

Uppgörande av baskarta för plan i Kristinestad

André Kutvonen, Rasmus Svahn

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Lantmäteriteknik

Vasa 2024

EXAMENSARBETE

Författare: André Kutvonen och Rasmus Svahn
Utbildning och ort: Lantmäteriteknik, Vasa
Handledare: Sem Timmerbacka

Titel: *Uppgörande av baskarta för plan i Kristinestad*

Datum: 2.5.2024 Sidantal: 49 Bilagor: 4

Abstrakt

Baskartor är grundläggande kartor som visar geografisk information som vattenförekomster, vägar och terräng. De är en nödvändig del av planläggning eftersom de ger en överblick över området och dess topografi. Genom att använda baskartor kan planerare identifiera lämpliga platser för olika ändamål, såsom bostadsområden, industriella zoner eller grönområden, med hänsyn till faktorer som tillgänglighet och miljöpåverkan.

Syftet med detta examensarbete var att framställa en baskarta för planläggning som uppfyller noggrannhetskraven i JHS185, examensarbetet redogör även för JHS185.

Uppdragsgivaren för detta examensarbete var företaget T&J Holmback Ab Oy.

Baskartan gjordes med hjälp av drönarkartläggningar, RTK-GNSS, Pix4D, 3D-Win och AutoCAD.

Ett experiment med flygsignalerna gjordes även i samband med drönarflygningarna, för att se ifall mönster och färgkombinationer har en inverkan på hur bra mitten på flygsignalerna urskiljs på drönarbilderna, vilket i sin tur påverkar kvaliteten av bearbetade resultaten.

Resultatet blev en baskarta som godkändes av Kristinestads mätningstekniker.

Språk: svenska

Nyckelord: baskarta, JHS185, drönare, RTK-GNSS

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: André Kutvonen ja Rasmus Svahn
Koulutus ja paikkakunta: Maanmittaustekniikka, Vaasa
Ohjaaja: Sem Timmerbacka

Nimike: *Kaavan pohjakartan laatiminen Kristiinankaupungissa*

Päivämäärä: 2.5.2024 Sivumäärä: 49 Liitteet: 4

Tiivistelmä

Kaavan pohjakartat ovat karttoja, jotka näyttävät maantieteellistä tietoa kuten vesistöt, tiet ja maasto. Ne ovat välttämätön osa suunnittelua, koska ne antavat yleiskuvan alueesta ja sen topografiasta. Kaavan pohjakarttoja käyttämällä suunnittelijat voivat tunnistaa sopivia paikkoja eri tarkoituksiin, kuten asuinalueita, teollisuusalueita tai viheralueita, ottaen huomioon saatavuus- ja ympäristövaikutukset.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa kaavan pohjakarttaa, joka täyttää JHS185:n tarkkuusvaatimukset. Opinnäytetyössä käsitellään myös JHS185:ta.

Tämän opinnäytetyön tilaaja oli yritys T&J Holmback Ab Oy.

Kaavan pohjakarttaa tehtiin lennökkikartoituksella, RTK-GNSS:llä, Pix4D:llä, 3D-Win:llä ja AutoCAD:llä. Kokeilu maatukipisteillä tehtiin myös lennökkilentojen yhteydessä selvittääkseen, vaikuttavatko kuvioden ja värien yhdistelmät siihen, miten hyvin maatukipisteiden keskusta erottuu lennökkikuvissa, mikä puolestaan vaikuttaa käsiteltyjen tulosten laatuun.

Tuloksena on Kristiinankaupungin kaupungin hyväksymä kaavan pohjakartta.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: Kaavan pohjakartta, JHS185, lennokka, RTK-GNSS

BACHELOR'S THESIS

Author: André Kutvonen and Rasmus Svahn
Degree Programme: Land Surveying Technology, Vasa
Supervisor: Sem Timmerbacka

Title: *Preparation of a Base Map for Urban Planning in the City of Kristinestad*

Date: 2.5.2024 Number of pages: 49 Appendices: 4

Abstract

Base maps are basic maps showing geographic information such as water bodies, roads, and terrain. They are an essential part of urban planning as they provide an overview of the area and its topography. By using base maps, planners can identify suitable locations for various purposes, such as residential areas, industrial zones, or green spaces, taking into account factors like accessibility and environmental impact.

The purpose of this thesis was to produce a base map for urban planning that meets the accuracy requirements of JHS185. The thesis also explains JHS185.

The employer for this thesis was the company T&J Holmback Ab Oy.

The base map was created using drone surveys, RTK-GNSS, Pix4D, 3D-Win, and AutoCAD.

An experiment with the ground control points was also conducted during drone flights to determine if patterns and color combinations affect how well the center of the ground control point is distinguished in drone images, which in turn affects the quality of processed results.

The result was a base map that was approved by the city of Kristinestad.

Language: Swedish

Key words: Base map, JHS185, drone, RTK-GNSS

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Uppdragsgivare.....	1
1.2	Mål och syfte	1
1.3	Området.....	2
2	Allmänt om geodesi och mätteknik.....	3
2.1	Geodesi	3
2.2	Mätteknik	3
2.2.1	Kartprojektioner.....	3
2.2.2	Koordinatsystem.....	5
2.2.3	Höjdsystem och tyngdkraftssystem	6
2.2.4	Global Navigation Satellite Systems, GNSS.....	7
3	Kartläggningsmetoder	8
3.1	Realtids satellitmätning, RTK-GNSS.....	8
3.2	Avvägning	9
3.3	Fotogrammetri.....	9
3.3.1	Flygburen fotogrammetri.....	10
3.3.2	Signalering med flygsignaler	11
3.3.3	Faktorer som påverkar noggrannheten och bildkvaliteten	12
4	Allmänt om drönare.....	14
4.1	Olika typer av drönare	14
4.2	Väsentliga delar	15
4.3	Lagar och regleringar kring drönarflygning.....	17
5	Uppgörandet av baskarta för plan	19
5.1	JHS 185.....	19
5.2	Mätklasser	19
6	Krav och bestämmelser för baskartor.....	20
6.1	Höjdfixpunkter	20
6.2	Planfixpunkter	21
6.2.1	Mätning och beräkning av fixpunkter	21
6.2.2	Stommätning	22
6.3	Noggrannhetskraven på kartan.....	24
6.3.1	Kartans aktualitet	24
6.3.2	Kartläggningsmätmetoder	25
6.3.3	Kartans kvalitet.....	26
6.3.4	Logisk integritet.....	28

6.4	Kartans kvalitetsgranskning.....	28
6.4.1	Positionsnoggrannhet	29
6.4.2	Fullständighetskvalitetsfaktor	29
6.4.3	Logisk integritet.....	29
6.4.4	Tematisk noggrannhet	30
7	Mjukvaror som användes.....	31
7.1	Pix4D.....	31
7.2	3D-Win	31
7.3	AutoCad	31
8	Punktmoln och ortomosaik.....	32
9	Tillvägagångssätt för framställning av baskarta	33
9.1	Förberedelser.....	33
9.1.1	Signaleringsplan	34
9.2	Förberedelser på plats.....	35
9.3	Utförande	36
9.4	Bearbetning av bilder.....	37
10	Resultat.....	41
10.1	Experiment med flygsignalerna.....	41
10.2	Baskartan.....	42
10.3	Problem.....	42
10.3.1	Problem på fält.....	42
10.3.2	Problem under bearbetningen	43
11	Diskussion	46
12	Källförteckning.....	47

Figurförteckning

FIGUR 1. OMRÅDET SOM SKA KARTLÄGGAS. (BILD FRÅN STADEN KRISTINESTAD).	2
FIGUR 2. FINLAND AVBILAT I MERCATOR-PROJEKTIONEN TILL VÄNSTER OCH I GAUSS-KRÜGER-PROJEKTIONEN TILL HÖGER. (HILAVITKUTIN, 2021).	5
FIGUR 3. FÖRKLARANDE BILD FÖR TREDIMENSIONELLA KOORDINATSYSTEM. (LANTMÄTERIET, 2012).	6
FIGUR 4. DE OLIKA SATELLITSYSTEMEN. (GEOTRIM, 2019).	8
FIGUR 5. PRINCIPEN FÖR AVVÄGNING. (MÅRTENSSON, 2014).	9
FIGUR 6. EXEMPEL PÅ UTPLACERING AV FLYGSIGNALER. (CIVIL TRACKER, 2022).	12
FIGUR 7. SCHEMATISK BILD PÅ ÖVERLAPPNING. (DRONEDEPLOY, 2021).	13
FIGUR 8. SCHEMATISK BILD ÖVER MULTIPATH JÄMFÖRT MED DIREKT SIGNAL. (UTIUGOVA, 2021).	14
FIGUR 9. MULTIROTOR DRÖNARE OCH DRÖNARE MED FASTA VINGAR. (HARDWIRED, 2021; ROUTESCENE, 2021).	15
FIGUR 10. FÖRKLARANDE BILD PÅ GIMBALENS FUNKTION. (AUDRONIS, 2014).	16
FIGUR 11. TREAXLIG GIMBAL. (TOBIAS, 2023).	17
FIGUR 12. FLYGRESTRIKTIONER ÖVER VASA FLYGFÄLT. (FLYK, U.D.).	18
FIGUR 13. STOMNÄTSKARTA I FORM AV TRIANGELNÄT TILL VÄNSTER OCH POLYGONTÅG TILL HÖGER. (LAURILA, 2012).	23
FIGUR 14. SKILLNADEN MELLAN PERSPEKTIV VY OCH ORTO VY. (DOGGET, 2019).	32
FIGUR 15. BILDER PÅ DE FLYGSIGNALER SOM ANVÄNDES.	34
FIGUR 16. DJI MAVIC 3E.	35
FIGUR 17. FLYGSIGNAL I TERRÄNGEN.	35
FIGUR 18. DJI RC PRO MED PILOT 2 PROGRAM.	37
FIGUR 19. TRIMBLE R10 RTK-GNSS STAV OCH TRIMBLE TSC5 FÄLTDATOR.	37
FIGUR 20. ÖVER FLYGSTRÅK & BILDER.	38
FIGUR 21. FLYGSTRÅK SAMT TAGNA BILDEN.	38
FIGUR 22. BILD FRÅN PIX4D SOM VISAR BILDERNA OCH DET UPPGJORDA PUNKTMOLNET ÖVER TERRÄNGEN.	39
FIGUR 23. ORTOMOSAIK ÖVER KRISTINESTADS MOTORSPORTBANA.	40
FIGUR 24. BILD FRÅN AUTOCAD MED HÖJDKURVOR.	40
FIGUR 25. BILD UR PIX4D, BILD ÖVER LYCKADE OCH MISSLYCKADE BILDKALIBRERINGAR.	44
FIGUR 26. HÅL RESULTERAT AV MISSLYCKADE BILDKALIBRERINGAR.	45
FIGUR 27. BILD UR PIX4D, BILDERNAS KNOTPUNKTER.	45

Tabeller

TABELL 1. KVALITETSTABELL FÖR MARKYTA I MÄTKLASS 2.	26
TABELL 2. KVALITETSTABELL FÖR VÄXTLIGHET I MÄTKLASS 2.	27
TABELL 3. KVALITETSTABELL FÖR FASTIGHETSGRÄNSER OCH RÅMÄRKEN I MÄTKLASS 2.	27

Ordförklaringar

JHS	Julkisen hallinnon suosituksset, den offentliga förvaltningens rekommendationer.
JHS185	Statligt dokument med krav för framställning av baskarta för plan.
GNSS	Global Navigation Satellite System, samlingsnamn för satellitbaserade navigations- och positionsbestämningssystem.
RTK	Real Time Kinematic, mätning där koordinaterna beräknas i realtid.
ETRS	European Terrestrial Reference System, det Europeiska Terrestriella Referenssystemet, ett tredimensionellt koordinatsystem.
ETRS-GK	Ett koordinatsystem som baseras på Gauss-Krüger projektionen.
GK21	Koordinatsystem inom Gauss-Krüger projektionen med medelmeridianens gradtal 21°.
N2000	Nationellt höjdsystem som används i Finland.
ppm	Parts per million, enhet som används inom branschen, i praktiken mm / km.
Gon	Vinkelenhet inom lantmäteri, 100 gon = 90 °.
FOGN2000	Nationellt tyngdkraftssystem som används i Finland.
RGB	En färgbild som är uppbyggd av banden röd, grön och blå. På engelska: Red, Green, Blue.

