Rapport S-2022-3

Nationella specifikationer för storskaliga geodata

LARS HARRIE, LUNDS UNIVERSITET

SMART BUILT ENVIRONMENT

Slutrapport för projektet Nationella specifikationer för storskaliga geodata

Arbetet har genomförts 2022-2024

Lars Harrie[1] (projektledare), Barzan Abdi[2], Maria Andersson[3], Axel Andersson[10], Andreas Berg[4], Anna Bergman[3], Matthew Calvert[5], Emelie Collins[6], Daniel Gardevärn[2], Ulf Hedlund[7], Lars Hägg[3], Eric Jeansson[8], Karl-Magnus Jönsson[9], Johan Larsson-Wallin[10], Thomas Lithén[3], Axel Loreman[2], Lena Moren[3], Robin Nilsson[8], Anneli Norlin[5], Per-Ola Olsson[1], Clas Rosenberg[10], Maria Uggla[5], Maya Österberg[3]

[1] Lunds universitet, institutionen för naturgeografi och ekosystemvetenskap
[2] Malmö stad, stadsbyggnadskontoret
[3] Lantmäteriet, Gävle
[4] WSP/Lantmäteriet
[5] Stockholms stad, stadsbyggnadskontoret
[6] Sweco/Lantmäteriet
[7] Agima/Lantmäteriet
[8] Göteborgs stad, stadsbyggnadskontoret
[9] Kristianstad kommun, stadsbyggnadskontoret
[10] Tyréns

Med stöd från

VINNOVA Sveriges innovationsmyndighet

Energimyndigheten

FORMAS

Strategiska innovations-program

Förord

Smart Built Environment är ett strategiskt innovationsprogram för hur samhälls-byggnadssektorn kan bidra till Sveriges resa mot att bli ett globalt föregångsland som realiserar de nya möjligheter som digitaliseringen för med sig. Smart Built Environment är ett av 17 strategiska innovationsprogram som har fått stöd inom ramen för Strategiska innovationsområden, en gemensam satsning mellan Vinnova, Energimyndigheten och Formas. Syftet med satsningen är att skapa förutsättningar för Sveriges internationella konkurrenskraft och bidra till hållbara lösningar på globala samhällsutmaningar.

Samhällsbyggnadssektorn är Sveriges enskilt största sektor som påverkar hela vår be-byggda miljö, men den är fragmenterad med många aktörer och processer. Att förändra samhällsbyggandet med digitaliseringen som drivkraft kräver därför samverkan mellan många olika aktörer. Smart Built Environment tar ett samlat grepp över de möjligheter som digitaliseringen innebär och blir en katalysator för spridningen av nya möjligheter och affärsmodeller.

Programmets mål är att till 2030 uppnå:

- 40 % minskad miljöpåverkan i ett livscykelperspektiv för nybyggnad och renovering
- 33 % minskning av total tid från planering till färdigställande för nybyggnad och renovering
- 33 % minskning av de totala byggkostnaderna
- flera nya värdekedjor och affärsmodeller baserade på livscykelperspektiv, plattformar samt nya konstellationer av aktörer

I programmet samverkar programparter från näringsliv, kommuner, myndigheter, bransch- och intresseorganisationer, institut och akademi. Tillsammans nyttiggör vi den kunskap som tas fram i programmet.

Nationella specifikationer för storskaliga geodata är ett av projekten som har genomförts i programmet. Det har letts av Lunds universitet och har genomförts i samverkan med Göteborgs stad, Kristianstads kommun, Lantmäteriet, Malmö stad, Stockholms stad och Tyréns.

Projektet har syftat till att: (1) beskriva vilka teman av de Nationella specifikationerna för geodata som bör prioriteras för till exempel klimatanpassning, samt kopplingen mellan dessa teman och kommunernas stadsmodell (digital tvilling), (2) ta fram preliminära Nationella specifikationer för höjdtemat, och (3) praktiskt utvärdera dessa preliminära specifikationer.

Lund, 14 oktober 2024

Sammanfattning

Storskaliga geodata är viktiga för kommunal verksamhet och byggsektorn för planering, byggande och förvaltning av staden. I brist på en nationell standard för storskaliga geodata varierar dessa data mellan olika kommuner. Detta har lett till effektivitetsproblem för de aktörer som verkar över kommungränser, svårigheter att skapa en nationell profil för 3D-stadsmodeller samt att programvaruleverantörer inte på ett effektivt sätt kan utveckla tjänster.

På nationell nivå tas Nationella specifikationer för geodata fram. Detta görs inom ramen för Lantmäteriets regeringsuppdrag Smartare samhällsbyggnadsprocess tillsammans med andra intressenter, till exempel myndigheter och kommuner. Det finns en viktig koppling mellan de Nationella specifikationerna för geodata och 3D stadsmodeller. Det är därför viktigt att utvecklingen av de Nationella specifikationerna för geodata och specifikationer för stadsmodeller samordnas.

Inom ramen av detta projekt har vi tagit fram en prioriteringslista på de Nationella specifikationer som behöver tas fram för storskaliga geodata. Denna prioriteringslista är baserad på workshopar med referensgrupp och interna diskussioner inom projektet.

Projektet har fokuserat på höjdtemat. Utifrån detta val har det genomförts en enkätstudie och en workshop som resulterade i en rekommendation av vilka Nationella specifikationer som bör tas fram inom höjdtemat. Vidare har det genomförts en intervjustudie med syfte att ta fram användarberättelser för hur olika intressentgrupper använder höjddata. Baserat på detta underlag valdes att koncentrera arbetet på att ta fram Nationella specifikationer för: *Punktmoln*, *Brytgeometrier* och *Grid*.

För att kunna validera och verifiera att specifikationerna är användbara för slutanvändare så har vi tagit fram olika testdataset och testfall. Testdataseten tillgängliggjorde vi i den Nationella Geodata Plattformen där vi sedan använde testfallen för att just testa hur väl praktiskt användbara specifikationerna var.

Resultatet av testerna visade att specifikationerna är användbara, men att fortsatt arbete behövs för att slutföra dem till en första officiell version. För att kunna fortsätta arbetet med att utveckla och förbättra specifikationerna så har Lantmäteriet tagit på sig att leda den uppgiften under ramen för Smartare samhällsbyggnadsprocess.

Summary

Large-scale geodata is important for municipal operations and the construction sector for planning, building and managing the city. In the absence of a national standard for large-scale geodata, this data varies between the municipalities. This has led to efficiency problems for the actors who operate across municipal borders, difficulties in creating a national profile for 3D city models and software providers not being able to effectively develop services.

At a national level, National Specifications for geodata are developed. This is done within the government mission Smarter community planning process conducted by Lantmäteriet together with other stakeholders, for example authorities and municipalities. There is an important connection between the National Specifications for geodata and 3D city models. It is therefore important that the development of the National Specifications for geodata and specifications for city models are coordinated.

Within the framework of this project, we have developed a priority list of the National Specifications that need to be developed for large-scale geodata. This priority list is based on workshops with a reference group and internal discussions within the project.

The project has focused on the theme height. Based on this choice, a questionnaire study and a workshop were carried out which resulted in a recommendation of which National Specifications should be specified for the height theme. Furthermore, an interview study was carried out with the aim of producing user stories for how different stakeholder groups use height data. Based on these studies, it was decided to concentrate the work on developing National Specifications for: Point clouds, Break geometries and Grid.

In order to validate and verify that the specifications are useful for end users, we have produced various test datasets and test cases. We made the test dataset available in the National Geodata Platform, where we then used the test cases to test just how practical the specifications were.

The results of the tests showed that the specifications aree appliocable, but that further work is needed to finalize them into a first official version. In order to be able to continue the work on developing and improving the specifications, Lantmäteriet will lead the task under the framework of Smarter community building process.

Begrepp

Begrepp	**Beskrivning**	**Andra begrepp som används synonymt eller liknande**
3CIM	Den informationsmodell över 3D stadsmodeller som projektet 3CIM tagit fram. Modellen är en svensk profil av CityGML.	
Baskarta	Urval av kommunal storskalig geografisk information som används som underlag för t.ex. planering och förvaltning. Används vanligen i 2D.	Primärkarta
BIM	Byggnadsinformationsmodell. Detaljerad 3D modell av en byggnad, bro, etc. Används t.ex. inom projektering.	
Brytgeometrier	En punkt, linje eller yta som beskriver formen av t.ex. en byggnad, marktäcke eller kant i terrängen och indikerar en diskontinuitet i lutning av en yta.	Brytlinje
CityGML	En internationell standard för 3D stadsmodeller framtagen av Open Geospatial Consortium (OGC).	
Digital tvilling (av stad)	Digital tvilling av staden objekt i 3D som representerar stadens fysiska företeelser, befintliga, historiska och planerade, samt realtidsinformation som beskriver det levande i staden, t ex trafik, temperatur, luftkvalitet.	
Fotavtryck (för en byggnad)	Byggnadens (fasad eller takkant) avtryck i 2D (ingen höjd-koordinat).	
GeoTIFF	En metadatastandard som möjliggör georefering av en TIFF-fil (vilket är en öppen standard för rasterdata).	
GRID	Ett raster som t.ex. innehåller ett höjdvärde i varje cell i rastret.	
HMK	Handbok i mät- och kartfrågor.	
Höjdmodell	Övergripande term för olika typer av höjdmodeller, exempelvis markhöjdsmodell och ythöjdsmodell.	Elevation modell, Digital elevation modell, DEM
LAS	Ett format för utbyte och arkivering av punktmolnsdata från främst laserskanning. Det är ett öppet, binärt format specificerat av *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing* (ASPRS)	LAZ är en komprimerad variant av LAS-fil.

LOD	*Level of detail*.	Detaljeringsnivå, Detaljeringsgrad
Markhöjds-modell	Höjdmodell som beskriver markytan utan broar, byggnader, vegetation och andra från markytan uppstickande objekt; vanligen liktydigt med terrängmodell.	Terrängmodell, Digital Terrain Model, DTM, markmodell barmarksmodell,
Nationella geodata-plattformen (NGP)	Plattform som ger åtkomst till nationellt standardiserade grunddata, enligt nationella specifikationer för geodata, via tjänster med applikationsgränssnitt (API)	
Nationella specifikationer för geodata	Enhetliga specifikationer, enligt ett nationellt ramverk för utbyte av geodata, som skapar förutsättningar att arbeta och tillhandahålla geodata på ett likartat sätt.	
OGC	*Open Geospatial Consortium*. Internationellt konsortium för att öka interoperabiliteten för geodata.	
Punktmoln	Stor mängd tredimensionella positioner repesenterade som punkter, vanligen insamlade med laserskanning eller bildmatchning av flygbilder	
Svensk Geoprocess	Ett regeringsuppdrag mellan 2013-16 att utarbeta nationella specifikationer för utbyte av offentlig geodata och påskynda övergången till enhetliga geodetiska referenssystem.	
Terräng-skärningslinje	En höjdsatt linje som representerarskärningslinjen mellan ett 3D objekt (t.ex. en byggnad) och en markhöjdsmodell	Terrängsskärning, Terrain Intersection Curve (TIC)
TIN	*Triangular Irregular Network*. En representation av en kontinuerlig yta som helt består av trianglar.	Triangelnät, Mesh
Ythöjdsmodell	Yta i form av TIN- eller GRID-modeller som beskriver marken och objekt på marken (byggnader, vegetation, etc.)	Surface model, Digital surface modell, DSM, Mesh, Ytmodell

Innehållsförteckning

1 BAKGRUND, SYFTE OCH MÅL 13
1.1 BAKGRUND 13
1.2 SYFTE 14
1.3 MÅL 14
1.4 AVGRÄNSNINGAR 14
1.5 MÅLGRUPP 14

2 GENOMFÖRANDE 15
2.1 PROJEKTORGANISATION 15
2.1.1 STYRGRUPP 15
2.1.2 SAMORDNINGSGRUPP 15
2.1.3 REFERENSGRUPP 15
2.2 INFORMATIONSSPRIDNING OCH LEVERANSER 15
2.2.1 INFORMATIONSSPRIDNING 15
2.2.2 LEVERANSER 16
2.3 PROJEKTGENOMFÖRANDE 16
2.4 EKONOMISKT RESULTAT 16

3 OMVÄRLD 17
3.1 INTEROPERABILITET FÖR GEODATA 17
3.2 NATIONELLA SPECIFIKATIONER FÖR GEODATA 18
3.3 SPECIFIKATIONER INOM HÖJDTEMAT 19
3.3.1 GENERELLA STANDARDER FÖR PUNKTMOLN, GRID OCH TIN 19
3.3.2 SPECIFIKATIONER INOM SVENSK GEOPROCESS 19
3.3.3 SPECIFIKATIONER MED HJÄLP AV HMK 20
3.3.4 KOMMUNALA SPECIFIKATIONER AV HÖJDDATA 22
3.3.5 NÅGRA EXEMPEL FRÅN OMVÄRLDEN 22
3.4 NÅGRA HÖJDDATA I SVERIGE 24
3.4.1 NATIONELLA HÖJDDATA 24
3.4.2 KOMMUNALA HÖJDDATA 26
3.4.3 HÖJDDATA INOM PROJEKTERING I INFRASTRUKTURPROJEKT 27
3.5 HÖJDDATA I 3D STADSMODELLER 27

3.5.1 3D-STADSMODELLER I CITYGML OCH 3CIM 27
3.5.2 CITYGML-TEMAT RELIEF 29
3.5.3 LAGRING AV HÖJDER I ANDRA CITYGML-TEMAN 30
3.5.4 TERRÄNGSKÄRNINGSLINJER 30
3.5.5 DETALJERINGSNIVÅER FÖR HÖJDMODELLER I CITYGML 31
3.5.6 SLUTSATSER FRÅN 3CIM-PROJEKTET ANGÅENDE HÖJDMODELLER 32

4 VAL AV TEMA FÖR PROJEKTET 33

5 PRIORITERINGSLISTA FÖR NATIONELLA SPECIFIKATIONER FÖR STORSKALIGA GEODATA 36

6 ANVÄNDARBERÄTTELSER OM HÖJDDATA 39
6.1 ARBETSPROCESS 39
6.2 RESULTAT 39
6.2.1 EXEMPEL PÅ ANVÄNDARBERÄTTELSER 39
6.2.2 EXEMPEL PÅ INFORMATIONSKRAV 40
6.2.3 EXEMPEL PÅ EFFEKTER SOM INTRESSENTERNA SER 40

7 VAL AV NATIONELLA SPECIFIKATIONER FÖR HÖJDTEMAT 41
7.1 BAKGRUND 41
7.2 WEBBENKÄT 41
7.3 ANALYS AV INKOMNA SVAR I WEBBENKÄTEN 42
7.3.1 ANVÄNDNINGSOMRÅDEN 42
7.3.2 DATAKÄLLOR 43
7.3.3 DATAFÖRÄDLING 44
7.3.4 HÖJDMODELLSTYPER 44
7.3.5 DATASTRUKTUR 45
7.3.6 DETALJERINGSGRAD 46
7.3.7 VIKTIGHET OCH RANGORDNING AV DETALJERINGSGRAD, FÖREKOMST AV PLANA YTOR OCH HÖG PRESTANDA 47
7.3.8 SLUTSATSER FRÅN ENKÄTEN 48
7.4 REFERENSGRUPPSMÖTE 48
7.4.1 DISKUSSIONSFRÅGOR 48

TEMA 1: NATIONELLA SPECIFIKATIONER – BEHOV AV NATIONELLA SPECIFIKATIONER FÖR HÖJDDATA OCH ÖNSKAT INFORMATIONSINNEHÅLL? 48
TEMA 2: VAD SER NI ATT NATIONELLA SPECIFIKATIONER BEHÖVER TÄCKA? 48
TEMA 3: ARBETSSÄTT – ERT ARBETE MED HÖJDDATA IDAG OCH FRAMÖVER (1 – 5 ÅRS SIKT)? 49
7.5 SAMMANSTÄLLNING AV GRUPPDISKUSSIONERNA VID REFERENSGRUPPMÖTET 49
7.5.1 INPUT MED BÄRING PÅ UTFORMNING AV DE NATIONELLA SPECIFIKATIONERNA 49
7.5.2 INPUT MED BÄRING PÅ UTVECKLING AV DEN NATIONELLA GEODATAPLATTFORMEN (NGP) ELLER PROGRAMVARA FÖR HANTERING AV HÖJDDATA 52
7.5.3 ÖVRIGT – FRÅGOR, FÖRSLAG ELLER ANNAT ATT TA MED TILL FRAMTIDA ARBETE 52
7.6 BESLUT OM VILKA NATIONELLA SPECIFIKATIONER SOM SKA TAS FRAM INOM PROJEKTET 54

8 PRELIMINÄRA NATIONELLA SPECIFIKATIONER FÖR PUNKTMOLN, BRYTGEOMETRIER OCH GRID 56
8.1 NATIONELLA SPECIFIKATIONER FÖR GEODATA 56
8.2 INFORMATIONSSPECIFIKATION PUNKTMOLN 58
8.3 INFORMATIONSSPECIFIKATION GRID 58
8.4 INFORMATIONSSPECIFIKATION BRYTGEOMETRIER 59
8.5 KOMMENTARER FRÅN REFERENSGRUPPSMÖTEN 60

9 TESTDATA OCH VERIFIKATIONER 62
9.1 PUNKTMOLN FRÅN NATIONELL FLYGBUREN LASERSKANNING 62
9.1.1 METOD OCH TESTDATA 62
9.1.2 RESULTAT FÖR UPPLADDNING I NATIONELL GEODATAPLATTFORM 63
9.2 PUNKTMOLN FRÅN KOMMUNAL FLYGBUREN LASERSKANNING 64
9.2.1 METOD OCH TESTDATA 64
9.2.2 RESULTAT FÖR UPPLADDNING I NATIONELL GEODATAPLATTFORM 65
9.3 PUNKTMOLN FRÅN HANDBUREN LASERSKANNING 66
9.3.1 METOD OCH TESTDATA 66

9.3.2 RESULTAT FÖR UPPLADDNING I NATIONELL GEODATAPLATTFORM 66
9.4 BRYTGEOMETRIER 66
9.4.1 METOD OCH TESTDATA 66
9.4.2 RESULTAT FÖR UPPLADDNING I NATIONELL GEODATAPLATTFORM 67
PÅ GRUND AV TIDSBRIST HAR DENNA DATAMÄNGD INTE KUNNAT LADDAS UPP I NATIONELLA GEODATAPLATTFORMEN UTAN DET FÅR BLI NÅGOT SOM LANTMÄTERIET FÅR FÅNGA UPP I DET FORTSATTA ARBETET SOM FÖLJER EFTER DETTA PROJEKTS AVSLUT. 67
9.5 GRID 67
9.5.1 METOD OCH TESTDATA 67
9.5.2 RESULTAT FÖR UPPLADDNING I NATIONELL GEODATAPLATTFORM 68
9.6 KONSUMENTPERSPEKTIVET – SÖKNING OCH NEDLADDNING 69
9.7 SKAPANDE AV TIN UTIFRÅN NS PUNKTMOLN OCH NS BRYTGEOMETRIER 70
9.7.1 METOD OCH TESTDATA 70
9.7.2 KVALITETSSTUDIER 71
9.8 TRANSFORMATION FRÅN NATIONELLA SPECIFIKATIONER TILL CITYGML/3CIM 74

10 DISKUSSION OCH FORTSATT ARBETE 76
10.1 FORTSATT ARBETE MED ATT TA FRAM NATIONELLA SPECIFIKATIONER FÖR STORSKALIGA GEODATA 76
10.2 FORTSATT ARBETE FÖR ATT TA FRAM NATIONELLA SPECIFIKATIONER FÖR HÖJDTEMAT 76
10.3 SPECIFIKATION AV DETALJERINGSNIVÅER FÖR HÖJDMODELLER 77
10.4 KOPPLING MELLAN NATIONELLA SPECIFIKATIONER FÖR GEODATA OCH 3D STADSMODELLER (CITYGML/3CIM) 77
10.5 UTVECKLING AV KONSUMTIONSANVÄNDNING I QGIS 78

11 SLUTSATSER 79

12 REFERENSER 80

APPENDIX A – DELTAGARE I STYRGRUPPEN 82

APPENDIX B – DELTAGARE I REFERENSGRUPPEN 83

APPENDIX C – PRIORITERINGSLISTA FÖR KOMMUNALA BEHOV AV NATIONELLA SPECIFIKATIONER AV STORSKALIGA GEODATA 84

APPENDIX D – ANVÄNDARBERÄTTELSER FÖR HÖJDDATA OFFENTLIG SEKTOR (EJ KOMMUN) 91

1 Bakgrund, syfte och mål

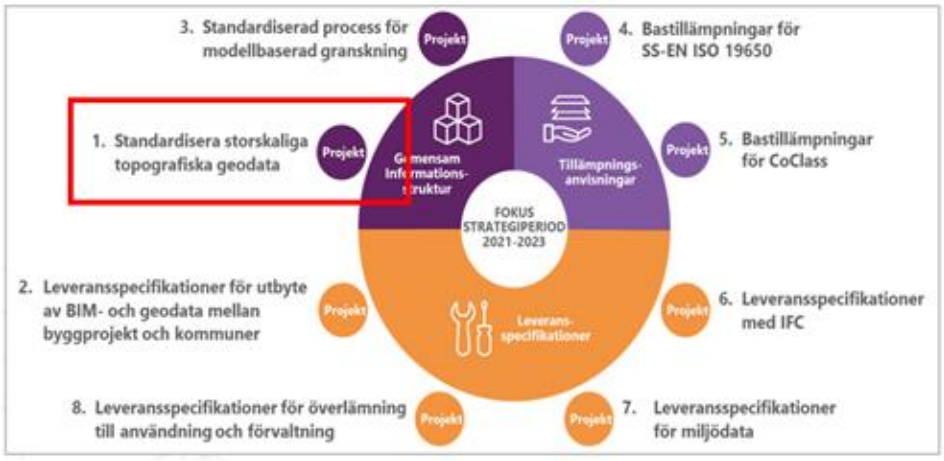
1.1 Bakgrund

Storskaliga geodata är viktiga för kommunal verksamhet och byggsektorn för planering, byggande och förvaltning av staden. I brist på en nationell standard för storskaliga geodata varierar dessa data mellan olika kommuner. Detta har lett till effektivitetsproblem för de aktörer som verkar över kommungränser, svårigheter att skapa en nationell profil för 3D-stadsmodeller samt att programvaruleverantörer inte på ett effektivt sätt kan utveckla tjänster.

På nationell nivå tas Nationella specifikationer för geodata fram. Detta görs inom ramen för Lantmäteriets regeringsuppdrag Smartare samhällsbyggnadsprocess tillsammans med andra intressenter, till exempel myndigheter och kommuner.

Det finns en viktig koppling mellan de Nationella specifikationerna för geodata och 3D stadsmodeller, där de förstnämnda kommer lägga grunden för en framtida nationell digitala tvilling och de senare kommer att lägga grunden för framtida digitala tvillingar över urbana miljöer. Det är därför viktigt att utvecklingen av de Nationella specifikationerna för geodata och specifikationer för stadsmodeller sker parallellt.

Vikten av att standardisera storskaliga geodata diskuterades inom projektet *Nationell standardiseringsstrategi för digital samhällsbyggnadsinformation*[11]. Baserat på flera workshops tog standardiseringsstrategiprojektet fram en rekommendation om vilka nya projekt som borde genomföras inom en närtid (Figur 1.1). Det rödmarkerade projekt utvecklades senare till detta projekt: *Nationella specifikationer för storskaliga geodata.* Med storskaliga geodata menas detaljerade geodata som tas fram företrädelsevis av kommuner, och utgör en viktig del i t.ex. bas- och primärkartor.



Figur 1.1: Projekt föreslagna av projektet *Nationell standardiseringsstrategi för digital samhällsbyggnadsinformation.*

[11] https://www.smartbuilt.se/projekt/informationsinfrastruktur/nationell-standardiseringsstrategi/

1.2 Syfte

Målet på lång sikt är att Nationella specifikationer för geodata ska stödja kommunernas (och indirekt byggsektorns) alla behov. Att uppnå detta mål kräver ett omfattande arbete under lång tid. Detta projekt bidrar till detta långsiktiga arbete genom tre specifika målsättningar:

1. Identifiering av vilka teman av de Nationella specifikationerna för storskaliga geodata som bör prioriteras för t.ex. klimatanpassning, samt kopplingen mellan dessa teman och kommunernas stadsmodell (digital tvilling).

2. Ta fram preliminära Nationella specifikationerna för geodata för höjdteman.

3. Praktiskt utvärdera specifikationerna av de Nationella specifikationerna för höjdtemat i deras utvecklingsskede. Utvärderingen ska leda fram till rekommendationer om hur de preliminära Nationella specifikationerna ska utvecklas.

1.3 Mål

Projektet förväntas bidra med följande leveranser:

1) En prioriteringslista för Nationella specifikationerna för geodata för teman relaterade till storskaliga kommunala data.
2) Preliminära versioner av de Nationella specifikationerna för höjdtemat och tillhörande mätningsanvisningar.
3) Resultat från praktisk utvärdering av dessa preliminära Nationella specifikationer.
4) Testskript som använts i utvärderingen tillhandahålls som öppen källkod.

1.4 Avgränsningar

Projektet tar endast fram Nationella specifikationer för höjdtemat. Dessa specifikationer kommer endast att vara preliminära vid projektslut, dvs. de kommer inte att ha beslutat status som Nationella specifikationer.

1.5 Målgrupp

Målgrupp för projektets resultat är alla som arbetar med höjddata inom t.ex. kommunal sektor eller byggsektorn, samt alla som behöver höjddata för t.ex. klimat- och miljöanalyser.

2 Genomförande

Projektet startades upp hösten 2022, efter beviljan om delfinansiering av Formas genom Smart Built Environment. Det inledande arbetet inkluderade att formera arbetsgrupper, samordningsgruppen, referensgruppen och styrgruppen samt formulera aktiviteterna och fastställa projektplanen.

2.1 Projektorganisation

2.1.1 Styrgrupp

Projektets styrgrupp har bestått av en representant för varje part i projektet. Styrgruppen har letts av Malin Klintborg, Lantmäteriet (övriga medlemmar listas i Appendix A). Styrgruppsmöten har haft ca ett möte per halvår, totalt fem möten.

2.1.2 Samordningsgrupp

Samordningsgruppen bestod av projektledare och en representant från varje part i projektet. Gruppen har haft projektsamordningsmöten varannan vecka för att följa upp arbetet och projektplanering.

2.1.3 Referensgrupp

Referensgruppen har bestått av drygt tjugo personer från statliga myndigheter, kommunala verksamheter, privata företag, universitet och tekniska konsulter (se Appendix B).

Det hölls fem stycken referensgruppsmöten med följande inriktningar:

2022-12-14: Val av teman för de Nationella specifikationerna i projekt.
2023-05-22: Vilka behov finns det för Nationella specifikationer för höjdtemat?
2023-06-07: Prioriteringslista för Nationella specifikationer för storskaliga geodata.
2023-12-12: Diskussion kring version 0.1 av specifikationer för punktmoln, brytgeometrier och GRID.
2024-06-14: Diskussion kring preliminära versioner av specifikationer för punktmoln, brytgeometrier och GRID.

Flera i referensgruppen svarade också på en webbenkät och/eller ingick i en workshop om val av specifikationer för höjdtemat (se kapitel 7).

2.2 Informationsspridning och leveranser

2.2.1 Informationsspridning

Förutom kommunikation med referensgruppen vid olika delleveranser har projektet medverkat vid olika mässor och seminarier, som t.ex. Kartdagarna och Smartare

samhällsbyggnads informationsmöte. Information och länkar till projektresultat har spridits via projektsidan på Smart Built Environments webbplats[12].

Delar av resultatet från detta projekt, tillsammans med studier om marktäcke och 3D-stadsmodeller kommer att publiceras i en vetenskaplig artikel.

2.2.2 Leveranser

Projektet har levererat följande leveranser:

- prioriteringslista för framtagande av Nationella specifikationer för storskaliga geodata.
- utvärdering av användarbehov av höjdinformation
- preliminära versioner av Nationella specifikationer för punkmoln, brytgeometrier och GRID
- testdata enligt de preliminära Nationella specifikationerna.

2.3 Projektgenomförande

Projektet har genomfört fem uppgifter, vilka beskrivs i detalj i kapitel 4-8:

1) Val av tema för projektet (okt. 2022-jan. 2023)
2) Framtagande av prioriteringslista för Nationella specifikationer för storskaliga geodata (jan.-juni 2023)
3) Användarberättelser om höjddata (okt.-dec. 2023)
4) Val av Nationella specifikationer för höjdtemat (jan.-juni 2023)
5) Framtagande av preliminära Nationella specifikationer för punktmoln, brytgeometrier och GRID. (aug. 2023 – juni 2024)
6) Framtagande och verifikation av testdata enligt preliminära Nationella specifikationer för punktmoln, brytgeometrier och GRID. (nov. 2023 – september 2024)

2.4 Ekonomiskt resultat

Projektet hade en planerad budget på 2,5Mkr, där finansiering från Formas stod för 1,0 Mkr (40%). Den största kostnadsposten är arbetstiden för egen personal (personalkostnad + indirekta kostnader).

Projektparternas egenfinansiering har till största del bestått av egen arbetstid.

Kostnaderna för konsulttjänster landade på ca 600 000 kr.

[12] https://www.smartbuilt.se/projekt/informationsinfrastruktur/nationella-geodata/

3 Omvärld

3.1 Interoperabilitet för geodata

Interoperabilitet för geodata kan delas in i semantisk och teknisk interoperabilitet. För att öka den tekniska interoperabiliteten har flera tekniska specifikationer tagits fram av t.ex. *Open Geospatial Consortium* (OGC)[13], ofta baserade på generella teknikstandarder (från t.ex. W3C[14]). Arbete med att öka den semantiska interoperabiliteten bedrivs på europanivå inom t.ex. Inspire[15], där informations-modeller tagits fram för många teman.

Detta projekt behandlar främst semantisk interoperabilitet för storskaliga geodata. Situationen idag är att kommunerna har olika informationsmodeller (delvis beroende på systemleverantör) som ligger till grund för deras kommunala geodata. Detta gör att aktörer som verkar i flera kommuner (byggbolag, infrastrukturaktörer, energibolag, etc.) måste lokalt anpassa sig till den information som kommunerna erbjuder. Dessutom påverkar de olika informationsmodellerna också möjligheter att harmonisera informationsklassificeringen av (kombinationen av) geodata mellan kommuner. Vidare är i många fall informationsmodellerna inte anpassade till 3D-data utan för mer traditionella kartografiska produkter, vilket gör det svårare att hantera i analys-/simuleringsverktyg samt kombinera geodata med BIM-data.

Det är främst ca 10 datateman har en koppling till de kommunala storskaliga geodata (se till exempel slutrapport från projektet Leveransspecifikationer Geodata-BIM[16]):

1. markhöjdsmodell (digital terrängmodell, DTM)
2. (yt-)vatten
3. vegetation
4. transport (väg, järnväg, hamn/farleder, flygplats)
5. byggnader
6. broar
7. tunnlar
8. markdetaljer (till exempel stödmur, stolpe, stenblock)
9. markanvändning.

På sikt är det viktigt att det finns Nationella specifikationer för alla dessa teman för att få en tillfredställande semantisk interoperabilitet för storskaliga geodata.

[13] https://www.ogc.org/
[14] https://www.w3.org/
[15] https://knowledge-base.inspire.ec.europa.eu/index_en
[16] https://www.smartbuilt.se/projekt/informationsinfrastruktur/leveransspecifikationer/

3.2 Nationella specifikationer för geodata

Lantmäteriet i samarbete med Boverket, andra statliga myndigheter och regioner/kommuner arbetar med att standardisera geodata på nationell nivå för att underlätta datautbyte av geodata mellan olika aktörer. Detta arbete inbegriper att ta fram ett *Nationellt ramverk för utbyte av geodata,* även kallat *arkitekturramverket*, (innehåller t.ex. vilka geometrier som ska tillåtas och hur man beskriver metadata) och att skapa *Nationella specifikationer för geodata* för olika geodatateman (t.ex. detlajplan och byggnader)[17] baserat på detta ramverk. Arbetet med att ta fram Nationella specifikationer för geodata utförs till stor del inom projektet Smartare Samhällsbyggnadsprocess.[18] Planen är att det ska tas fram specifikationer för ca 150 teman avseende geodata som är viktiga för samhällsbyggnadsprocessen omfattande informationsområdena topografi, fastighet, mark- och vattenregleringar, miljöinformation, kulturmiljöinformation, geologi, geoteknik, riskkarteringar, lägesbunden statistik etc. De storskaliga geodata utgör en delmängd av alla dessa informationsområden.

