovisad i rasterform. Blå färg indikerar en täthet som är dubbelt så hög som den efterfrågade och förekommer främst i överlapp mellan stråk/körspår. 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.

e.2) Täckning, returerna och intensitetsvärden

Kontrollera att laserdata:

- täcker hela kartläggningsområdet
- inte har glipor eller hål som inte är accepterade (vatten och mörka ej reflekterande ytor)

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 sektions 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).

Kontrollera att eventuella metadatafiler är korrekt ifyllda.

A.3.3 Ytterligare 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

Jämförelse mot kontrollprofiler enligt [SIS TS 21144:2016](#)

För att få en bättre helhetsbild av lägesosäkerheten på olika typer av markytor i en markmodell kan kontroll utföras med stöd av olika metoder beskrivna i kapitel 10 i referens[1]. Metoderna bygger på att laserpunktmolnet markklassificerats och att markmodell tagits fram.

h) Insamlingsparametrar

Följande tilläggskontroller kan genomföras:

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

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. Om GNSS-baserad metod används så kan kontroll göras enligt [HMK-Geodatakvalitet 2015](#) bilaga A.2. Kontrollera även [HMK-Geodatakvalitet 2015](#) bilaga A.8

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:

- kontroll av utgångspunkter
- matchningsresultat
- antal och placering av markstöd
- antal bilder som använda stöd- och kontrollpunkter är mätbara i
- resultatet av eventuell självkalibrering

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

B.1.1 Mall för teknisk specifikation

0 Teknisk specifikation

Planering, genomförande och leverans ska göras enligt denna tekniska specifikation och kraven i avsnitt 3 i [HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015](#). Definitioner av krav och termer framgår av HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 och [HMK-Ordlista](#), senaste version.

1 Allmän beskrivning (HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015, avsnitt 2.1)

Tjänster:.....

Produkter:.....

Produkternas användning:.....

Vilka objekttyper som ska kunna tolkas:.....

2 Specifikation av utgångsmaterial (HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015, avsnitt 2.2)

Insamlingsområde inklusive filformat och referenssystem:.....

Befintligt material inklusive filformat och referenssystem:.....

3 Specifikation av genomförande (HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015, avsnitt 2.3)

Krav på punkttäthet:.....

Krav på bildens geometriska upplösning:.....

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

Krav på laser- och bildtäckning (avstånd från körspåret):.....

Tilläggspecifikation: (exempelvis kontrollprofiler enligt SIS TS 21144:2016, kontrollpunkter, stödpunkter, samtidig insamling av video, avstånd mellan bilder och kameravy, färgsättning av punktmolnet, klassning, nyckelpunkter).....

4 Specifikation av leverans (HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015, avsnitt 2.4)

4.1 Referenssystem (HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015, avsnitt 2.4.1)

Krav på referenssystem i plan:.....

Krav på referenssystem i höjd:

4.3 Markstöd (HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015, avsnitt 2.4.22)

Krav på innehåll:.....

Krav på filformat:.....

Krav på namn:.....

4.4 Laserdata, bilder och video samt orienteringsdata ur GNSS/INS (HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015, avsnitt 2.4.3)

Laserdata

Krav på filformat:.....

Krav på namngivning:.....

Krav på klassindelning:.....

Krav på datakomprimering:.....

Krav på filstorlek och geografisk uppdelning:.....

Krav på informationsinnehåll i metadata:.....

Krav på filformat för metadata:.....

Bilddata

Krav på filformat:.....

Krav på namngivning:.....

Krav på informationsinnehåll i metadata:.....

Krav på filformat för metadata:.....

GNSS/INS-data

Krav på format:.....

Krav på namngivning:.....

Krav på informationsinnehåll:.....

4.5 Tilläggspecifikationer av leverans (HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015, avsnitt 2.4.4)

Tilläggspecifikation av leverans (exempelvis krav på produktionsdokumentation, prov- och delleranser, leveransmedia och katalogstruktur, rådata, visningsverktyg):

5 Specifikation av genomförande (HMK- Fordonsburen laserdatainsamling 2015, avsnitt 3)

Här anges hänvisningar till de krav i avsnitt 3 som ska gälla. Se HMK-Introduktion 2015 avsnitt 1.7 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-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 gäller
Rekommendation 3c HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 gäller

Krav 3.1.1a-g HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 gäller

Krav 3.1.2a-f HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 gäller

Krav 3.2a-c HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 gäller

Krav 3.2.1a-f HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 gäller

Krav 3.3.1a-e HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 gäller

Krav 3.3.2a HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 gäller

Krav 3.3.3a-j HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 gäller

Krav 3.3.4a HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 gäller

Krav 3.3.5a-d HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 gäller

Krav 3.3.6a-j HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 gäller

B.1.2 Exempel på ifylld mall för Trafikverket

0 Teknisk specifikation

Planering, genomförande och leverans ska göras enligt denna tekniska specifikation och kraven i avsnitt 3 i [HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015](#). Definitioner av krav och termer framgår av HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 och [HMK-Ordlista](#), senaste version.