1 Inledning

Baskartor är grundläggande kartor som används som utgångspunkt för olika typer av planering. Dessa kartor visar vanligtvis geografiska element såsom, vägar, städer, vattendrag och terräng. Genom att använda baskartor kan planläggare och beslutsfattare få en översiktlig bild av det område de ska arbeta med och sedan lägga till ytterliga lager av information beroende på deras specifika behov. Till exempel kan man lägga till markanvändningsdata, befolkningsstatistik eller miljöinformation för att få en mer detaljerad förståelse av området och underlätta olika typer av planering, såsom stadsplanering, infrastrukturutveckling eller naturresursförvaltning. Baskartor är alltså en nödvändig resurs för effektiv och noggrann planering inom olika områden.

1.1 Uppdragsgivare

Uppdragsgivaren för detta examensarbete är T&J Holmback Ab Oy. Företaget är ett ingenjörskontorsföretag med verksamhet inom kartbranschen, byggnadsbranschen med mera. Företaget grundades år 1995 och finns i Korsholm men verksamhetsområdet sträcker sig runt hela Finland och även utanför landets gränser.Handledaren för examensarbetet har från Yrkeshögskolan Novias sida varit Sem Timmerbacka.

T&J Holmback fick i uppdrag av staden Kristinestad att framställa en baskarta för planläggning, området som ska planläggas finns norr om staden och är ca 612 hektar stort.

1.2 Mål och syfte

Målet med examensarbetet var att framgångsrikt framställa en baskarta i mätklass 2 som fyller de noggrannhetskrav som framkommer i JHS185 samt förstå sig på grunderna inom baskartsmätningar.

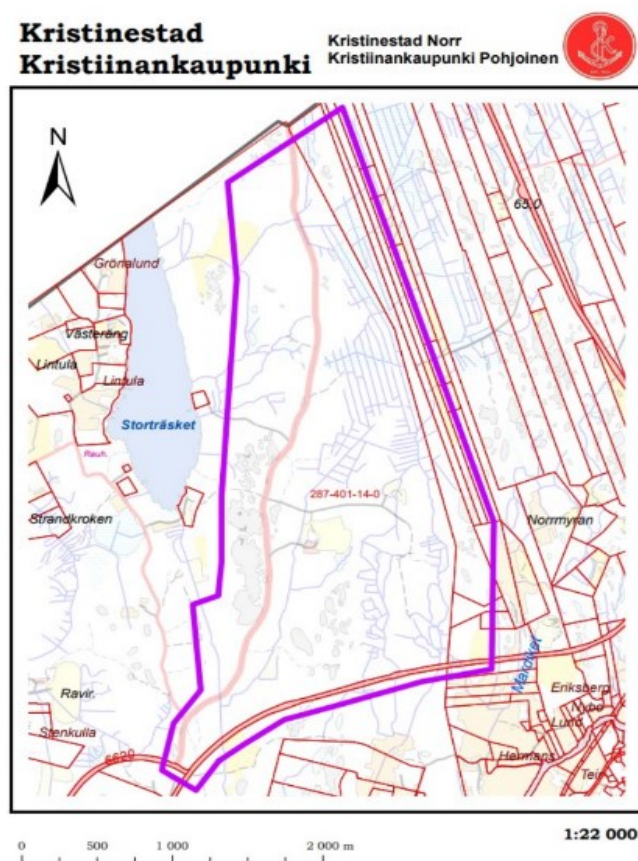
I samband med drönarflygningarna gjordes även ett experiment med flygsignalerna på marken för att se ifall mönster, färg och storlek på flygsignalerna har betydelse för hur bra mitten på signalerna kan urskiljas i bearbetningen av drönarbilderna.

Kartan framställdes i koordinatsystem ETRS-GK21 och höjdsystem N2000.

1.3 Området

Baskartan görs över ett område som är ca 612 hektar stort och består idag till största del av skog, som ägs av staden. Planeringsområdet finns norr om Kristinestadvägen mellan Storträsket i väst och riksväg 8 till öst. Planeringsområdet gränsar främst till icke-detaljplanerade områden. Kristinestadvägen avgränsar området i söder och Närpes kommungräns i norr. På området finns inga bostadshus, dock finns Kristinestads skjutbana i mitten av området. Sydväst om skjutbanan finns ett motorsportsområde.

På området som ska kartläggas, planeras ett stort industriområde som ska locka företagare till orten.



Figur 1. Området som ska kartläggas. (bild från staden Kristinestad).

2 Allmänt om geodesi och mätteknik

Detta kapitel beskriver termer som geodesi och mätteknik, vad de innebär, och om hur dessa byggs upp. Dessa två ämnen är till stor del helheten som möjliggör kartläggning.

2.1 Geodesi

Geodesins främsta syfte är att fastställa koordinater för punkter på jordens yta, deras höjd över havsnivån och deras gravitationsvärden. För att skapa moderna kartor och bygga upp geografiska databaser krävs en geodetisk infrastruktur som inkluderar referenssystem och geodetiska nät. (Lantmäteriet, 2017).

Geodesi är en vetenskap som noggrant mäter och kartlägger jordens yta och objekt på den, dess form och gravitationsfält, samt deras temporära förändringar. Geodesi är en gammal vetenskap som existerade redan i forntiden när jordbruket började och åkrarna skulle kartläggas. Det är också en modern vetenskap som tjänar de väsentliga infrastrukturbehoven i vårt moderna, utvecklande globala teknologiska samhälle. (Vermeer, 2019).

För inmätning av tredimensionella koordinater i Finland rekommenderas EUREF-FIN koordinatsystemet, N2000 höjdsystemet och FOGN2000-tyngdkraftssystemet. (Maanmittauslaitos, 2017).

2.2 Mätteknik

Detta underkapitel kommer behandla mätteknik och redogöra för kartprojektioner, koordinatsystem, höjdsystem samt satellitnavigation.

Koordinat- och höjdsystem är basen för positionering, utan dem kan objektets plats inte presenteras entydigt. (Maanmittauslaitos, u.d.).

2.2.1 Kartprojektioner

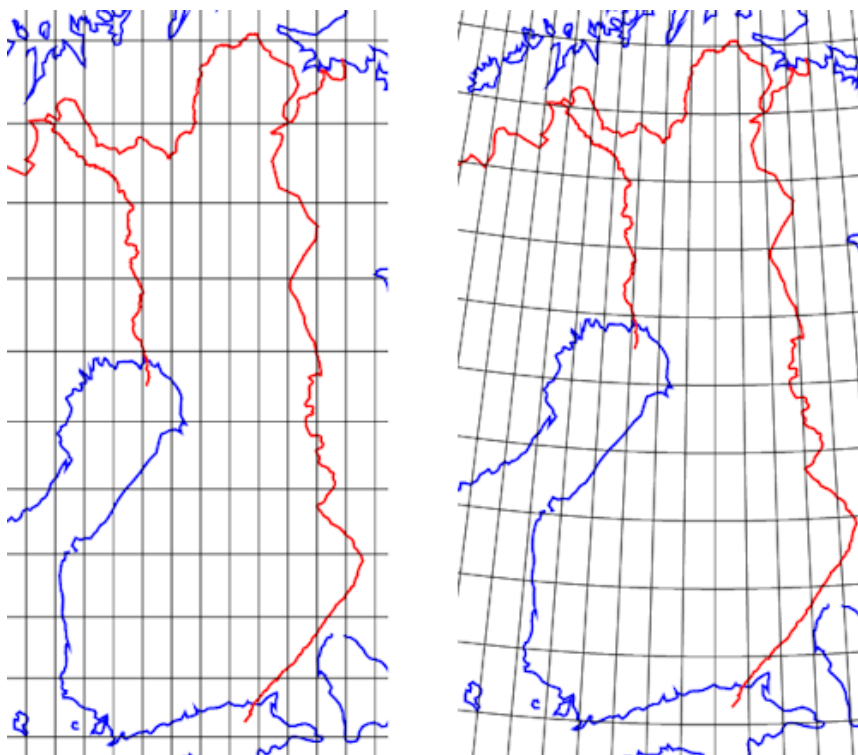
Jordens form är inte exakt en sfär, utan mer en ellipsoid som är lite tillplattad vid dess poler. När man gör kartor innebär det att projicera jordytan, eller delar av den, antingen direkt på ett plant plan eller på en yta som kon eller cylinder, för att sedan sprida ut det som en plan.

Geometriska avvikelser framkommer alltid i kartprojektioner, eftersom endast en sfärisk karta ger en exakt återgivning av jordytans proportioner. (Peltonen, 1989).

Gauss-Krüger-projektionen är en av de viktigaste kartprojektionerna i Finland. Projektionens namn förkortas ofta till GK, men kan även kallas Transversal Mercatorprojektion. Gauss-Krüger projektionen är en vinkelriktig transversal cylinderprojektion. Redan på 1920-talet använde man denna projektion för kartläggningsarbeten i Finland, sedan dess har projektionen använts som grund för finska plankoordinatsystem. (Lantmäteriverket, 1996).

I Gauss-Krüger kartprojektion delas smala projektionszoner upp som ska förminska projektionsfelen. Finland är uppdelat i 13 projektionszoner, som ges för att undvika negativa koordinater. I kartprojektioner är medelmeridianen avbildad som en längdriktig linje som bildar norra axeln i det rätvinkliga koordinatsystemet. Ekvatorn projiceras som en rak linje som utgör öst axeln i koordinatsystemet. Utgångspunkten, origo, är placerad vid skärningspunkten mellan medelmeridianen och ekvatorn. För att undvika negativa koordinater justeras origo så att de östliga koordinaterna längs medelmeridianen får värdet 500 000 meter. (Lantmäteriverket, 2003).