För att producenter av grunddata ska kunna tillgängliggöra sina värdefulla datamängder till användare och konsumenter i den Nationella geodataplattformen (NGP) så krävs det först att det finns Nationella specifikationerna framtagna. För utan dessa specifikationer som slår fast hur datat ska lagras och spridas via maskin- till maskingränssnitt så skulle det inte med enkelhet gå att dela data mellan organisationer och användare via en och samma Nationella plattform.

I dagsläget (juli 2024) finns det två antagna Nationella specifikationer för geodata: *detaljplan* och *byggnad* [19]. Arbete pågår med flera andra teman. Utkast till specifkationer för storskaliga geodata (baserade på det tidigare projekt Svensk geoprocess) finns bland annat för: (1) Höjd och djup, (2) Markdetaljer och marklinjer, (3) Övrig väg, (4) Markanvändning, och (5) Marktäcke. Dessa utkast till specifikationer behöver uppdateras så att de följer arkitekturramverket som ställer krav på bättre geometrihantering. Dessutom behöver kodlistor införas för flera attribut (i stället för fritext) och temaindelningen bör ses över. Vidare behöver tillhörande mätningsanvisningar uppdateras (som mer i detalj beskriver hur objekten ska representeras geometrisk och ge instruktioner för inmätning av objekt med terrestra metoder, fotogrammetri, etc.).

De Nationella specifikationerna för geodata ställer krav på semantisk interoperabilitet (vilken data som ska lagras och överföras), men även på teknisk interoperabilitet (t.ex. vilka dataformat som ska användas vid överföringar).

[17] https://www.lantmateriet.se/sv/nationella-geodataplattformen/datamangder/specifikationer-och-vagledningar/
[18] https://www.lantmateriet.se/sv/om-lantmateriet/Samverkan-med-andra/projekt-smartare-samhallsbyggnadsprocess/
[19] https://www.lantmateriet.se/sv/nationella-geodataplattformen/datamangder/

3.3 Specifikationer inom höjdtemat

3.3.1 Generella standarder för punktmoln, GRID och TIN

Den vanligaste lagringsstrukturen för punkmoln är LAS-filer[20], vilket är en öppen standard för binär lagring av 3D punktdata. LAS-filer ger möjlighet till att lagra metadata i filhuvudet (t.ex. antal punkter) och klassificering av punkterna (t.ex. om det är en markpunkt). I många sammanhang vill man dessutom lagra mer metadata tillsammans med punktmolnet, som ger extra information om hur punktmolnet har samlats in. Det finns möjlighet att addera viss sådan information i själva LAS-filen, men det går även att lagra det i en extern fil. Det finns ingen vedertagen internationell standard för vilka metadata som ska användas, och hur den ska struktureras. Det finns dock krav från enskilda upphandlare av punktmoln. En ofta använd specifikation för metadata kommer från *United States Geological Survey* (USGS)[21].

Det finns flera öppna format för lagring av höjddata i form av ett GRID. Ett vanligt format är GeoTIFF, vilket är en TIFF-fil som innehåller kompletterande metadata för georeferering. GRID lagras i textbaserade format (ibland benämt ASCII) och i t.ex. CSV-filer. Denna typ av filer innehåller inte i sig plats för metadata om höjddata, utan detta måste lagras i separata filer.

Det finns ingen öppen vedertagen standard för TIN-modeller (iaf ingen som är känd för projektgruppen). I de fall TIN-modeller delas mellan aktörer används främst proprietära format.

Inom stadsmodellsstandarden CityGML finns det möjlighet att lagra såväl punktmoln, GRID och TIN i gml-format, se 3.5.2 nedan.

3.3.2 Specifikationer inom Svensk Geoprocess

Svensk geoprocess baserades på ett regeringsuppdrag till Lantmäteriet. Uppdraget var att i samråd med dåvarande Sveriges kommuner och Landsting (SKL) (nuvarande SKR) m fl utarbeta nationella specifikationer för utbyte av offentliga geodata och påskynda övergången hos olika offentliga aktörer till det nationella geodetiska referenssystemet. Uppdraget genomfördes som ett projekt mellan 2011-2016.

Bland de geodataspecifikationer som togs fram fanns *Höjd och Djup*. Specifikationerna användes aldrig utan togs över av projektet Smartare samhällsbyggnadsprocess och dess Nationella specifikationer för geodata för den Nationella geodataplattformen. Ombearbetning av specifikationerna påbörjades men slutfördes inte.

I arbetet med Svensk geoprocess togs även *Mätningsanvisningar* fram som omfattade vissa geodatateman, dock inte höjddata. Dessa mätningsanvisningar används idag av

[20] https://www.asprs.org/divisions-committees/lidar-division/laser-las-file-format-exchange-activities
[21] https://www.usgs.gov/ngp-standards-and-specifications/lidar-base-specification-online

vissa kommuner och även som en del av handboken HMK-Digital grundkarta 2021[22] som togs fram av projektet Smartare samhällsbyggnadsprocess. Slutligen gjordes även processkartläggning för varje geodatatema. Specifikationsutkasten, mätningsanvisningarna och processbeskrivningarna finns publicerade på Nationella geodataplattformens hemsida[23].

3.3.3 Specifikationer med hjälp av HMK

Syftet med HMK (Handbok i mät- och kartfrågor) är att i form av handböcker på internet bidra till en effektiv hantering av mät- och kartfrågor i landet.

HMK behandlar upprättande av teknisk specifikation för upphandling av olika geodata samt hur det tas fram, kontrolleras och dokumenteras. HMK kan också användas som stöd vid egen produktion. Dokumenten stödjer:

- Upprättande av en teknisk specifikation för ett uppdrag
- Genomförande av ett uppdrag
- Kontroll av leveransen.

För att stödja geodatainsamling för flera principiella användningsområden används begreppet HMK-standardnivå. HMK-standardnivå definieras som ”rekommendationer för beställarens val av metod och parametrar vid geodatainsamling för visst användningsområde”. Det sker för följande HMK-Standardnivåer:

1. Nationell/regional mätning och kartläggning för översiktlig planering och dokumentation
2. Mätning och kartläggning av tätort för kommunal detaljplanering och dokumentation
3. Projektinriktad mätning och kartläggning för projektering och byggande.

För beställarens upprättande av tekniska specifikationer ges rekommendationer för de olika nivåerna i form av löpande text och tabeller etc., se Figur 3.1. Specifikationer kan även helt eller delvis bestå av hänvisningar till en eller flera befintliga dataproduktspecifikationer enligt SS-EN ISO 19 131 (exempelvis Nationell specifikationer för höjddata när sådana finns). Genomförandet är kravställt utifrån bl a den specifikation som tagits fram och vilken standardnivå som beställts.

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

[22] www.lantmateriet.se/hmk
[23] https://www.lantmateriet.se/sv/nationella-geodataplattformen/datamangder/tidigare-specifikationsarbete/

Parametrar	HMK-standardnivå 1	HMK-standardnivå 2	HMK-standardnivå 3
Höjdmodell från flygburen laserskanning			
Detaljeringsgrad, punkttäthet i punktmoln (punkter /m²) *I)*	1–4	4–16	16–64
Standardosäkerhet, ideala förhållanden; Plan/Höjd (m) *I)*	0,30/0,10	0,15/0,05	0,05/0,03
Standardosäkerhet, blandade förhållanden; Höjd (m) *II)*	0,1–0,3	0,05–0,15	0,03–0,08
Höjdmodellstyp	Markhöjdmodell och/eller ythöjdmodell, se avsnitt 2.3.5		
Höjdmodell från flygbilder (bildmatchning)			
Detaljeringsgrad, punktavstånd i punktmoln (m) *III)*	0,25–0,50	0,12–0,25	0,06–0,12
Standardosäkerhet, ideala förhållanden; Plan/Höjd (m) *IV)*	0,12/0,18	0,06/0,09	0,03/0,05
Standardosäkerhet, blandade förhållanden; Höjd (m) *II)*	0,18–0,54	0,09–0,27	0,05–0,15
Höjdmodellstyp	Ythöjdmodell, se avsnitt 2.3.5		
Övrigt			
Detaljeringsgrad, vanlig geometrisk upplösning i grid (m) *V)*	0,5–1,0	0,25–0,50	0,10–0,25
Detaljeringsgrad, vanlig ekvidistans i höjdkurvor (m) *V)*	0,5–1,0	0,25–0,50	0,10–0,25
Datastruktur *VI)*	- Grid - Punktmoln + brytlinjer	- Grid - Punktmoln + brytlinjer	- TIN - Punktmoln + brytlinjer
Vanlig presentationsskala i kartografiska produkter	1:10 000	1:2 000	1:400

Figur 3.1: Exempel på tabell i HMK-Höjdmodell med rekommendationer för olika HMK-standardnivåer

3.3.4 Kommunala specifikationer av höjddata

Vid kommunal beställning av höjddata i form av punktmoln och GRID används vanligen HMK-dokumenten Flygburen laserskanning[24], Fordonsburen laserskanning, Terrester laserskanning och Höjdmodell[25] som stöd för specifikationerna.

HMK innehåller rekommendationer om vad som ska kravställas i form av exempelvis intervall för punkttäthet för olika standardnivåer, vilka brytgeometrier som kan vara aktuella. HMK ger inte exakta värden och därmed ser de faktiska specifikationerna lite olika ut från kommun till kommun. De har bl.a. anpassats till de egna behoven och vilken systemmiljö kommunen har för att bearbeta, lagra och använda höjddata.

3.3.5 Några exempel från omvärlden

I Norge finns *Produktspesifikasjon: Punktsky 1.0.3* som behandlar krav och leverans för punktmoln framtagna med olika metoder. Den innehåller tabeller för olika tillämpningar på liknande sätt som HMK, se figur 3.2 och 3.3. En skillnad jämfört med HMK är att kvalitetsparametrar och klassning definierats som minimikrav för Kategorierna A-C (ungefärligen motsvarande HMK-standardnivåerna 1-3) och att egendefinierade varianter återfinns i en särskild kategori kallad Kategori E.

Kategorier	Høy	Middels	Minimum	Egendefinert
Beskrivelse	Detaljkartlegging	Prosjektering	NDH	Diverse
ID	A	B	C	E
Minimum Tetthet	Høyere enn 10	5 til 10	2 til 5	Egendefinert
Kartbladinndeling	1 : 500	1 : 1000	1 : 1000	-
Fullstendighet	80% (2x2 innenfor 10x10)	95% (10x10) innenfor prosjekt	95% (10x10) innenfor prosjekt	-
Feilklassifisering	2%	2%	2%	-
Feilklassifisering - 'Objekt'	2%	2%	2%	-
Antall bakkepunkt referanseflater	80%	80%	80%	-

Figur 3.2: Exempel på generella krav för olika kategorier (av användningsområden)

[24] https://www.lantmateriet.se/globalassets/om-lantmateriet/var-samverkan-med-andra/hmk/handbocker/hmk_flygburen_laserskanning_2017.pdf
[25] https://www.lantmateriet.se/globalassets/om-lantmateriet/var-samverkan-med-andra/hmk/handbocker/hmk_hojdmodell_2023.pdf

Kategorier		Høy	Middels	Minimum	Egendefinert
Kategori ID		Psky_1_ALS_A	Psky_1_ALS_B	Psky_1_ALS_C	Psky_1_ALS_E
Vertikal Nøyaktighet	Standardavvik (1 sigma)	0,03	0,04	0,04	Egendefinert
Vertikal Nøyaktighet	Systematisk	0,05	0,10	0,10	Egendefinert
Horisontal Nøyaktighet	Standardavvik (1 sigma)	0,05	0,10	0,20	Egendefinert
Horisontal Nøyaktighet	Systematisk	0,15	0,30	0,30	Egendefinert
Maksimum Punktavstand		0,32	0,45	0,70	Egendefinert
Maksimum Fotavtrykk	(1/e2)	0,25	0,5	0,75	Egendefinert
Maksimum Skannevinkel	pluss / minus	20	20	20	Egendefinert
Obligatoriske Klasser		1+2+7+17+21	1+2+7+17+21	1+2+7+17+21	1+7
NHM Oppdateres		Ja	Ja	Ja	Nei

Figur 3.3: Exempel på krav för laserskanning för olika kategorier (av användningsområden)

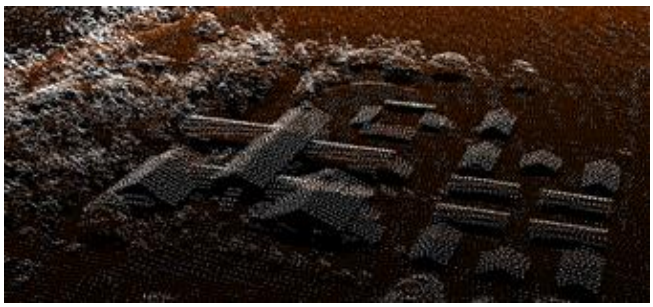
Alla som levererar lidar data (punkmoln) till amerikanska federala myndigheter måste följa specifikationen *Lidar Base Specification*[26]. Denna specifikation innehåller uppgifter om vilka metadata som måste inkluderas i punktmolndsfilen (las), hur olika objekt (t.ex. broar) ska modelleras, etc.

[26] https://www.usgs.gov/ngp-standards-and-specifications/lidar-base-specification-online

3.4 Några höjddata i Sverige

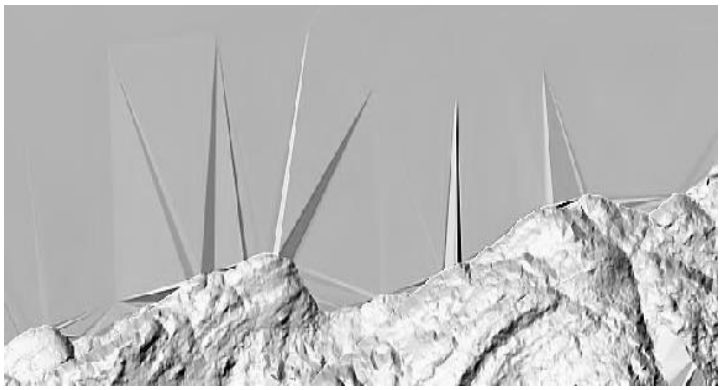
3.4.1 Nationella höjddata

Nationella höjddata har kontinuerligt samlats in med hjälp av flygburen laserskanning sedan 2009 av först Lantmäteriet för att upprätta den nationella höjdmodellen och sedan av Skogsstyrelsen och Lantmäteriet för att tillgodose Skogsstyrelsens behov av uppdaterade laserdata över landets skogsmarker. Denna flygburna laserskanning sker för det mesta från högre flyghöjd än de lokala kommunala insamlingarna och har oftast en lägre punkttäthet. Punktmolnsdatat genomgår olika nivåer av klassificeringar där exempelvis mark- och ytvattenpunkter lokaliseras och klassas med både automatiska och manuella metoder (jfr figur 3.4).



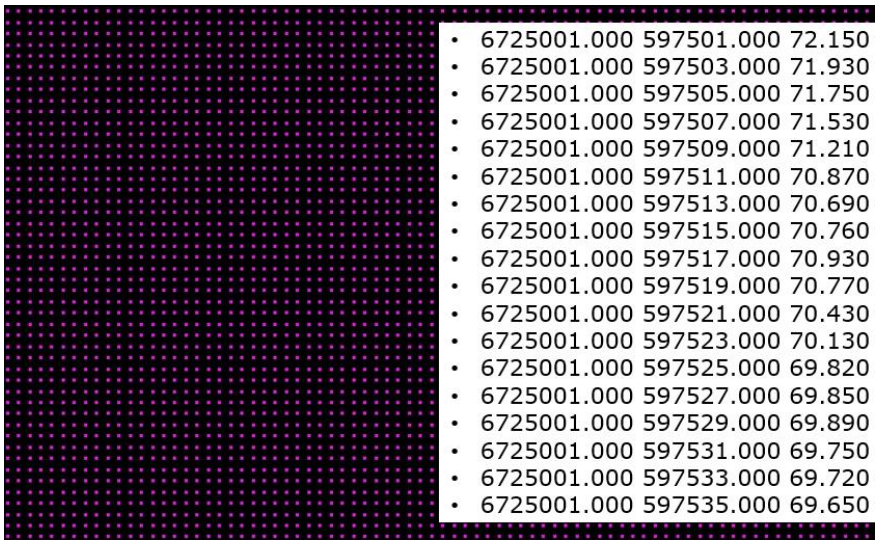
Figur 3.4: Ett klassificerat laserpunktmoln där orangea punkter representerar markytan och där vita punkter representerar hustak och vegetation.

Vidare utförs även manuell klassning av broar och dammar för att ytterligare säkerställa en så korrekt återgivning av markytan som möjligt. Egengenererade brytgeometrier används också kring sjöar och vattendrag för att säkerställa att inga artefakter likt stora trianglar uppstår vid de positioner på vatten där laserskanningen inte gett några träffar och där istället hål har uppstått (se figur 3.5).



Figur 3.5: Trianglar i en markhöjdsmodell till följd av håligheter på grund av avsaknad av träffar på vattenytan under laserskanningen.

Från de markklassade laserpunkterna och med hjälp av brytgeometrierna kring sjöar och vattendrag skapas sedan en markhöjdsmodell i GRID-format utan håligheter. Olika typer av behov kräver olika typer av markhöjdsmodeller. Den markhöjdsmodell som Lantmäteriet tillhandahåller till sina kunder har exempelvis kvar broar, detta för att enklare kunna användas vid översvämningskartering. Men vid framställning av ortofoton så är det mer önskvärt att broarnas höjder inte är med i markhöjdsmodellen då det istället kan skapa visuella artefakter. Därför används en annan markhöjdsmodell när Lantmäteriets Bild- och Höjddatafunktion framställer sina ortofoton till kunderna. Exempel på markhöjdsmodell ges i figur 3.6.



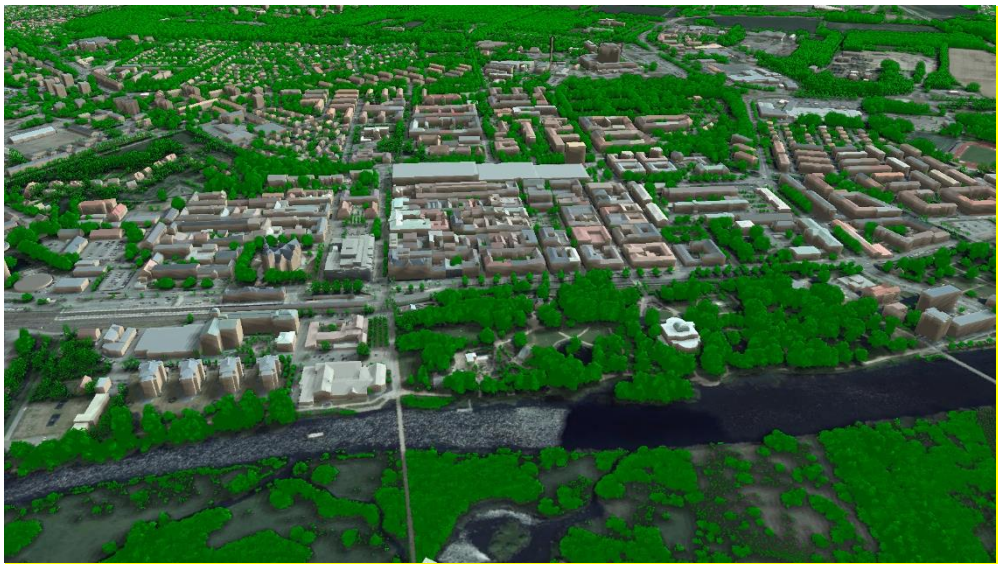
Figur 3.6: En markhöjdsmodell i GRID-format, dels som rosa punkter ett regelbundet ordnat rutnät och dels som punktlista bestående av *N, E, h*-koordinater (i Sweref 99 TM respektive RH 2000).

3.4.2 Kommunala höjddata

Inom kommunerna finns flera källor till höjddata. Via Geodatasamverkan erbjuds laserpunktmoln och markhöjdsmodell i GRID med nationell täckning. Över främst tätorterna görs vid behov egna inköp av mer högupplöst laserskanning som levereras som både GRID och detaljklassificerat punktmoln. Vid speciella projekt kan kommunen även ta fram egna fotogrammetriska punktmoln med drönare över mindre områden. Kommunens baskarta är en dålig källa till höjddata då den till största delen är i 2D. Vissa brytgeometrier, i form av linjeobjekt och inmätta punkthöjder, skulle kunna extraheras ur denna men aktualitet, lägesosäkerhet och bristande täckning medför en stor begränsning av användbarheten.

Oftast används kommunerna de levererade höjdprodukterna i befintligt skick. Egen bearbetning och avancerad analys av höjddata med brytlinjer och TIN görs i begränsad omfattning.

Höjddata används mycket som underlag till projektering och planering. Då görs uttag och leverans av mindre områden i framför allt i något GRID-format men även punktmoln om så önskas. Visualisering i 3D är ett annat område för användning av höjddata (figur 3.7). Markhöjdsmodeller som GRID används som underlag och punktmoln används för att modellera byggnader, träd, vegetation mm. Vid planering och byggande är det viktigt att ha koll på markhöjder, speciellt i låglänta områden där det finns översvämningsrisk. Det kan finnas behov att komplettera befintliga höjddata med manuella mätningar i fält inför nybyggnation.



Figur 3.7: *En 3D visualiseing av Kristianstads centrum. En markhöjdsmodell som GRID överlagras av ortofoto, byggnader modellerade från 2D och laserskanning samt vegetation från ett klassificerat laserpunktmoln.*

3.4.3 Höjddata inom projektering i infrastrukturprojekt

I ett normalt infrastrukturprojekt (för t.ex. byggnation av väg och järnväg) är det vanliga att man har tillgång till ett laserskannat punktmoln, flygburet, fordonsburet eller terrestert. För att förbättra förutsättningen för god projektering adderas ofta brytgeometrier (Figur 3.8). Exempel på vanliga metoder är geodetisk detaljmätning och att läsa ut brytgeometrier från punktmolnet. Metoderna för hur man tar fram brytgeometrier skiljer sig mellan olika typer av projekt.

Figur 3.8: De gula linjerna illustrerar brytgeometrier som använts för en höjdmodell. Källa: Tyréns

Utifrån punktmoln och brytgeometrier skapas triangelmodeller (TIN) som kan användas i detaljprojektering, schaktmodeller osv. Dessa triangelmodeller skapas i program såsom FME, AutoCAD ReCAP och programvaror från Bentley. Här kan kvalitetskraven variera beroende på hur stora områden som projekteras. Det är en avvägning mellan hur många punkter som ska ingå i triangelmodellen och lägesosäkerheten i höjd.

I andra fall, tex inom skyfalls- eller undermarksmodellering, så använder man i första hand en GRID-modell för att hantera höjddata. Det vanligaste är att man utgår från TIN-modellen för att skapa en GRID-modell.

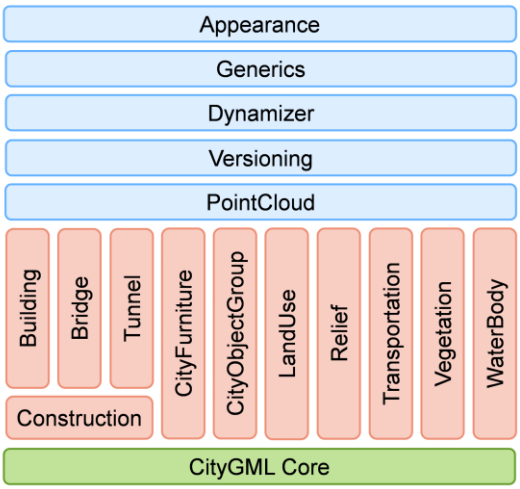
3.5 Höjddata i 3D stadsmodeller

3.5.1 3D-stadsmodeller i CityGML och 3CIM

Tredimensionella (3D) stadsmodeller blir allt vanligare i Sverige och internationellt. 3D-stadsmodeller skapades tidigare i första hand för visualisering, men modellerna används nu allt mer för analys och simuleringar. De senare applikationerna ställer krav på semantiskt rikare modeller och kräver i vissa fall kopplingar till externa geospatiala databaser, register och verksamhetssystem.

3D stadsmodeller utgör en viktig del av de storskaliga geodata, och det är sannolikt att 3D stadsmodeller kommer att utgöra grunden för 3D baskartor (primärkartor) i framtiden. Därför är det viktigt, i kontexten av detta projekt, att förstå hur höjddata kan behandlas i dessa stadsmodeller.

För att stödja utvecklingen av allt mer komplexa 3D-stadsmodeller finns ett behov av standardisering. Den vanligaste öppna standarden för 3D stadsmodeller är CityGML, utvecklad av OGC. Den vanligaste versionen i praktisk användning är CityGML 2.0 (Gröger et al. 2012), men en mer utvecklad version 3.0 är framtagen (Kolbe et al. 2021). CityGML innehåller flera teman (se röda vertikala boxar i figur 3.9) och speciella koncept som är tillämpliga i alla teman (blå horisontella boxar i figur 3.9).



Figur 3.9: Översikt av CityGML 3.0. Källa: Kolbe et al. (2021)

CityGML är en jämförelsevis tunn och generisk modell, som kan byggas ut för olika ändamål såsom harmonisering med andra nationella standarder (se t.ex. Ates Aydar et al. 2016, Stoter et al. 2019, Liamis och Mimis 2022, och Uggla et al. 2023). Tekniskt sett kan dessa utbyggnader implementeras som en *CityGML Application Domain Extension* (ADE), se Biljecki et al. (2018).

I Sverige har Stockholm, Göteborg och Malmö stad, tillsammans med Lunds universitet, skapat en nationell profil av CityGML 2.0 benämnt 3CIM[27]. Arbete pågår med att implementera denna modell i de tre städerna[28].

Projektet Smartare samhällsbyggnad har tagit fram en Nationell specifikation för byggnad med UML modeller och scheman i geoJSON som går att mappa och konvertera till olika format bl a CityGML eller CityJSON

En kritik mot CityGML är att modellen är komplex samt att GML-formatet är hierarkiskt och utrymmeskrävande, samt att CityGML har dåligt stöd i programvaror (Noardo et al. 2021). Därför har förenklade modeller tagits fram, mest framträdande

[27] https://www.smartbuilt.se/projekt/informationsinfrastruktur/3cim/
[28] https://smartbuilt.se/projekt/informationsinfrastruktur/3cim-implementation-och-etablering/

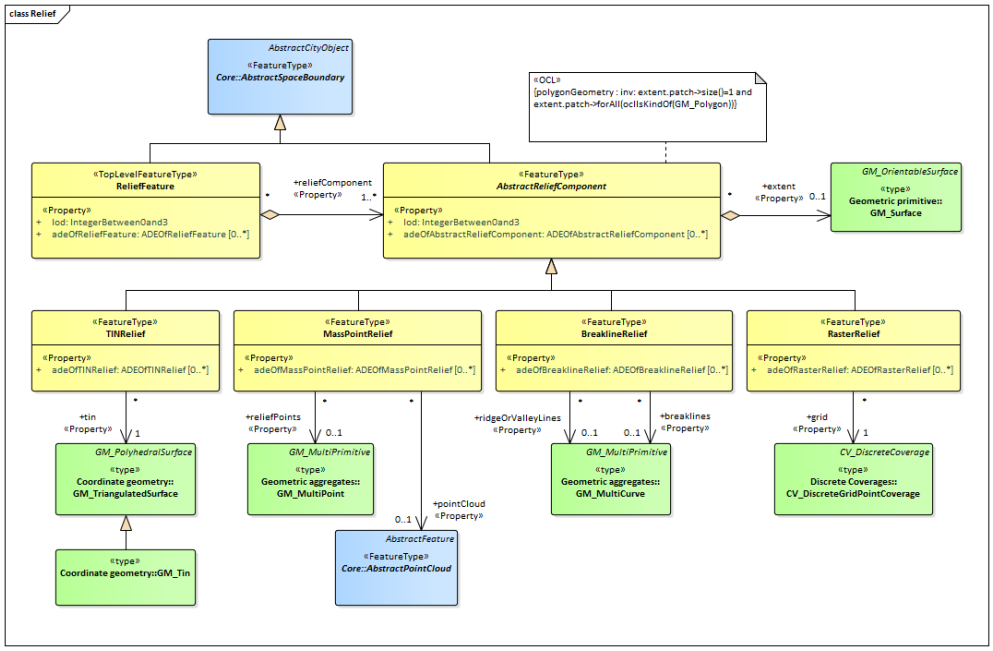
av dem är CityJSON (Ledoux et al. 2019) som är en OGC *community standard*. CityJSON kan ses som en förenklad CityGML informationsmodell baserat på formatet JSON, och kommer eventuellt att bli en formell JSON-implementation av CityGML 3.0 konceptuella modell i framtiden.

3.5.2 CityGML-temat Relief

Inom CityGML (i både ver 2.0 och 3.0) finns möjligheten att lagra höjdinformation i temat *Relief* (figur 3.10). Ur UML-diagrammet kan man utläsa att det går att lagra höjdmodellsinformation som:

- Regelbundet GRID/raster; klass *RasterRelief*
- Triangulated Irregular Network (TIN); klass *TINRelief*
- Brytlinjer; klass: *BreaklineRelief*
- Höjdpunkter/punktmoln; klass: *MasspointRelief*.

Höjddata i dessa fyra klasser kan kombineras för att skapa en heltäckande höjdmodell.



Figur 3.10: UML-modell över temat *Relief*. Källa: Kolbe et al. (2021).

Det finns få exempel på praktiska tillämpningar där höjdinformation är lagrat i temat *Relief*. En av anledningarna är att höjddata lagras som *Geography Markup Language* (GML)–geometrier, vilket är utrymmeskrävande (textbaserat och med en hierarkisk filstruktur). Det finns betydligt mer effektiva lagringsmodeller som t.ex. LAS-filer (för punktmoln) och GeoTIFF (för raster/GRID) (se 3.3.3 ovan). Ett exempel på användning av höjddata i en 3D stadsmodell är en TIN-modell i temat *Relief* (motsvarande LOD0 enligt figur 3.10) för Singapore som beskrivs i Soon och Khoo (2017).

CityGML-representationen *TINRelief* har dock vissa begränsningar, se Kumar et. al (2016). Effektivare TIN-strukturer har bl.a. föreslagits av Kumar et al. (2018) som tekniskt skulle kunna gå att implementera som en utvidgning av CityGML.

3.5.3 Lagring av höjder i andra CityGML-teman

Höjdinformation går att lagra i flera CityGML-teman genom att använda 2,5D- och 3D-ytor. På så vis kan t.ex. vägområden (i temat *Transport*), gröna ytor (i temat Vetegation), vattenytor (i temat *WaterBody*), etc. få höjdvärden. Vidare lagras även höjdvärden för 3D-objekt lagrade i stadsmodellen, vilket används t.ex. för byggnader (tema *Building*), broar (tema *Bridge*) och markdetaljer (tema *CityFurniture*). Utmaningen här ligger i att få en sammanhållen och topologiskt korrekt höjdbeskrivning, där det t.ex. inte finns: (1) hål eller överlapp mellan (2,5D) ytor, (2) 2,5D ytor som inte möts i höjdled och (3) 3D objekt som inte ansluts till 2,5D ytor (t.ex. byggnader som inte ansluts till marken). För att lösa utmaningar (1) och (2) finns möjlighet att dela geomtriska objekt i CityGML (via xLink), men detta är komplext och få programsystem kan hantera detta i praktiken; dvs. det är viktigt att säkerställa kvaliteten på data vid själva skapandet av 3D-stadsmodellen. För att praktiskt lösa det senare används ibland terrängskärningslinjer (se 3.5.4 nedan).