1 Allmän beskrivning (HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015, avsnitt 2.1)

Tjänster: Kravspecifikationen omfattar planering och genomförande av fordonsburen laserskanning och samtidig bildinsamling, inmätning och beräkning av markstöd.

Produkter: Markmodell samt 360-bilder i licensfritt visningsverktyg.

Produkternas användning: Laserskanningen ska användas som underlag för framställande av markmodell vilken användes som underlag i projekteringen för framtagande av vägplan.

Objekttyper som ska kunna tolkas: Enligt Tabell 2.3.1b

2 Specifikation av utgångsmaterial (HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015, avsnitt 2.2)

Insamlingsområde inklusive filformat och referenssystem: Aktuellt karteringsområde (KML-fil).

Befintligt material inklusive filformat och referenssystem:

Stompunkter i plan och höjd

GSD-Terrängkartan i rasterform med statligt vägnät

GSD-Fastighetskartan i shape- och dwg-format

3 Specifikation av genomförande (HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015, avsnitt 2.3)

Krav på punkttäthet: 1500 pkt/ m²

Krav på bildens geometriska upplösning: 1 cm pixelstorlek på 10 m avstånd från kameran sensorn.

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

Krav på laser- och bildtäckning (avstånd från körspåret): Lasertäckning 20 m från körspåret.

Övriga krav: (exempelvis kontrollprofiler enligt SIS TS 21144:2016, kontrollpunkter, stödpunkter, omfattning av datainsamling, samtidig insamling av video, avstånd mellan bilder och kameravy, färgsättning av punktmolnet, klassning, nyckelpunkter)

Krav på punktdistribution: medelpunktavstånd max 0,03 m
maxavstånd 0,06 m

samtidig bildinsamling, 360 graders bildtäckning

4 Specifikation av leverans (HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015, avsnitt 2.4)

4.1 Referenssystem (HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015, avsnitt 2.4.1)

Krav på referenssystem i plan: SWEREF 99, projektionszon 1800

Krav på referenssystem i höjd: höjdsystem RH 2000. Geoidmodell SWEN 08 ska användas för beräkning av höjder

4.3 Markstöd (HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015, avsnitt 2.4.22)

Krav på innehåll: Enligt HMK-Fordonsburen laserdatainsamling, avsnitt 3.2.1

Krav på filformat: ASCII-fil

Krav på namn: Överenskoms efter avtalstecknande

4.4 Laserdata, bilder och video samt orienteringsdata ur GNSS/INS (HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015, avsnitt 2.4.33)

Laserdata

Krav på filformat: LAS, version 1.2

Krav på namngivning: Överenskoms efter avtalstecknande

Krav på klassindelning:

- 1 Default
- 2 Ground
- 3 Low vegetation
- 4 Medium vegetation
- 5 High vegetation
- 6 Building
- 7 Low point
- 8 Model keypoints

Krav på datakomprimering: Ingen

Krav på filstorlek och geografisk uppdelning: Max 18 miljoner pkt per block

Krav på informationsinnehåll i metadata: -

Krav på filformat för metadata: -

Bilddata

Krav på filformat: *JPG och råformat*

Krav på namngivning: *Överenskoms efter avtalstecknande*

Krav på informationsinnehåll i metadata: *Enligt HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015, bilaga A.2*

Krav på filformat för metadata: *EXIF*

GNSS/INS-data

Krav på format: *Överenskoms efter avtalstecknande*

Krav på namngivning: *Överenskoms efter avtalstecknande*

Krav på informationsinnehåll: *-*

4.5 Tilläggspecifikationer av leverans (HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015, avsnitt 2.4.44)

Övriga krav på leverans (*exempelvis krav på prov- och delleveranser, leveransmedia och katalogstruktur, rådata, visningsverktyg*):

Krav på leveransmedia: *Hårddisk av typen USB 3.0*

Krav på rådata: *Utföraren ska behålla rådata, det vill säga obearbetat bild- och orienteringsdata, i fyra år från insamlingstillfället.*

Krav på visningsverktyg: *Licensfritt visningsverktyg skall medfölja leveransen*

5 Specifikation av genomförande (HMK- Fordonsburen laserdatainsamling 2015, avsnitt 3)

Krav 3a-b HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 gäller
Rekommendation 3c HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015
gäller

Krav 3.1.1a-g HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 gäller

Krav 3.1.2a-f HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 gäller

Krav 3.2a-c HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 gäller

Krav 3.2.1a-f HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 gäller

Krav 3.3.1a-e HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 gäller

Krav 3.3.2a HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 gäller

Krav 3.3.3a-j HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 gäller

Krav 3.3.4a HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 gäller

Krav 3.3.5a-d HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 gäller

Krav 3.3.6a-j HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015 gäller