Man kan använda Gauss-Krüger-projektionen i samband med EUREF-FIN-koordinatsystemet och referera till en specifik projektionszon förkortad som ETRS-GKn. Här indikerar ETRS det koordinatsystem som används, som baseras på EUREF-FIN, GK står för den valda kartprojektioner, och n representerar medelmeridianens gradtal. (Lantmäteriverket, 2003).



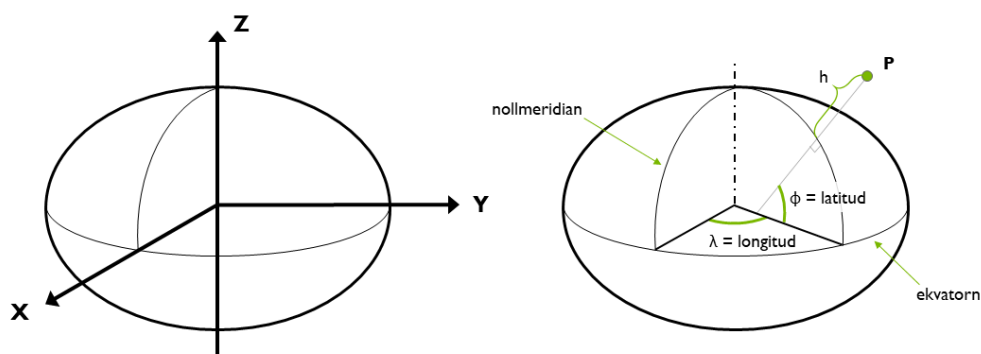
Figur 2. Finland avbildat i Mercator-projektionen till vänster och i Gauss-Krüger-projektionen till höger. (Hilavitkutin, 2021).

2.2.2 Koordinatsystem

Koordinatsystem delas i allmänhet in i tvådimensionella, dvs plana koordinatsystem, X , Y och tredimensionella koordinater, X , Y , Z . De tredimensionella koordinatsystemen är antingen rätvinkliga eller baserade på ellipsoider.

Rätvinkliga koordinatsystem är mestadels geocentriska, vilket innebär att dess X , Y , Z koordinater berättar var objektet befinner sig i förhållande till origo som ligger i jordens masscentrum. Koordinataxlarna är alla raka i vinkel mot varandra så att Z -axeln är i nord-sydlig riktning på jordens rotationsaxel, X -axeln passerar genom longituden för Greenwich-meridianen och ekvatorn, det vill säga från ekvatorns korsningspunkt och Y -axeln är placerad i en 90 graders vinkel mot dem. (Brunnila, 2012).

Ett koordinatsystem skapas när koordinatsystemet fästs vid marken. Att fästa koordinatsystemet är relaterat till begreppet geodetiskt datum. Man pratar även om det geodetiska referenssystemet. Referenssystem är indelade i horisontella och vertikala utgångspunkter. Den horisontella utgångspunkten fixerar koordinatsystemet och den vertikala fixerar höjdplanet. (Laurila, 2012).



Figur 3. Förklarande bild för tredimensionella koordinatsystem. (Lantmäteriet, 2012).

2.2.3 Höjdsystem och tyngdkraftssystem

Liksom ett koordinatsystem, måste man ha ett höjdsystem för att mätningen skall lyckas. Ett höjdsystem utgår från havsytans medelnivå. Havsytans medelnivå kallas även för nollnivån i ett höjdsystem. Ett höjdsystem beskrivs även som ett referenssystem för höjder eller geoiden. Med ett höjdsystem är det möjligt att noggrant kunna bestämma höjden över havet för alla referenspunkter i höjdnätet. Dessa referenspunkter kallas för fixpunkter. (Laurila, 2012).

Tidigare har flera olika höjdsystem använts i landet, men på grund av utvecklingen och faktorer som landhöjning och förändringar i vattennivån har man övergått till det nya höjdsystemet. Innan nuvarande höjdsystem, N2000, användes höjdsystemet N60, som baserades på precisionsavvägningar och korrigeringar fram till 1960. N60 höjdsystemet refererade till havsytans medelnivå utanför Helsingfors mellan åren 1935 och 1954. En ny precisionsavvägning inleddes år 1978, och dess fältarbete slutfördes år 2006. Efter mätningarna kunde den exakta landhöjningen för Lappland också fastställas, vilket tidigare hade saknats. Baserat på mätningarna skapades ett nytt, modernt höjdsystem för Finland, N2000. (Laurila, 2012).

Tyngdkraftssystemet FOGN2000 skapades år 2012. De drygt 35 000 gravitationspunkterna som användes för att skapa systemet ligger till grund för beräkningen av den finska geoidmodellen som är en del av den nordiska modellen. (Maanmittauslaitos, 2017).

2.2.4 Global Navigation Satellite Systems, GNSS

Global Navigation Satellite Systems, eller GNSS, är ett samlingsnamn för satellitbaserade navigations- och positionsbestämningssystem. De satellitbaserade navigationssystemen som täcker hela jordytan är det amerikanska Global Positioning System (GPS), det ryska Glonass, europeiska Galileo och kinesiska Beidou. Utöver dessa finns även ett par regionala system. (Lantmäteriet, u.d.)

För satellitpositionering krävs fri sikt och en så kallad GNSS-mottagare, vilket är en särskild utrustning för att kunna ta emot radiosignaler från ett eller flera GNSS. GNSS-mottagare finns i många olika utföranden och prisklasser.

Billigare och simplare mottagare kan användas i till exempel bilnavigeringssystem medan mer avancerade GNSS-mottagare används inom lantmäteribranschen som har högre precisionskrav. (Lantmäteriet, u.d.).

3 Kartläggningsmetoder

Detta kapitel redogör för några vanliga kartläggningsmetoder inom kartläggningsbranschen. Dessa är även metoderna som användes i uppgörandet av baskartan.

3.1 Realtids satellitmätning, RTK-GNSS

Geodetisk mätning handlar om att mäta in tredimensionella koordinater för punkter på marken. Viktiga hjälpmedel för denna form av mätning är GPS och andra satellitbaserade positioneringssystem (GNSS). (Lantmäteriet, 2012).

RTK, real time kinematic, är mätning som sker i realtid med hjälp av GNSS. Skillnaden mellan en statisk mätning och RTK-mätning är att en av mottagarna kan vid RTK-mätning förflyttas med oavbruten uppdatering av positioneringen. För att den kontinuerliga kontakten med mottagaren ska uppehållas måste det finnas en kommunikationslänk mellan referensen och mottagaren, via denna länk skickar referensen nödvändig data till mottagaren. (Mårtensson, 2014).

RTK är en satellitmätningss metod där minst två satellitmottagare används. Den ena mottagaren är en fast mottagare med kända koordinater och den andra används för att kartlägga de önskade objekten i realtid. (Lantmäteriverket , 2003).



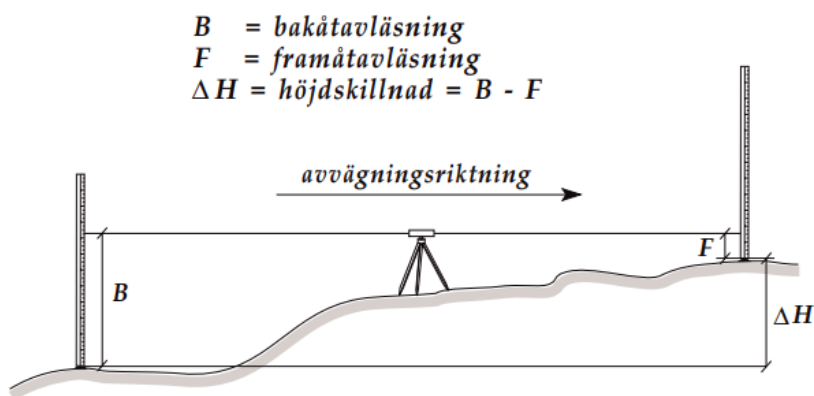
Figur 4. De olika satellitsystemen. (Geotrim, 2019).

3.2 Avvägning

Att mäta höjder kan utföras med olika metoder, och den mest vanliga metoden kallas för avvägning. Avvägning är i grunden en allmän term för höjdmätning, men oftast syftar det på att mäta höjder med någon form av kikare utrustad med hårkors och vattenpass. När man avväger bildas en siktaxel, även kallat kollimationsaxel, mellan ögat, kikarens hårkors och det man tittar på, vilket oftast är en avvägningstång eller latta som det även kallas. (Mårtensson, 2014).

Avvägningens viktigaste verktyg är avvägningssinstrumentet och avvägningstången. Modernare avvägningssinstrument är självjusterande, vilket betyder att instrumentets siktaxel ställs in horisontellt av sig själv. (Laurila, 2012).

Processen för att genomföra en avvägning mellan två punkter börjar genom att placera upp instrumentet, varefter en horisontell mätning görs mot en avvägningstång som placeras på de två punkterna. För att sedan beräkna höjdskillnaden räknar man ut differensen mellan bakåtläsningen och framåtläsningen. (Laurila, 2012).



Figur 5. Principen för avvägning. (Mårtensson, 2014).

3.3 Fotogrammetri

Fotogrammetriska mätningar är idag en viktig och användbar teknik i dagens samhälle. Fotogrammetri innebär att mäta och extrahera information från fotografier eller andra tvådimensionella bilder för att skapa tredimensionella representationer av objekt och områden. (Agnesten, 2019).

Fotogrammetriska mätningar och framför allt luftburna fotogrammetriska mätningar blir allt vanligare inom mätbranschen. Från att ha varit ett instrument för geografer och militärer, har kartläggning från luften blivit en allmänt tillgänglig av avgörande teknik för en mängd olika ändamål. Genom flygbaserade kartläggningar kan man skapa detaljerade kartor över landskap, städer och naturfenomen, vilket har enorma fördelar i samhällsutvecklingen, miljöövervakningen, stadsplaneringen och mycket mer.

Fotogrammetri är ett samlingsnamn för olika typer av mätningar som kan utföras med hjälp av fotografier. Fotogrammetrin uppfanns på 1800-talet och under 1900-talet utvecklades diverse metoder. Inom fotogrammetrin kan man tala om tre grenar, analog, analytisk och digital fotogrammetri.

- Analog fotogrammetri återskapar bildorienteringar mekaniskt eller optiskt i analoga stereoinstrument.
- Analytisk fotogrammetri återskapar dessa orienteringar matematiskt och bilderna korrigeras mekaniskt i sina bildhållare under mätningar i analytiska stereoinstrument.
- Digital fotogrammetri använder endast digitala metoder för att återskapa och presentera bildgeometrier.

(Agnesten, 2019).

3.3.1 Flygburen fotogrammetri

Flygburen fotogrammetri, även känt som fjärranalys, är fotogrammetri som utförs från luften med hjälp av flygplan, drönare eller annan slags av luftfarkost. Flygburen fotogrammetri är en avancerad teknik inom kartläggning och mätning som använder flygbilder för att skapa exakta och detaljerade kartor och modeller av terrängen eller objekt på marken. Processen involverar användningen av specialutrustade flygplan eller drönare, utrustade med högupplösta kameror och avancerad navigationsutrustning.