Lehner et al. (2023) skapar en 3D stadsmodell över Wien där de lagrar höjddata i t.ex. teman *LandUse*, *Transportation* och *WaterBody* (men inte *Relief*) som multiytor (*MultiSurfaces*) och lagring av 3D objekt (t.ex. byggnader); denna ansats möjliggör modellering enligt LOD2 och LOD3 enligt Figur 3.11 nedan. För att skapa en hålfri markyta (där alla 2,5D objekts lagts ihop) används en virtuell yta (tillagd i en ADE och benämnd *LandUseClosureSurface*) för markområden täckta med t.ex. byggnader (ytterkanterna av denna virtuella yta kommer då att sammanfalla med terrängskärningslinjer, se 3.5.4 nedan).

3.5.4 Terrängskärningslinjer

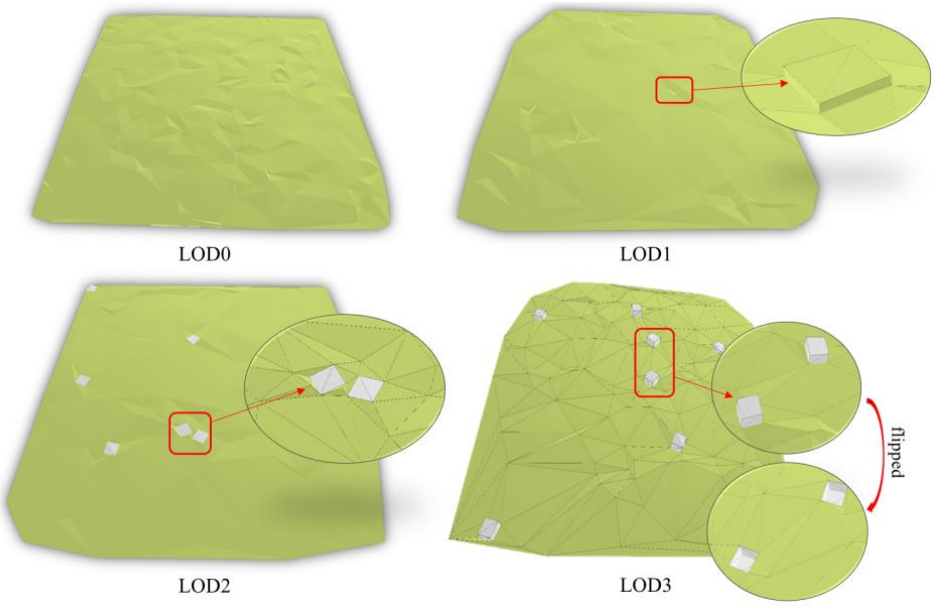
Stadsmodeller kan innehålla höjdinformation i form av terrängskärningslinjer, inom CityGML benämnt *TerrainIntersectionCurve* (TIC). Terrängskärningslinjer finns bland annat i byggnadstemat där de lagrar 3D linjegeometrin som är skärningen mellan byggnadens fotavtryck och markytan (t.ex. representerat av ett TIN). I den användningen kan en terrängskärningslinje också beskrivas som en 3D brytlinje/brytgeometri. En terrängskärningslinje är viktigt för att säkerställa korrekta topologiska förhållanden mellan 3D-objekt och 2.5D-terrängen i stadsmodellen, och är därmed viktigt för flera analyser (t.ex. översämningsanalyser, se Jang et al. 2021) och för visualiseringar (Shirinyan och Petrova-Antonova 2022). Terrängskärningslinjer finns även i Nationell specifikation för byggnad.

Yan et al. (2019) presenterar en metodik för att generera topologiskt korrekta terrängskärningslinjer. Det bör dock poängeras att det är få stadsmodeller som lagrar dessa linjer. I en översikt prenterad av Shirinyan och Petrova-Antonova (2022) framkommer att endast tre 3D stadsmodeller (Espoo[29], Hamburg[30], Sofia) av ett tjugotal undersökta modeller hade lagrade terrängskärningslinjer.

[29] https://kartat.espoo.fi/3d/services_en.html
[30] https://suche.transparenz.hamburg.de/dataset/3d-stadtmodell-lod1-de-hamburg5?forceWeb=true

3.5.5 Detaljeringsnivåer för höjdmodeller i CityGML

CityGML kan hantera höjdmodeller i olika detaljeringsnivåer (*level of detail*, LOD), oavsett om höjderna lagras i temat *Relief* eller i annat tema. För temat *Relief* anges LOD-nivåer 0-3, men det finns ingen definition av hur dessa LOD-nivåer ska se ut (se CityGML 3.0 specifikationen, Kolbe et al. 2021). Kumar et al. (2019) presenterar ett förslag på definioner av LOD-nivåer (Figur 3.11):
LOD0 – En 2,5D markhöjdsmodell (som inte kan hantera vertikala ytor).
LOD1 – En ythöjdsmodell som kan hantera vertikala ytor.
LOD2 – En 2,5D markhöjdsmodell där man integrerat fotavtryck av semantiska objekt.
LOD3 – En ythöjdsmodell som kan hantera vertikala ytor där man har integrerat semantiska objekt från andra CityGML-teman.



Figur 3.11: Förslag på detaljeringsnivåer för höjdmodeller. Källa: Kumar et al. (2019)

Man kan dock invända att denna föreslagna indelning inte är optimal eftersom man blandar markhöjdsmodeller med ythöjdsmodeller; istället borde man hantera dessa modeller separat då även markhöjdsmodeller i högre LOD kan hantera vertikala ytor och överhäng. Vidare bör man överväga att underindela varje LOD-nivå beroende på upplösning och hantering av brytgeometrier på liknande sätt som Biljecki et al. (2016)[31] gjort för byggnad. Där finns förslag på fyra undernivåer av varje LOD nivå i

[31] An improved LOD specification for 3D building models, Biljecki, F., Ledoux, H.; Stoter, J. Computers, Environment and Urban Systems 59 25– 37, 2016, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971516300436?c

CityGML, dvs att det i praktiken finns 16 olika nivåer. En indelning för markhöjdsmodeller skulle exempelvis kunna utgå från HMK-standardnivåer, se avsnitt 3.3.3:

- LOD 0.1 2,5D grid motsvarande HMK-standardnivå 1
- LOD 0.2 2,5D grid motsvarande HMK-standardnivå 2
- LOD 0.3 2,5D grid motsvarande HMK-standardnivå 3
- etc

Det bör dock poängteras att varken dessa, eller andra, LOD-definitioner har fått någon etablerad ställning för stadsmodeller. Det är en öppen fråga om och hur LOD-nivåer för höjddata kommer att standardiseras i framtiden.

3.5.6 Slutsatser från 3CIM-projektet angående höjdmodeller

Inom 3CIM-projektet gjordes praktiska utvärderingar av höjddata, bl.a. kopplat till LOD-nivåerna i Figur 3.11 för ett testområde i Stockholm. Förutom testdata i CityGML användes ett mycket högupplöst klassificerat punktmoln i LAS-format (endast markpunkter användes) från laserskanning. I programvaran FME kombinerades laserpunktmolnet med stadsobjekten i CityGML och några höjdmodeller togs fram.

Resultatet från de olika testerna, samt diskussioner kring dem, gav ett antal insikter (ett urval taget, och delvis omformulerats, från 3CIM:s slutrapport):

• Val av höjdmodell och dess innehåll är helt beroende på användningsfall. Detsamma gäller även upplösning och format (TIN, GRID, etc.). Detta innebär att det är utmanande att ge en komplett bild över hur höjdmodeller ska tas fram och vilka objekt som påverkar höjdmodellerna.

• Vilka stadsobjekt som ska påverka framtagandet av en ythöjdsmodell behöver fortsätta att utredas. Detsamma gäller vilka stadsobjekt som ska relatera till, dvs. ställas på, en ythöjdsmodell.

• Då en ythöjdsmodell påverkas av övriga stadsobjekt behöver denna höjdmodell räknas om när stadsobjekten förändras. Kommunernas befintliga hantering av ythöjdsmodellen som en produkt kan behöva ändras och bli mer levande. I stället för att årligen ta fram en statisk produkt så kan ythöjdsmodellen behöva vara något som genereras om när stadsobjekten ajourhålls.

• Detta kommer att ställa nya krav på kommunernas rutiner vid ajourhållning. T.ex. när nya byggnader mäts in behöver även marken runt omkring byggnaden att mätas in så att inte en nyinmätt byggnad ”flyger i luften” när den ska inkorporeras i höjdmodellen, då marken med största sannolikhet har påverkats av byggandet.

• För att kunna skapa skarpa kanter i höjdmodellen mellan marken och stadsobjekt, såsom byggnader, är det nödvändigt att använda sig av terrängskärningslinjer. Dessa kan antingen lagras separat eller skapas genom att ”doppa” stadsobjekt i höjdmodellen. Om terrängskärningen lagras separat behöver den informationsmängden ajourhållas.

En slutsats man kan dra från detta är att det antagligen är bättre att ajourhålla markhöjdsmodellen och övriga objekt separat och ta fram ythöjdsmodeller vid behov.

4 Val av tema för projektet

Arbetet inleddes med en serie interna möten och ett referensgruppsmöte med fokus på vilket tema som projektet skulle fokusera på. Under dessa möten diskuterades flera teman utifrån aspekter som nytta, genomförbarhet och komplexitet.

Tre teman som bedöms ha mycket stor nytta är markanvändning, marktäcke och transport. Projektet gjorde dock bedömningen att man inte skulle klara av att ta fram Nationella specifikationer för dessa teman inom detta projekt. Detta beror främst på att det pågår andra aktiviteter för dessa teman. Inom markanvändning finns det arbete med bland annat SCB och Naturvårdsverket, vilka inte är parter i detta projekt. För transporttemat finns inledande arbete tillsammans med Trafikverket som en del i grunddatadomänarbetet och inte heller Trafikverket är en del i detta projekt. Ett annat skäl att inte välja markanvändning och transport som teman är att gränsdragning mot andra teman är svår, vilket kommer att kräva en lång startfas vilket inte ryms inom projekttiden.

De två teman som framförallt ansågs genomförbara inom projektet var höjd och markdetaljer. Temat höjd prioriterades av bland annat följande skäl:

- Höjd lägger grunden för många tillämpningar och andra teman (transport etc.) och det är därför viktigt att specifikationer för höjd tas fram tidigt så det kan ligga till grund för andra specifikationer.

- Inom 3CIM-projektet erfors ett par tillkortakommande med dagens höjdmodeller för t.ex. visualisering. Detta ledde till en diskussion och tester där en slutsats blev att höjdmodellerna bättre behöver kopplas till övriga objekt, t.ex. genom att lägga in brytlinjer för byggnadsfotavtryck och vägkanter. Studier gjordes även av vad som föreslagits i andra länder som t.ex. införande av flera LOD-nivåer för höjdtemat. Detta gör att om vi väljer höjd kan vi gå vidare på ett arbete som inletts inom 3CIM-projektet.

- Projektgruppen har bra kompetens inom höjdtemat, och det finns ingen annan aktör som äger problemet med att ta fram specifikation för höjd.

Tabell 4.1 visar prioritering av val av tema inom projektet. Resultatet bygger på interna projektmöten samt ett referensgruppsmöte. Gradering för de olika kriterierna är 1-5 där fem är högst betyg. Den sista kolumnen anger prioritering där 1 är högsta prioriteringen.

Tabell 4.1: *Prioritering av val av tema inom projektet. Resultatet bygger på interna projektmöten samt ett referensgruppsmöte. Gradering för de olika kriterierna är 1-5 där fem är högst betyg. Den sista kolumnen anger prioritering där 1 är högsta prioriteringen.*

	Genomförbarhet		Enkelhet (motsatt till komplexitet)		Nytta				
	Kommentar	Gradering	Kommentarer	Gradering	Kommentarer	Gradering	Pågående kommunalt arbete och andra arbeten	Pågående arbete med nationella specifikationer	Prioritet för val inom projetet
Markdetaljer (ej kopplat till vegetation, transport, ledningsnät)	Är inte komplex. Få aktörer är delaktiga. Svårt att avgränsa. Bra kunskap inom gruppen.	4	Låg komplexitet. Inga komplicerade kopplingar till verksamhetssystem. Dock kan det finns tekniska utmaning i att hantera implicita geometrier (med tillhörande rotationer)	4	Vissa objekt kan ha hög nytta, men flertalet har lägre nytta på kort sikt.	2			2
Markanvändning (faktisk, ej planerad)	Många aktörer inblandade varav flera inte ingå i projektgruppen. Svårighet med planerad versus realiserad markanvändning - koppling mot planspecifikationer (detaljplaner och översiktsplaner)är en utmaning. Skulle det gå att avgränsa till realiserad markanvändning. Begränsad kunskap inom projektgruppen vad det gäller "icke-kommunal mark". Tydliga överlapp med transport.	1	Många involverade aktörer gör det komplex. Olika traditioner kring definitionerna gör det komplext. Många äger frågan och kommer ha synpunkter på klassifikationer. Markanvändning har ofta överlappande ytor, vilket gör det komplicerat. SCB har tagit fram material för statistiskt behandling av markanvändning som måste beaktas.	2	Mkt stor nytta för kommuner och andra aktörer.	5		Diskuteras i grunddataarbetet. Planerad markanvändning (reglerad användning i planer) jobbas det med i andra teman.	3
Marktäcke	Tydliga överlapp med vegetation. Flera aktörer finns, många utanför projektgruppen. Koppling måste göras till Naturvårdverkets arbete och specifikationer.	2	Det stora jobbet ligger i att definiera det. Fler aktörer finns. Få/inga kopplingar till verksamhetssystem.	3	I ett kommunalt perspktiv har det stor nytta.	4	Göteborg gör en kartering av alla ytor i staden. Kristianstad har gjort arbeten för att kartera marktäcke i framförallt gaturummet. Tillsammans med ytor för parkskötsel blir det en hyfsat heltäckande bild av marktäcket i staden på Allmän platsmark	Diskuteras i grunddataarbetet	3
Transport - väg och järnväg	Inspire-temat Infrastruktur för transport omfattar väg, järnväg, sjö- och luftfart. I det här sammanhanget avses väg och järnväg.Trafikverket måste vara en part. Inledande arbete är gjort inom 3CIM. Svår avgränsning mot NVDB och LVDB, och mot andra trafikslag.	3	Kopplingar till NVDB gör det komplext. Strukturen på informationen (överlappande användning) gör det komplext. Många verksamhetssystem är inblandade	2	Många viktiga behov här, nyttan bedöms hög. Data för gång- och cykeltrafik än så länge bristfälligt, men viktigt för klimatomställningen.	5	Malmö har det som fokusområde. I Norge finns utvecklad spec för linjer och ytor värd att kolla på. Linjerna skulle även kunna användas som brytlinjer i höjdmodellen.	Diskuteras i grunddataarbetet, handlar om Ytbildad väg	3

Tabell 4.1: *Forstsättning från föregående sida.*

	Genomförbarhet		Enkelhet (motsatt till komplexitet)		Nytta				
	Kommentar	Gradering	Kommentarer	Gradering	Kommentarer	Gradering	Pågående kommunalt arbete och andra arbeten	Pågående arbete med nationella specifikationer	Prioritet för val inom projetet
Höjd	Komplext tema. Utmaning med avgränsning: grunddata versus produkt. Bra kunskaper inom gruppen och erfarenhet från 3CIM. Begränsat antal andra aktörer som tar initiativ.	4	Få verksamhetssystem att ta hänsyn till. Komplicerat med brytliner. Beroenden (åt båda hållen) mot andra teman, främst transport.	3	Viktiga tillämpningar är beroende av höjd. Koppling höjd och objekt är viktigt för t.ex. projektering och visualisering. Många andra teman är beroende av denna specifkation, främst transport men även t.ex. fastighetsinformation.	4	Göteborg har arbete om att olika höjdmodeller har olika syften. Erfarenhet från 3CIM: svår att lägga i CityGML Olika modeller för olilka användning: - projektering - exakthet - visualisering: mjukare och följsam - översvämning - brytlinjer dvs både grunddata (punkter+brytlinjer) samt några slutprodukter (i olika LOD. Grid, TIN....). olika produkter höjdmodeller: Markhöjdmodell med och utan broar, Ythöjdmodell..... Kopplar till andra teman, väglinjer, strandlinjer, byggnadpolygoner Hur jämka ihop NH - med andra skanningar: kn, TrV		1
Vegetation (inkl	Vad menar vi med vegetation. Avgränsning av temat. Den behöver definieras vad som skiljer marktäcke, vissa delar i markdetaljer och vegetation. Viss erfarenhet från 3CIM. Hur hanteras vegetation utanför bebyggda områden?	3	Beror på vad som ska ingå; avgränsning avgör komplexitet.	4	Kommunala behov i staden.	3			3

5 Prioriteringslista för Nationella specifikationer för storskaliga geodata

Projektet har gjort en sammanställning av kommunernas behov av Nationella specifikationer för storskaliga geodata, och hur framtagandet av dessa specifikationer kan/bör samordnas med nationella myndigheter (Trafikverket, SCB, Naturvårdsverket, Lantmäteriet, etc.),

Nedan listas de viktigaste temana i prioritetsordning (se Appendix C för en mer utförlig lista och mer detaljerade beskrivningar). Prioritering utgår här ifrån vad som kan göras i närtid (och inte strikt efter behow).

1) Markanvändning / marktäcke

Forum för arbetet med specifikationer

Kommuner (och andra projektmedlemmar) går aktivt med i det uppstartade grunddataarbetet med att ta fram NS specifikationer för marktäcke och markanvändning (där LM, SCB, Skogsstyrelsen, RAÄ och Naturvårdsverket är aktiva idag).

Föreslagna aktiviteter

Praktiskt test inom kommunerna av klassificeringsstrukturerna för markanvändning och marktäcke genom att kartera ett testområde och se om det uppkommer några otydligheter, något som inte passar in etc.

Harmonisering av marktäcke och markanvändning mot stadsmodellstandarden 3CIM (baserat på CityGML).

Koll om det går att synka klassificeringsstrukturen markanvändning mot CoClass (övergripande nivå).

Koll hur klassificeringsstrukturen för marktäcke funkar med kommunala processer för t ex förvaltning av skötselytor.

Omvärldsbevakning kring hur markanvändning används i delar av kommunen som inte är planering, t.ex. drift, skötsel, trafikplanering.

Test av införande av föreslagna markanvändningsklasser för att säkerställa att de fyller rätt syfte och är genomförbart att samla in (om inte, utforska hur det ska bli genomförbart).

Utforska möjligheten för ett komplett och sammanhängande skikt. Framförallt kartering av markanvändning på privat mark. Lagligt? Genomförbart med hjälp av t.ex. AI?

Intressenter

Myndigheter: LM, SCB, Naturvårdsverket, Skogsstyrelsen, RAÄ, Boverket, Jordbruksverket, MSB (i princip alla myndigheter som handhar geodata)

Kommuner: Stadsbyggnads/samhällsbyggnadsförvaltning, gata/trafik, miljö + andra förvaltningar som håller på med strategisk/översiktlig planering + förvaltningar/bolag som håller på med drift och förvaltning (t.ex. kommunala bostadsbolag och bolag för samhällsfastigheter)

Privata aktörer: Byggbolag, entreprenörer för drift och skötsel av kommunal mark, ägare av stora privata markområden

2) Markdetaljer

Föreslagna aktiviteter

Utreda vilka specifikationer som ska ingå.

Inventering av vilka markdetaljer som är viktiga att ta med i respektive specifikation.

Identifiera intressenter för respektive specifikation.

Intressenter

Kommuner: kart-mät, teknisk förvaltning

Myndigheter: lantmäteriet

Objekttyper – där varje rad utgör en specifikation (i prioritetsordning)

a. Markdetaljer av vikt för höjdmodellering, t.ex. stödmur, perrong, trappa, kaj, strandskoning, mur, (skydds-)vallar, diken, slänt, etc.

b. Övriga markdetaljer, t.ex. bänk, skyltar, stolpe

c. Vegetation (t.ex. träd, häck). Här ingår inte vegetation som beskrivs i 2D, detta blir en del i marktäcket.

d. Naturliga objekt (t.ex. speciella stenar)

e. Övriga …

3) Transport

Forum för arbetet med specifikationer

Trafikverket (Transportdomänen) bör ta initiativet här. De inväntar regeringsbeslut om domänansvar (liksom andra myndigheter gör för deras domäner).

Föreslagna aktiviteter

Kontakta trafikverket för kravställning. Denna punkt har hög prioritet och kan göras i närtid.

Tillsammans med Trafikverket landa i framtiden för NVDB och de krav som ställs på kommuner.

Utifrån de ställda kraven ovan, vad ska kommuner ha för möjligheter att på ett gemensamt sätt

Svara på frågan vad vägar/transporttema i 3D innebär.

Tillsammans med LM och Trafikverket beskriva vad som ingår i Transportdomänen respektive Fastighets- och geodatadomänen.

Intressenter

Kommuner: teknisk förvaltning, trafik, samhällsplanering

Myndigheter: Trafikverket, Lantmäteriet

Övrigt

a. Koppling mellan NVDB och ytbildad väg inom markanvändnig/transporttemat behöver säkerställas.

b. Bro (tunnel) kommer som ett eget tema (alternativt som en specifikation under transporttemat).

4) (Yt)Vatten

Intressenter

Kommuner: teknisk förvaltning

Myndigheter: Naturvårdsverket, Lantmäteriet, SMHI, Hav och vattenmyndigheten, SGI, Länsstyrelserna

5) Bro och tunnel

6 Användarberättelser om höjddata

Inom projektet har vi arbetet med att ta fram användarberättelser om höjddata. Dessa berättelser behövs för att få en bättre förståelse för hur höjddata kan komma att konsumeras och blir på så vis en viktig input till arbetet med att ta fram specifikationerna.

6.1 Arbetsprocess

Kontakt togs med personer som är med i projektets referensgrupp och andra personer som använder höjddata i sitt arbete. Totalt kontaktades över 80 personer och 24 intervjuer utfördes (ca 30 minuter styck). De flesta som intervjuades kom från offentlig sektor (myndigheter, kommuner, universitet, etc.), men det var även personer från privata företag (t.ex. byggföretag och sol- & vindföretag) och föreningslivet (orienteringsförbundet). De som intervjuades hade skilda roller i sin organisation; vanliga roller var: GIS-/geodata-/mätspecialist, projektledare, projektör, utredare, handläggare, kartproducenter och lektorer.

Intervjuerna utgick ifrån en samling frågor/uppgifter (som skickades ut i förväg):

- Vilken roll har det specifika behovet av höjddata?
- Beskriv behovet av höjddata.
- Formulera behovet som en användarberättelse: Som en … vill jag … för att …
- Vilka sökkriterier vill personen med behovet söka höjddata på?
- Finns det övergripande informationskrav, t.ex. uppleva sömlöshet mellan kommuner?
- Vilka effekter uppnås om behovet av höjddata löses?
- Har ni tankar på ytterligare organisationer eller roller vi borde träffa?

6.2 Resultat

Resultat från intervjuerna finns i Appendix D. Nedan listas ett axplock av resultat i ett par kategorier.

6.2.1 Exempel på användarberättelser

- Som planerare på Trafikverket vill jag ha tillgång till korrekt höjddata för att kunna fatta beslut om nya dragningar av väg och järnväg.
- Som utredare på Jordbruksverket vill jag ha tillgång till höjder för att kunna utföra avrinningsanalys.
- Som projektledare inom digitala tvillingar vill jag ha tillgång till lättillgänglig, uppdaterad och ändamålsenliga data för att effektivt kunna skapa och hantera digitala modeller av stads- och regionsutveckling.

- Som ansvarig att hantera tillsynsärenden vill jag ha tillgång till höjddata för att kunna se förändringar i miljön.
- Som handläggare på Miljöförvaltningen vill jag ha höjddata för att handlägga ärenden som rör utredningar av biotoper och artdata där terrängen är viktig.
- Som kartansvarig vill jag ha enkel och användarvänlig åtkomst till laserdata, integrerad i relevanta program, för att effektivisera och förenkla processen för kartproduktion inom orientering.

6.2.2 Exempel på informationskrav

- Helst GRID men punktmoln funkar också, måste vara hanterbart.
- Behov av sömlöshet mellan kommuner
- Enkel navigering oberoende av kommungränser.
- Inte begränsat till specifika kommuner behöver kunna arbeta på rikstäckande nivå
- Viktigt att det är regelbundet uppdaterad höjddata.
- Vill gärna ha punktmoln på 5 pkt/kvm.
- Vill kunna strömma höjddata.
- Viktigt med datum när det skannades.
- Info om hur den är processad är intressant, vill förstå data.

6.2.3 Exempel på effekter som intressenterna ser

- Ekonomisk vinst, optimera i tidigt skede, är data bra så behövs inte så mycket detaljer mätas in.
- Kvalitet i besluten.
- Enklare och smidigare arbetssätt.
- Mindre jaga efter data.
- Förbättrad förmåga att uppfylla myndighetens uppdrag, producera kartor och samverka med kommuner.
- Nya affärsmodeller i bolaget.

7 Val av Nationella specifikationer för höjdtemat

7.1 Bakgrund

I arbetet med att framställa underlag för beslut om vilka Nationella specifikationer som ska tas fram för höjdtema genomfördes, förutom interna möten inom projektet, följande aktiviteter:

- Webbenkät om användningen av höjddata, med 45 svar
- Workshop om höjdtemat den 22 maj 2023, med drygt 30 deltagare.

Nedan följer en sammanställning av den genomförda enkäten och de interna och externa mötena. Webbenkäten (7.2-7.3) klargjorde på ett övergripande sätt användningen av olika typer av höjddata och vilka tillämpningar som förekommer och låg till grund till ett förslag på vilka specifikationer som ska tas fram. Workshoppen (7.4-7.5) gav information kring vad specifikationerna bör innehålla och fungerade därmed som input till specifikationsarbete senare i projektet. Avsnittet avslutas med en beskrivning av vilka specifikationer projektet gick vidare med att utveckla (7.6).

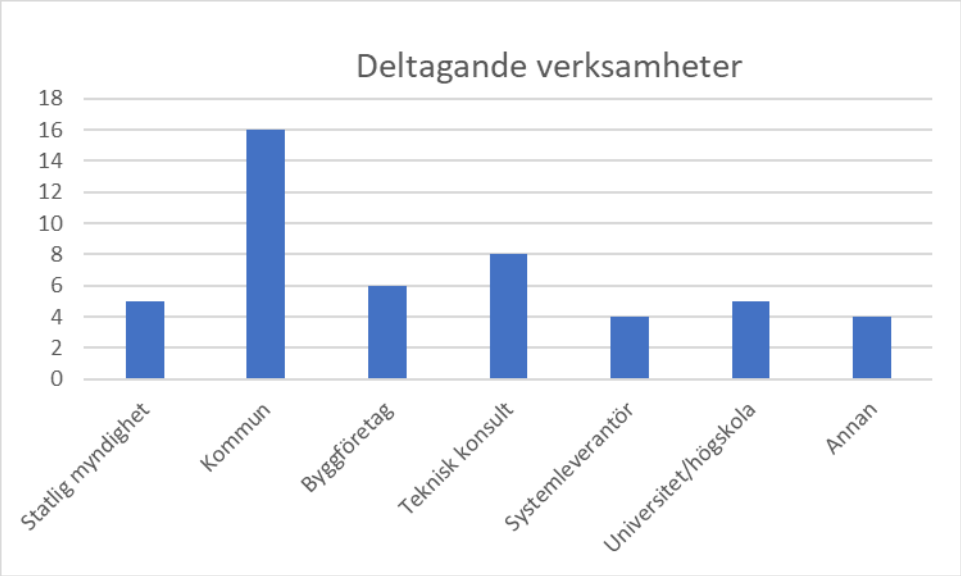
7.2 Webbenkät

En intressentanalys genomfördes i mars 2023 i form av en webbenkät som både skickades ut till relevanta kontakter som projektparterna identifierat och annonserades i Smart Built Environments nyhetsbrev.

Enkäten innehöll förutom frågor om den svarandes verksamhetsområde, yrkesroll och kontaktuppgifter ett antal frågor med flera möjliga svarsalternativ inom följande kategorier:

- Användning (syfte) – vad är syftet med användningen av höjddata
- Datakälla – vem har samlat in de data som används
- Förädling – på vilka sätt förädlas höjddata
- Höjdmodellstyp – vilka typer av höjdmodeller används
- Datastruktur – vilken struktur har de höjddata som används
- Detaljeringsgrad – hur detaljerade är de höjddata som används
- En rangordnad skala av hur viktig detaljeringsgrad, plana ytor respektive prestanda är vid användningen av höjddata.

Totalt inkom 45 svar, med nedanstående fördelning mellan olika typer av verksamheter (Figur 7.1). Som synes var många av deltagarna från kommunal verksamhet.



Figur 7.1: Deltagarnas bakgrund.

7.3 Analys av inkomna svar i webbenkäten

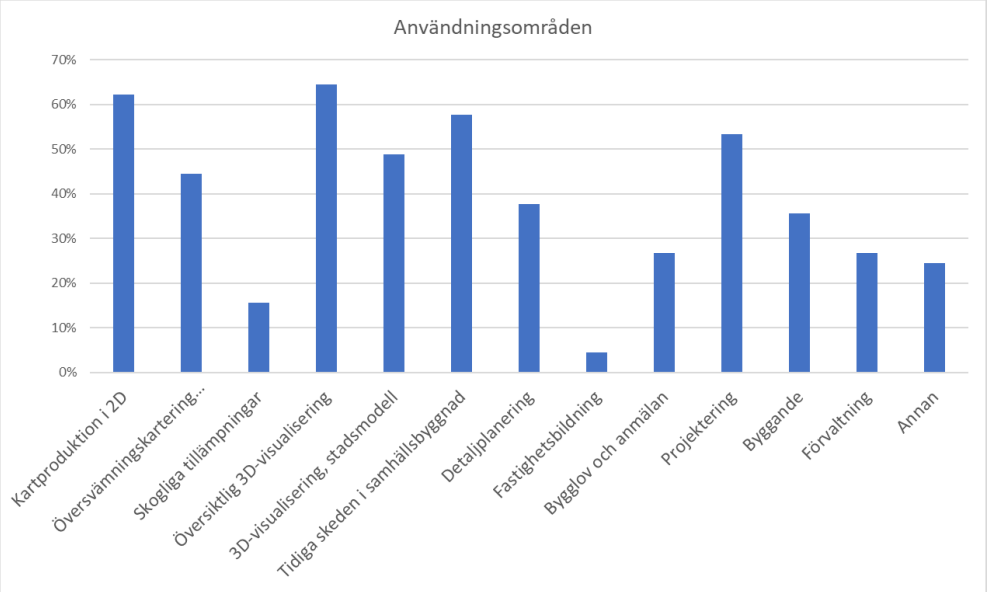
Enkätsvaren sammanställdes för analys (i Excel) och presenteras nedan. Då de flesta frågor hade flera svarsalternativ, var det ibland svårt att avgöra vilket av enkätsvaren som upplevdes som allra viktigast.

7.3.1 Användningsområden

Deltagarnas användning av höjddata spänner över ett brett område (Figur 7.2) men präglas av att en stor andel (16 av 45) var kommuner (se Figur 7.1). Kommunerna är generellt stora användare av höjddata och andelen kommuner som använder dem för exempelvis kartproduktion, översiktlig 3D-visualisering eller i tidiga skeden i samhällsbyggnadsprocessen ligger över 70%.

Den näst största kategorin av deltagande verksamheter var tekniska konsulter (8 av 45). De vanligaste användningsområdena inom denna verksamhetskategori är tidiga skeden i samhällsbyggnadsprocessen, översiktlig 3D-visualisering och projektering (alla 75% eller mer).