Under flygningen tas en serie med överlappande bilder av marken från olika vinklar, detta möjliggör skapandet av stereoskopiska bilder, där samma punkt på marken syns från olika

synvinklar. Denna överlappning är avgörande för att skapa noggranna och exakta 3D-modeller. (Propeller, u.d.).

Flygburen fotogrammetri skapar en sorts digital tvilling, det vill säga en datoriserad reflektion av din arbetsplats/målområde, varje gång du flyger. Detta gör det möjligt att ersätta tidskrävande "vanliga" mätningar med drönarkartläggningar.

Efter att man utfört flygningen så bearbetar man flygbilderna i en programvara som konverterar flygbilderna och flygdatan till en 3D-karta över området. (Wawrzyn, 2022).

Drönarkartläggning är inte endast en effektiv tillämpning för lantmäteriindustrin utan kan även användas inom konstruktion, gruvarbete och avfallshantering. (Wawrzyn, 2022).

3.3.2 Signalering med flygsignaler

Flygsignaler är ett hjälpmedel som gör det möjligt att skapa detaljerade och noggranna kartor med flygburen fotogrammetri. Dessa flygsignaler är stora fotoidentifierbara mål som sprids ut runt hela området som ska kartläggas. Flygsignaler finns i alla olika storlekar och varierar i form, den mest vanliga storleken på flygsignaler som används inom drönarkartläggning är ca 60 cm x 60 cm. Större flygsignaler används mestadels till för flygfotogrammetri med bemannade flygplan, som flyger på högre höjd. Flygsignaler som är mindre i storlek är acceptabla för flygningar på låg höjd eller som utförs med kameror med ultrahög upplösning. (Civil Tracker, 2022).

Man kan utföra drönarkartläggningar utan flygsignaler om positioneringen på målet inte är relevant, relativa höjden på målområdet kan bli exakt, men den absoluta positionen kan avvika på ca 5 m horisontellt och upp till 20 m vertikalt. Kartläggningar som görs för att mäta volymer eller sträckor kan utföras utan flygsignaler, men för att använda produkten för teknisk design, skapa 3D kartor eller spåra förändringar gör det omöjligt utan flygsignaler. (Civil Tracker, 2022).

När det kommer till utplaceringen av flygsignaler finns det några saker att hålla i åtanke. Flygsignalerna bör inte placeras för nära varandra eftersom det kan bli svårt att urskilja dem från varandra ifall de syns inom samma drönarbild. En tumregel är att inte placera flygsignaler inom 100 meter från varandra. Placera dem heller inte på alltför branta sluttningar eftersom det kan resultera i felaktiga höjder. Placering av flygsignaler längs

vägar eller andra ställen där de kan störas är också en sak att undvika, en flyttad eller försvunnen flygsignal kan i värsta fall förstöra noggrannheten på kartläggningen. (Civil Tracker, 2022).

Antalet flygsignaler varierar förstås på storleken på målområdet, tekniskt sätt ska en kartläggning fungera med endast 3 flygsignaler, men idealet är att använda sig av ca 5st. Flygsignalerna placeras ofta i utkanten eller lite utanför målområdet. (Civil Tracker, 2022).

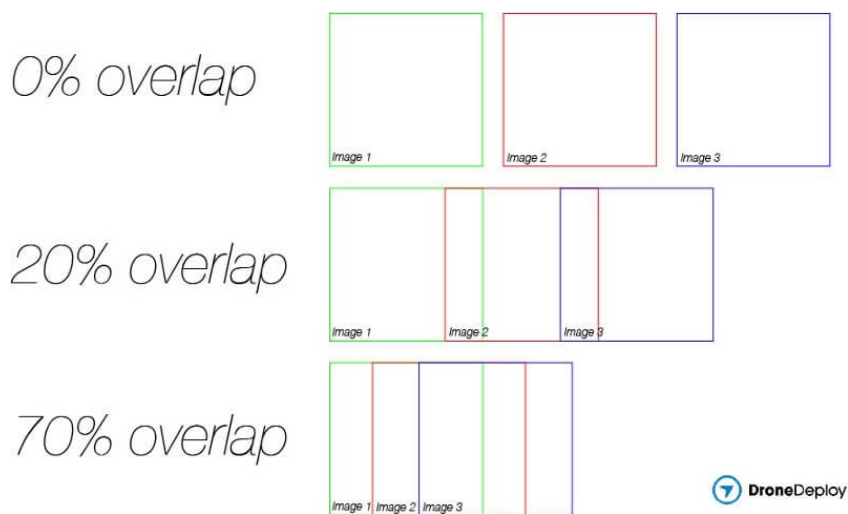


Figur 6. Exempel på utplacering av flygsignaler. (Civil Tracker, 2022).

3.3.3 Faktorer som påverkar noggrannheten och bildkvaliteten

För att resultatet av en drönarflygning ska bli så noggrant som möjligt en del faktorer tas i beaktande. Bildupplösningen det vill säga hur många pixlar kameran har detta kommer resultera i bättre bilder kvalitetsmässigt. Bättre bilder producerar i sin tur bättre data när man sen skapar kartor. Kravet på minsta upplösning är 12 megapixel men 20 megapixel är idealt. Flyghöjden påverkar även noggrannheten starkt, högre flyghöjd leder till lägre noggrannhet men man kan täcka större områden på kortare tid. Lägre flyghöjd förbättrar noggrannheten markant men flygtiden blir längre. För att uppnå bättre resultat bör också

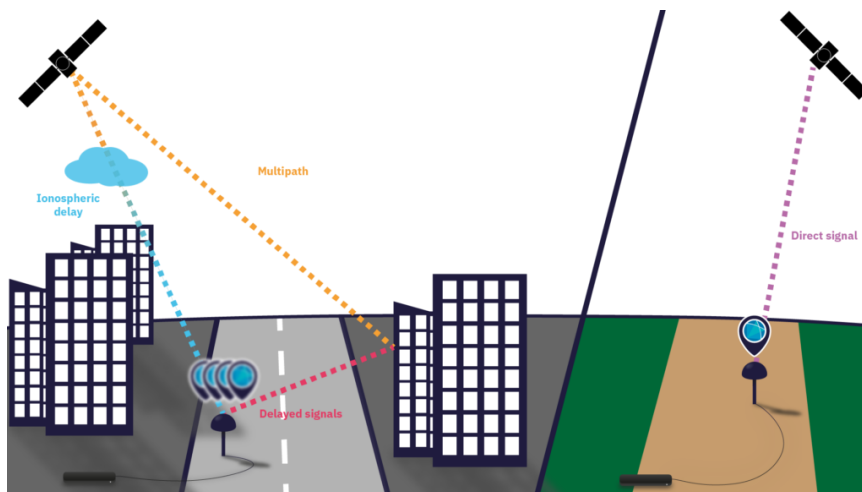
överlappningen av bilder beaktas. Generellt sett förhindrar större överlappning möjliga glapp mellan bilderna. (Utiugova, 2021).



Figur 7. Schematisk bild på överlappning. (Dronedeploy, 2021).

Även väderförhållandena spelar roll när man strävar efter noggrann drönarkartläggning. Man bör undvika hårda vindar även om drönaren klarar av det. Täta moln och dimma utgör också problem för bildnoggrannheten. Dessa väderförhållanden kan försämra synligheten avsevärt till och med göra det omöjligt att flygfotoamera. Dåliga ljusförhållanden så som sena kvällar då solen står lågt och kastar långa skuggor gör det även problematiskt för bildtagningen och senare tolkningen av dem. Påverkan av andra yttre faktorer så som höga objekt kan förekomma om kartläggningen sker i städer där det finns skyskrapor och andra höga konstruktioner. Det kan då uppstå störningar i GNSS-signalen och leda till multipath, det vill säga flervägskommunikation.

Under optimalaförhållanden får GNSS mottagaren direkt signal till satelliten. Multipath uppstår då signalen från satelliten inte får direkt kontakt till mottagaren utan studsar från objekt. Detta förekommer ofta i städer tex. skyskrapor som har glasfasader. Resultatet är att signalen blir fördröjd och detta leder till inkorrekt data. Signalen kan också bli fördröjd av jonosfäriska störningar på grund av solaktiviteter. (Utiugova, 2021)



Figur 8. Schematisk bild över multipath jämfört med direkt signal. (Utiugova, 2021).

4 Allmänt om drönare

Drönare, även kända som obemannade luftfartyg är en alltmer normal sak att stöta på i dagens samhälle. Storleken på dessa luftfartyg varierar allt ifrån en par hundra gram till flera tusen kilo och tjänar en mängd olika syften, inklusive privat bruk, kommersiella ändamål samt i offentliga verksamheter. Den vanligaste typen av drönare är den helikopterliknande multirotorn, den har förmågan att flyga stabilt och ta bilder från luften. Det finns även drönare som är mer flygplansliknande med fasta vingar. Dessa används främst för att kartlägga eller övervaka större områden med högre hastighet. (Droneinfo, 2023).

4.1 Olika typer av drönare

Drönare kommer i olika konfigurationer när det gäller antalet propellrar, vilket tillsammans med varierande varvtal på motorerna genererar lyftkraft och möjliggör rörelse. Vanligtvis har en standarddrönare fyra armar och fyra propellrar: två propellrar roterar medurs och två propellrar roterar moturs. Detta säkerställer att den totala rotationskraften förblir neutral. Drönare med fler än en propeller kallas för multirotor eller multikopter. (Droneinfo, 2023).

Drönare med fasta vingar skiljer sig från de vanliga multirotordrönarna. Dessa drönare har vanligtvis endast en eller två propellrar och är utformade mer som traditionella flygplan än som helikoptrar. Drönare med fasta vingar kan erbjuda fördelar som längre räckvidd, flygtid

och möjligheten att nå högre hastigheter. Dock kräver de en start- och landningsbana, eftersom de behöver fart för att lyfta. Dessa drönare är alltså inte lika smidiga att manövrera i luften som multirotor drönare om man ska väja eller stanna upp för ett hinder. (Droneinfo, 2023).



Figur 9. Multirotor drönare och drönare med fasta vingar. (Hardwired, 2021; Routescene, 2021).

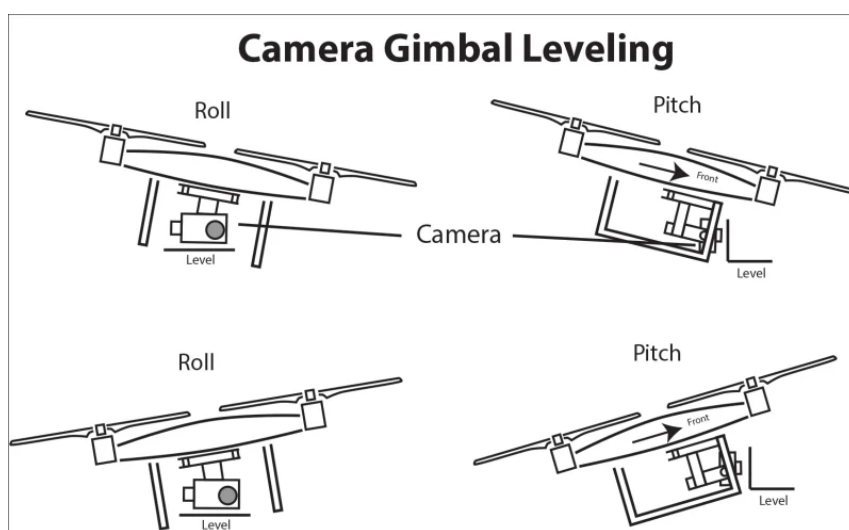
4.2 Väsentliga delar

Styrsystemet hos en drönare kan jämföras det centrala nervsystemet eller hjärnan hos en människa. Det tar emot data från drönarens olika sensorer och system, bearbetar informationen om dess position, höjd och hastighet, och sedan använder den för att kommunicera styrkommandon till motorerna eller styrutrustningen. Genom denna process stabiliseras drönaren och dess flygläge kan justeras efter behov. På så sätt spelar styrsystemet en avgörande roll för att drönaren ska kunna flyga på ett säkert och kontrollerat sätt. (Droneinfo, 2023).

I drönare som är utrustade med stabiliseringssystem för flygningen spelar tröghetsmätningseenheten (Inertial Measurement Unit, IMU) en central roll. Denna enhet är ansvarig för att identifiera drönarens position, rörelser och eventuella förändringar i dessa parametrar i förhållande till marken. Med andra ord är IMU kritisk för att säkerställa att drönaren flyger stabilt och kontrollerat under alla förhållanden. En annan kritisk komponent i styrsystemet är satellitpositioneringssystemet, som ofta baseras på GNSS. Genom att ha satellitpositioneringssystem integrerat i drönaren vet drönaren dess exakta positionskoordinater samt avståndet till startpunkten. Till detta positioneringssystem är även en barometer kopplad, med andra ord en lufttrycksmätare. Denna ger information

om drönarens flyghöjd genom att mäta lufttrycket i omgivningen. Satellitpositioneringssystemet tillsammans med lufttrycksmätaren möjliggör drönaren att upprätthålla exakt positionering och höjd, detta är avgörande för en säker och effektiv flygning. (Droneinfo, 2023).

Drönare som används för fotogrammetri har ett kamerastativ som är utrustat med en stabiliseringsfunktion som kallas för gimbal. En gimbal kan antingen vara två- eller treaxlad och ger jämna och mjuka rörelser när drönaren roterar kring sin axel utan att tappa riktning. (Droneinfo, 2023).



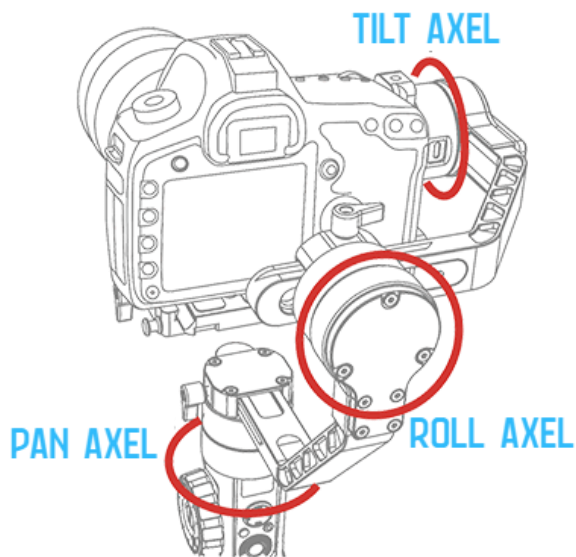
Figur 10. Förklarande bild på gimbals funktion. (Audronis, 2014).

Gimbals huvudsyfte är alltså att motverka oönskade rörelser längs alla axlar. Genom att kompensera för ständiga förändringar i position och påverkan av yttre krafter så som vind, bibehåller gimbals stabiliteten i kameran. Detta leder till att bildtagningen blir jämn och stadig. Gimbalen utnyttjar gyroskop och motorer för att reglera och stabilisera kamerapositionen. Motorerna finns på varje axel och arbetar för att motverka rörelser, dessa styrs av ett komplext elektroniskt system. Det finns alltså tvåaxliga och treaxliga gimbals, varav den sistnämnda är vanligast. Treaxliga gimbals använder tre motorer för att behålla stabiliteten.

- Motor 1 ansvarar för att stabilisera kameran horisontellt.
- Motor 2 justerar kamerans vertikala lutning för att hålla den rak.

- Motor 3 ser till att kameran inte roterar kring de två andra axlarna.

(Tobias, 2023).



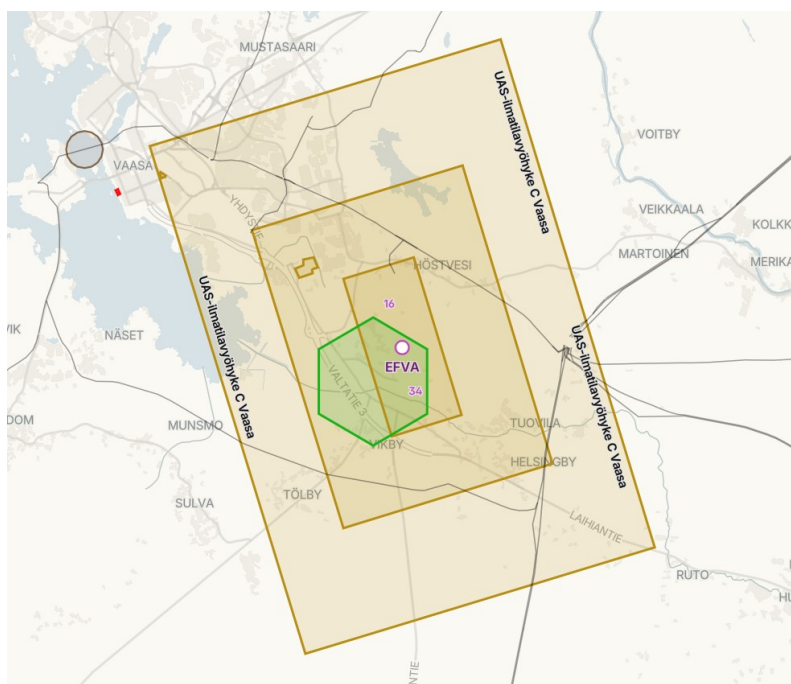
Figur 11. Treaxlig gimbal. (Tobias, 2023).

4.3 Lagar och regleringar kring drönarflygning

Som drönarpilot är man skyldig att följa bestämmelser vad gäller luftfarten som EU-kommissionen tillsammans med flygsäkerhetsmyndigheten EASA utarbetat. Dessa regler är gällande i hela Europeiska unionen. Förutom att följa EU-direktiv och internationella bestämmelser är det viktigt att i Finland även följa nationella lagar och författningar som reglerar luftfarten. Detta inkluderar luftfartslagen (534/2020) och luftfartsföreskrifterna som utfärdas av Traficom. (Droneinfo, 2023).

I planeringsskedet av en flygning måste man ta hänsyn till luftrummet. Det finns restriktioner som förhindrar flygning på vissa områden, dessa områden kallas för R-område och P-område. Territorialövervakningslagen antyder att specifika områden är förbjudna för luftfart och flygfotografering. R-områdena är i korthet Försvarsmaktens verksamhetsområden och P-områdena är för staten betydelsefulla områden. Det finns även så kallade UAS-zoner som antingen förbjuder eller begränsar luftrumsanvändningen. Dessa områden inrättas kring flygplatser, hamnar, fängelser och industri i viss mån. De nya reglerna är främst resultatet av den snabba tillväxten av drönarteknologi samtidigt som de

upprätthåller en säkerhet med den ökade användningen. Förutom skyldigheter hos drönpiloten har det införts krav på själva drönaren och deras system. I den så kallade öppna kategorin där flygningar genomförs med synkontakt till drönare, får drönaren väga högst 25 kg och flyghöjden får inte överskrida 120 m. För dessa flygningar krävs det inget tillstånd men piloten som ämnar att flyga bör ha genomfört ett godkänt teoriproov. Den öppna kategorin är uppdelad i olika underkategorier, beroende på de olika egenskaper hos drönare. Underkategorierna benämns från A1-A3 och de i sin tur har olika klasser C0-C4 vilka specificerar specifika krav både för drönare och piloter. En drönare som uppfyller dessa krav bör vara CE-märkt. Detta indikerar att tillverkaren intygar att produkten överensstämmer med grundläggande hälso-, miljö- och säkerhetskraven som framställts av EU. Denna indelning möjliggör en mer detaljerad reglering av drönarverksamheten. Från och med 1.1.2024. ska drönare i den specifika kategorin vara försedda med en sändare. Denna sändare delar med information så som registreringsnummer, serienummer, koordinater på drönaren samt fjärrpilotens position. (Droneinfo, 2023).



Figur 12. Flygrestriktioner över Vasa flygfält. (Flyk, u.d.).

Luftrummet över Vasa flygfält är uppdelat i olika zoner (UAS-zoner). I den största zonen C, är det tillåtet att flyga med en maxflyghöjd på 50 m utan tillstånd. I B och A zonen krävs det tillstånd för att överhuvudtaget få flyga.

5 Uppgörandet av baskarta för plan

Baskartor är detaljerade kartor som används som botten för bland annat planläggning och projektering. Baskartor innehåller fastighetsgränser, byggnader, vägar, höjdinformation och i vissa fall landskapsinformation. (Handbok i mät- och kartfrågor, 2021).

Detaljplanens baskarta visar objekten i terrängen med linjer samt innehåller fastighetsgränserna. Baskartan underhålls av kommunen och fungerar som grund för planläggningen och samhällsbyggandet. Baskartorna kan uppgöras på olika sätt och presenteras i olika skalor, beroende på mätklassen. De olika mätklasserna avgör baskartans beskrivning och mätnoggrannhet. (JHS 185).

Vid uppgörandet av en detaljplan ska baskartan beskriva terrängen och detaljer i terrängen med tillräcklig noggrannhet. Om baskartans detaljer eller noggrannhet är föråldrad, kan inte detaljplanen eller dess förändring godkännas. Därför måste baskartan kompletteras med de delar som saknas för att göra detaljplanen juridiskt bindande. (Markanvändnings- och bygglagen 54 a §, 2014).

5.1 JHS 185

Rekommendationerna och standarderna inom geodatabranschen fastställer hur material och tjänster ska förverkligas. Målet är att geodata- material, tjänster och system ska vara enhetliga och kompatibla. I Finland är anvisningarna den offentliga förvaltningens rekommendationer, JHS. I JHS-rekommendationerna beaktas internationella standarder. (Lantmäteriverket, u.d.).

JHS 185 är en samling av standarder och bilagor som specificerar kraven för en grundkarta. JHS 185 behandlar vad innehållet i en baskarta kan och ska vara samt framställningen av den. Där beskrivs också kvalitetskraven på en baskarta för plan.

5.2 Mätklasser

Kartläggningsområdena är indelade i tre mätklasser när det kommer till uppgörandet av baskartor. Mätklasserna bestämmer mätnings- och beskrivningsnoggrannheten för baskartan.