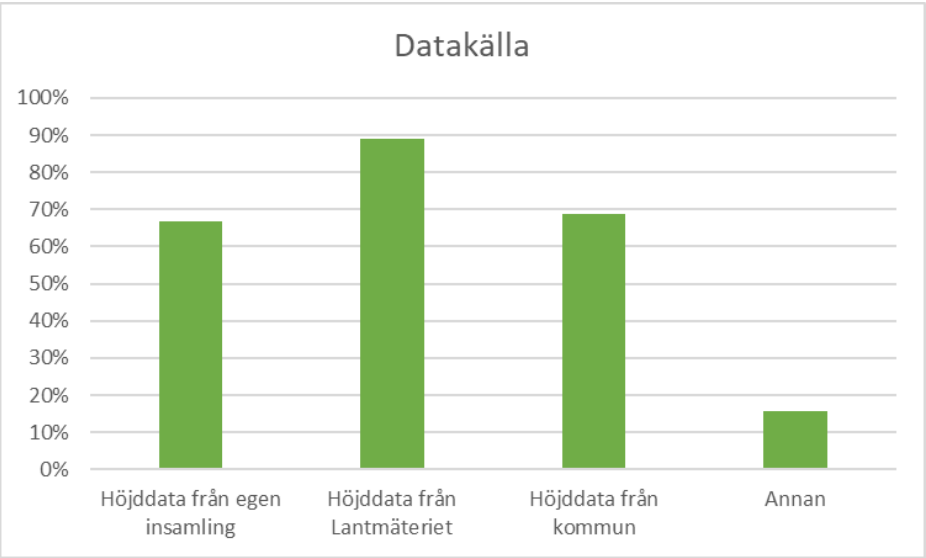
Att endast en deltagare använder höjddata för fastighetsbildning beror förmodligen på att endast en (kommunal) fastighetsbildningsverksamhet svarat på enkäten.



Figur 7.2: Användningsområden.

7.3.2 Datakällor

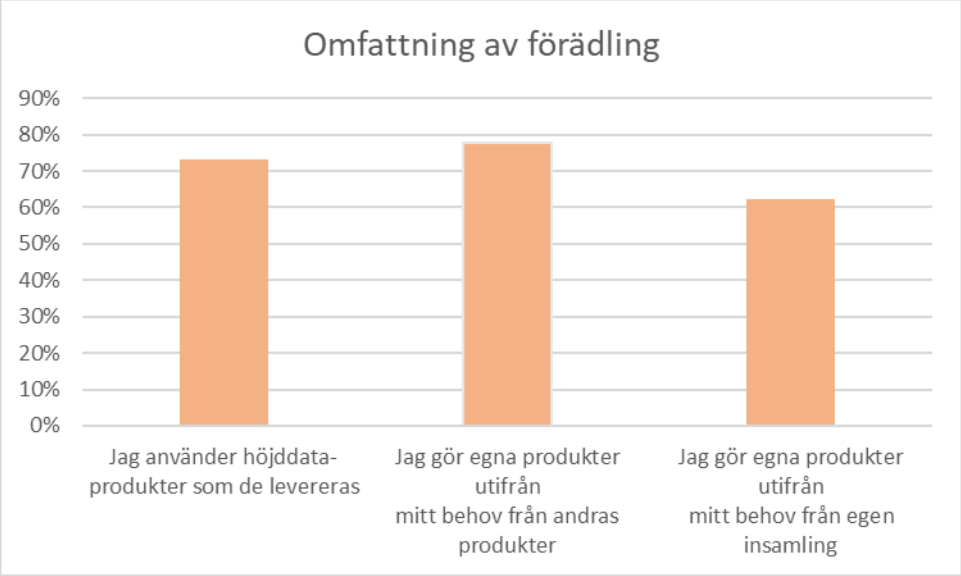
Samtliga myndigheter och universitet/högskola svarade att de använder Lantmäteriets höjddata men dessa data används brett och i stor utsträckning av samtliga svarande (89%). Även användning av kommunala höjddata och egen insamling är mycket vanlig (Figur 7.3). Användningen av kommunala höjddata hos kommunerna själva är 81% men samtliga kommuner som svarat *nej* på användningen av kommunala höjddata har svarat *ja* på höjddata från egen insamling. För *Annan datakälla* har bland annat Cetopo, InSAR, NMD Objekthöjd, Scalgo och Sjöfartsverket angetts.



Figur 7.3: Datakällor för höjddata.

7.3.3 Dataförädling

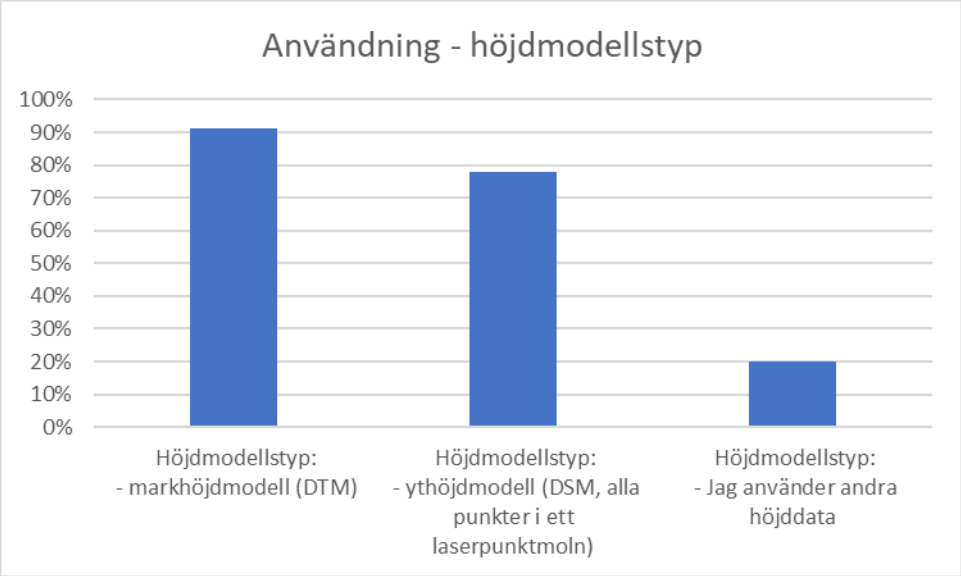
Förädling av höjddata är vanlig inom alla verksamhetskategorier, särskilt hos de tekniska konsulterna som alla angett att de skapar egna produkter utifrån sina behov med andras data (Figur 7.4).



Figur 7.4: Omfattning av förädling av höjddata.

7.3.4 Höjdmodellstyper

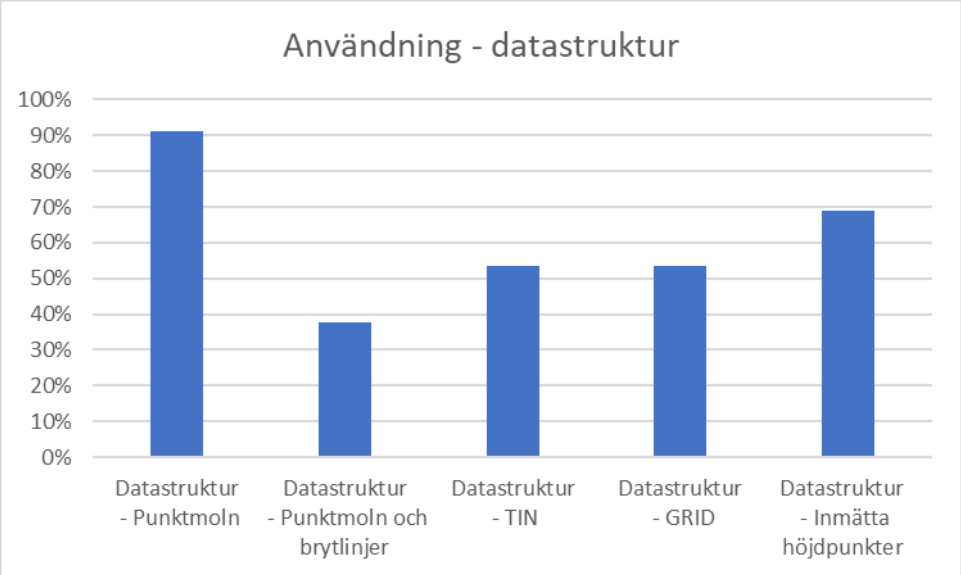
En fundering från projektgruppen var hur pass vanlig användning av ythöjdsmodeller var i jämförelse med markhöjdsmodeller. Enkäten visar att användningen av markhöjdsmodeller är vanligast men att ythöjdsmodeller ingalunda är ovanliga (Figur 7.5). Samtliga myndigheter, tekniska konsulter och universitet/högskolor har angett att de använder såväl markhöjdsmodeller som ythöjdsmodeller. Lägst användning av markhöjdsmodeller finns hos systemleverantörerna (75%) och för ythöjdsmodeller hos byggföretagen (50%). Bland de som svarat ”andra höjddata” har exempelvis höjdkurvor och undermarksdata angetts.



Figur 7.5: Användning av olika typer av höjdmodeller.

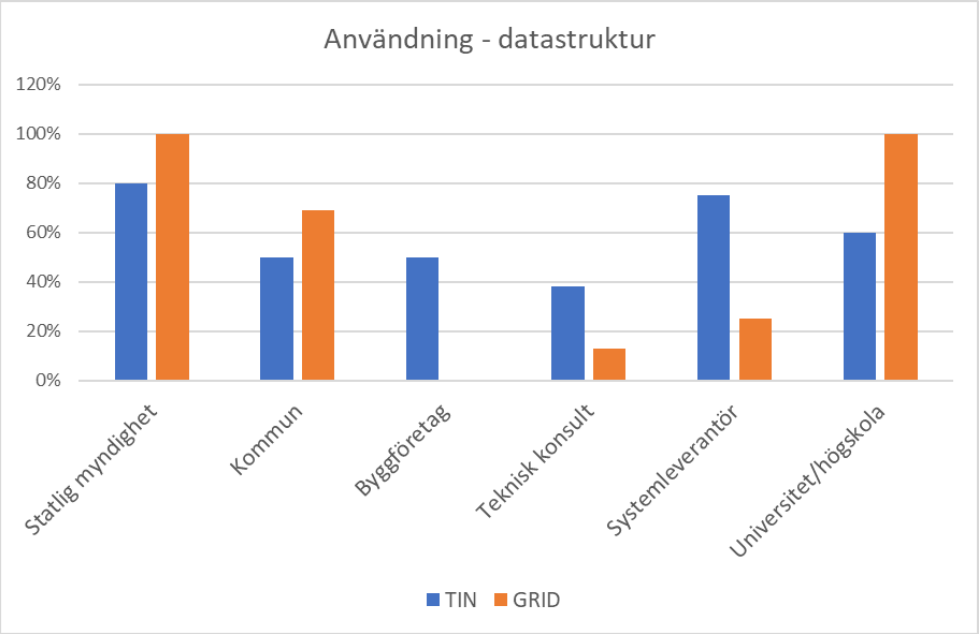
7.3.5 Datastruktur

Överlag dominerar rena punktmoln som datastruktur (Figur 7.6). Tittar man på användningen av punktmoln och brytlinjer är denna vanligast hos byggföretag och statliga myndigheter, där över 60% angett att dessa används. I övriga verksamhetskategorier är användningen av brytlinjer väsentligen lägre. Användningen av inmätta punkter är klart störst bland kommunerna och byggföretagen, med 81% respektive 67%. Det kan ha att göra med att tillgängligheten till inmätta punkter är god i dessa verksamheter, då terrester inmätning är vanlig där.



Figur 7.6: Användning av olika datastrukturer för höjdmodeller.

TIN och GRID är generellt sett lika vanligt förekommande men mellan verksamhetskategorierna varierar användningen stort (Figur 7.7). Att notera är att inget av byggföretagen angav att de använder GRID.

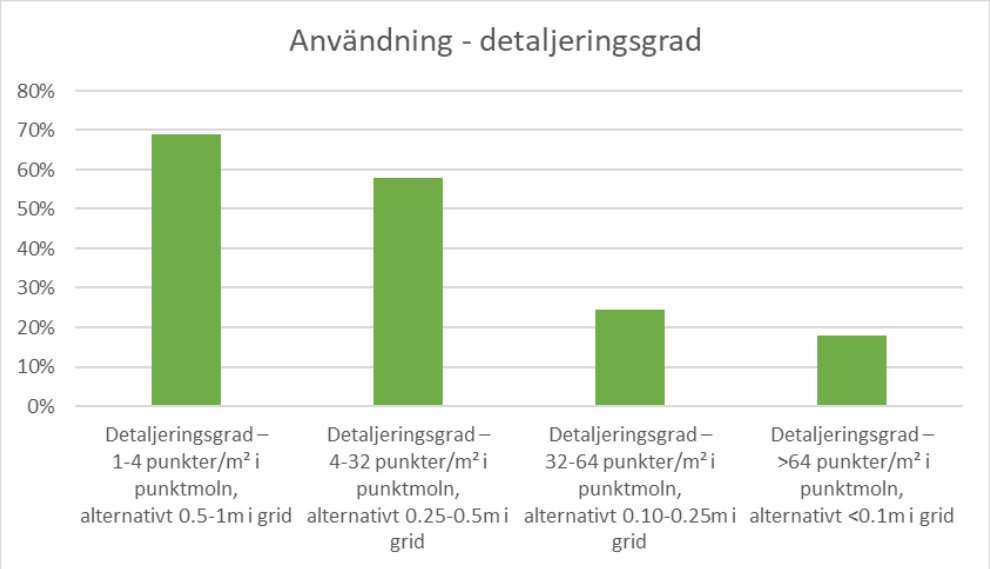


Figur 7.7: Användning av datastrukturerna GRID och TIN inom olika verksamheter.

7.3.6 Detaljeringsgrad

Det är tydligt att höjddata med hög detaljeringsgrad används i mindre omfattning än data med lägre detaljeringsgrad (Figur 7.8). Vad det beror på går inte att utläsa av enkäten. Det skulle kunna vara en följd av att högdetaljerade data är mindre vanliga är lågdetaljerade, snarare än att högdetaljerade data inte används trots att de finns.

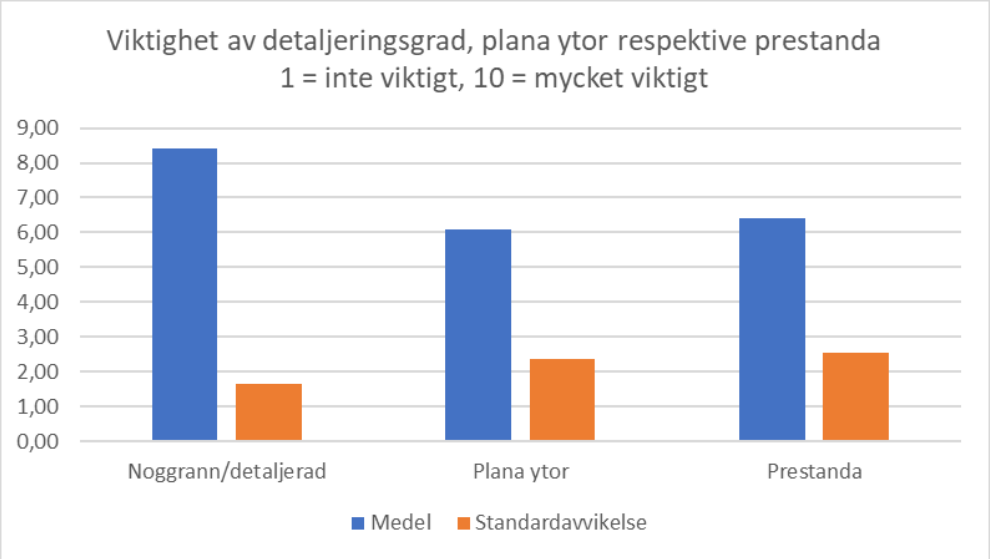
Den verksamhetskategori som svarat att de använder högupplösta punktmoln (> 64 pkt/m^2) alternativt högupplösta GRID i störst omfattning är de statliga myndigheterna (3 av 5).



Figur 7.8: Användning av höjddata i olika detaljeringsgrad.

7.3.7 Viktighet och rangordning av detaljeringsgrad, förekomst av plana ytor och hög prestanda

Dessa svar är för var och en av deltagarna inbördes rangordnade, då samma svar inte gick att sätta på fler än ett alternativ. 29 av de svarande ansåg att noggrannhet/detaljeringsgrad var viktigast, 11 att prestanda var viktigast och fem att plana ytor (snyggt, lågt brus) var viktigast (Figur 7.9).



Figur 7.9: Rangordning av detaljeringsgrad, förekomst av plana ytor och hög prestanda.

7.3.8 Slutsatser från enkäten

Användningen av höjddata är mycket bred och hos de som svarat är såväl markhöjdsmodeller som ythöjdsmodeller, punktmoln, GRID och TIN vanligt förekommande. Brytlinjer är heller inte ovanliga. I nuläget är användningen störst av höjddata med lägre detaljeringsgrad och för de flesta är låg lägesosäkerhet och hög detaljeringsgrad viktigare än prestanda och plana ytor.

Som en följd av enkätens utformning har en djupare analys av svaren varit svår att genomföra. Enkätens syfte var dock att få en överblick av användningen av höjddata som underlag för beslut om vilka specifikationer som ska tas fram. Det syftet har uppnåtts.

7.4 Referensgruppsmöte

Den 22 maj 2023 samlades ett trettiotal personer digitalt för att under två timmar diskutera frågor kring Nationella specifikationer för storskaliga geodata – tema höjd. Deltagarna kom från ett flertal typer av verksamheter, såväl kommuner, statliga myndigheter, konsultföretag och universitet/högskolor som systemleverantörer, och flera av dem ingår i projektets referensgrupp. Även en representant från svenska orienteringsförbundet deltog.

Arbetsmötets syfte var att identifiera behoven av Nationella specifikationer och samla information kring vad de Nationella specifikationerna bör innehålla, som input till det kommande specifikationsarbetet.

Deltagarna var indelade i fem grupper: Hydrologi, Infrastruktur, Markanvändning, Stadsplanering samt Systemleverantörer och varje grupp diskuterade frågor i tre teman. Diskussionerna dokumenterades och varje temadiskussion avslutades med en kort redovisning i plenum.

7.4.1 Diskussionsfrågor

Följande frågor diskuterades. Då tiden var knapp hann inte alla frågor behandlas i alla grupper.

Tema 1: Nationella specifikationer – Behov av Nationella specifikationer för höjddata och önskat informationsinnehåll?

- Vilken information ska Nationella specifikationer innehålla för att möta de behov ni har idag? Vilka är behoven?
- Vilka specifikationer använder ni för höjddata idag? T.ex. Svensk Geoprocess, eget koncept eller annat.
- Vad finns för begränsningar i dagens specifikationer?

Tema 2: Vad ser ni att Nationella specifikationer behöver täcka?

- Tänker ni att specifikationerna endast behöver täcka grunddata (punktmoln, inmätta höjdpunkter, brytlinjer) för att ta fram höjdmodeller, eller även framtagande av följdprodukter ur grunddata (TIN, GRID, höjdkurvor, terrängskuggning, …)?
- Vilka följdprodukter bör specificeras? Vad bör produktspecifikationen innehålla?
- Finns det annat höjddatarelaterat som kan behöva specificeras, och i så fall vad?

Tema 3: Arbetssätt – Ert arbete med höjddata idag och framöver (1 – 5 års sikt)?

- Vilka höjddatamodeller (markhöjdsmodell, ythöjdsmodell, hydrologisk höjdmodell, trädhöjdsmodell) arbetar ni med?
- Använder ni brytlinjer? Hur använder ni brytlinjer och hur skapar ni brytlinjer i så fall?
- Vad är er bedömning avseende framtida hantering? Kommer det att vara vanligast att lagra färdiga höjddataprodukter eller kan det bli vanligare att processa höjddata i realtid vid behov för att skapa produkter?
- Vilka krav kan det ställas på en nationell specifikation?
- Bör processerna för att skapa följprodukter specificeras?

7.5 Sammanställning av gruppdiskussionerna vid referensgruppmötet

Utifrån gruppernas dokumentation har svaren delats in i tre kategorier:

1. Med bäring på utformning av de Nationella specifikationerna
2. Med bäring på utveckling av den nationella geodataplattformen eller programvara för hantering av höjddata
3. Övrigt – frågor, förslag eller annat att ta med till eventuellt framtida arbete.

Nedan återfinns en sammanställning av diskussionerna enligt dessa kategorier. Det kan i vissa fall vara svårt att avgöra vad grupperna menat med en viss formulering, särskilt där anteckningarna varit kortfattade. Ambitionen har varit att gruppera ihop de som liknar varandra. Emellanåt finns också helt motstridiga uppfattningar mellan grupperna.

7.5.1 Input med bäring på utformning av de Nationella specifikationerna

Vilken information ska Nationella specifikationer innehålla för att möta de behov ni har idag?

- Det bör gå att spåra ursprunget.
- Punkttäthet.
- Felmarginal i höjd och plan (lägesnoggrannhet/lägesosäkerhet).
- Viktigt att geodatakvaliteten beskrivs, att det finns en tydlig märkning.
- Det ska gå att beskriva kvaliteten, framför allt vilken data kan användas och när.
- Ett LOD-tänk även för höjdtemat? Eller möjligen olika kvalitet i data. Dvs. olika mätmetoder genererar olika kvalitet och olika analyser ställer olika krav, detta kan behöva lysa igenom i standarden. Ett kvalitetsmått för både *z* och *x,y*.
- Det viktiga i höjddatat är positionen (*xyz*) och vilken kategori (vegetation, byggnad osv.). Även precisionen viktig, dvs. vilken tolkningsmån finns det, t.ex. när man ska genomföra planer.
- Tidpunkt när data inmätts, månad är bra nivå.
- Temporal upplösning.

- Tidsstämpel kortare serier helst, viktigt att få ett datum, ska vara lätt att hitta i metadata.
- Historisk information med tidigare versioner, kunna se vid olika tidpunkter.
- Även tidsaspekten viktig, så att information finns hur gamla data är. Ibland finns det behov att gå tillbaka i tiden.
- Olika klasser.
- Punktmolnets klassificering bör inkludera ytterligare information, som färg, och möjligheten att objektifiera relationer för analys av, till exempel, smittspridning mellan byggnader.
- Kunna använda data som är under broar.
- Beskrivning av brytlinjer, punkter mm (samt även en handledning om hur dessa ska skapas).

Tänker ni att specifikationerna endast behöver täcka grunddata eller även framtagande av följdprodukter ur grunddata?

- Det räcker med att specifikationerna endast täcker grunddata.
- Viktigast att grunddatat är specificerat data med Nationella täckningar; lokala förädlingar behöver inte täckas.
- Gruppen anser att Nationella specifikationer borde inkludera punktmoln med minst klassning för mark och infrastruktur, samt flygbilder.

Bör processerna för att skapa följprodukter specificeras?

- Processen för att omvandla punktmoln till följdprodukter bör specificeras noggrant.
- Ja, det vore mycket bra, inte minst med tanke på ansvar och att det skapar jämförbara produkter över hela landet.
- Arbetssätten i programvarorna förändras så fort så bara på en generell nivå i så fall.

Vilka följdprodukter bör specificeras?

- Specifikationerna kanske borde inkludera höjdkurvor, eftersom det vore fördelaktigt med en standardiserad produkt över hela landet.
- TIN-modeller där det även beskrivs hur modellerna ska byggas upp, t ex detaljeringsgrad med olika antal trianglar (t ex mer detaljerat nära vägar).
- TIN, GRID, höjdkurvor, terrängskuggning.
- GRID med markhöjdsmodell? Nationella data.
- Höjdkurvor, höjdskuggning.
- Klassade produkter skulle vara värdefulla, särskilt med klassade ytor under och över markytan.

Vad bör produktspecifikationen innehålla?

- TIN och Mesh-modeller behöver specificeras på ett bra sätt – Bra specifikationer för olika typer av geometriska modeller för data.
- Aktualitetsmått, data insamlat -> höjdmodell genererad…
- Tidsaspekt viktigt att kunna ha historik på höjddata, versionshantering.

- Att specificera osäkerheten i positionen för GRID- och TIN-modeller.
- LOD-nivåer (*Level of Detail*) bör specificeras.
- Kvalitetsmått för vektor, raster och punktmolnsdata.
- Specifikationen bör beskriva hur olika detaljeringsnivåer (LoD) ska hanteras nationellt samt beskriver vad som ska ingå i de olika nivåerna.
- En höjdmodell (Heltäckande för en kommun) kan variera över geografin med olika kvalitet viktigt att kunna hantera metadata för detta.
- Hur höjdmodeller, höjdkurvor mm har tagits fram.
- Vilka specifika höjdformat ska lagring ske -> 3D-Standard: GML, ICV.
- Dessutom bör versionshantering (temporal) specificeras, där det framgår vem som gjort modellen, varför, vilken metod som använts, och vilket geografiskt intresseområde det gäller.
- Beskrivning av vilka klassificeringar som används för att beskriva en yta.
- Dessutom finns det ett behov av att specificera klassificeringar för vad objekten är för att kunna crowdsourca insamlingen, till exempel för solcellsföretag som skannar hus.
- Det bör gå att beskriva samband mellan höjdmodellen och objekt i andra teman, t ex en brytlinje till en kajkant.
- Beskrivning av dataformatet. Kan vara många för olika behov.
- Olika specifikationer på olika format kan behövas.
- Aktuella modellversioner är viktigt.

Finns det annat höjddatarelaterat som kan behöva specificeras, och i så fall vad?

- Höjdvärde för vattenytan bör vara med.
- Versionshantering, temporal information, t ex för vattenytors höjd och skredriskanalyser.
- Indexfiler för att lätt identifiera och hitta material.
- En gemensam miniminivå för höjddata för hela Sverige hade varit bra, vad ingår i en höjdmodell och med vilken kvalité ska denna samlas in i minst?

Möjliga kopplingar till andra specifikationer eller standarder

Kopplingar till andra specifikationer och standarder diskuterades också på workshoppen. Dessa bör beaktas i specifikationsarbetet, för att där det är relevant se över möjligheten till kompatibilitet eller andra typer av anpassningar eller kopplingar.

- Vad är specifikation för höjd och ska lagras där, och vad ligger i andra specifikationer/datamängder och ska hämtas/relateras till höjdtemat?
- Se hur EU och internationella standarder ser ut och efterlikna dem. De ska inte användas om det nationellt behövs en högre detaljeringsgrad, men det ska gå att ”mappa” från en nationell högre detaljeringsgrad till en lägre internationell.
- Hur ska synkningen fungera mellan höjdmodell och andra specifikationer? De är väldigt beroende av varandra.

- HMK – som används för insamling och upphandling.
- Det som byggts upp av 3CIM-projektet.
- Building smart – som har höjdmodeller för tunnlar och andra höjdmodeller.
- IFC-standarden – kompatibilitet för direkt import.
- Specifikationerna bör vara enkla att implementera både för GIS och BIM.

7.5.2 Input med bäring på utveckling av den nationella geodataplattformen (NGP) eller programvara för hantering av höjddata

En del av diskussionerna handlade om sådant som inte direkt kan relateras till specifikationsarbetet, utan snarare till utveckling av den nationella geodataplattformen eller programvaror för bearbetning eller hantering av höjddata. Huvuddelen av dessa diskussioner redovisas nedan.

- Möjligt att söka rätt område/objekt med hjälp av adress eller med hjälp av en ontologi som beskriver relationer och användning och struktur, inte enbart koordinater.
- Indexfiler för att hitta rätt stora datamängder.
- Bra verktyg för att *Ladda ner* i GIS-system, det ska vara lätt att välja område genom t.ex. visualisering. Inte bara ladda ner en pdf-fil. Inte bara ladda ner för hela landet, kunna välja område.
- Svårt att ladda ner mycket data och ha det lagrat. Pekar på att förädla från grunddata.
- Lagring av stora datamängder kommer ställa till problem.
- Rasterkomprimeringstekniker.
- En uppfattad begränsning är att modellerna snabbt blir föråldrade, och det är oklart var den mest aktuella informationen finns - hos kommunen, Lantmäteriet eller projektören.
- DTM rensning kunna använda utan att bearbeta. Bra verktyg för presentation.
- Enkla GIS-bearbetningar – tillgängligt, enkelt att använda, snabbt.

7.5.3 Övrigt – frågor, förslag eller annat att ta med till framtida arbete

Nedan återges frågor, förslag eller andra synpunkter som kan vara uppslag för framtida arbete i andra projekt och/eller forum, eller på annat sätt behöva hanteras.

Öppna data

- Var kommer man hitta öppna data? Viktigt för det finns mycket öppna data som man inte hittar. Metasolution; open data portal (hydrologi).

Tränade modeller (AI)

- Lasermoln för tränade modeller att hitta objekt (infrastruktur).

Användning av lokala data nationellt

- Hur kan lokala data användas/återanvändas nationellt? (markanvändning)

Höjddata för 3D fastighetsbildning

- För en 3D-fastighetsbildning så behöver man höjddata för alla objekt. Höjddata i andra geodata tex. höjddata på fastighetsgränser, byggnader, stadsobjekt? Kvalitetsmått på dessa. (stadsplanering)

Undermarkdata

- Höjddata för tunnelmätningar.
- Batymetri, dvs även terrängens form under vatten bör vara med.

Crowdsourcing

- Det finns ett behov av att specificera klassificeringar för vad objekten är för att kunna crowdsourca insamlingen, till exempel för solcellsföretag som skannar hus. (systemleverantörer)

Förväntningar på statliga myndigheter (främst Lantmäteriet)

I systemleverantörsgruppen diskuterades en hel del rörande myndighetsansvar för olika höjddata och förväntningar på företrädesvis Lantmäteriet. Dessa förväntningar kan behöva bemötas:

- Några i gruppen anser att specifikationerna kanske borde inkludera höjdkurvor, eftersom det vore fördelaktigt med en standardiserad produkt över hela landet, med *ansvar hos Lantmäteriet*.
- En möjlig lösning där användare själv gör jobbet skulle kunna vara *rekommendationer från Lantmäteriet* om vilka program och parametrar man bör använda för att skapa följdprodukter.
- I Singapore finns exempelvis högdetaljerade modeller, och det finns en förväntan om att *Lantmäteriet kanske bör samordna insamlingen* av denna typ av data, eller åtminstone uppmuntra aktörer att samarbeta för att dela denna data på ett gemensamt sätt.
- Det finns också en förväntan om att *Lantmäteriet bör samordna* data från andra aktörer för att förbättra mark- och ythöjdsmodellerna.
- Det diskuterades *om Lantmäteriet ska leverera specifika höjdmodeller*, som hydrologiska modeller, eller om de ska publicera rekommendationer gällande inställningar/upplösning etc. eller om det skall *läggas på en annan myndighet med specialkompetens* på området.

7.6 Beslut om vilka Nationella specifikationer som ska tas fram inom projektet

Webbenkäten och workshoppen pekar på ett stort behov av Nationella specifikationer för höjdtemat:

Grunddata
1) Klassificerat punktmoln
2) Brytlinjer
3) Höjdpunkter
Bearbetade data
4) GRID (markhöjdsmodell & ythöjdsmodell)
5) TIN (markhöjdsmodell & ythöjdsmodell)
6) Höjdkurvor och höjdpunkter (markytan)

Projektgruppen diskuterade detta behov internt och vid styrgruppsmöten. Dessa diskussioner ledde fram till att följande Nationella specifikationer skulle tas fram inom projektet:

1) (Klassificerat) Punkmoln
2) Brytgeometrier
3) GRID (mark- & ythöjdmodell)

Valet av dessa specifikationer beror på flera aspekter.

Nationella specifikationer för *(Klassificerat) Punkmoln* har av i stort sett alla ansetts som viktigt. Skogsstyrelsen har ett pågående arbete tillsammans med Lantmäteriet om sådana specifikationer utifrån de nationella laserskanningarna och främst tillämpningar inom skogsbruket och för att ta fram nationella höjdmodeller. Dessa specifikationer bör dock göras bredare för att även inkludera kommunala laserskanningar, terrestra skanningar, etc. och för att inkludera ett vidare användningsområde, t.ex. infrastrukturprojekt, byggprojekt och kommunala tillämpningar. Det bestämdes därför att ett samarbete skulle inledas med Skogsstyrelsen-Lantmäteri-projektet för att skapa en bred nationell specifikation för *(Klassificerat) Punkmoln.*

Nationella specifikationer för *Brytgeometrier* blir en bred specifikation som även inkluderar höjdpunkter (bearbetade) och lägger grunden till hantering av alla typer av markdetaljers inverkan på höjdmodeller. Behov av en sådan specifikation har även lyfts fram i 3CIM-projektet, se avsnitt 3.6. Eftersom brytgeometrier kan inkludera *bearbetade höjdpunkter* har denna specifikation tagits bort. Även specifikationen för *Bearbetade höjdkurvor* har prioriterats ner.