För mätklass 1 är skalan 1:500 eller 1:1000, 1 cm på kartan är 500 cm i terrängen. Denna mätklass används i tätorter som har mycket värdefull mark och som har en gällande detaljplan med bindande markfördelning eller byggförbud för upprättande av sådan detaljplan. Mätklass 2 används skalan 1:1000 eller 1:2000, mätklass 2 används för tätorter, vars utarbetande detaljplan inte kräver bindande tomtindelning. Sista klassen, mätklass 3, används oftast vid stranddetaljplaner, strandområden och andra områden var marken är mera värdefullt än jord- och skogsbruksmark, till exempel vid glesbygd, skalan för mätklass 3 är oftast 1:2000. (JHS 185).

6 Krav och bestämmelser för baskartor

Enligt markanvändnings- och bygglagen ska detaljplaner och planer med bindande tomtindelning baseras på en nyligen uppgjord baskarta. Baskartan ska beredas med metoder som lämpar sig för ändamålet med områdesindelningen och markanvändningen, som är tillräckligt detaljerade och noggranna. Objekt i terrängen och terrängens höjdförhållanden, som behövs för planläggningen och genomförandet av planen, måste mätas med tillräcklig noggrannhet och presenteras på en allmän karta. De krav och bestämmelser som styr uppgörandet av baskartor regleras av Markanvändning- och bygglagen (132/1999) och förordningen (895/1999), dessa krav samt bestämmelser finns samlat i JHS185. (JHS 185).

6.1 Höjdfixpunkter

Fixpunkter är kända inmätta punkter i plan och höjd samt kombinerade plan- och höjdfixpunkter. Fixpunkter ska till sin konstruktion vara klara, och varaktiga.

Planfixpunkter markeras i terrängen med ett metallrör, metallstång eller bult. Fixpunkten ska då anläggas i ett lämpligt underlag så som ett berg, större sten eller betongkonstruktion. En höjdfixpunkt ska i sin tur markeras med en avrundad bult, där toppen definierar höjden. Kombinerad plan- och höjdfixpunkt är till konstruktionen likadan som en höjdfixpunkt men är försedd med ett centreringsmärke. Fixpunkterna ska också förses med en punktbeskrivning. (Lantmäteriverket , 2003)

6.2 Planfixpunkter

Med hjälp av planfixpunkter ansluts planläggsmätning till koordinatsystemet. Anslutningsmätningens nät kallas för anslutningsstomnät och punkterna för anslutningspunkter. Punktnätet förtätas genom mätning av bruksfixpunkter. (Lantmäteriverket, 2003).

I mätklasserna 1 och 2 avvägs höjdfixpunkter med precisionsavvägning. På planläggningsområdet bör det finnas höjdfixpunkter så tätt att det är lätt att få den behövliga höjden till byggarbetsplatsen från dem, med de angivna noggrannheterna. Avstånden mellan höjdfixpunkterna får inte överskrida 1 kilometer i terrängen. (JHS 185).

I mätklass 3 kan höjdmätningen grunda sig på planfixpunkter, som man mäter en höjd till genom polygontågsättning, trigonometrisk höjdmätning eller satellitmätning. (JHS 185).

Noggrannhetskraven för fixpunkterna bedöms som en relativ noggrannhet, dvs. punktmedelfelet förhållande till avståndet mellan punkterna. Anslutningspunkternas relativa noggrannhet skall vara ≤ 20 ppm, dvs. relativa noggrannheten på nya punkter får inte överskrida 20 mm/km. Höjdfixpunkternas relativa noggrannhet bör vara ≤ 5 ppm.

Bruksfixpunkternas relativa noggrannhet i plan skall vara:

- I mätklass 1 och 2 ≤ 50 ppm (15 mm, när sidolängden $l \leq 300$ m)
- I mätklass 3 ≤ 80 ppm (25 mm, när $l \leq 300$ m)

Bruksfixpunkternas relativa noggrannhet i höjd skall vara:

- I mätklass 1 och 2 ≤ 50 ppm (5 mm, när $l \leq 100$ m)
- I mätklass 3 ≤ 80 ppm (8 mm, när $l \leq 100$ m)

(Lantmäteriverket, 2003).

6.2.1 Mätning och beräkning av fixpunkter

Fixpunkterna ska mätas och beräknas med en sådan metod, som har tillräckligt hög noggrannhet och kontrollerbar så att grova fel i mätningen undviks. Resultatet och

mätningens noggrannhet skall kunna konstateras ur mätningens observations- och beräkningsmaterial, dessa skall dokumenteras och arkiveras under mätningens gång.

Planfixpunkterna mäts med satellitmätning eller polygontågsmätning, som åtminstone ger plankoordinater åt fixpunkterna. Höjddifferenser mellan fixpunkterna mäts noggrant genom precisionsvägning. (Lantmäteriverket , 2003)

Avvägningen görs med precision avvägningsinstrument och avvägningsstänger (lattor). Nedan finns listat de krav som gäller själva avvägningen:

- Avvägningslinjerna ska planeras mellan kända punkter eller så att avvägningen bildar en sluten slinga.
- För utgångspunkterna ska minst två kända punkter användas, före påbörjandet av mätningen måste utgångspunkterna granskas så att de är fasta och klara.
- Ifall avvägningen inte kan utföras som sluten slinga, ska avvägningen ske fram och tillbaka.
- Vid precisionsavvägning ska fram- och bak siktavstånden vara till en meters noggrannhet lika långa. Längsta tillåtna siktavstånd är 60 m, i högre klass 50 m.
- Vid linjeavvägning får siktavstånden inte variera mer än 20 m. Längsta tillåtna siktavstånd är 100 m.

(JHS 185).

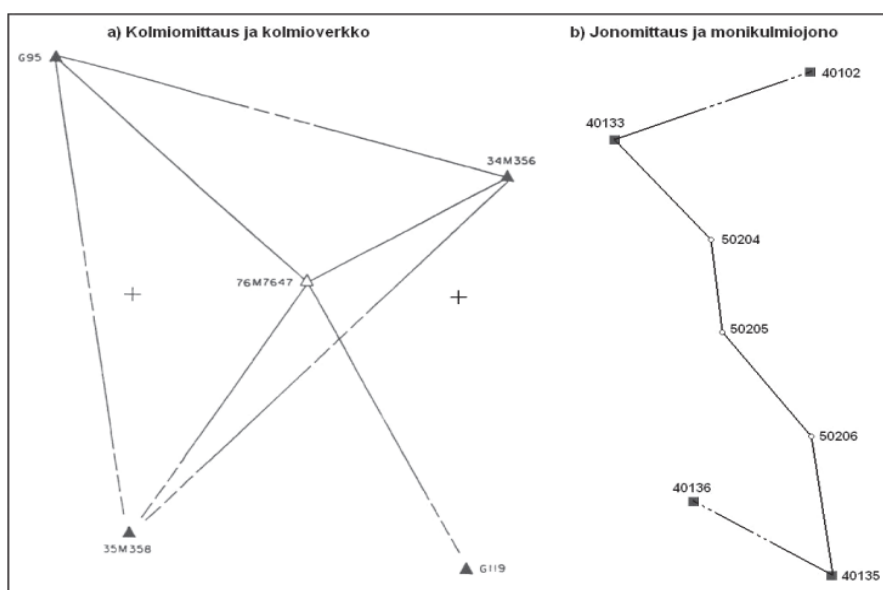
6.2.2 Stommätning

Fixpunkter som mäts med GPS-mätning, mäts inte som enskilda punkter utan som en större helhet, denna mätmetod kallas för stommätning och helheten med fixpunkterna kallas för stomnät. Stomnätets uppbyggnad och utförda mätningar visas i en stomnätskarta. (Laurila, 2012).

Plana stomnät är ofta i form av triangelnät eller polygontåg. Fixpunkter som mäts med traditionella mätmetoder kan kallas för triangel- eller polygonpunkter. Triangelpunkter mäts med trigonometrisk mätning och polygonpunkter med polygonmätning. Mätmetoder

som används vid stommätningar kallas allmänt stommättningsmetoder. Numera görs plana stommätningar främst med hjälp av satellitpositionering. (Laurila, 2012).

Stompunkter är tydligt angivna referenspunkter som utgör stomnätet. Stomnätet skapas genom att ett flertal stompunkter positioneras samtidigt med geodetisk mätning och nätutjämning. Denna mätningshelhet utgör stommätning och kan också användas för att komplettera eller förnya befintliga stomnät. För att ett stomnät ska vara användbart krävs också att stompunkterna tydligt och hållbart markeras på platser som är tillgängliga och för framtida mätningar eller insamling av geodata. (Handbok i mät- och kartfrågor, 2020).



Figur 13. Stomnätsskarta i form av triangelnät till vänster och polygontåg till höger. (Laurila, 2012).

Stompunkterna utgör grund för framtida mätningar. För att uppnå noggranna resultat vid beräkningen av ett stomnät bör stommätningen genomföras med överbestämning, och mätningarna bör jämnas ut med hjälp av minsta kvadratmetoden. (Handbok i mät- och kartfrågor, 2017).

För att säkerställa spårbarhet och möjliggöra återanvändning av stompunkter vid förtätning eller komplettering av stomnätet bör den som utför arbetet se till att dokumentera hela mätning- och beräkningsprocessen. (Handbok i mät- och kartfrågor, 2017).

6.3 Noggrannhetskraven på kartan

I detta underkapitel redogörs de krav och bestämmelser som styr uppgörandet av baskartan.

6.3.1 Kartans aktualitet

En föråldrad karta får inte användas som grund för uppgörandet av detaljplanen. En karta anses vara föråldrad ifall den saknar väsentliga detaljer för markanvändningsplanering, såsom:

- råmärken och fastighetsgränser,
- byggnader och anläggningar,
- vägar, järnvägar, gång- och cykelvägar,
- högspänningsledning, gasledning
- andra viktiga detaljer.

Däremot förhindras inte användningen av gamla kartor av små förändringar som har skett inom området som ska kartläggas, såsom:

- förändringar i strandlinjer till följd av förändringar i vattenstånd,
- naturliga förändringar i terrängen,
- förekomst av avlägsnade byggnader eller anläggningar av obetydlig betydelse på kartan
- förändringar i byggnaders användning.

Bedömningen om kartan är föråldrad eller inte påverkas inte endast av kartans innehåll utan också av syftet med den planerade detaljplanen för området. En detaljplan som möjliggör tät bebyggelse kräver alltid en så nyligen uppdaterad baskarta som möjligt. (JHS 185).

Fastighetsindelningen som visas på kartan måste alltid vara aktuell. (JHS 185).

6.3.2 Kartläggningsmätmetoder

Mätningen som utförs för baskartan ska utföras med en metod som uppfyller noggrannhetskraven, såsom stereodigitalisering av flygfoton, manuell kartläggning på fält eller laserskanning. Under kartläggningarna är det rekommenderat att även bestämma höjden för objekten utöver deras plana koordinater. Informationen om kartläggningen samt metoderna som använts bör sparas i ett geografiskt informationssystem, till exempel KuntaGML format (JHS 185).

Objekt som kräver hög positionsnoggrannhet, som till exempel råmärken och byggnader, ska mätas med totalstation eller satellitmätning (RTK-mätning). Vid kartläggningen måste de objekt som är nödvändiga för stadsplaneringen mätas enligt kraven för mätklassen, dessa objekt är:

- fastighetsgränser och råmärken
- byggnader och permanenta strukturer
- vägar och vägområden
- mark- och vattenområden.

(JHS 185).

Koordinater och positionsnoggrannhet bestäms alltid för råmärken som mäts in, utöver detta rapporteras även positionsnoggrannhetens punktmedelfel som ett RSK-tal. (JHS 185).

Råmärkenas noggrannhetskrav, RSK-tal, indelas enligt mätklass:

- Mätklass 1: ≤ 0.12 m
- Mätklass 2: ≤ 0.20 m
- Mätklass 3: ≤ 0.30 m

I samband med planläggningsmätningarna ska det säkerställas att alla rå gränser som tydligt kan identifieras i terrängen kartläggs med precision enligt mätklassen. Råmärken med otillräcklig positionsnoggrannhet från tidigare måste kartläggas på nytt. (JHS 185).

6.3.3 Kartans kvalitet

Kartans kvalitet styrs av AQL-värdet, eller acceptance quality limit-värdet, detta är ett kännetecken för hög kvalitet som anger högsta andelen felaktigheter eller det högsta tillåtna antalet fel per 100 enheter. AQL indikerar således andelen felaktiga och därmed obrukbara enheter i hela urvalet. För olika kartobjekt har olika AQL-gränsvärden fastställts. (Sivonen, 2023).

På bilderna nedan kan man se de tillåtna AQL-värden och punktmedelfelen för olika kartobjekt i mätklass 2. Med stapeln täydellisyys menar man fullständighetskvalitetsfaktorn som avser objekten eller deras egenskaper på baskartan. Temaattinen tarkkuus är den tematiska noggrannheten och den beskriver korrektheten i objektens plats på baskartan jämfört med verkligheten i terrängen.

I mätklass 2 krävs de noggrannheter som visas i tabellen, oavsett kartans skala. (JHS 185).

Siffran som anges i de olika objektens kolumner anger högsta tillåtna antalet fel per 100 enheter.

Tabell 1. Kvalitetstabell för markyta i mätklass 2.

Kohdeluokka	Mittausluokka 2			Tyyppi
	Piste-keskivirhe	Täydellisyys (AQL-luku)	Temaattinen tarkkuus (AQL-luku)	
Metsä OMINAISUUDET - Tyyppi		2	5	<ul style="list-style-type: none"> – havumetsä – lehtimetsä – sekametsä – hakattu metsä – – lehtipuutaimikko – – havupuutaimikko – varvikko – harva louhikko – soistuma
Suo OMINAISUUDET -Tyyppi		2	5	<ul style="list-style-type: none"> – – heilokulkuinen – – vaikeakulkuinen
Kivi	3.0 m	2		
Jyrkäne	3.0 m	2	2	
Luiska	3.0 m	2		

Tabell 2. Kvalitetstabell för växtlighet i mätklass 2.

Kohdeluokka	Mittausluokka 2			Tyyppi
	Piste- keskivirhe	Täydellisyys (AQL-luku)	Temaattinen tarkkuus (AQL-luku)	
Havupuurivi	2.0 m	5	5	
Lehtipuurivi	2.0 m	5	5	
Pensasaita	2.0 m	5	5	
Havupuu OMINAISUDET - Tyyppi	2.0 m	5	5	- huomattava
Lehtipuu OMINAISUDET - Tyyppi	2.0 m	5	5	- huomattava
Pensas OMINAISUDET - Tyyppi	2.5 m	5	5	- huomattava

Tabell 3. Kvalitetstabell för fastighetsgränser och råmärken i mätklass 2.

Kohdeluokka	Mittausluokka 2			Tyyppi
	Piste- keskivirhe	Täydellisyys (AQL-luku)	Temaattinen tarkkuus (AQL-luku)	
Rekisteriyksikkö		0.5		
Kiinteistötunnus		0.5	2	
Kiinteistöraja OMINAISUDET - Tyyppi - Rajan varmuus		0.5	2 2	- valtakunnanraja - kunnanraja - rekisteriyksikön raja
Rajamerkki OMINAISUDET - Tyyppi - Olemassaolo - Numero	0.2 m	0.5	2 5 5	- rajapyykki - rajaviitta - suuntapyykki - rajapiste

(JHS 185)

Totalt finns det 18 tabeller med kvalitetskrav för olika målgrupper som ska kartläggas.

Noggrannhetskravet för en punkt på en höjdkurva eller en punkt interpolerad från en höjdmodell är;

- Mätklass 1: $\leq 0,12$ m
- Mätklass 2: $\leq 0,20$ m
- Mätklass 3 $\leq 0,40$ m

Om terrängen är väldigt ojämn tillåts dubbelt så stor felaktighet. (JHS 185).

6.3.4 Logisk integritet

Logisk integritet är ett begrepp som syftar på hur väl en datamodell, dess strukturer, egenskaper och relationer överensstämmer med regler och förväntningar. Logisk integritet i samband med en baskarta för plan baseras på att de olika objekten i kartan följer de fastställda reglerna och att dess data är organiserad på ett enhetligt sätt. Det handlar också om att säkerställa att baskartans information är strukturerad på ett sätt som är överensstämmande med den övergripande datamodellen för detaljplanen. (JHS 185).

Den logiska integriteten granskas visuellt, många av de fel som upptäcks under granskningen är fel som hör ihop med någon annan kvalitetsfaktor, som till exempel fel i objektens placering på kartan. (JHS 185).

Baskartsdata är oftast i digital form. För att säkerställa dess korrekthet måste digitala data produceras, lagras och överförs i rätt format, vilket är en viktig del av att upprätthålla dess logiska integritet. Det format som används för lagring är i praktiken det som används av kommunens geografiska informationssystem. Vid överföring av baskartinformation följer man rekommendationerna i JHS178 för kommunens geografiska informationstjänstgränssnitt samt dess bilagor och profilen för detaljplanens baskarta. (JHS 185).

6.4 Kartans kvalitetsgranskning

Innan mätningarna påbörjas görs en plan som beskriver alla tekniska detaljer för arbetet tydligt. Denna plan måste godkännas av övervakaren innan arbetet kan börja. Arbetsledaren granskar planen och ger eventuella förslag till förändringar eller tillägg som han anser behövs. (JHS 185)

Planläggningsmätningarnas kvalitetsgranskningar görs alltid vartefter projektet framskrider. Kvalitetsgranskningarna av baskartans objekt är indelat i olika kategorier:

- positionsnoggrannhet
- fullständighetskvalitetfaktorn
- logiska integriteten

- tematiska noggrannheten. (JHS 185).

Kvalitetsgranskningarna utförs som stickprov.

Kvalitetstabeller och krav finns samlade i JHS185 bilaga 5.

6.4.1 Positionsnoggrannhet

Kvalitetsgranskning för positionsnoggrannheten av baskartans objekt. Genom noggranna kartläggningsmetoder mäts objekt vars position är viktiga för baskartan, dessa objekt är råmärken, byggnader och andra viktiga platser eller konstruktioner. Fel som överstiger 2,5 gånger punktmedelfelet får förekomma hos maximalt 5% av slumpmässiga urval av objekt med tredimensionella koordinater vid kvalitetsgranskningarna. För att upptäcka eventuella grova fel utvärderas även positionsnoggrannheten för andra objekt visuellt i samband med fullständighetsgranskningarna. (JHS 185).

6.4.2 Fullständighetskvalitetsfaktor

Fullständighetsfaktorerna bestämmer storleken på objekten och dess betydelse för planläggningen ifall de ska visas på kartan eller ej. Objekt som ska visas på kartan finns samlat i JHS 185 bilaga 2. (JHS 185).

Fastighetsfördelningen måste vara komplett och uppdaterad för att få användas på kartan. I en slumpmässig urvalsundersökning får högst 2% oinmätta eller osäkra råmärken (för högt RSK-tal) förekomma. Fel som upptäcks vid kvalitetsgranskningarna ska åtgärdas. (JHS 185).

6.4.3 Logisk integritet

För granskningen av den logiska integriteten är visuell granskning i en viktig roll. Genom visuella granskningar upptäcks fel som

- fel på objektens position (konceptuell integritet)
- extra eller felaktiga blandningar av objekt (topologisk integritet)
- självkorsande områden (topologisk integritet).

Kontroll av värdeuppsättningens integritet och formatintegritet kan automatiseras. (JHS 185).

6.4.4 Tematisk noggrannhet

Den tematiska noggrannheten beskriver korrektheten av klassificeringen av objekten på kartans i jämförelse till verkligheten i terrängen. (JHS 185).

Kvalitetskraven för tematiska noggrannheten beskrivs i JHS185 bilaga 4.

7 Mjukvaror som användes

I detta kapitel presenteras programmen, och programversionerna, som användes för uppgörandet av kartan.

7.1 Pix4D

Ett företag från Schweiz som specialiserar sig på fotogrammetri. Programmet är designat för att lägga ihop bilder från flygfotografering och skapa ett punktmoln. Punktmolnet som färdig produkt kan användas för att beräkna volymer, avstånd och för visualisering. (Pix4D, 2019).

Programversion: 4.8.4

7.2 3D-Win

3D-Win är ett finländskt beräkningsprogram för behandling av mätdata, geodata samt ett rit- och planeringsprogram som ägs av Novatron. 3D-Win är främst framtaget för att kunna skapa terrängmodeller, vägmallar och utföra diverse geodetiska beräkningar. (3D-Win, u.d.).

Programversion: 6.8.2

7.3 AutoCad

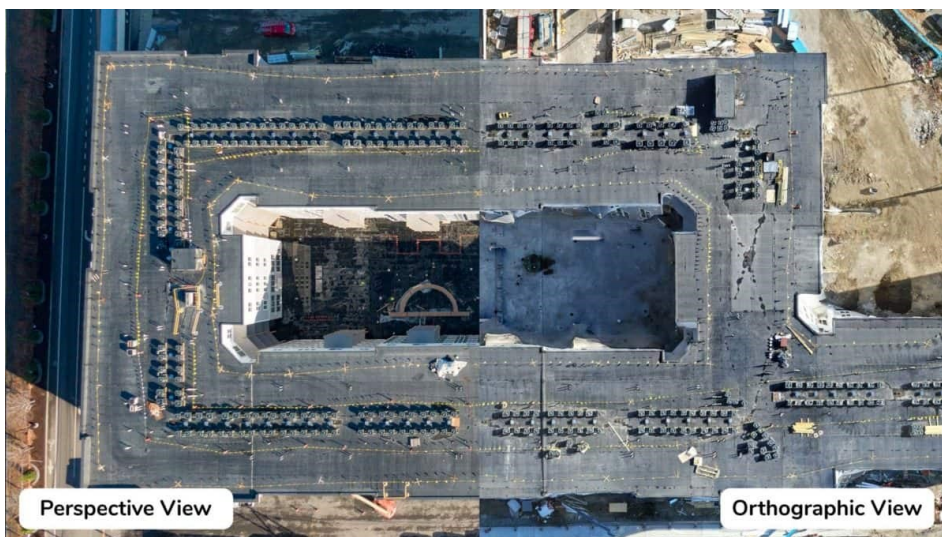
Rit och redigeringsprogram utvecklat av Autodesk där man kan skapa ritningar och objekt i 2D och 3D. I AutoCad görs ritningar på allt från de minsta sakerna som en låsbricka, till modeller av höghus. AutoCad läser ett flertal filformat men främst används dwg. Format. (Autodesk, 2021).