TIN-modeller (markhöjdsmodell & ythöjdsmodell) tas främst fram som en del i en analys eller visualisering. Det är mer sällan TIN-data delas med andra aktörer. Därav finns ingen etablerad öppen internationell standard för TIN-modeller (som det gör för

punktmoln och GRID), jfr diskussion i avsnitt 3.6. Efter en del undersökningar och diskussion inom projektgruppen kom vi till slutsatsen att det inte går att skapa en Nationell specifikation TIN som kommer att användas i praktiken för datautbyte mellan organisationer eller inom nationella geodataplattformen (NGP). Däremot bör det tas fram rekommendationer om hur TIN-modeller skapas utifrån NS punktmoln och NS brytgeometrier (se avsnitt 9.8).

Höjdpunkter (Grunddata) är främst till för markstöd inom fotogrammetri och laserskanning. De bör därför tillhöra Nationella specifikationer *Stompunkter*, en specifikation där arbetet är under uppstartsfasen.

Vidare beslutades att de Nationella specifikationerna som tas fram inom projektet ska avgränsas till övermarksinformation. Hur ytor under mark ska behandlas (kabelgravar, dräneringsanläggning etcetera) ingår därmed inte i detta projekt.

8 Preliminära Nationella specifikationer för punktmoln, brytgeometrier och GRID

8.1 Nationella specifikationer för geodata

Tidigt i arbetet med att ta fram de Nationella specifikationerna så tog vi fram de gamla specifikationerna från Svensk Geoprocess. Vi trodde oss kunna använda de som en grund och bara göra viss korrigering och uppdatering men tyvärr skulle det ha inneburit en större arbetsinsats än att bara börja på ett vitt papper och arbeta utifrån den framtagna processen för att ta fram Nationella specifikationer inom Smartare samhällsbyggnad.

När Smartare samhällsbyggnad beslutar att ta fram en nationell specifikation för en vald datamängd så ska det Nationella ramverket för utbyte av geodata följas. Det ramverket beskriver vilja typer av informations- och resursmodeller som ska tas fram, hur specifikationsdokumentet ska vara uppbyggt, hur data ska struktureras digitalt och vilken information datamängden ska innehålla. Genom specifikationen blir datamängden standardiserad och enhetlig. Standardiseringen möjliggör och underlättar utbyte och återanvändbarhet av information mellan aktörer, och är en förutsättning för att kunna automatisera och effektivisera samhällsbyggnadsprocessen. Det skapar även förutsättningar för att flera aktörer, t.ex. kommuner, ska kunna hantera data på ett likartat sätt. Standardiserade datamängder är grundbulten i nationell datadelning och för den Nationella geodataplattformen.

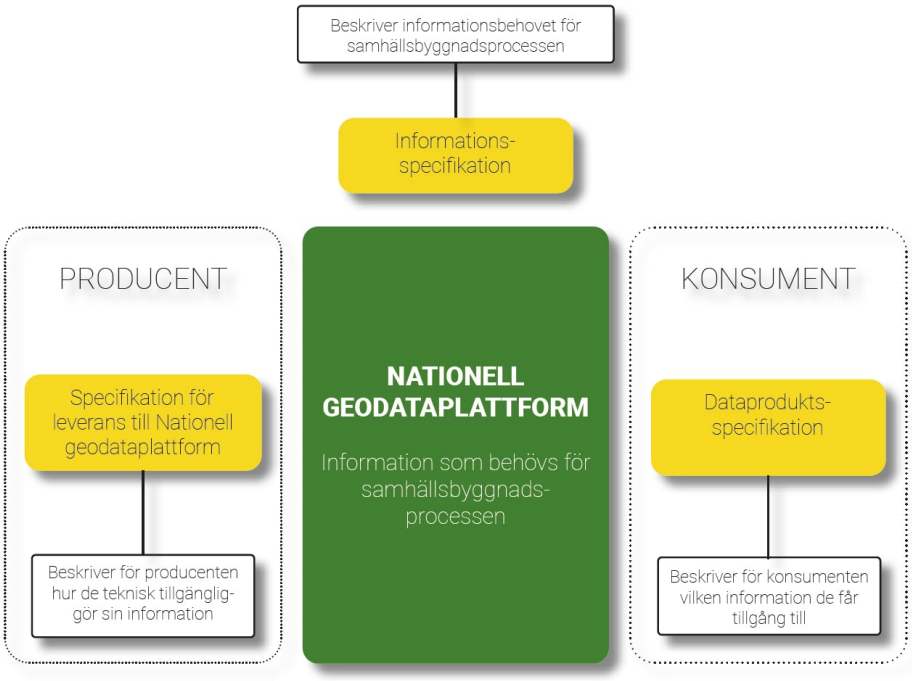
Det är enbart datamängder som är standardiserade dvs. följer nationella specifikationer som kan laddas upp och tillgängliggöras. Specifikationerna delas upp i fyra olika typer (figur 8.1):

1. Informationsspecifikation
En beskrivning av informationsbehovet för samhällsbyggnadsprocessen.

2. Dataproduktspecifikation för tillgängliggörande
En beskrivning för konsumenten vilken information de får tillgång till.

3. Specifikation för leverans till Nationella geodataplattformen (NGP)
En beskrivning för producenten hur de tekniskt tillgängliggör sin information.

4. Specifikation för att söka och hämta referensdata
En beskrivning för konsumenten hur de tekniskt hittar informationen.



Figur 8.1: De olika specifikationerna som ska ingå i en Nationell specifikation.

Processen vid framtagande av nationella specifikationer följer stegen

- Beslut om uppstart
- Förberedelser
- Utkast
- Test
- Gällande

Tre Informationsspecifikationer är framtagna i projektet i version 0.1

Specifikationerna Punktmoln, Grid och Brytgeometrier är upprättade enligt Nationellt ramverk för utbyte av geodata där syftet är att skapa en gemensam grund för datahantering som möjliggör informationsutbyte inom Nationella geodataplattformen. Kvalitetskraven följer HMK-Höjdmodell och HMK-Flygburen laserskanning.

En informationsspecifikation innehåller kapitel om:

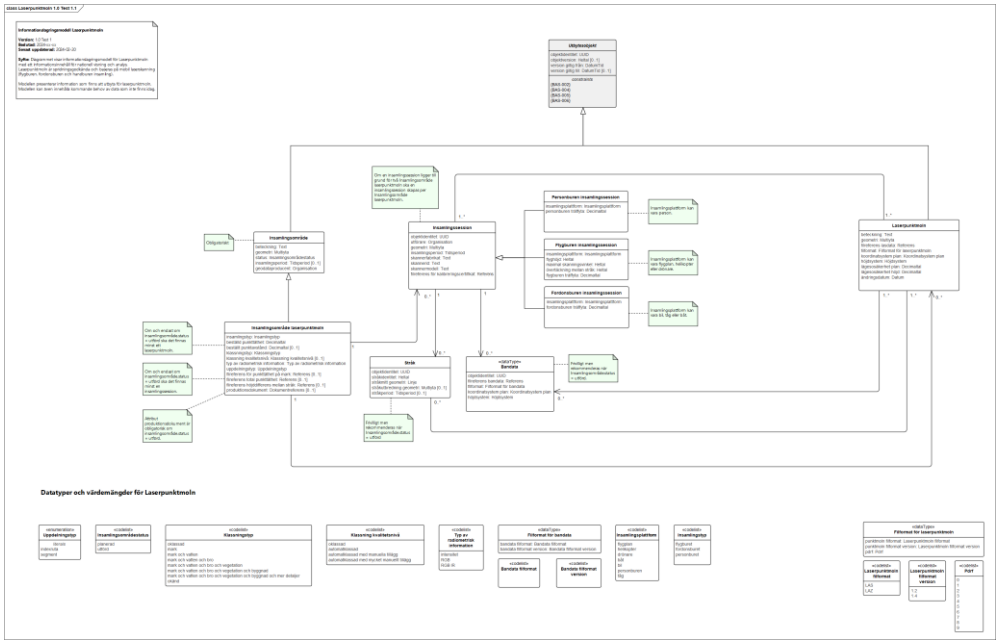
- Syfte och identifiering
- Datamängdens omfattning
- Datainnehåll och struktur
- Referenssystem

- Kvalitet på data
- Datainsamling och bearbetning
- Underhåll av data
- Presentationsregler
- Leverans
- Metadata
- Bilagor

8.2 Informationsspecifikation Punktmoln

Specifikationen berör punktmoln insamlade från rörlig plattform. Datamängden i specifikationen varierar beroende på vem som samlar in data och i vilket syfte det ska användas.

Ett punktmoln består av en stor mängd tredimensionella positioner, insamlade med laserskanning från rörlig plattform. Vilka attribut som är obligatoriska framgår av informationslagringsmodellen och i tillhörande objekttypskatalog. En informationsmodell är en beskrivning av information, dess struktur och samband. I informationsutbyten representerar den en överenskommelse mellan producent och konsument (figur 8.2).



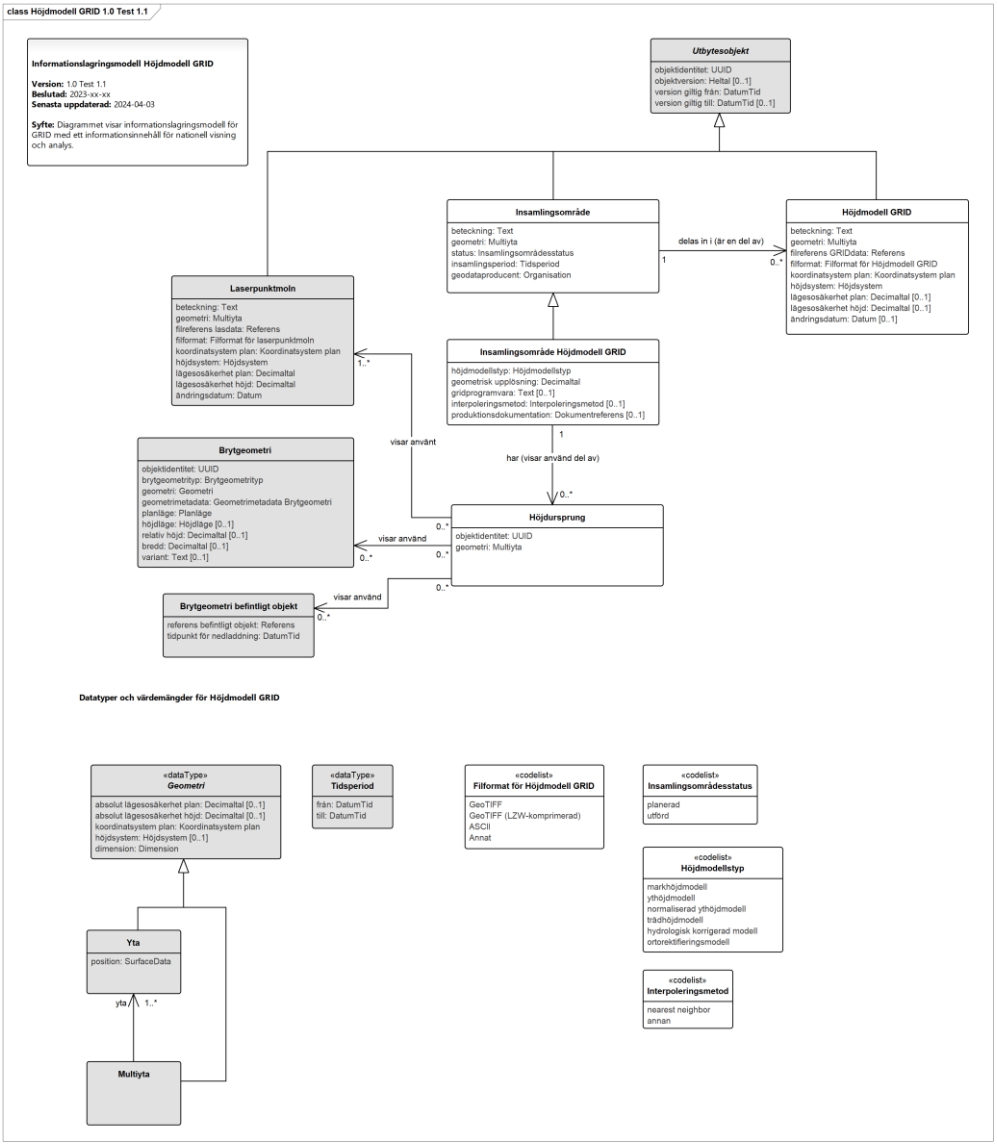
Figur 8.2: Figuren visar informationslagringsmodellen för punktmoln.

8.3 Informationsspecifikation Grid

Höjddata levereras ofta som ett regelbundet grid, som innebär en enkel lagring och datahantering. Ett grid kan användas till att planera placering av vindkraftverk och sändningsmaster, planera infrastrukturprojekt, simulera buller och dagsljusinsläpp,

göra översvämningsanalyser, inventera virkesvolymer och planera skogsavverkning och skapa höjdkurvor till t.ex. orienteringskartor.

Vilka attribut som är obligatoriska framgår av informationslagringsmodellen och i tillhörande objekttypskatalog (figur 8.3).

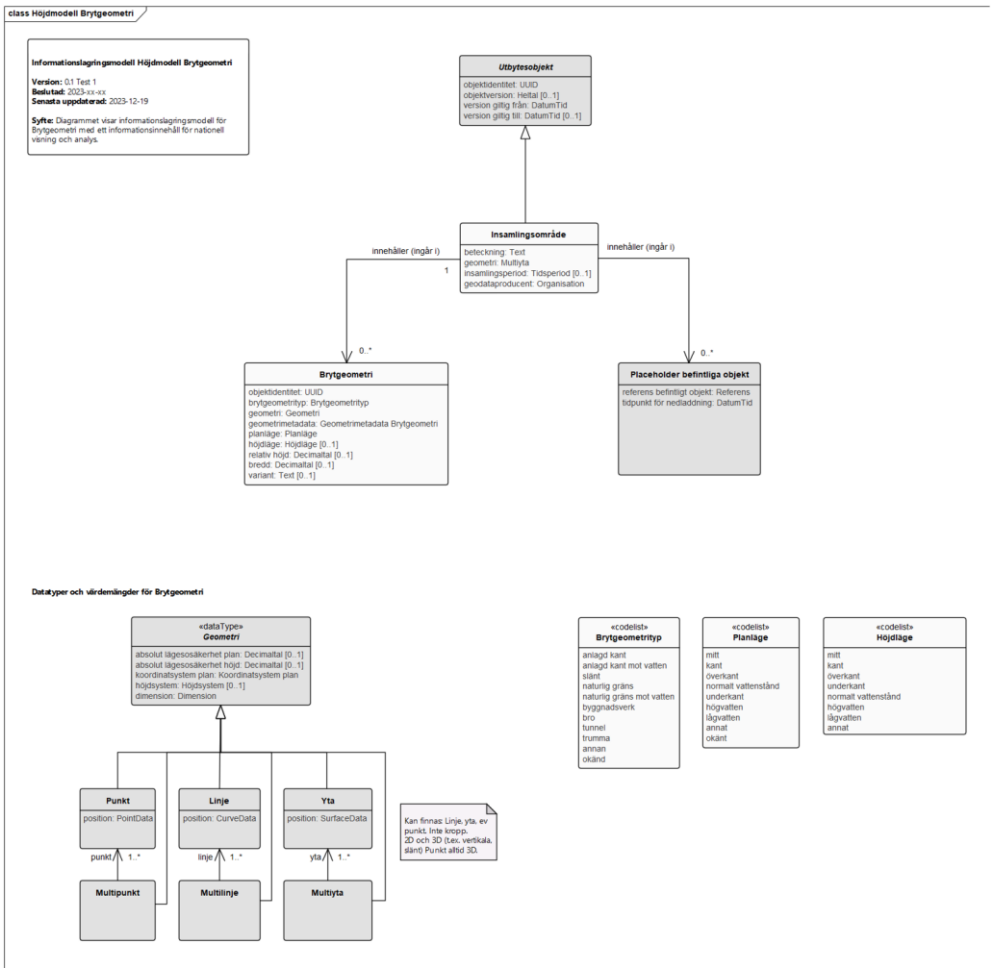


Figur 8.3: Figuren visar informationslagrindmodellen för Höjdmodell GRID

8.4 Informationsspecifikation Brytgeometrier

Brytgeometrier används som komplement för att mer troget återge skarpa formationer i terrängen. De kan vara naturliga så som vattendrag, sjöar, marktäckesgränser eller byggda av människor tex vägbankar, stödmurar.

Brytgeometrier används för att få ett mer korrekt TIN och Grid. Brytgeometrier består ofta av linjer men kan även vara punkter eller ytor. Brytgeometrier kan ha olika ursprung, och kan därför innehålla olika typer av metadata. Vilka attribut som är obligatoriska framgår av informationslagringsmodellen och i tillhörande objekttypskatalog. Informationsmodell för brytgeometrier ges i figur 8.4.



Figur 8.4: Figuren visar informationslagringsmodellen för Brytgeometrier

8.5 Kommentarer från referensgruppsmöten

Det har hållits två referensgruppsmöten som har behandlat arbetet med specifikationerna. Mötena har hållits via Zoom, det första hölls den 12 december 2023 och det andra hölls den 14 juni 2024. Vid det första mötet så gjordes en nulägespresentation av status på specifikationerna och planen framåt i hur de skulle testas via den Nationella geodataplattformen. Vid det andra mötet så gjordes en djupare genomgång av specifikationerna och vi bad att få återkoppling på val av obligatoriska attribut och om referensgruppen hade något medskick till det fortsatta

arbetet med specifikationerna. Inhämtandet av synpunkter och medskick gjordes anonymt via tjänsten Menti.

Synpunkterna var på blandad nivå men för det mesta så handlade det om vissa detaljer som namnsättning på vissa attribut eller frågor om vad som kan menas med insamlingsperiod för GRID eller ändringsdatum på brytgeometri.

Tanken är att dessa frågor och medskick går vidare till det fortsatta arbetet med att ta fram de Nationella specifikationerna för höjddata som Lantmäteriet kommer driva vidare när detta projektet nu avslutas.

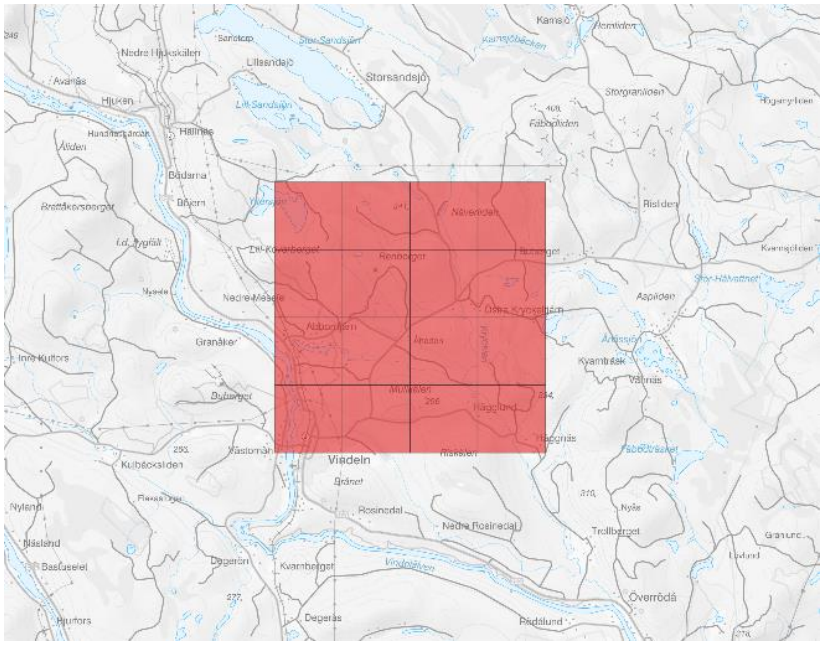
9 Testdata och verifikationer

Efter att en preliminär nationell specifikation är framtagen så behövs ett praktiskt sätt att verifiera och testa hur väl det går att använda höjddata som följer den nya specifikationen. Genom att först ta fram testdata enligt den nya specifikationen och sedan tillgängliggöra dessa testdata i den Nationella Geodataplattformens verifikationsmiljö (testmiljö) så har vi en reell möjlighet att konsumera datat och dra slutsatser på användbarheten av både datat som sådant (enligt de preliminära specifikationerna) men också hur enkelt det är att använda den Nationella Geodataplattformen.

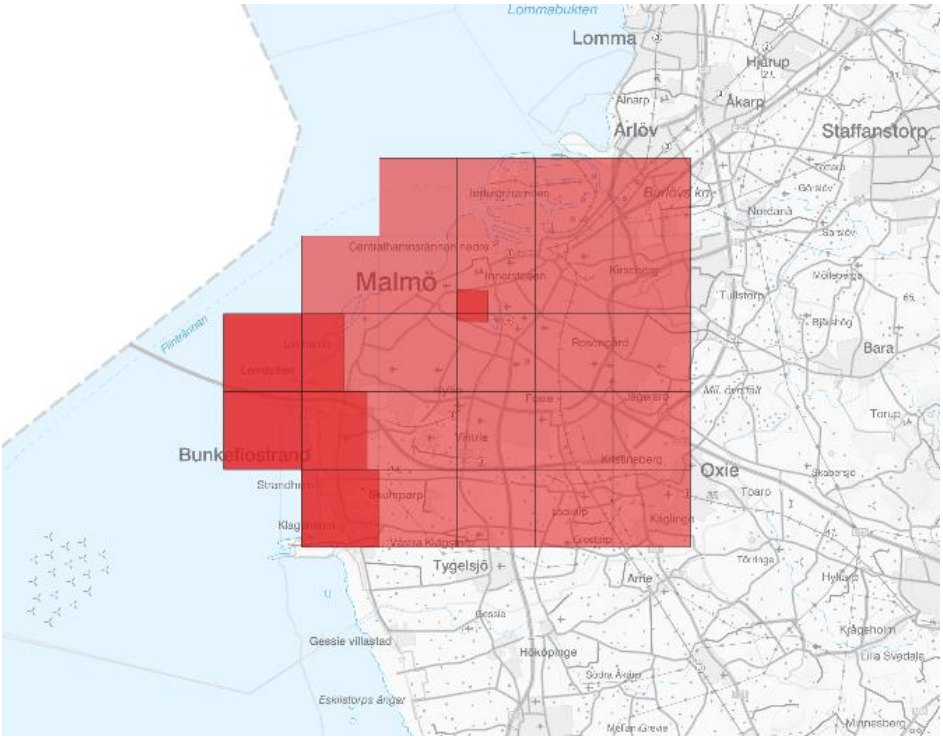
9.1 Punktmoln från nationell flygburen laserskanning

9.1.1 Metod och testdata

Lantmäteriet valde ut två områden för testning av laserdata. Ett område utanför Vindeln i Västerbotten som Skogsstyrelsen använder vid olika typer av tester samt ett område över centrala Malmö (figur 9.1 och 9.2). I båda fallen användes data från laserskanningen för skogliga grunddata, ett regeringsuppdrag som Skogsstyrelsen och Lantmäteriet har som går ut på att Sveriges skogsmark återkommande samlas in med hjälp av flygburen laserskanning.



Figur 9.1: Utbredningen av testdata utanför Vindeln i Västerbotten.

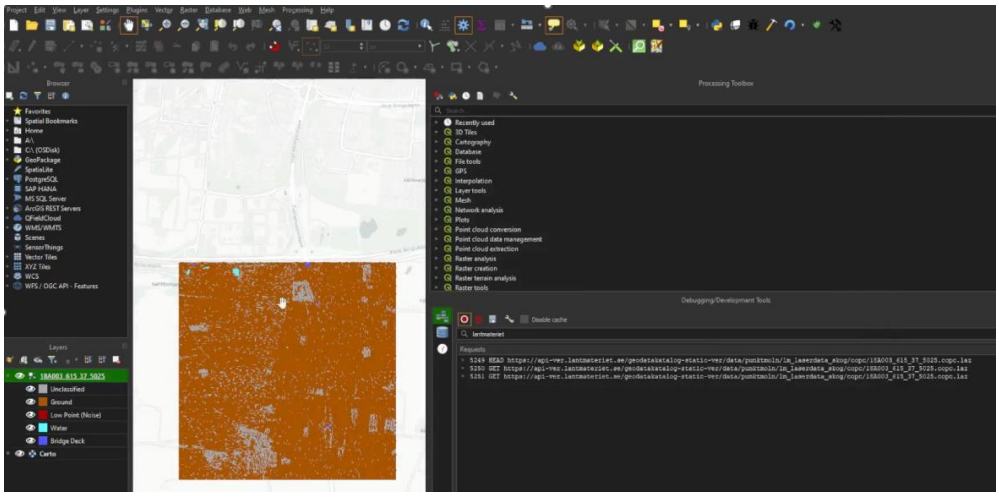


Figur 9.2: Utbredningen av testdata över Malmö, både från Lantmäteriet och Malmö stad.

Laserdata med tillhörande metadata har hämtats från Lantmäteriets fillager och metadatabas och sedan lästs rakt in till Nationella geodataplattformen av tekniker på Lantmäteriets IT-avdelning.

9.1.2 Resultat för uppladdning i nationell geodataplattform

Ett första test med fokus på huruvida det skulle gå att konsumera laserdatat genom att strömma det direkt till en GIS-programvara istället för att först ladda hem datat till sin lokala dator och sedan öppna det i en GIS-programvara genomfördes av Sweco (figur 9.3). För att kunna strömma laserdata kräver det att filerna är lagrade i det öppna formatet Cloud Optimized Point Cloud (COPC). Sweco kom fram till att COPC-formatet fungerade bra och att det fanns ett bättre stöd bland öppen källkod-lösningar än vad de trodde innan deras tester initierades. Men de upptäckte att den autentieringslösning som finns implementerad i Nationella geodataplattformen kan vara ett hinder i vissa arbetsflöden med strömmade laserdata. På samma sätt så kom de fram till att den nuvarande söktjänsten för Nationella geodataplattformen är förhållandevis osmidig och att varken ArcGIS Pro eller QGIS har stöd för att det på ett enkelt sätt ska gå att öppna laserdatafilen direkt från söktjänsten.



Figur 9.3: Figuren visar hur det ser ut i QGIS när Sweco testar att strömma laserdata via COPC-formatet istället för att ladda hem filer till den lokala datorn.

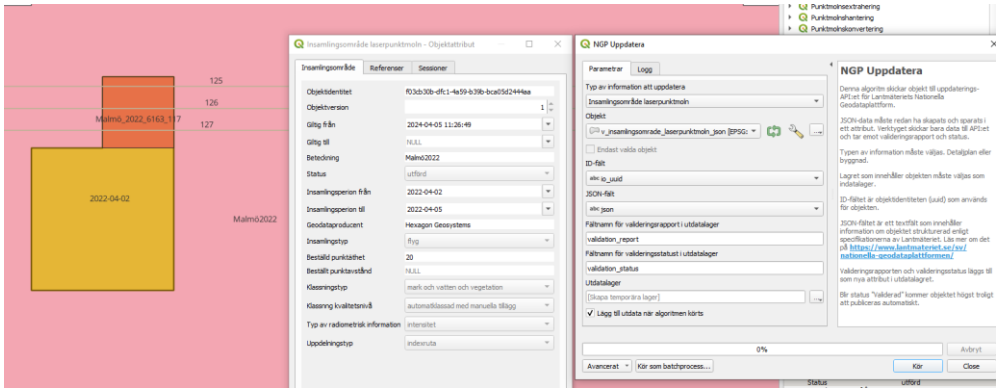
Det andra testet har personal från Lantmäteriets Bild- och Höjddatafunktion utfört. På grund av det komplexa systemet har det inte funnits tillräcklig tid att testa nedladdning av data. Filernas identitet (i form av UUID) exponeras inte av QGIS, utan det krävs en applikation som ger åtkomst till de fullständiga JSON-formaterade svaren från systemet. Här skulle nog FME kunna användas, men både autentisering och hantering av JSON-strukturen blir komplicerad. Det saknas även guide för nedladdning på webbsidan för Nationella geodataplattformen.

9.2 Punktmoln från kommunal flygburen laserskanning

9.2.1 Metod och testdata

Testdata från ett område i Malmö valdes ut. Laserskanningen av området utfördes 2022 av Hexagon på beställning av Malmö stad. Utifrån den preliminära specifikationen skapades Excel-filer med metadata för laserpunktmolnet och insamlingsområdet. En del metadata fanns tillgänglig i den ursprungliga leveransen medan det som saknades fick efterfrågas från leverantören. Geometrier för laserpunktmoln, stråk, insamlingssession och insamlingsområde togs fram. För att kunna lagra informationen på ett strukturerat sätt och senare kunna ta ut data enligt specifikationen skapades tabeller för metadata och geometrier i databashanteraren PostgreSQL med det spatiala tillägget PostGIS. QGIS användes för att fylla tabellerna med den framtagna informationen. Avancerade SQL-frågor mot databasen användes för att direkt strukturera och ta fram informationen som json enligt specifikationen. För testning och validering av json-data användes https://www.jsonschemavalidator.net/. I Lantmäteriets Geotorget beställs systemanvändare till NGP som producent för de aktuella datamängderna. I fallet med laserpunktmoln behövs krävs användare för både datamängderna laserpunktmoln och insamlingsområde laserpunktmoln. Vidare behöver man koppla systemanvändarens behörigheter för datamängderna till NGP:s API för uppladdning och uppdatering. Detta

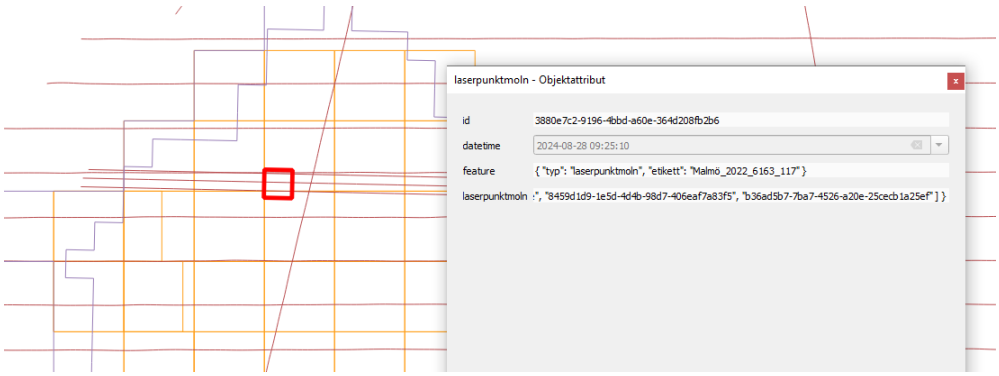
görs för respektive användare i Lantmäteriets API-portal. Där erhålls också nycklar för den säkra kommunikationen mellan klient och plattform. Kommunikationen från QGIS till NGP gjordes med hjälp av ett plugin i QGIS, NGP Connect, som utförde uppladdningen av JSON-data och tillhörande referensfiler (figur 9.4). Själva laserdata var ursprungligen i formatet LAS vilket är en okomprimerad version. För att spara plats och tid konverterades filen till den komprimerade LAZ.



Figur 9.4: Delar av användargränssnittet i QGIS för inmatning av data och verktyget för uppladdning till NGP.

9.2.2 Resultat för uppladdning i nationell geodataplattform

Efter en del felsökning och rättning gick uppladdningen av testdata igenom utan fel. Det som laddades upp var ett insamlingsområde för laserpunktmoln med tillhörande insamlingssession, tre stråk och tre filer för bandata. Att data kommit in verifierades av Lantmäteriet och också genom att det blev synligt i NGPs tjänster för konsumtion.



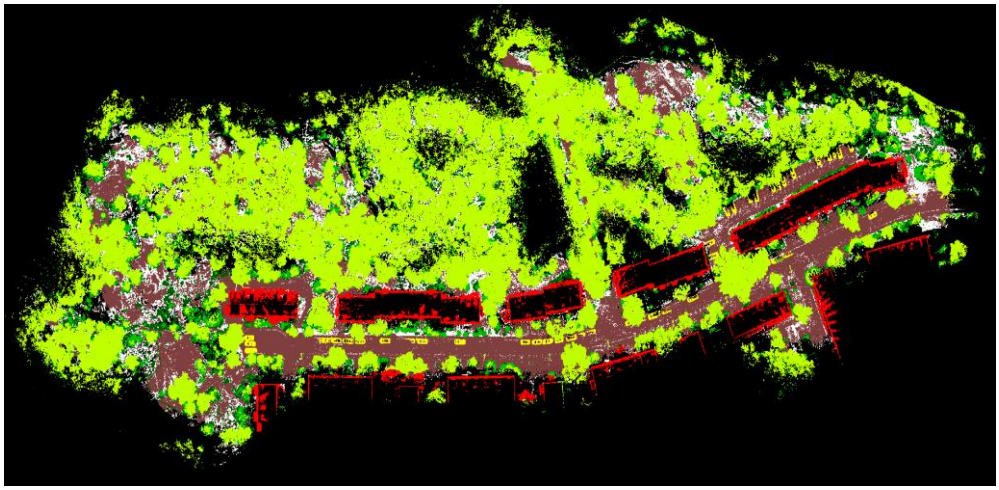
Figur 9.5: Figuren visar data från NGP över Malmö. Den röda rutan är det uppladdade laserpunktmolnet. I bilden finns även uppladdningar gjorda av Lantmäteriet samt insamlingsområden och stråk.

9.3 Punktmoln från handburen laserskanning

9.3.1 Metod och testdata

I Stockholms stad har tester att använda en handburen (personburen) laserskanner gjorts där syftet är att relativt snabbt kunna samla in detaljerade data över ett specifikt område, t ex där ny detaljplan ska tas fram.

Arbetet med insamling har börjat med förberedelser, där planering av skanningstråket har gjorts och inpassningspunkter mätts in med geodetisk mätning. Vid skanningstillfället har en GeoSLAM skanner + kamera använts. Bearbetning av punktmolnsdata, inklusive färgsättning gjordes i GeoSLAM Connect och resultatet exporterades ut i LAZ-format. Därefter gjordes klassning i TerraScan och ett uttunnat punktmoln exporterades som komplement till det ursprungliga (figur 9.6).



Figur 9.6: Insamlat punktmoln längs Fregattvägen i Stockholm.

9.3.2 Resultat för uppladdning i nationell geodataplattform

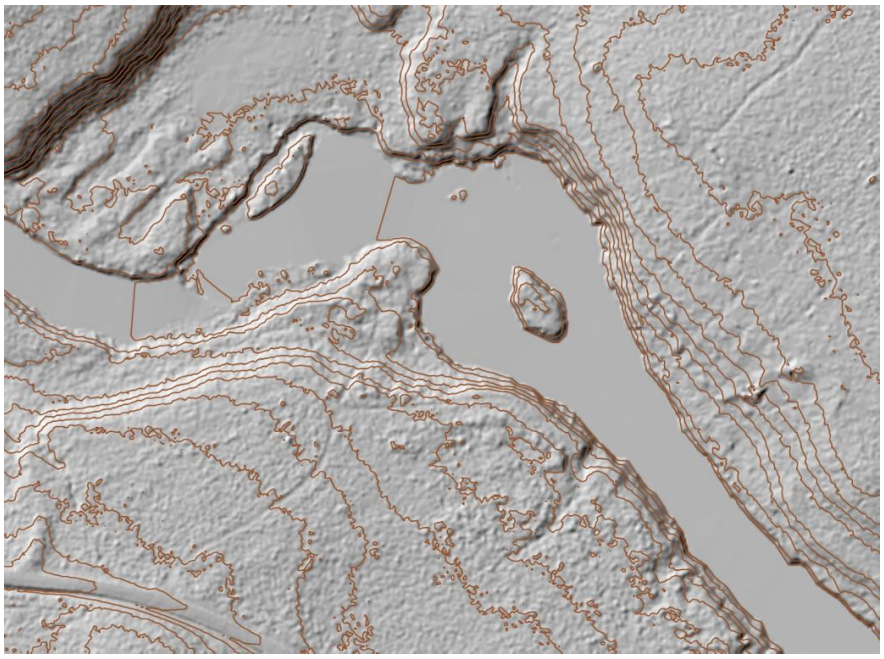
På grund av tidsbrist har denna datamängd inte kunnat laddas upp i Nationella geodataplattformen utan det får bli något som Lantmäteriet får fånga upp i det fortsatta arbetet som följer efter detta projekts avslut.

9.4 Brytgeometrier

9.4.1 Metod och testdata

Vid framställande av Lantmäteriets nationella markhöjdmodell används dels laserpunktmoln (primära datakällan) och bildpunktmoln (viktig källa för uppdatering), dels av brytgeometrier i form av punkter och polygoner i 3D. Punkterna läggs ut manuellt, främst i underfarter, medan polygonerna karteras automatiskt med viss manuell justering. Den automatiska karteringen av vattenytor tar sin utgångspunkt i topografiska kartans vattenytor, men är relativt avancerad och bygger bland annat på analys av punktmolnets lutning och släthet. I första steget skapas en ytmodell med utbredning endast över sannolika vattenytor. Därefter vektoriseras ytorna till polygoner av två typer: plana ytor som hav och sjöar respektive lutande vattendrag.

Vattendragens höjd justeras ytterligare genom analys av lutningstrender. När höjdmodellen skapas ignoreras alla laser- eller bildpunkter som faller inom eller strax utanför en vattenpolygon (figur 9.7). Sedan skapas modellen genom linjär interpolering i ett temporärt lagrat TIN.



Figur 9.7: Ett GRID i terrängskuggning där vattenytan har blivit tillplattad med hjälp av brytgeometrier

Brytgeometrierna hämtats från Lantmäteriets fillager och metadatabas och sedan lästs rakt in till Nationella geodataplattformen av tekniker på Lantmäteriets IT-avdelning.

9.4.2 Resultat för uppladdning i nationell geodataplattform

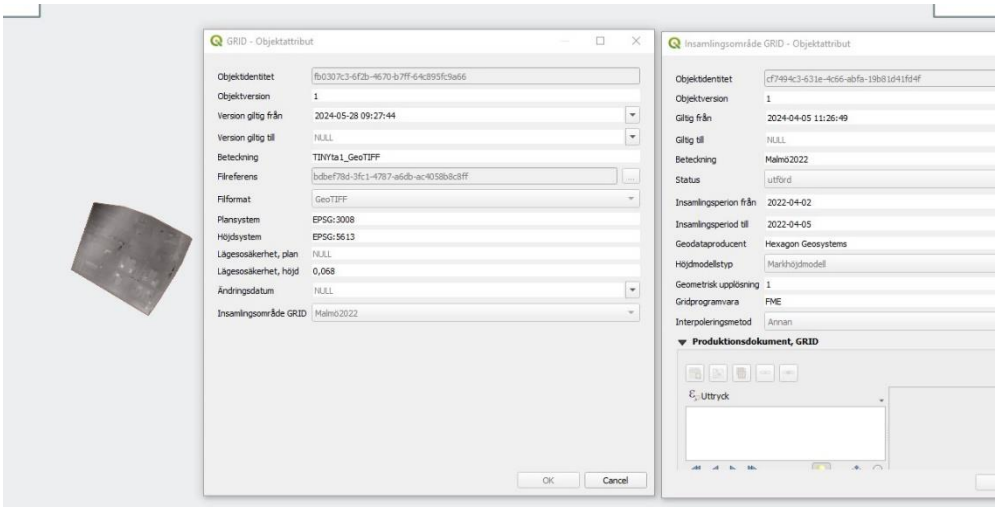
På grund av tidsbrist har denna datamängd inte kunnat laddas upp i Nationella geodataplattformen utan det får bli något som Lantmäteriet får fånga upp i det fortsatta arbetet som följer efter detta projekts avslut.

9.5 GRID

9.5.1 Metod och testdata

Test av uppladdning av GRID-data har skett med en liknade metodik som är beskriven i avdelningen Punktmoln från kommunal flygburen laserskanning. Testdata var i detta fall ett GRID som är framtagits av Tyréns över ett mindre område i Malmö. På samma sätt togs metadata fram i Excel. Databastabeller skapades och fylldes med data från QGIS (figur 9.8). Systemkonton för datamängderna beställes i Geotorget, API:erna kopplades och nycklar hämtades. Datamängderna var i detta fall Höjdmodell GRID och

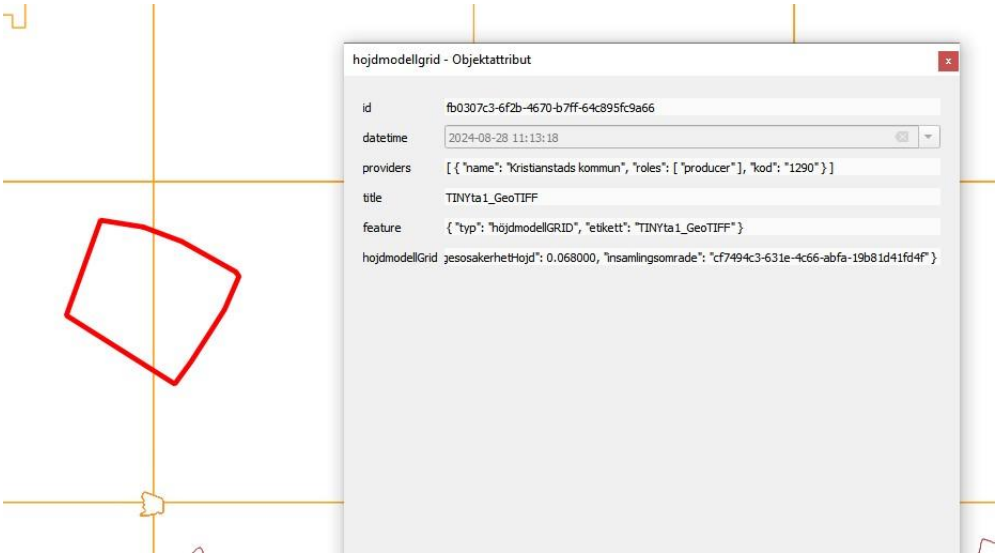
Insamlingsområde Höjdmodell GRID. Uppladdningen gjordes även i detta fall i QGIS och med NGP Connect. Filen som laddades upp var i formatet GeoTIFF.



Figur 9.8: Figuren visar delar av användargränssnittet i QGIS för inmatning av data för Höjdmodell GRID och Insamlingsområde GRID.

9.5.2 Resultat för uppladdning i nationell geodataplattform

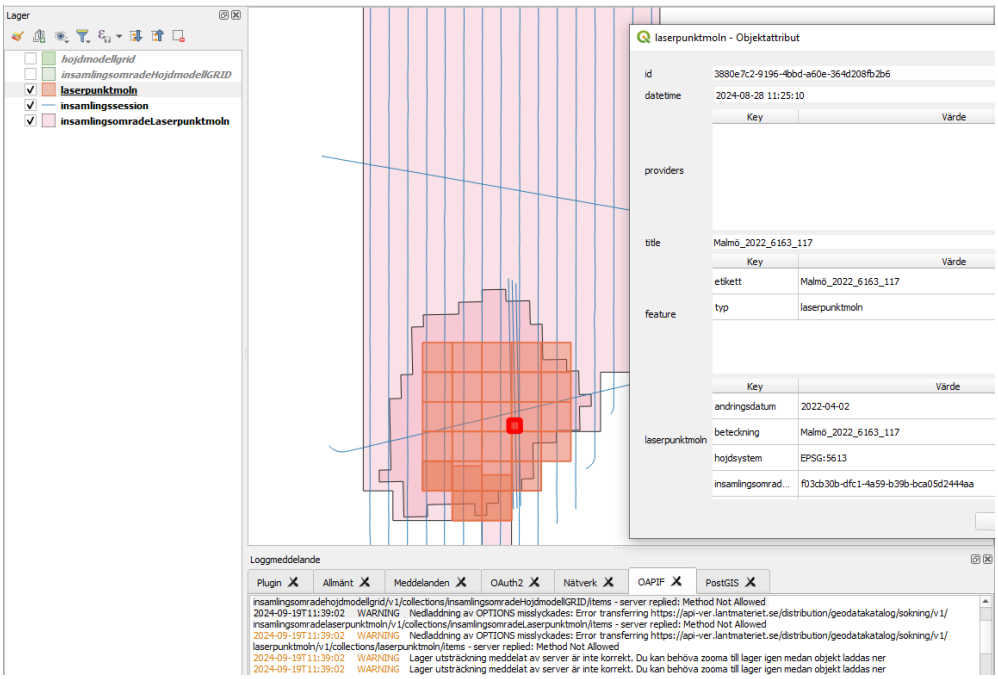
För GRID gick uppladdningen igenom utan fel, efter en del initiala felsökningar och rättningar. Det som laddades upp var insamlingsområde för GRID och själva GRID-filen samt dess metadata. Det uppladdade datat var sedan tillgängligt i tjänsterna (figur 9.9).



Figur 9.9: Figuren visar data från NGP över Malmö. Den röda rutan är det uppladdade GRID-området. I bilden finns även uppladdningar gjorda av Lantmäteriet.

9.6 Konsumentperspektivet – sökning och nedladdning

Alla data i NGP är tillgängligt som öppna data. Dock har det visat sig i testerna att det inte är så enkelt att använda. Inte ens för ganska teknikvana insatta användare. För det första krävs registrering och skapande av systemkonto i Geotorget. Registreringen gäller alla datamängder vilket är bra. Detta behöver bara göras en gång. Efter det ska systemkontot kopplas till konsument-API-erna i API-portalen och hämta ut nycklar till applikationerna. Dessa båda steg behöver bara göras en gång men innebär ändå en tröskel. För det andra är det svårt att använda API-erna. Det finns inga riktigt bra öppna verktyg att använda direkt. I testerna ovan har QGIS använts (figur 9.10). Det fungerar till viss del för att verifiera att data finns och titta på datamängderna innehåll. Men det finns många problem. Till exempel går det inte att se alla attribut, det är problem med att få koordinatsystemen att hanteras rätt (x- och y-axlarna skiftas), datamängder som innehåller flera geometrityper (punkt, linje, yta) kan inte hanteras riktigt dokument och filer kan inte laddas ner. Dessa problem kommer till viss del från vald tekniklösning i NGP och brist i stöd för dessa i applikationen. Att enkelt kunna söka och konsumera data är en bra grund för att få stor användning av NGP.



Figur 9.10: Konsumtion av OAPIF-tjänster i QGIS. Det går till viss del men det uppkommer en del fel såsom att koordinataxlar förväxlas, alla attribut visas inte, lagret insamlingssession visar endast geometrier för stråk.

9.7 Skapande av TIN utifrån NS punktmoln och NS brytgeometrier

Det är viktigt att höjddata enligt de Nationella specifikationerna stödjer framtagande av följdprodukter som t.ex. TIN. Att standardisera beskrivningen av indata till dessa följdprodukter ger också bättre förutsättningar för att ta fram rekommendationer hur t.ex. TIN-modellerna ska skapas (vilket efterfrågades i användarstudierna i avsnitt 7.5.1). Dessa TIN-modeller kan antingen vara en slutprodukt eller ett steg på vägen för att till exempel bilda GRID-modeller.

TIN-modellen bildas genom att triangulera nodpunkter för att bilda ett vektorlager bestående av icke-överlappande trianglar. TIN-modeller lämpar sig för att modellera ytor inmätta med låg mätosäkerhet. Eftersom trianglarna i modellen har olika storlek (är irreguljära) kan de både vara generella och specifika i samma modell beroende på lokala behov, exempelvis är små trianglar bra vid heterogen terräng men tar upp onödig lagringskapacitet om de beskriver homogen terräng (Vivoni et al. 2004). TIN-modellens uppbyggnad gör att det går att genomföra relativt snabba och lagringsmässigt billiga beräkningar. Dock förloras information mellan trianglarnas hörnpunkter vilken ersätts med interpolering mellan dessa hörnpunkter. Därav bör punkter som är signifikanta för modellering av området användas som hörnpunkter och inte ersättas av interpolering.

I denna studie görs en undersökning av hur TIN-modeller kan genereras utifrån punktmoln och brytgeometrier samt samspelet med lagring enligt Nationella specifikationerna. Ett syfte med denna studie är att studera vilken kvalitet som kan förväntas i en TIN-modell beroende på indata, algoritm och hur många punkter/trianglar som tas med i själva TIN-modellen (i relation till antalet punkter i punktmolnet).

Det är viktigt att TIN-modeller, för att uppfylla sitt syfte, bevarar viktiga strukturer i terrängen, exempelvis åsryggar men även strukturer gjorda av människan såsom topografin vid vägar (Little & Shi 2001; Briese 2010). Brytgeometrier används ofta i samband med produktion av TIN-modeller eftersom det går att använda dem i produktionsprocessen för att behålla hög noggrannhet i viktiga områden av modellen (Briese 2010; Vivoni et al. 2004). Brytgeometrier minskar även behovet av punkter i modellen genom att tillhandahålla tydliga, väl inmätta geometrier att bygga modellen med (Little & Shi 2001; Liu & Zhang 2008).

För detaljer om denna studie, se Andersson (2024)

9.7.1 Metod och testdata

Testerna genomförs i två områden: Lorensborg i stadsdelen Hyllie i Malmö (nedan benämnt Malmö) och Lycksta äng i Örkelljunga (nedan benämnt Örkelljunga). I Malmö används ett laserskannat punktmoln med punkttäthet på ca 35-40 punkter/m^2 och en lägesosäkerhet på 5-10 cm i höjd. Brytgeometrierna består av 2-dimensionella marktäckepolygoner (t.ex. gräsmark, asfalt och betong). I Örkelljunga används ett punktmoln från den första nationella laserskanningen som genomfördes 2009 till 2017 av Lantmäteriet och har en punkttäthet på minst 0,5-1,0 punkter/m^2 samt en lägesosäkerhet lägre än 0,1 meter på plana, hårdgjorda ytor.

En viktig sak med TIN-modeller är deras prestanda (här syftande på snabbhet att hantera TIN-modellerna i visualiseringar och analyser). För att öka prestandan används inte alla punkter i punktmolnet i själva trianguleringen, utan endast ett urval av punkter. Den generella regeln är att ju färre punkter som används, desto högre blir prestandan. Å andra sidan innebär färre punkter i trianguleringen att det vertikala avståndet mellan punkterna (som inte är med i trianguleringen) och den triangulerade ytan större. Det blir alltså en avvägning mellan prestanda och lägesosäkerhet i höjd.

För båda TIN-modellerna som tas fram i denna studie (en för varje område) gäller att de ska ha en total mätosäkerhet i höjd på 0,1 m i enlighet med HMK-standardnivå 2. Den totala lägesosäkerheten i höjd (σ_{tot}) beror på lägesosäkerheten i indata (σ_{indata}) och osäkerhet skapad i själva interpoleringen ($\sigma_{interpolering}$) (Costantino & Angelini 2013; Lui, Hu & Hu 2015). Med hjälp av felfortplantningsformel fås:

$$\sigma_{tot} = \sqrt{\sigma_{indata}^2 + \sigma_{interpolering}^2}$$

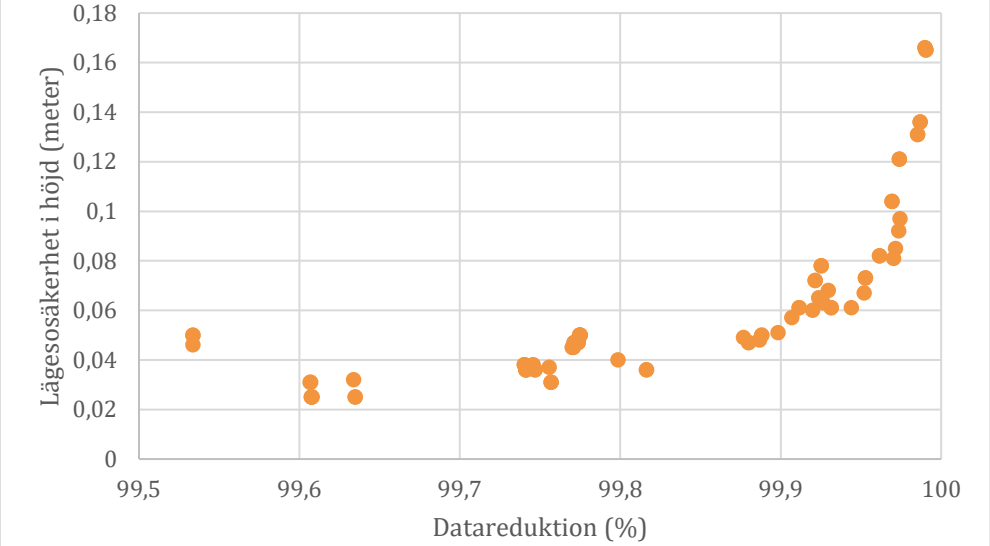
Osäkerheten i interpolering skattas genom att studera det vertikala avståndet för punkter i punktmolen (som inte är med i trianguleringen) och den triangulerade ytan. För att den totala lägesosäkerheten inte ska överstiga 0,1 m får osäkerheten genererad av interpoleringen endast vara några centimeter lägesosäkerheten i höjd är relativt stor för punktmolnen i båda studieområdena).

Skapandet av TIN-modeller sker i ETL-verktyget FME[32] utifrån punktmoln och brytgeometrier, för detaljer se Andersson (2024).

9.7.2 Kvalitetsstudier

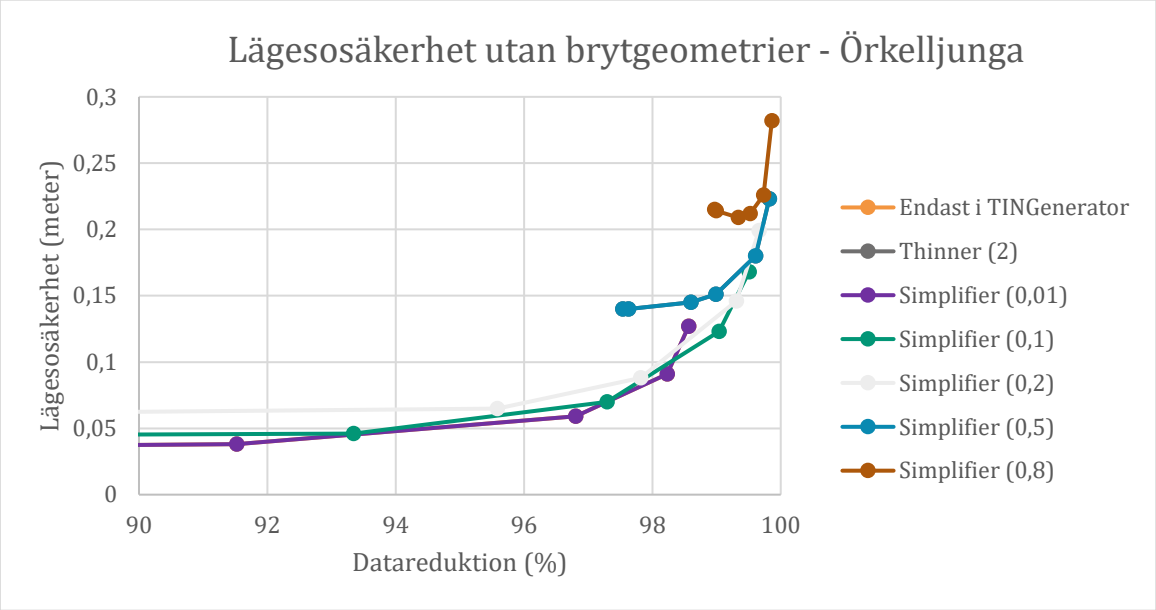
I kvalitetsstudierna utfördes tester av hur lägesosäkerheten i höjd beror på antalet punkter i TIN-modellen. För en tät skanning, som den i Malmö, kan antalet punkter reduceras kraftigt. Inte förrän omkring 99,9% av punkterna har tagits bort så börjar medelfelet öka (figur 9.11). Detta beror till del också på att studieområdet i Malmö är förhållandevis platt. I Figur 9.11 har inga brytgeometrier använts. Brytgeometrierna har för detta område mindre inverkan, dvs. förhållandet mellan datareduktion och lägesosäkerhet i höjd är relativt lika med och utan brytgeometrier. Detta beror dels på den platta topografin och dels på val av brytgeometrier. Dessa geometrier representerar här marktäckegränser (vilket är intressant för visualisering av data) och inte topografiska objekt.

[32] https://fme.safe.com/

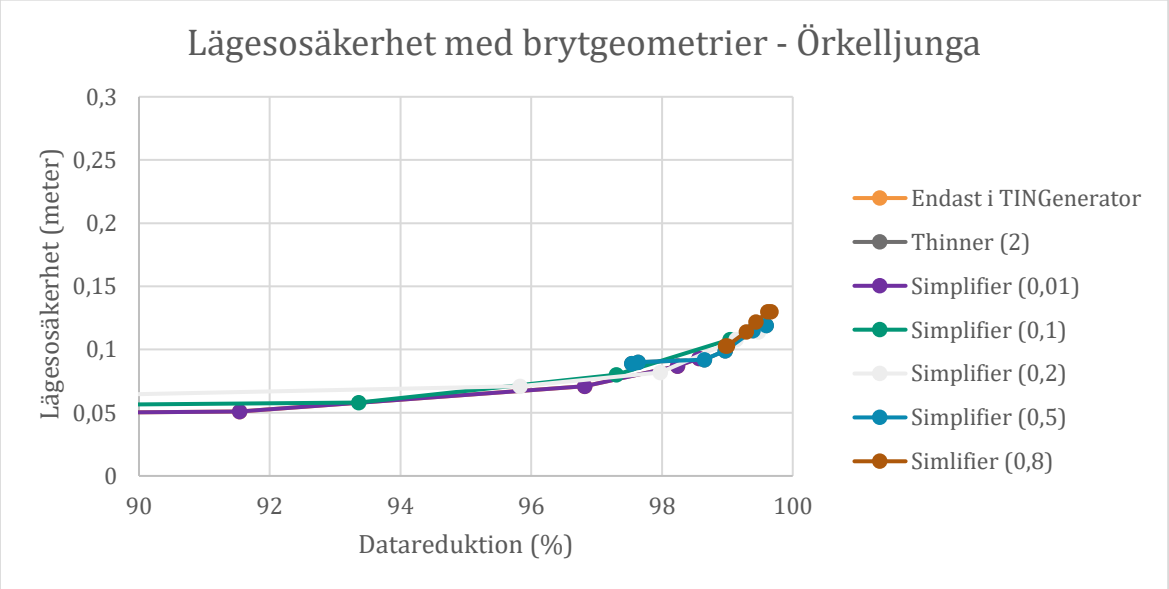


Figur 9.11: Förhållandet mellan datareduktion av punkmolnet (som anger andelen av punkter från punktmolnet som används i TIN-modellen) och den interpolerade lägesosäkerheten i höjd för TIN-modellen ($\sigma_{interpolering}$) för studieområdet i Malmö.

För studieområdet i Örkelljunga gjordes liknande tester (Figur 9.12 och 9.13). Här noteras att lägesosäkerheten börjar markant öka vid en datareduktion omkring 97%. Skillnaden mot Malmö-testet är främst att laserskanningen har mycket lägre punkttäthet, samt att studieområdet har en mer varierad topografi. För Örkelljunga användes brytgeometrier kopplade till topografin, vilket är bra för att skapa glesa TIN-modeller med låg lägesosäkerhet i höjd. Detta blir tydligt om man jämför relationen mellan lägesosäkerheten i höjd och datareduktion när TIN-modellerna genererats med och utan brytgeometrier (figur 9.12 och 9.13).



Figur 9.12: Interpolerade lägesosäkerhet med serier av olika datareduktionsmetoder utan brytgeometrier i studieområdet i Örkelljunga (för detaljer, se Andersson, 2024)



Figur 9.13: Interpolerade lägesosäkerhet med serier av olika datareduktionsmetoder med brytgeometrier i studieområdet i Örkelljunga (för detaljer, se Andersson, 2024)

Nyttan av Nationella specifikationerna för punktmoln och brytgeometrier för generering av TIN-modeller ligger i denna studie, och även rent generellt, främst i att det ger en standardiserad tillgång till metadata för punktmolnen och brytgeometrierna. Detta är viktigt för att skatta kvaliteten på TIN-modellen, t.ex. totala lägesosäkerheten i höjd.

9.8 Transformation från Nationella specifikationer till CityGML/3CIM

Det ska vara möjligt att skapa höjddata i CityGML/3CIM temat *Relief* (avsnitt 3.5.2) från höjddata lagrat enligt de Nationella specifikationerna. Förutom att data ska transformeras behöver även metadata (om t.ex. kvalitet) mappas till CityGML/3CIM vilket gör att CityGML ADEn för 3CIM behöver utökas. Temat *Relief* i CityGML består av klassen *ReliefFeature* som i sin tur kan delas in i en till flera *AbstractReliefComponent* där *AbstractReliefComponent* är antingen TIN (*TINRelief*), Punktmoln (*MasspointRelief*), Brytgeometrier (*BreaklineRelief*) eller regelbundet raster/GRID (*RasterRelief*) (figur 3.10). En ansats är att metadata i klassen insamlingsområde enligt NS höjd modelleras genom att skapa en ADE till klassen *ReliefFeature* i CityGML för att utöka med de attribut som behövs enligt NS höjd. *ReliefFeature* (insamlingsområde) kan då delas upp i flera *AbstractReliefComponent* som har enhetliga metadata. På det sättet kan hiearkin i CityGML behållas, det enda som krävs är en utökning av attribut för metadata. Enklare tester genomfördes med FME för att testa denna ansats för en mindre del av de testdata som skapatas enligt NS höjd i Malmö stad. Alternativet att skapa en ADE ansågs för tidskrävande för testerna. Istället skapades attributen från NS höjd och LAS-formatet som generiska attribut i CityGML.

NS punktmoln till CityGML/3CIM

Enligt NS punktmoln sparas själva punkmolnet som en LAS (eller den komprimerade LAZ) fil där en till flera punktmoln kopplas till både insamlingssession och insamlingsområde laserpunktmoln. I det genomförda testet skapades en CityGML/3CIM fil genom att lägga till metadata från klassen insamlingssession som generiska attribut i klassen *ReliefFeature* i CityGML och till den kopplades laserpunktmoln enligt klassen *MasspointRelief*. Laserpunktmolnen (LAS-filer) var i 1×1 km^2 rutor med en beställd punkttäthet på 20 punkter/m^2. Eftersom GML resultera i stora filer inkluderades enbart en mindre del av laserdata i testet. Ett test gjordes där attributen från LAS-filen (intensitet, klassning etc.) skapades som generiska attribut i *MasspointRelief*. Detta resulterade i att filstorleken i CityGML/3CIM ökade med en faktor 20 jämfört med LAS-filerna. Ett test gjordes även där klassen *MasspointRelief* användes utan tillägg genom att enbart ta med geometrierna (*x, y, z*) från punkterna i punkmolnet och ignorera alla attributen i LAS-filen. Det resulterade i en CityGML-fil som var 4 gånger så stor som LAS-filerna. Detta visar hur ineffektivt det textbaserade GML formatet är för lagring av punktmoln.

NS GRID till CityGML/3CIM

Testdata enligt NS GRID konverterades till CityGML/3CIM genom lägga till generiska attribut för metadata från insamlingsområde GRID till *ReliefFeature* i CityGML/3CIM och konvertera höjddata, som var i ascii GRID format, till GML och spara som *RasterRelief*. Det resulterade i en CityGML/3CIM fil som var 20×filstorleken för höjddata i ascii format.

Diskussion

Testerna att konvertera höjddata från NS höjd till CityGML/3CIM visar hur ineffektivt det textbaserade GML-formatet är för dessa data. Det är inte troligt att höjddata

kommer att lagras i GML-format och konverteras till andra format. Det är mer troligt att effektiva lagringsformat för höjddata som LAS-filer för punktmoln och GeoTIFF för raster/GRID används för att lagra höjddata utanför en 3D stadsmodell och istället konvertera punkmoln eller raster/GRID till CityGML/3CIM i de fall det behövs. Dessutom är det mer troligt att höjddata som lagras i CityGML/3CIM kommer att vara som TIN, vilket är det vanligaste formatet idag. Exempelvis kan alla marktäckeytor lagras som TIN, vilket lägger grund för en 3D baskarta. Se 10.3 för en vidare diskussion om höjddata och CityGML/3CIM.

10 Diskussion och fortsatt arbete

10.1 Fortsatt arbete med att ta fram nationella specifikationer för storskaliga geodata

Under hösten 2024 har Lantmäteriet bjudit in representanter från kommuner för att tillsammans arbeta med att ta fram flera nationella specifikationer för storskaliga kommunala data.

I arbetet kommer det ingå att gemensamt se över hur det arbete som gjorts inom ramen för Smart built environment, kallat 3CIM, kan och bör relatera till det nationella ramverket för utbyte av geodata, samt att prioritera ett antal datamängder för storskaliga kommunala geodata och i enlighet med process och ramverk inom den Nationella geodataplattformen säkerställa att dessa tas fram och etableras.

Arbetet kommer utgå från en framtagen prioriteringslista (kapitel 5), exempel på geodata kan vara allt från lekplatser till trafikdetaljer och kantsten. Men då arbetet ännu bara är i uppstartsfasen så kan vi inte i denna rapport slå fast vilka specifikationer som blir högst prioriterade att ta fram, utan det kommer arbetet mellan Lantmäteriet och kommunrepresentanterna slå fast senare under året.

10.2 Fortsatt arbete för att ta fram Nationella specifikationer för höjdtemat

Då specifikationerna vi tagit fram under det här projektet är att ses som ett första utkast av blivande nationella specifikationer så kommer arbetet att behöva fortsätta. Lantmäteriet har anmält sig för att hålla ihop det kommande arbetet och detta har mottagits positivt av de involverade deltagande organisationerna samt av referensgruppen.

Lantmäteriets förhoppning för det fortsatta arbetet är att så många som möjligt av de i projektet involverade organisationerna kan tänkas fortsätta att bidra med sin kompetens och arbetsinsats. Planen är sedan att en styrgrupp kommer startas upp och att arbetet kommer hamna under Lantmäteriets linjeorganisation för Smartare samhällsbyggnad och Nationella Geodataplattformen.

Beroende på att resurser från Lantmäteriets IT-avdelning redan är uppbokade med arbetet att tillgängliggöra High Value Data (HVD) till början av nästa år så är det svårt att redan i denna rapport delge en trolig tidsplan för det fortsatta arbetet.

10.3 Specifikation av detaljeringsnivåer för höjdmodeller

Det finns ett generellt önskemål om att detaljeringsnivåer (LOD-nivåer, *Level of Detail*) bör specificeras för höjdmodeller (se t.ex. avsnitt 3.5.5 och 7.5.1). En problematik kring detta är att detaljeringsnivåer inte är väl definierade för höjdmodeller (ett förslag till sådan definition finns i avsnitt 3.5.5 men denna modell är inte vedertagen). Det finns tre aspekter som påverkar detaljeringsnivå på en höjdmodell:

1) Vilka objekt som inkluderas i modellen. Detta gäller framförallt ythöjdsmodeller, men även markhöjdsmodeller påverkas av detta (om t.ex. broar är medtagna). I NS GRID specificeras vilka objekt som är medtagna i höjdmodellen i attributet *Höjdmodellstyp*.
2) Om höjdmodellen hanterar vertikala ytor och överhäng (eller om det bara hanterar 2,5D ytor). Detta är främst intressant för en TIN-modell eller annan vektormodell. För höjdspecifikationerna punktmoln och GRID är denna frågeställning inte aktuell. Däremot kan frågeställningen vara relevant för brytgeometrier och för (multi-) ytor i 3CIM/CityGML, och framtida 3CIM-specifikationer måste vara tydliga på om 3D-ytor är tillåtna (dvs. om vertikala ytor och överhäng modelleras).
3) Upplösningen på höjdinformationen. För NS punktmoln anges detta i attributet *punkttäthet* och för NS GRID i attributet *geometrisk upplösning*.

Alltså, de Nationella specifikationerna för höjddata lagrar ingen detaljeringsnivå för höjdinformation i form av en LOD-nivå (hur nu det definieras) utan det lagrar ett antal attribut som är relaterat till detaljeringsgraden på höjdinformationen.

10.4 Koppling mellan Nationella specifikationer för geodata och 3D stadsmodeller (CityGML/3CIM)

Det finns 3 huvudalternativ att lagra höjddata i en 3D stadsmodell lagrad enligt CityGML/3CIM:

1. Lagra höjddata enligt temat Relief i CityGML som tillåter lagring av höjd som GRID, TIN, punktmoln, brytgeometrier i GML-format.
2. Höjden lagras i de olika teman i 3CIM, t.ex. genom att marktäckeytor lagras som 2,5D multiytor (förutom att 3D-objekt används för t.ex. byggnader).
3. Höjddata lagras i separat höjdmodell som ligger utanför 3CIM (med mer effektiv lagring, t.ex. genom att använda LAS-filer för punktmoln eller GeoTIFF för GRID). 3CIM data draperas sedan över dessa höjddata vid visualiseringar och analyser.

Vilken av dessa metoder att lagra höjd som är bäst beror på tillämpningsområdet av 3D stadsmodellerna samt den tekniska miljön där 3CIM-data lagras. Denna frågeställning kommer att utvärderas inom projektet *3CIM – implementation och etablering*[33]. Det kan konstateras att oavsett vilket alternativ som väljs så har de Nationella specifikationerna (NS) för höjd en viktig funktion.

[33] https://smartbuilt.se/projekt/informationsinfrastruktur/3cim-implementation-och-etablering/

Om alternativ 1 väljs möjliggör NS att adekvata metadata (främst kvalitetsdata) finns tillgängliga och kan lagras tillsammans med höjddata i temat Relief. Det bör här poängteras att alla 3CIM-teman har geometri-metadata enligt lantmäteriets arkitekturramverk (som även NS baseras på). Mer detaljer om detta beskrivs i 3CIM:s slutrapport[34]. Att det är praktiskt möjligt att transformera höjddata enligt NS till 3CIM tema Relief visas i testerna i avsnitt 9.8 men det resulterar i stora datamängder.

Att lagra höjdinformation i flera 3CIM-teman, enligt alternativ 2, är tekniskt svårare men är vad som krävs om en riktig 3D baskarta ska skapas. Rollen för NS här är att standardisera de indata som krävs för att höjdsätta t.ex. marktäckeytor. För att uppnå en godtagbar kvalitet på (multi-) ytorna i 3CIM behöver man veta kvalitet på ursprungliga höjddata (grunddata som följer NS) och kvalitetspåverkande faktorer för att generera t.ex. 2.5D-ytor utifrån ursprungliga höjddata (se avsnitt 9.7).

Om en extern lagring av höjddata förordas, enligt alternativ 3, kan punktmoln, brytlinjer och GRID data lagras enligt NS. Och TIN kan genereras enligt t.ex. proceduren i avsnitt 9.7 och anpassas efter tillämpningen.

10.5 Utveckling av konsumtionsanvändning i QGIS

I flera av testerna beskrivna i kapitel 9 har QGIS använts för att konsumera data från som laddats upp i NGP. Detta fungerar till viss del men är inte så lätt som det borde vara och det finns en del problem och funktionalitet som saknas. Till exempel går det inte att se alla attribut, det är problem med att få koordinatsystemen att hanteras rätt (x- och y-axlarna skiftas), datamängder som innehåller flera geometrityper (punkt, linje, yta) kan inte hanteras riktigt dokument och filer kan inte laddas ner. Dessa problem kommer till viss del från vald tekniklösning i NGP och brist i stöd för dessa i applikationen. Att enkelt kunna söka och konsumera data är en bra grund för att få stor användning av NGP. Att jobba vidare och lösa dessa problem hade gjort konsumtion av NGP-data mycket lättare. Det finns redan funderingar på att starta upp sådan utveckling.

[34] https://www.smartbuilt.se/projekt/informationsinfrastruktur/3cim/

11 Slutsatser

Projektet har tagit fram en prioriteringslista för Nationella specifikationerna för geodata för teman relaterade till storskaliga kommunala data (kap 5). Framtagandet av denna lista har gjorts av projektgruppen med input från referensgruppen. Denna lista ligger till grund för de pågående diskussionerna mellan lantmäteriet och kommunerna för det fortsatta arbetet med att ta fram nationella specifikationer för storskalig (kommunal) information.

Som en del i prioriteringsarbetet fattades det även beslut om vilket tema som skulle behandlas i detta projekt. Valet föll på temat *Höjd*. Det fanns flera anledningar till det, de främsta tre var: (1) det är ett prioriterat tema som flera andra teman är beroende av, (2) projektgruppens partner äger frågan, och (3) projektmedlemmar har bra kompetens inom temat vilket skulle borga för bra resultat.

I nästa steg, delvis baserat på ett referensgruppsmöte och en webbenkät, beslutades att ta fram följande höjdspecifikationer: (1) punktmoln från rörlig enhet, (2) brytgeometrier och (3) GRID. Det diskuterades även att ta fram specifikationer för TIN, men projektgruppen menar på att det här saknas internationella, öppna standarder att bygga på (finns inget motsvarande LAS för punktmoln eller GeoTIFF för GRID), samt att det är ovanligt att utbyta TIN mellan organisationer.

Projektgruppens arbete gick vidare med att skapa preliminära versioner av specifikationerna för punktmoln från rörlig enhet, brytgeometrier och GRID. Arbetet har skett iterativt i två steg, där först en tidig version togs fram som utvärderades, och sedan förbättrades specifikationerna (till de som beskrivs i kapitel 8). Denna utvärdering har skett dels genom möte med referensgrupp och dels genom praktiska studier (kapitel 9). Det gör att de specifikationerna som tagits fram i projektet är så gott som kompletta, men fortfarande preliminära. Ett fortsatt arbete med att färdigställa specifikationerna har inletts som leds av lantmäteriet och där flera parter från detta projekt kommer att ingå.

12 Referenser

Andersson, A. (2024). Kvalitetsbeskrivning och kvalitetspåverkande faktorer vid produktion av TIN-modeller. *Examensarbete i geografisk informationsteknik nr 38*, Institutionen för Naturgeografi och Ekosystemvetenskap, Lunds Universitet

Ates Aydar, S., Yomralıoglu, T., Demir Ozbek, E. (2016) Modeling Turkey National 2D Geo-Data Model as a CityGML Application Domain Extension in UML, Int. J. Environ. Geoinformatics. 2016. 3(3), 1–10.

Biljecki, F., Ledoux, H.; Stoter, J., 2016. An improved LOD specification for 3D building models, Computers, Environment and Urban Systems 59 25– 37, 2016, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971516300436?c

Biljecki, F., Kumar, K., & Nagel, C. (2018). CityGML application domain extension (ADE): overview of developments. *Open Geospatial Data, Software and Standards*, *3*, 1-17.

Briese, C. (2010). Extraction of Digital Terrain Models. Vosselman, G. & Maas, H.-G. (red.) *Airborne and terrestrial laser scanning.* Whittles Publishing s. 135-167.

Gröger, G.; Kolbe, T.H.; Nagel, C.; Häfele, K.H., Eds. OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard, Ver. 2.0. (2012). Available online: http://www.opengeospatial.org/standards/citygml (senast besökt 4 april, 2024).

Jang, Y. H., Park, S. I., Kwon, T. H., & Lee, S. H. (2021). CityGML urban model generation using national public datasets for flood damage simulations: A case study in Korea. Journal of Environmental Management, 297, 113236.

Kolbe, T.H.; Kutzner, T.; Smyth, C.S.; Nagel, C.; Roensdorf, C., Heazel, C., Eds. OGC City Geography Markup Language (CityGML) Part 1: Conceptual Model Standard, Ver. 3.0.0. (2021). Available online: http://www.opengeospatial.org/standards/citygml (senast besökt 4 april, 2024).

Kumar, K., Ledoux, H., and Stoter, J. (2016) A CityGML Extension for Handling Very Large Tins, ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., IV-2/W1, 137–143, Tillgänglig på: https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-2-W1-137-2016.

Kumar, K., Ledoux, H., & Stoter, J., (2018). Compactly representing massive terrain models as TINs in CityGML. Transactions in GIS, 22(5), 1152-1178.

Kumar, K., Labetski, A., Ledoux, H., and Stoter, J. (2019) An Improved LOD Framework for the Terrains in 3D City Models, ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., IV-4/W8, 75–82, Tillgänglig på: https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-4-W8-75-2019.

Ledoux H, Arroyo Ohori K, Kumar K, Dukai B, Labetski A, Vitalis S (2019). CityJSON: A compact and easy-to-use encoding of the CityGML data model. Open Geospatial Data, Software and Standards, 4:4.

Lehner, H., Kordasch, S. L., Glatz, C., & Agugiaro, G. (2023). Digital geoTwin: A CityGML-Based Data Model for the Virtual Replica of the City of Vienna. In International 3D GeoInfo Conference (pp. 517-541). Cham: Springer Nature Switzerland.

Liamis, T.; Mimis, A. Establishing Semantic 3D City Models by GRextADE: The Case of the Greece. *J. Geovis. Spat. Anal.* **2022**, *6*, 15. https://doi.org/10.1007/s41651-022-00114-0.

Little, J. J. & Shi, P. (2001). Structural Lines, TINs, and DEMs. *Algorithmica*, s. 243-263. doi: 10.1007/s00453-001-0015-9

Liu, X. & Zhang, Z. (2008). LIDAR data reduction for efficient and high quality DEM generation, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences,* 37, s.173-178

Noardo, F., Arroyo Ohori, K., Biljecki, F., Ellul, C., Harrie, L., Krijnen, T., ... & Stoter, J. (2021). Reference study of CityGML software support: The GeoBIM benchmark 2019—Part II. *Transactions in GIS*, *25*(2), 842-868.

Shirinyan, E., & Petrova-Antonova, D., (2022). Modeling buildings in CityGML LOD1: Building parts, terrain intersection curve, and address features. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *11*(3), 166.

Soon, K. H., & Khoo, V. H. S. (2017). CityGML modelling for Singapore 3D national mapping. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *42*, 37-42.

Stoter, J.E., Ledoux, H., Penninga, F., van den Brink, L., Reuvers, M., Vermeij, M., Wiersma, M.G. (2019) Towards a generic 3D standardisation approach for the Netherlands supporting different applications and encodings, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci., Proceedings of 14th 3D GeoInfo Conference, Singapore, 24–27 September 2019; Volume XLII-4/W15, 89-96.

Uggla, M., Olsson, P., Abdi, B., Axelsson, B., Calvert, M., Christensen, U., Gardevärn D, Hirsch G, Jeansson E, Kadric Z, Lord J, Loreman A, Persson A, Setterby O, Sjöberger M, Stewart P, Rudenå A, Ahlström A, Bauner M, Hartman K, Pantazatou K, Wenjing L, Fan H, Kong G, Li H, & Harrie, L. (2023). Future Swedish 3D city models—Specifications, test data, and evaluation. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *12*(2), 47.

Vivoni, E.R., Ivanov V.Y., Bras, R.L. & Entekhabi, D. (2004). Generation of Triangulated Irregular Networks Based on Hydrological Similarity. *Journal of Hydrologic Engineering*, 9(4), s.288-302

Yan, J., Zlatanova, S., Aleksandrov, M., Diakite, A. A., & Pettit, C. (2019). Integration of 3D objects and terrain for 3D modelling supporting the digital twin. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *4*, 147-154.

Appendix A – Deltagare i styrgruppen

Malin Klintborg, Lantmäteriet (ordf.)
Per Arvidsson, Kristianstads kommun
Julia Björklund, Stockholms stad
Cecilia Gran, Malmö Stad
Pär Hagberg, Thyréns
Andreas Jonsson, Göteborg stad
Petter Pilesjö, Lunds universitet
Väino Tarandi, Temaledare Infrastruktur, Smart Built Environment

Appendix B – Deltagare i referensgruppen

Ahmad Alomran, Skanska Sverige AB
Karin Andersson, Trafikverket
Anneli Andre, Trimtec
Anna Martin Bell, Processledare BIM, Proposphere
Annie Chiu Sjöblom, iimpcoll
Helen Eriksson, Lantmäteriet
Åsa Eriksson, Trafikverket
Morgan Fredriksson, Nagoon
Jorge Gil, Ass. professor, Digital Twin City Centre, Chalmers
Stefan Granberg, Trimble
Miho Ishii, Trafikverket
Anders Jakobsson, Försvarsmakten
Agneta Jonsson, Skogsstyrelsen
Jesper Klarqvist, Trafikverket
Karolina Larsson, Stockholms stad
Liselott Nilsson, Skogsstyrelsen
Fredrik Nystedt, Briab
Anders Persson, Skogsstyrelsen
Helen Rost, Terrasolid
Mats Svensson, Tyréns
Grzegorz Swiderski, S-GROUP Splutions
Fredrik Söderberg, Sokigo
Mikael Törnkvist, TCG - Touchless Consulting Group

Appendix C – Prioriteringslista för kommunala behov av Nationella specifikationer av storskaliga geodata

Övergripande tema	Specifikaton	Beskrivning av specifikation	Exempel	Intressenter /användare	Nytta	Nytta - gradering	Status specifikation	Pågående arbete - nationell nivå	Pågående arbete - kommunal nivå
Höjd		Observera att listan nedan är preliminär							
Höjd	Laserdata (LAZ/ fil)	Orsaker på varför det här är en egen std. Är det bara punktmoln och inte brytlinjer och att det är därför vi skiljer den från raden under? Behöver vi skriva ut filformatet, borde inte specifikationen gälla även andra filformat?		Kommuner och leverantörer	Det finns en stor nytta att ha laserdata i kommunens arbete med höjdmodell. Utifrån Laserdata så tas det fram olika produkter som grid, TIN, höjdkurvor. Är dock osäker på om det ska vara LAS-format, eller LAZ-format (som är den komprimerade versionen av LAS)	5 ; 4				
Höjd	Klassificerat punktmoln + brytlinjer för aktuell höjdmodellstyp	Vilka klasser som ska finnas (kanske att det finns fasta klasser och även möjlighet till andra som kan variera från fall till fall). Hur klassningen är gjord. Vilka objekt som ska utgöra brytlinjer och vad brytlinjen är för slags geometri.	Indelning klassning enligt LAS 1.4 ASPRS specifiation.	Kommuner och leverantörer; SBK, kunder som köper punktmolnsdata från oss (t ex konsulter)	Att ha ett punktmoln/ett indelat i olika klasser är väldigt användbart i flera led. Två exempel är att dels så kan klimatanalyser göras enklare om man kan sortera ut vegetation från övrig. Eller så kan man sortera ut byggnader för att jobba vidare med punktmoln för byggnad. - För konsulter som jobbar i flera kommuner borde det vara en fördel att data är harmoniserat.	5	Kommunerna i Storstockholm har gemensamt upphandlingsunderlag		
Höjd	TIN (marköhöjdmodell , ytköjdmodell eller annan höjdmodellstyp)	Vilka parametrar som ingått i urvalet av punkter till triangulieringen.			TIN är väldigt krävande när det kommer till prestanda för härdvara. Det är inte enkelt att plocka upp en TIN-modell för hela stan och visualisera den. En TIN-modell rakt av från markmodellen innehåller extremt mycket trianglar. Definitionen av hur en TIN ska tas fram, och möjligtvis förenkling av TIN bör kanske ses över att tas fram. Kanske med rekommendation av hur förenkling ska ske av en TIN.	4		Arbete men nationell specifikation påbörjas inom grundöderantarbetet i samverkan mellan LM och Slogesstyrelsen	
Höjd	GRID (se TIN)	På vilket sätt som interpolationen gjorts			GRID är väldigt använd och Malmö använder sig uteslutande av ASCII-GRID-format när det kommer till delning av data med andra förvaltningar. Det betyder inte att det inte går att få i andra format.	3			
Höjd	Höjdkurvor och höjdpunkter GK* (markytan)	Vilka parametrar som ingått i urvalet av punkter till höjdkurverna.		Kartingenjörer som tar fram t ex grundkarta, nybyggnadskarta. Olika kunder, byggherrar. Höjdkurvor används också för att frässa fysiska markmodeller	Höjdkurvor tas fram var/e gång kommunen får ny laserskanning över kommunen. Höjdkurvor tas fram utifrån laserdata. Dock simplifieras laserdata för att det rent prestandamässigt ska gå enklare att skapa höjdkurvor av hela kommunen i ett svep. När kontroll gjorts så har höjdkurvor framtagna innan och efter simplifiering av laserdata varit i princip likadana.	3			HVD (High Value Data) arbete kommer utifrån öppna data	

Övergripande tema	Specifikaton	Beskrivning av specifikation	Exempel	Intressenter /användare	Nytta	Nytta - gradering	Status specifikation	Pågående arbete - nationell nivå	Pågående arbete - kommunal nivå
Stompunkter	Nationell specifikation för stompunkt	Vilken typ av punkter, t ex anslutningspunkter/brukspunkter och plan/höjd/plan+höjd. Vi vill kunna koppla till beräkningsfiler som visar hur det är mätt och utjämnat.	koordinatdata, kvalitet, markering, punktskiss	Mätningsingenjörer och entreprenadföretag samt externa mätningstekniska företag ; SBK, mätkonsulter som utgår från stompunkter för att etablera byggnät ; Intern inom kommunen och dess förvaltningar/bolag. Externa mätfirmor.	Ju mer som tiden går, desto lägre prioriterad känns det som att detta blir i kommunerna, tyvärr. Nyttan är däremot stor för kommunerna att kunna ha någonting att luta sig mot när det kommer till att underhålla kommunens stomnät. Utan en specifikation så hade kommunerna inte kunnat underhålla sitt stomnät till en kvalité som förväntas nationellt. ; SBK, mätkonsulter som utgår från stompunkter för att etablera byggnät ; Även om kommunen idag säljer stompunkdata är det ingen stor verksamhet. Finns däremot stora osäkerhets kring kvalitet. Vet vi vad det är för kvalitet på punkterna, hur ska den i så fall förmedlas och vet mottagarna hur den kan hanteras och användas? arbetar vanligen i flera kommuner. Borde vara en fördel att informationen är harmoniserad.	Då den senaste är från 2021 så kanske denna inte behöver prioriteras så högt. ; 3 ; 2	Under utveckling		
Bild	En frågeställning är om det finns generella regler från DIGG vad det gäller hantering av bildinformation i de nationella domänerna som					3		HVD (High Valus Data) arbete kommer utifrån öppna data är osäker på vad som innefattas UTKAST Bild basera på SGP finns på NGPs hemsida. Alla bilddelar nedan ingår i denna spec utom satellit samt	
Bild	Flygbild	Lodbilder och snedbilder ingår. Även IR-bandet. Gäller även bilder från drönare. Hur hanteras skyddsobjekt med avbildningsförbud? Påverkar de specifikationen? Behov finns även av kalibreringsfiler för leveransen för att göra följprodukter och använda bilderna i system.	Visualisering men även för användning i fotogrammetri för produktion av baskarta i 3D, ortofoton,	Kommuner och leverantörer ; Planavdelning, MEX, tekniska	Väldigt viktigt att det finns nationella specifikationer för flygbilder. Dessa används som stöd för kravställning i upphandlingar, men även i interna arbeten med flygbilder. Att kunna ha stöd i specifikationer i ens egna interna arbete är värdefullt.	5 ; 1			
Bild	Gatuvybilder	Bilder som tas från mobil insamling med fordon eller buren (ryggsäckslösning). Även behov av trajectories för att göra följdprodukter eller använda i		Kommuner och leverantörer; SBK ; bygglov m.fl.	Då det saknas i dagsläget så finns det ett stort behov av vad för krav man ska eller kan ställa vid exempelvis upphandling. Det används flitigt på kommunen, men kvalitén är blandad och osäker.	2			
Bild	Meshmodell / 3D	Över hela städer och projektområde. Specifkiation och		Trafikkontoret, SBK	Används inte. Fokus mer på objektbaserad stadsmodell.	2			
Bild	Ortofoto	Inklusive sant ortofoto. Övertäckningsgrad, höjdmodell för beräkning.		Kommuner och leverantörer; SBK, kommunikation, byggprojekt (staden + andra aktörer)	Specifikation för framtagning av ortofoto har en stor nytta för Malmö. Dock får vi oftast levererat ortofoto av leverantör, men det kan komma ett flertal tillfällen där kommuner tar fram egna ortofoton. Exempelvis vid drönarflygningar över begränsade områden.	4 ; 2			
Bild	Fotogrammetriskt punktmoln			Kommuner och leverantörer	Detta finns med idag i HMK flygfotografering. Behöver den finnas som en egen? Dock behöver den uppdateras tycker jag då tekniken har utvecklats mycket sen senaste version 2017.	5			
Bild	Satellitdata			NVV, SCB, kommuner	Detta använder inte Malmö idag. Dock vill Malmö använda det mer och därav blir det nödvändigt att en kommun har en specifikation att luta sig mot för att få mer kunskap inom satellitdata och produkter som det i sin tur kan skapas utifrån.	4		NMD nationella marktäckedata - projekt inom NVV är osäker på status för detta arbete	

Övergripande tema	Specifikaton	Beskrivning av specifikation	Exempel	Intressenter /användare	Nytta	Nytta - gradering	Status specifikation	Pågående arbete - nationell nivå	Pågående arbete - kommunal nivå
Adress		Är tillräckligt bra						HVD (High Value Data) arbete kommer utifrån öppna data	
Adress		Är tillräckligt bra - invänta ev. juridik		Logistikbranchen			Nationella standarden är nog		
Lägenhet									
Lägenhet	Lägenhet						Enligt nuvarande		
Lägenhet	Bostadsrätt						Försäg enligt bostadsrättsregistr		
Byggnad								HVD (High Value Data) arbete kommer utifrån öppna data	
Byggnad	Fysisk byggnad	Byggnader, planerade byggnader, rivna byggnader i byggnader i både 2D och	Planerare (trafik/detalj)/ samhälli), mätningsingenjörer, arkitekter, byggherrar, externa geodatakonsulter, visualiserare.	Nyttan är stor för planerare, visualiserare då byggnader är bland som vanligaste och viktigaste datamängderna på en kommun.	5	Arbete pågår SSB (LMI) arbete med Framtida dataförsörjning pågår för att hantera insamling	NS Byggnad, arbete pågår, testår 2023		
Byggnad	Registerbyggnad	Utredning pågår. Ska byggnader ingår fastighetsregistret?				Enligt FRL	BAL Byggnad i ufrt		
Andra byggnadsverk						2			
Andra byggnadsverk	Bro	Hur geometrin ska redovisas, koppling till BaseMan (trafikverket)	Broar över väg, vatten, mätningsingenjörer, gångtunnel, Tågtunnel, Cykel/gång-tunnel, Vattentunnel (kanal?).	Planerare (trafik/detalj)/ samhälli), mätningsingenjörer, arkitekter, byggherrar, externa geodatakonsulter, visualiserare.	Nyttan är stor för både analysmöjligheterna såsom vägar, avrinning (t.ex. viktigt att veta om vägar korsar varandra i plan eller ej i nätverksanalyser) men också för visualiserare för att kunna ge en så korrekt bild av vägnätet och omgivningar som möjligt.	5	Malmö: Saknar specifikation, men börjat titta på en ny datamodell		Malmö: har börjat spåna på en ny datamodell för vägar (där vi tolkar in tunnel och bro för transport också), men fokus ligger mest på att synka arbete med Trv
Andra byggnadsverk	Tunnel	Hur geometrin ska redovisas, koppling till BaseMan (trafikverket)	Tunnlar under väg, vatten, Öppna ytor, Cykeltunnlar	Planerare (trafik/detalj)/ samhälli), mätningsingenjörer, arkitekter, byggherrar, externa geodatakonsulter.	Nyttan är stor för både analysmöjligheterna såsom vägar, avrinning (t.ex. viktigt att veta om vägar korsar varandra i plan eller ej i nätverksanalyser) men också för visualiserare för att kunna ge en så korrekt bild av vägnätet och omgivningar som möjligt.	5	Malmö: Saknar specifikation, men börjat titta på en ny datamodell		Malmö: har börjat spåna på en ny datamodell för vägar (där vi tolkar in tunnel och bro för transport också), men fokus ligger mest på att synka arbete med Trv
Andra byggnadsverk	Väderkvarn		Planerare (trafik/detalj)/ samhälli), mätningsingenjörer, arkitekter, byggherrar, externa geodatakonsulter.		Nyttan är svagare då det inte är så vanligt med väderkvarnar. Men på samma sätt som alla byggnader ska finnas så behövs detta också.	3	Malmö: Saknar specifikation		
Andra byggnadsverk	Vindkraftverk	Vindkraftverk: både till havs samhälli), och på land	Planerare (trafik/detalj)/ mätningsingenjörer, arkitekter, byggherrar, externa geodatakonsulter, elbolag, medborgare.		Nyttan är stor gentemot visualiserare för att visa på aktuell påverkan. Det är ett aktuellt ämne i samhället, vilket höjer nyttan eftersom fler frågor kommer in.	4			
Andra byggnadsverk	Arenor / köpcentr	Är detta en egen specifikation, eller en utvidgning av byggnader?	Planerare (trafik/detalj)/ samhälli), mätningsingenjörer, arkitekter, byggherrar, externa geodatakonsulter, elbolag, medborgare.		Nyttan är stor gentemot visualiserare för att visa på aktuell påverkan. Det är ett aktuellt ämne i samhället, vilket höjer nyttan eftersom fler frågor kommer in.	4			
Andra byggnadsverk	Master	Idag en markdetalj	Telefonmaste r, flagmaster samhälli), mätningsingenjörer, arkitekter, byggherrar, externa geodatakonsulter, elbolag, medborgare.	Planerare (trafik/detalj)/	Nyttan är stor gentemot visualiserare för att visa på aktuell påverkan. Det är ett aktuellt ämne i samhället, vilket höjer nyttan eftersom fler frågor kommer in.	4			
Andra byggnadsverk						3		UTKAST Markdetaljer och markhöjder baserar på SGP finns på NGPs hemsida. Inget arbete sedan 2020	

Övergripande tema	Specifikation	Beskrivning av specifikation	Exempel	Intressenter /användare	Nytta	Nytta - gradering	Status specifikation	Pågående arbete - nationell nivå	Pågående arbete - kommunal nivå
Markdetaljer	Byggnadsdetalj	Idag en samling av olika informationsmängder som kan behöva bytas ut för att ska en bättre struktur och generera mer	Ska uppdelning ske utifrån vem som	Planerare, visualiserare	Vissa objekt kan ha hög nytta, men flertalet har lägre nytta på kort sikt.	2	Malmö saknas specifikation i dagsläget, men	UTKAST Markdetaljer och Marklinjer baserat på SGP finns på NGP:s hemsida. Allt inår inkl mast ovan inget	
Markdetaljer	Park och friluftsdetaljer		Fristående skorsten, däck	Planerare, visualiserare	Nyttan finns och kan i enskilda projekt vara väldigt stor, men på kort sikt är den inte särskilt hög.	3	Malmö saknas specifikation i dagsläget, men		
Markdetaljer			Parkbänk, lekredskap, ingår raststugor?	Planerare, visualiserare	Nyttan finns och kan i enskilda projekt vara väldigt stor, men på kort sikt är den inte särskilt hög.	3	Malmö saknas specifikation i dagsläget, men projekt för Framida Data/diskriminator höjd för att utreda en sådan		
			Tycker nog att mindre						
	Naturdetalj		Stenblock (ej vegetation?), Tycker inte	Planerare, visualiserare	Nyttan finns och kan i enskilda projekt vara väldigt stor, men på kort sikt är den inte särskilt hög.	3	Malmö saknas specifikation i dagsläget, men		
Markdetaljer	Teknik och miljödetalj		Brunnslock, stolpe stolpe.	Planerare, visualiserare, tekniska kontoret	Nyttan finns och kan i enskilda projekt vara väldigt stor, men på kort sikt är den inte särskilt hög.	3	Malmö saknas specifikation i dagsläget, men		
			Är mast en						
Markdetaljer	Trafikdetalj		Cykelställ, farthinder (bussh)plåplat	Planerare, visualiserare; Trafikkontoret	Nyttan finns och kan i enskilda projekt vara väldigt stor, men på kort sikt är den inte särskilt hög.	3	Malmö saknas specifikation i dagsläget, men		
Markdetaljer	Hamndetalj		Kaj, bryggа	Planerare, visualiserare	Nyttan finns och kan i enskilda projekt vara väldigt stor, men på kort sikt är den inte särskilt hög.	3	Malmö saknas specifikation i dagsläget, men		
Markdetaljer	Vegetation	3D-objekt (kan också vara punkter med attribut) som träd, buskar, planteringar. Eventuellt också ytor, men kanske rimligare att lägga det i marktäcke för NS.	Träd, buskar, etc. Ett klassificerat punktmoln kan i många fall vara ett bra material för vissa tillämpningar	Planerare, visualiserare, byggkontorer, trafikingenjörer, drift och skötsel; De som jobbar med park och natur, stadsplanerare; planering, skötsel	Stor nytta för att göra analyser, skapa förståelse för staden genom visualisering eller för planering. Även underhållsarbete kan underlättas markant med jämförbara och strukturerade data för markanvändning. Viktigt för grönytaskötsel och -planering, bedömning av naturvärden. Svårt att hålla ett detaljerat så aktuellt/komplett att det kan göra nytta	5 ; 3			
Transport - väg och järnväg	Saknar utbredning i nationell specifikation								
Transport - väg och järnväg	Väg i nätverk	Mittlinje på väg, ruttbara vägar	Mittlinje på väg, ruttbara vägar	Planerare, Analytiker, Trafikverket	Stor nytta för att ha möjlighet att göra analyser på vägnätet samt enkla visualiseringar.	5 ; 5	NVDB används		
Transport - väg och järnväg	Väg ytbildad	Innfattar detta även cykel och gångväg?	Ytbildade vägar som visar vägens verkliga utbredning i	Planerare, Analytiker, Trafikverket	Story nytta för att kunna visualisera samt möjlighet att analysera vägens påverkan på t.ex. vatten.	5 ; 4	Malmö: Saknar specifikation, men börjat titta på en ny datamodell		
Transport - väg och järnväg	Innefattar detta all spårtrafik?	Spårmitt (ruttbar) samt ytbildad spårväg.	Spårmitt (ruttbar) samt ytbildad spårväg.	Planerare, Analytiker, Trafikverket	Ruttbar spårmitt har stor nytta för att kunna analysera alla delar av transportnätverket. Ytbaserad spårtrafik har inte lika stor nytta i kommun, eftersom dess påverkan inte är lika stor på staden som vägnätet.	5 (ytbase rad 3) ; 3	Malmö: Saknar specifikation, men börjat titta på en ny datamodell	Malmö har det som fokusområde. I Norge finns utvecklad spec för linjer och ytor värd att kolla på. Linjerna skulle även kunna användas som brytlinjer i höjdmodellen.	Malmö har det som fokusområde.
Transport - väg och järnväg	Järnväg	Innefattar detta all spårtrafik?	Spårmitt (ruttbar) samt ytbildad spårväg.	Planerare, Analytiker, Trafikverket	Ruttbar spårmitt har stor nytta för att kunna analysera alla delar av transportnätverket. Ytbaserad spårtrafik har inte lika stor nytta i kommun, eftersom dess påverkan inte är lika stor på staden som vägnätet.	5 (ytbase rad 3) ; 3	Malmö: Saknar specifikation, men börjat titta på en ny datamodell	Malmö har det som fokusområde. I Norge finns utvecklad spec för linjer och ytor värd att kolla på. Linjerna skulle även kunna användas som brytlinjer i höjdmodellen.	Malmö har det som fokusområde.

Övergripande tema	Specifikaton	Beskrivning av specifikation	Exempel	Intressenter /användare	Nytta	Nytta - gradering	Status specifikation	Pågående arbete - nationell nivå	Pågående arbete - kommunal nivå
Markanvändning (faktisk, ej pla		Vegetation är borttaget som marktäcke; är nu eget tema. Skogsbruk, jordbruk m.m. skulle ev behövas.			Mkt stor nytta för kommuner och andra aktörer. ; Stor nytta för kommuner och andra aktörer om det är på en användbar nivå. Marktäcke viktigare	5 ; 3	Arbete pågår inom gruddatadomän SCB, NVV, LM, RAÄ, kommun här	UTKAST Marktäcke baserat på SGP finns på NGPs hemsida. Inget arbete sedan 2020	
Markanvändning (fakt	Järnvägar			Planerare, visualiserare, byggaktörer, trafikingenjörer, drift och skötsel	Stor nytta för att göra analyser, skapa förståelse för staden genom visualisering eller för planering. Även underhållsarbete kan underlättas markant med jämförbara och strukturerade data för markanvändning.	5			
Markanvändning (fakt	Hamn			Planerare, visualiserare, byggaktörer, trafikingenjörer, drift och skötsel	Stor nytta för att göra analyser, skapa förståelse för staden genom visualisering eller för planering. Även underhållsarbete kan underlättas markant med jämförbara och strukturerade data för markanvändning.	5			
Markanvändning (fakt	Flygplats			Planerare, visualiserare, byggaktörer, trafikingenjörer, drift och skötsel	Stor nytta för att göra analyser, skapa förståelse för staden genom visualisering eller för planering. Även underhållsarbete kan underlättas markant med jämförbara och strukturerade data för markanvändning.	5			
Markanvändning (fakt	Bebyggelseområden			Planerare, visualiserare, byggaktörer, trafikingenjörer, drift och skötsel	Stor nytta för att göra analyser, skapa förståelse för staden genom visualisering eller för planering. Även underhållsarbete kan underlättas markant med jämförbara och strukturerade data för markanvändning.	5			Arbetar inom projektet för framtida dataförsörjning kring hur markanvändning/matktäcke/markskikt ska hanteras, troligtvis ska denna data komma från andra källor.
Markanvändning (fakt	Park			Planerare, visualiserare, byggaktörer, trafikingenjörer, drift och skötsel	Stor nytta för att göra analyser, skapa förståelse för staden genom visualisering eller för planering. Även underhållsarbete kan underlättas markant med jämförbara och strukturerade data för markanvändning.	5			Arbetar inom projektet för framtida dataförsörjning kring hur markanvändning/matktäcke/markskikt ska hanteras, troligtvis ska denna data komma från andra källor.
Markanvändning (fakt	Campingplatser			Planerare, visualiserare, byggaktörer, trafikingenjörer, drift och skötsel	Stor nytta för att göra analyser, skapa förståelse för staden genom visualisering eller för planering. Även underhållsarbete kan underlättas markant med jämförbara och strukturerade data för markanvändning.	5			Arbetar inom projektet för framtida dataförsörjning kring hur markanvändning/matktäcke/markskikt ska hanteras, troligtvis ska denna data komma från andra källor.
Markanvändning (fakt	Badplatser			Planerare, visualiserare, byggaktörer, trafikingenjörer, drift och skötsel	Stor nytta för att göra analyser, skapa förståelse för staden genom visualisering eller för planering. Även underhållsarbete kan underlättas markant med jämförbara och strukturerade data för markanvändning.	5			Arbetar inom projektet för framtida dataförsörjning kring hur markanvändning/matktäcke/markskikt ska hanteras, troligtvis ska denna data komma från andra källor.
Markanvändning (fakt	Idrottsanläggning			Planerare, visualiserare, byggaktörer, trafikingenjörer, drift och skötsel	Stor nytta för att göra analyser, skapa förståelse för staden genom visualisering eller för planering. Även underhållsarbete kan underlättas markant med jämförbara och strukturerade data för markanvändning.	5			Arbetar inom projektet för framtida dataförsörjning kring hur markanvändning/matktäcke/markskikt ska hanteras, troligtvis ska denna data komma från andra källor.
Markanvändning (fakt	Övrig markanvändning			Planerare, visualiserare, byggaktörer, trafikingenjörer, drift och skötsel	Stor nytta för att göra analyser, skapa förståelse för staden genom visualisering eller för planering. Även underhållsarbete kan underlättas markant med jämförbara och strukturerade data för markanvändning.	5			Arbetar inom projektet för framtida dataförsörjning kring hur markanvändning/matktäcke/markskikt ska hanteras, troligtvis ska denna data komma från andra källor.

Övergripande tema	Specifikaton	Beskrivning av specifikation	Exempel	Intressenter /användare	Nytta	Nytta - gradering	Status specifikation	Pågående arbete - nationell nivå	Pågående arbete - kommunal nivå
Planer	Detaljplan			Planerare, byggaktörer, konsu	Finns stor nytta att kunna på enhetligt sätt analysera och presentera/jämföra planer. Kvaliten på det digitala materialet för planer ökar också, vilket stärker nyttan,	5	Beslutad nationell		Arbetar enligt spec (Malmö)
Planer	Översiktsplan			Planerare, byggaktörer, konsu	Finns stor nytta att kunna på enhetligt sätt analysera och presentera/jämföra planer. Kvaliten på det digitala materialet för planer ökar också, vilket stärker nyttan,	5	Arbete pågår	Nationell specifikation är under framtagande Boverket och LM planerad för implementation i NGP	Utreder möjlighet att implementera spec (M
Planer	Regionplan			Planerare, byggaktörer, konsu	Finns stor nytta att kunna på enhetligt sätt analysera och presentera/jämföra planer. Kvaliten på det digitala materialet för planer ökar också, vilket stärker nyttan. Dock inte en kommunal angelägenhet.	5	Planerat när ÖP är klar		
Planer	Havsplan			Planerare, byggaktörer, konsu	Finns stor nytta att kunna på enhetligt sätt analysera och presentera/jämföra planer. Kvaliten på det digitala materialet för planer ökar också, vilket stärker nyttan,	5	Planerad	WS med kommuner och Trafikverket planerad i slutet Mars	
Planer	Infrastrukturplan			Planerare, byggaktörer, konsu	Finns stor nytta att kunna på enhetligt sätt analysera och presentera/jämföra planer. Kvaliten på det digitala materialet för planer ökar också, vilket stärker nyttan,	5			
Bestämmelser									
Bestämmelser	Kulturmiljö						PoC med RAÄ	PoC riksintresssen under våren RAÄ, NVV och LM	
Bestämmelser	Miljöinformaiton						PoC med NVV	PoC riksintresssen under våren RAÄ, NVV och LM	
Bestämmelser	Transportnät								
Bestämmelser	Geologi och geoteknik						PoC med SGU	Arbete med nationell	
Bestämmelser	Strandskydd						Under planering med LST, NVV och LM	Arbete med nationellt tillhandahållande pågår	
Bestämmelser	Övriga bestämmelser								

Övergripande tema	Specifikaton	Beskrivning av specifikation	Exempel	Intressenter /användare	Nytta	Nytta - gradering	Status specifikation	Pågående arbete - nationell nivå	Pågående arbete - kommunal nivå
Ortnamn								HVD (High Value Data) arbete kommer utifrån öppna data UTKÄST Ortnamn baserat på SGP finns på NGPs hemsida.	
Ortnamn									
Fastighetsinformation									
Fastighetsinformation	Fastighetsindelning								
Fastighetsinformation	Rättigheter								
Fastighetsinformation	Gemensamhetsanläggning								
Ytvatten									
Ytvatten	Vatten i nätverk			Planerare, Analytiker, Trafikve	Likt spårbundentrafik så finns behovet även	2	Ok	UTKÄST Vatten baserat på SGP finns på NGPs hemsida.	
Ytvatten	Ytbildat ytvatten			Planerare, visualiserare	Finns nytta av att kunna avgöra var vatten fi	3			
Marktäcke									
Marktäcke		Vad marken faktiskt består av, inte användning. Behövs sätt att uttrycka tematisk osäkerhet, inte bara geometrisk osäkerhet.	Ofta efterfrågas data på en nivå som ligger mellan stat och kommun. Den statliga från Lantmäteriet och andra myndigheter		i ett kommunalt perspektiv har det stor nytta. Dels för förvaltning av ytor, dels för analyser och visualisering. Härdgjorda ytor, avrinning, mikroklimat. Kolsänkor mm. analyser inom planering/VA/miljö mm. ofta saknas bra heltäckande material. Och det går inte att få ihop det bra/enkelt pga. att det ser så olika ut	Arbete pågår inom grunddatadomän SCB, NVV, LM, RAÄ kommun		UTKÄST Marktäcke baserat på SGP finns på NGPs hemsida. Inget arbete sedan 2020	

Appendix D – Användarberättelser för höjddata Offentlig sektor (ej kommun)

Roll	Behov	Användarberättelse	Sökkriterier	Övergripande informationskrav	Effekter	Kommentar
Utredare inom vattenfrågor	Avrinningsanalys av statens jordbruksmark	Som utredare vill jag ha tillgång till höjder för att kunna utföra avrinningsanalys	Hela alt delar av Sverige ex södra Sverige	Det har tagit mycket kraft, behöver en speciell dator för att hantera höjddata. Vill gärna klippa ut den aktuella datan själv	Lättare få tillgång till höjddata gör att processen är effektivare	Använder höjddata sällan då de är tung data och inte så lättilgängligt LST bör ha samma kartunderlag projektörer
Systemförvaltare och GIS-ansvarig	Förfina analyser som berör EU-jordbruksstöd	Som GIS-ansvarig vill jag ha höjddata för att höja kvaliteten i våra beslut inom	Hela alt delar av Sverige ex södra Sverige		Högre kvalitet	
Enhetsansvarig för geodata, naturgeograf	Tillgång till höjddata direkt via GIS-program, inklusive möjligheten att streama data. Ett behov av både rasterdata/laserscanning och vektordataset med höjdkurvor. Önskan om att nationella specifikationer för geodata är välutformade och tillgängliga.	Som en GIS-ingenjör vill jag kunna dra in VCS och ladda ner höjddata direkt i mitt GIS-program för att utföra analyser med fysiska data i ett begränsat område	Aktualitet och datum för laserscanning. Geografisk sökbarhet och enkel navigering i kartinterface. Kvalitet på datamaterial.	Behov av sömlöshet mellan kommuner och enkel navigering oberoende av kommungränser. Arbetar på rikstäckande nivå, inte begränsat till specifika kommuner.	Förbättrad förmåga att uppfylla myndighetens uppdrag, producera kartor och samverka med kommuner. Förbättrad förmåga att förebygga risker och hantera geotekniska utmaningar.	
Planerare	Vart kan man på översiktlig nivå dra en ny väg eller järnväg, ju bättre den allmänna är desto bättre. För att jämföra kan myndigheten göra egna skanningar av järnvägen och se hur den stämmer jämfört med LMs data.	Som planerare på en myndighet vill jag ha tillgång till korrekt höjddata för att kunna fatta beslut om nya dragningar av väg och järnväg.	Stor yta/område, då det kan vara långa objekt	Se flera kommuner samtidigt sömlsöt viktigt att det är regelbundet uppdaterad höjddata vill gärna ha 5 pkt/kvm	Enklare och smidigare arbetssätt Mindre jaga efter data.	Ex om man kan göra en app där data till bullerutredningar finns. Då kan de som behöver den specifika datan hämta sin data genom att rita in sitt område och på så sätt få tillgång till den data de behöver.
Utredare	Se växtlighet kopplat till järnvägen	Som utredare på en myndighet vill jag veta hur växligheten ser ut längts järnvägen för att kunna föreslå förbättringar.	Stor yta/område, då det kan vara långa objekt	Se flera kommuner samtidigt sömlsöt viktigt att det är regelbundet	Enklare och smidigare arbetssätt Mindre jaga efter data.	
Utredare	Se vägarnas siktlinjer	Som utredare på en myndighet vill jag ha tillgång till höjder på vägarna för att kunna utföra siktanalyser.	Stor yta/område, då det kan vara långa objekt	Se flera kommuner samtidigt sömlsöt viktigt att det är regelbundet uppdaterad höjddata vill	De kommande höjderna kommer ge bättre förutsättningar då väghöjder har ojämn kvalitet idag	
Ansvarig för extern geodata	Skapa 3D-modeller	Som ansvarig för externa data på en myndighet vill jag ha tillgång till höjddata för att kunna skapa 3D-modeller	Både små och stora områden		Enklare och smidigare arbetssätt Mindre jaga efter data.	
Lektor	Ha data för att lära ut om GIS	Som lektor och lärare inom GIS vill jag ha tillgång till höjddata från olika tidpunkter för att följa förändringar	Geografiskt område	Vill att det ska vara smidigt som SLU Vill kunna strömma höjddata Viktigt med datum när det skannades	Bättre undervisning	Hämtar från SLU idag. Har en egen höjdmodell via drönare, skiljer sig ca 30 cm
Lektor	Ha data för att lära ut om GIS	Som lektor och lärare inom lärare i GIS vill jag använda höjddata till ex hydrologiska modeller, klimatanalys för att ge den utbildningen som lämpar sig bäst	Geografiskt område	Vill att det ska vara smidigt som SLU Vill kunna strömma höjddata Viktigt med datum när det skannades	Bättre undervisning	Q-gis en lösning med en plugin få man får tillgång till all Kataloniens data. Även tidslinje finns där

Användarberättelser för höjddata
Offentlig sektor (ej kommun)

Roll	Behov	Användarberättelse	Sökkriterier	Övergripande informationskrav	Effekter	Kommentar
Geolog	Utföra jordartskartläggning	Som en geolog vill jag tolka geologiska företeelser ex landformer (rullstensås där finns sand och grus kontra en åker lera) innan det blir fältbesök för jordartskantläggningen för att		Vill ha flera tidigare flygningar för att se skillnader	Är redan storanvändare av höjddata i princip hela arbetsdagarna behövs höjder. Besparar massa tid att inte göra fältbesök	
Geolog	Mäta strålning	Som geofysiker vill jag ha höjddata för att räkna fram strålningen från jorden avtar		Vill kunna ladda ner för att inte vara beroende av någon server eller liknade.	Om info kan hämtas löpande så är aktualiteten bättre	
Geolog	Grundvatten-kartläggning	Som geolog vill jag kunna göra en snabb bedömning hed hjälp av höjddata kunna se vattenytor och bedöma åt vilket håll vatten kan rinna innan en mera grundläggande bedömning görs.		Vill ha flera tidigare flygningar för att se förändringar och massrörelser Vill kunna ladda ner för att inte vara beroende av någon server eller liknade Punktmolnet när det är överlappar mellan mycket	Om info kan hämtas löpande så är aktualiteten bättre	
Geolog	Skapa sulfidmodelleringar	Som geolog vill jag utföra sulfidmodelleringar med hjälp av höjddata när vi kartlägger från små områden upp till en modell för hela Sverige.		Vill ha flera tidigare flygningar för att se förändringar och massrörelser Vill kunna ladda ner för att inte vara beroende av någon	Om info kan hämtas löpande så är aktualiteten bättre	
Fysplanesamordnare	Behov att ha information om en specifik plats	Som fysplanesamordnare vill jag ha tillgång till all data som rör en fysisk plats för att föreslå välgrundade beslut när det gäller lokalisering av nya fastigheter eller data till projektering	Fastighet		Ajourhållna data gör det bättre Att ha data samlat och lätt kunna se saker ihop Effektivisering bättre arbetssätt inte 10 ställen som idag Rätt information – bra och välgrundade beslut	
Hydrolog	Utredningar i mindre områden, konsultverksamhet som hjälper kunder från andra myndigheter, organisationer och företag att ta fram beslutaunderlag	Som hydrolog vill jag ha tillgång till höjddata (1m x 1m) för att kunna utföra översvämningsanalyser.	Område inom polygon	Data måste vara homogen och sömlös mellan flygningar Metadata krävs, datum viktigt, vad har hänt sedan sist	Ju flera som får tillgång till höjddata, ju flera analyser kan ske i kommuner och Trafikverket mm. Möjlighet att testa göra en analys om data är mera lättillgängligt	
Strateg	Ta fram beslutsunderlag, modeller och analyser för för hela landet till allmänhet och myndigheter	Som strateg vill jag ha tillgång till hela Sveriges höjddata (10 m x 10 m) för att utföra metrologiska och hydrogeologiska modeller.	Hela Sverige	Data måste vara homogen och sömlös mellan flygningar Metadata krävs, datum viktigt, vad har hänt sedan sist	Kan vara illa för Sverige att data släpps…	
Projekledare/analytiker	Behov av normaliserad höjddata	Som projektledare/analytiker vill jag ha tillgång till normaliserad laserdata för att kunna skapa	Vill ta hem allt när det är nytt, behöver klicka massor nu	Normalisera laserdata, ta bort info hur högt det är över havet och höjd över markytan istället	Innovationer Minskade kostnader för data	Skogsstyreseln är stora användare av höjddata men även producent.
Projekledare/analytiker	Behov av råhöjddata med hög upplösning	Som projektledare/analytiker vill jag ha tillgång till rå höjddata med 0,5m x 0,5 m i upplösning för att kunna identifiera värdefulla kulturmiljöer, tex	Vill ta hem allt när det är nytt, behöver klicka massor nu	Inget behov av överlappen, vill ha bättre precision	Innovationer Minskade kostnader för data Bättre bedömningar	
Projekledare/analytiker	Behov att kunna skapa hydrologiskt anpassade modeller	Som projektledare/analytiker vill jag ha en hydrologiskt anpassad höjdmodell med 1m x 1m i upplösning för att	Vill ta hem allt när det är nytt, behöver klicka massor nu	Inget behov av överlappen, vill ha bättre precision	Innovationer Minskade kostnader för data	

Användarberättelser för höjddata – Kommunal sektor

Roll	Behov	Användarberättelse	Sökkriterier	Övergripande informationskrav	Effekter	Kommentar
Mätare	Höjddata till nybyggnadskartor	Som mätare vill jag ha höjder över den aktuella fastigheten för att beställaren ska ha ett bra underlag att utgå ifrån.	Fastighet		Mätaren behöver fortfarnade åka till platsen men det skulle spara tid	Gärna flygningar oftare där det byggs mycket
GIS-användare	Uppdaterade högupplösta modeller med finare upplösning än stadens senaste flygning. Prioritering vid specifik beställning. Tillgång till fler valmöjligheter än de nuvarande från Lantmäteriet.	Som GIS-användare vill de ha tillgång till olika upplösningar och regelbundna uppdateringar för att kunna göra precisa analyser och planering.	Höjddata och höjdmodeller, företrädesvis inte i PDF-format. Möjlighet att visualisera dataset från olika år. Olika slutformat som är lättillgängliga och intuitiva för visualisering.	Standardisering av data för att undvika lokala variationer och underlätta sömlös integration mellan olika kommuner. Tydligt och enhetligt format för bland annat CAD-användning.	Enklare att hämta data, kan bygga upp lösningar	En önskan om tätare uppdateringar och en enklare process för att följa upp och hantera dataförändringar. Ett standardiserat och uppdaterat informationsflöde skulle underlätta arbetet för konsulter oavsett varifrån de arbetar.
GIS-ingenjör	Behov av höjddata i tidga skeden	Som GIS-ingenjör vill jag ha tillgång höjddata för att utföra skyfallskarteringar	Område via polygon	Vill ha 1 pkt/kvm till kurvor och 10 pkt/kvm till 3D-modeller Tidpunkten när flygningen är gjord Klassificering av höjddata önskas för att se markdetaljer Vill ha ny höjddata minst var 5 år,	Bättre analyser	Använder idag data från en egen flygning fån 2018
Geodatastrateg	Verksamheten behöver mängder av data för att fatta sina belsut där höjder är avgörnade för att fatta beslut	Som geodatastrateg vill jag kunna förse verksamheten med höjddata för att hantera verksamhetskritiska processer	Hela verksamhetsområdet, stor yta		Tid och pengar, nyttan är total.	Samarbeta bättre, inte i stuprör som det är nu
Geodatachef	Behov att ständigt ha bra höjder till olika behov	Som geodatachef vill jag ta del av höjddata som Lantmäteriet har samlat in för att använda som referensdata och komplettering mot kommunens egna flygning för att samla	Hela kommunen		Kommer inte behöva ladda hem data från LM på samma sätt som idag	
GIS-strateg	Vill ha ett sätt att arbeta på, specifikationer är det viktigaste. I alla nationella datamängder ska det va lätt att tillgå öppendata, ska vara en öppen plattform. I plattformen att man kan förädla information och kunna förmedla den i olika format, viktigt att ha olika sätt att hämta hem data i	Som gis-strateg vill jag ha ett standardiserat sätt att arbeta samt ha tillgång till kvalitativ data för att kunna förstå kvalitén på datan man använder för att korrekt data leder till korrekt belsut	Metadata, alltså vad det är för kalitet på data	Olika höjdlager, digital tärränfmodell, specifikation på data överlag		
Anvarig för tillsynsärende n	Behov av höjddata för att utreda tillsynsärenden	Som ansvarig att hantera tillsynsärenden vill jag ha tillgång till höjddata för att kunna se förändringar i miljön	Fastighet		Bättre beslut	
Tillsynshandlä ggare	Se den fysiska miljön	Som tillsynshandläggare (någon kan ha schaktat för mycket, stödmurar mm kan vara för höga) vill jag se höjddata i analys och förberedande arbete för att spara tid inför	Fastighet Adress		Sparar tid inför tillsyn	
VA-planerare	Data till projektering	Som VA-planerare behöver jag gatu- och markhöjder för att utföra projekteringar i VA-nätet	Fastighet		Kvalitet i besluten	
Handläggare Miljöförvaltnin gen	Kunna se hur terrängen ser ut	Som handläggare på Miljöförvaltningen vill jag ha höjddata för att handlägga ärenden som rör utredningar av biotoper och artdata där terrängen är viktig	Ett område i kartan	Standardiserat Helst grid men punktmoln funkar också, måste vara hanterbart	Förvaltningens GIS-ingejör sparar mycket tid att slippa leta och konvertera	
Handläggare Miljöförvaltnin gen	Kunna se hur terrängen och hur avrinningen ser ut.	Som handläggare på Miljöförvaltningen vill jag ha höjddata för att utreda vart vattnet rinner när handläggningen gäller förorenad mark	Fastighet Ett område i kartan	Standardiserat Helst grid men punktmoln funkar också, måste vara hanterbart	Förvaltningens GIS-ingejör sparar mycket tid att slippa leta och konvertera	
Projektledare inom gata, park, natur	Vill ha information om aktuellt område	Som projektledare inom anläggning av gata, park, natur vill jag ha tillgång till höjddata inför ett entreprenadarbete.	Område på kartan		Aktuell data skapar ett värde	
Trafikplanerare	Se förändringar i vägen beläggning	Som trafikplanerare vill jag se hur vägens beläggning och dess slitning blir från år till år för att planera beläggningsarbetet	Tätorterna		Spara tid	Blir kanske aktuellt i framtiden. Det kräver hög punkttäthet så för att få bättre noggrannhet kanske man använder drönare för att se förändringar över tid

Användarberättelser för höjddata - Privat sektor

Roll	Behov	Användarberättelse	Sökkriterier	Övergripande informationskrav	Effekter	Kommentar
Mätchef	Vill i tidiga skeden se hur markens höjdförusättningar ser ut innan ett bygge kan bli aktuellt, specifikt information om schaktmassor krävs.	Som Mätchef på Skanska vill jag ha tillgång till höjddata för att kunna fatta beslut om projekt ska bli av.	Klicka på en karta och välja området ex Göteborg	1 projekt är ca 1 km stora Flyga oftare i städer Klassificerad som idag Las -data vill de ha	Ekonomisk vinst, optimera i tidigt skede är data bra så behövs inte så mycket detaljer mätas in. Mycket jobb att ta fram en bra markmodell	Kolla med exploatörer eller de inom geomatik
Marknadschef	Förmågan att ladda ner kompletta datamängder för hela Sverige, behovet av att förbereda för fortsatt liknande efterfrågan. Behov av mer frekventa uppdateringar av höjdmodeller, möjlighet att ladda ner endast nya uppdateringar istället för hela dataset.	Som marknadschef och Head of Data vill jag kunna ladda ner kompletta och uppdaterade landsomfattande datamängder smidigt och effektivt för att kunna leverera aktuella analyser till våra kunder.	Mer generell efterfrågan på tillgängliga data, önskan om ett välordnat bibliotek med en översikt över produkter, och lättillgänglig information om nya uppdateringar och tillgängliga dataset.	Sömlös tillgång till data över olika geografiska områden, standardiserade och användarvänliga namngivningar och format för data, speciellt inom områden som hydrografi.		
Ansvarig för arrangemangsutveckling, kartansvarig för RS-förbundet	Användning av högupplösta laserdata (en specifik typ av höjddata) för kartproduktion. Behov av enklare och mer direkt tillgång till dessa data, utan användarkostnad, för att underlätta kartproduktionen.	Som kartansvarig för RS vill jag ha enkel och användarvänlig åtkomst till laserdata, integrerad i relevanta program, för att effektivisera och förenkla processen för kartproduktion inom orientering.	Möjligheten att söka på olika typer av höjdrelaterad data, specifikt laserdata. Viktigt att kunna specificera geografiska områden och söka på dataattribut som intensitet.	Enkelhet och användarvänlighet i processen att hitta och ladda ner data. Behov av en mer direkt koppling till datakällor, liknande system som finns i Schweiz.		
Jordbrukare	Behöver veta hur vatten rör sig i miljön	Som jordbrukare vill jag använda höjddata för att veta hur vattnet rinner när jag ska söka för en bevattningsdamm	Fastighet		Bättre beslutsunder	Fångades upp under intervju m Jordbruksdverket
Kartansvarig	Behov av höjder och så många detaljer som möjligt i miljön ex byggnader, vägar mm för att skapa kartor till orienterare	Som kartansvarig vill jag ha täta höjddata om möjligt för att skapa kartor med hög noggrannhet till orienterings tillfällen.	På områden eller län	Täta uppdateringar när det senaste beslutet att bättre på från 10 år. Gärna 10 pkt/kvm		De använder laserdata som grundmaterial till alla deras kartor, via LMs hemsida (antagligen avtal). Nivåkurvor skuggbilder mm som är grund och de jobbar digitalt. De har en databas med alla markdetaljer och fyller ständigt på med nytt.

Användarberättelser för höjddata - Privat sektor

Roll	Behov	Användarberättelse	Sökkriterier	Övergripande informationskrav	Effekter	Kommentar
Projektledare/visualiserare	Visualiserar områden i 3D i planeringssyfte åt kunder	Som visualiserare vill jag ha höjddata för att skapa en verklig miljö runt den planerade miljön som skapats	Det aktuella området genom koordinat eller polygon	Vill ha strömmande data	Möjlighet till ny affärsmodell om det går att läsa data direkt i appen Smidigare arbetssätt Alltid det senaste versionen av data som finns tillgängligt skapar ett stort värde	
Projektledare	Behov av att veta fysiska förutsättningar	Som projektledare på ett gasbolag vill jag veta hur höjderna ser ut i ett aktuellt område för att planera de olika jobben	Fastighet/er Större områden beroende på hur sträckningen planeras ligga		Effektiviserar arbetet	Vill att alla ledningar under mark ska höjdsättas
Projektledare specialiserad på digitala tvillingar för städer och regioner	Tillgång till uppdaterade och sammanhängande höjddata för att bygga 3D-modeller av städer och regioner. Behovet inkluderar även att kunna koppla stadens data med nationella data på ett sömlöst sätt.	Som projektledare inom digitala tvillingar vill jag ha tillgång till lättillgänglig, uppdaterad och ändamålsenlig data för att effektivt kunna skapa och hantera digitala modeller av stads- och regionsutveckling.	Senaste och specifik data inom definierade geografiska områden, möjlighet att söka med områdesinformation såsom koordinater eller begränsningslinjer, samt förmågan att skapa och använda polygoner för sökningar.	Önskan om sömlös integration och standardisering av data över kommungränser, med förståelse för datakvalitet och möjlighet att jämföra och välja mellan olika datalager baserat på upplösning och detaljnivå.		
Affärsutvecklare	Man vill ha ÖP-data för att senare i tillståndsprocessen undvika felaktigeter och tidsfördröjning	Som affärsutvecklare på ett solkraftsbolag vill jag ha tillgång till höjddata för att digitalt kunna söka ut aktuella områden för nya solparker, det får inte vara kuperad mark där de planeras.	Fastigheter Område via karta	Det ska vara lättillgängligt vart och hur Verktyg som användardata automatiserad	Sparar pengar Effektivare markanvändning en värdefull resurs	
Ansvarig för geodata	Hitta platsen med minst motståndskraft	Som ansvarig för att hitta möjliga platser för att etablera en solcellspark vill jag ha höjddata för att hitta den platsen med minst motståndskraft (hinder).	Kommun Områden som är aktuella	Vill kunna tematisera själva om det inte finns en standard från LM	Tidseffektiv när det handlar om att lagra mindre detektivarbete	

SMART BUILT ENVIRONMENT

Göteborgs Stad

Kristianstads kommun

LANTMÄTERIET

LUNDS UNIVERSITET

Malmö stad

Stockholms stad

TYRÉNS

Med stöd från

VINNOVA Sveriges innovationsmyndighet

Energimyndigheten

FORMAS

Strategiska innovations-program

Smart Built Environment c/o IQ Samhällsbyggnad | Drottninggatan 33 | 111 51 STOCKHOLM | info@smartbuilt.se | 070-645 16 40 | www.smartbuilt.se