Programversion: AutoCAD 2020

8 Punktmoln och ortomosaik

Ett punktmoln är en digital 3D-representation av ett fysiskt objekt eller område. Det kan framställas genom fotogrammetri eller laserskanning. Ett punktmoln består av individuella punkter som var och en har egna x, y och z koordinater. Beroende på framställningsmetoden för punktmolnet kan varje punkt också inkludera RGB-färgdata, intensitet, flygstråk och punkt ID. (Higgins, 2021).

En ortomosaik är i grunden en stor karta som är sammansatt av ortofoton. Varje ortofoto som drönaren tar är knuten till en geografisk position. Till skillnad från ett vanligt flygfoto som har ett förvrängt kameraperspektiv, är ett ortofoto normaliserat så att den ger en vy som är lodrät mot marken. Ortomosaiken har på så sätt likheter med en karta att den endast visar objekt rakt ovanifrån, medan på ett flygfoto kan man se sidor och fasader på byggnader. (Sullivan, 2022).



Figur 14. Skillnaden mellan perspektiv vy och orto vy. (Dogget, 2019).

I ett mjukvaruprogram sammanfogas sen bilderna med hjälp av geografiskt data, likt ett 3D-pussel. Resultatet blir en sammanhängande bild av hög kvalitet som kan användas för att mäta byggnader, topografi och olika objekt. (Sullivan, 2022).

9 Tillvägagångssätt för framställning av baskarta

Detta kapitel handlar om arbetet som gjordes för att nå fram till slutprodukten. Uppdelat i förberedelser, utförande och bearbetning av flygbilder.

21 september 2023 var första genomgången med uppdragsgivaren, tanken var att strax därefter påbörja flygningen eftersom årstiden lämpade sig utmärkt för flygfotografering med drönare. För att få ett så bra resultat som möjligt ville vi göra drönarflygningen under optimala förhållanden medan marken var bar och löven fallit ur träden. Den första flygningen utfördes 19 oktober 2023. Drönaren som användes var en DJI Mavic 3 Enterprise, lånad från Ostromap ab.

9.1 Förberedelser

Före arbetet i Kristinestad påbörjades gjorde vi förberedelser och planering vid kontoret. Vi gjorde en förundersökning på områdets terräng och vägförbindelser med hjälp av kartor från Lantmäteriverket och gjorde upp en plan för hur vi ska gå till väga. Vi kontrollerade även eventuella flygförbud för området på hemsidan Aviamaps. Även en testflygning med två olika drönare gjordes längs Söderfjärdsvägen för att veta vilken som skulle passa bäst att utföra flygningarna med. Drönarna som användes under testflygningen var DJI Phantom 4 och DJI Mavic 3E. Båda drönarna uppnådde kraven vi hade tänkt att behövdes för arbetet i Kristinestad men DJI Mavic 3 E valdes. Detta eftersom planeringen av flygrutter var betydligt smidigare i dess handenheter med DJI pilot 2 programmet. Den var även utrustad med en bättre kamera och batteritiden var längre.

Drönaren hade en vikt på 915g och maximala flygtiden var 45 min. Batterikapaciteten var 4 st 5000 mAh LiPo 4S d.v.s. litiumbatteri. Kameran var utrustad med en 4/3 CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) sensor med 20 megapixlars upplösning. Kamerans slutare var mekanisk och hade en slutartid på 1/2000 s vilket betyder att slutaren är öppen i en tvåtusendels sekund då bilden tas. Brännvidden på kameran var 24 mm och synfältet 84 °. Fokuseringen ställde drönaren in automatiskt i spannet 1 m- ∞. Med testflygningen fick vi också reda på vilken höjd och hastighet som lämpar sig för flygningen i Kristinestad.

Från uppdragsgivarens sida önskades också att vi experimenterade med flygsignalerna för flygfotograferingen. Förutom de svartvita flygsignalerna av fanerskiva och plåtskiva som T&J Holmback hade gjorde vi egna. Materialet vi använde var barrträdsfaner. Vi gjorde fyra 60x60 cm skivor med olika mönster och färg, huvudsaken var att centrumpunkten, punkten som mäts in, urskiljs.



Figur 15. Bilder på de flygsignaler som användes.

9.1.1 Signaleringsplan

En signaleringsplan gjordes även upp på förhand. En signaleringsplan är exakt vad namnet säger, en plan på var man ska sätta ut flygsignalerna. Vi kontrollerade området på satellitbilder för att hitta passliga luckor, kalhyggen eller andra öppna ställen var flygsignalerna skulle placeras för att få bästa möjliga signal för inmätningen men även så att synligheten skulle vara så bra som möjlig. Längs vägar och åkrar var det förstås lättare att på förhand hitta passliga platser medan skogen visade sig vara knepigare eftersom satellitbilderna inte visar med tillräcklig noggrannhet skogens detaljer.

Med hjälp av signaleringsplanen som gjordes på förhand fick vi tillräcklig spridning på flygsignalerna för att underlätta bearbetningen. Planen kunde följas relativt långt men på vissa ställen hamnade vi att flytta på signaleringsplatserna på grund av detaljer i skogen som inte syntes på satellitbilderna, såsom stubbar, stenar eller andra detaljer som hindrade placeringen. Bilaga 1 visar signaleringsplanen som gjordes på förhand.

9.2 Förberedelser på plats

När vi skulle påbörja flygfotograferingen började vi med att dela upp området i mindre områden som var realistiska att genomföra med en flygning dvs. Utan att ta ner drönaren ur luften och byta batteri. Områden som ritades upp i drönarens handburna panel var ca 40 ha stora. Därefter gjordes alla inställningar för flygningen i DJI pilot 2, där ställdes flyghöjden till 70 meter detta för att lägre flyghöjd resulterar i högre kvalitet på bilderna och flygsignalerna. Flyghastigheten ställdes till 12 m/s och kamerans inställningar valdes.

Därefter placerades flygsignalerna ut runt området, detta för att sedan kunna positionera flygfotografierna på rätt plats i datorn under bearbetningsskedet. Området är väldigt kuperat och skogen är ställvis tät vilket försvårade inmätningen av flygsignalerna. För att få signal till inmätningen fälldes träd och vegetation som skymde sikten uppåt.



Figur 16. DJI mavic 3e.



Figur 17. Flygsignal i terrängen.

9.3 Utförande

Då flygsignalerna var utplacerade på lämpliga positioner mättes de in med en RTK-GNSS satellitmottagare med Trimnet som uppkopplingstjänst. Efter att inmätningen av flygsignalerna var klar påbörjades flygningen med drönare. Området som baskartan skulle göras på delades upp i mindre delar. Drönaren skickades upp till 70 m varefter den självständigt flög till startpositionen och utförde flygrutten vilken varade i ca 30 minuter. Under flygningen tog drönaren i snitt 500 bilder, flygtiden och antalet bilder varierade beroende på hur stort område som valdes. Efter utförd flygning orienterade drönaren tillbaka till startplatsen. Flygsignalerna samlades in och förberedelserna för nästa flygning påbörjades.

Efter den första flygningen gjorde vi valet att justera flyghöjden från 70 m till 90 m för att minska antalet bilder som visar samma sak. I kamerainställningen justerades också överlappningen mellan bilderna. Längdöverlappningen ställdes till 80 % längs flygstråken och sidoöverlappningen till 70 % dvs. mellan stråken. Detta gjorde att vi fick ner flygtiden och antalet bilder per flygning.

Flygningarna inleddes 19 oktober 2023 i det sydvästra hörnet av området. Vi hann med 3–4 flygningar per dag, i medeltal var en flygning mellan 15–20 minuter lång och under en flygning kartlades mellan 20–50 hektar. Tidsmässigt tog utplacering och inhämtningarna av flygsignalerna upp största delen av tiden, eftersom att hitta en passlig plats för korsen kunde på vissa ställen vara knepigt på grund av den täta skogen. Årstiden lät oss flyga från kl. 9-10 på förmiddagen till ca kl. 16 på eftermiddagen. Om ett delområde som skulle kartläggas bestod av endast skog höjde vi flyghöjden upp till 100 m för att underlätta bearbetningen och minska antal bilder.

Morgnarna då flygningen utfördes kunde vara väldigt dimmiga. Vi väntade alltid ut dimman tills väderförhållandena var optimala. Under tiden placerade vi ut flygsignalerna, och planerade dagens flygningar. För att få flygsignalerna tillräckligt utspridda över området hamnade vi på några ställen att såga ner några träd för att drönaren skulle se flygsignalen från olika vinklar men även för att kunna mäta in flygsignalerna med RTK-GNSS.

Flygningarna tog fem dagar att utföra och avslutades 25 oktober.



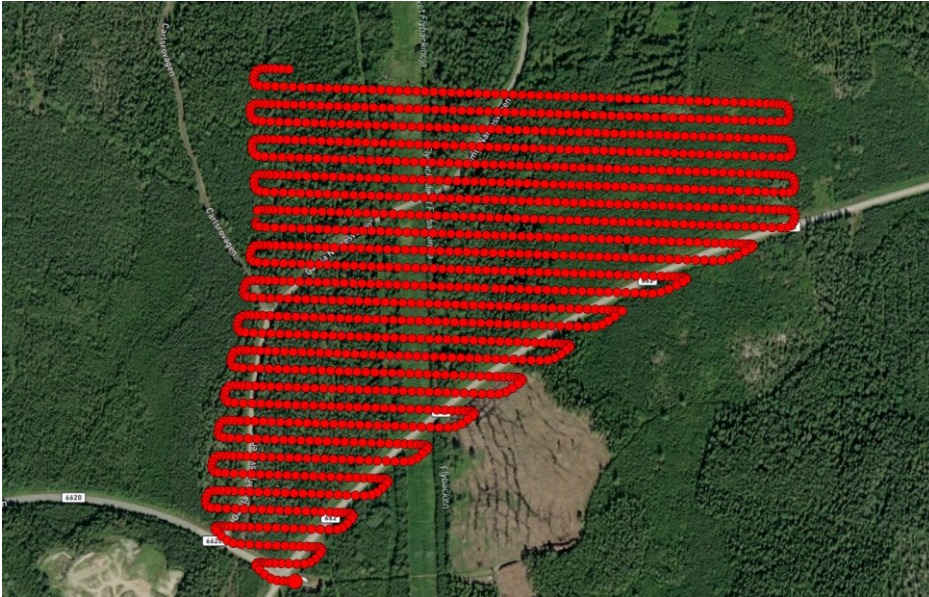
Figur 18. DJI RC Pro med Pilot 2 program.



Figur 19. Trimble R10 RTK-GNSS stav och Trimble TSC5 fältdator.

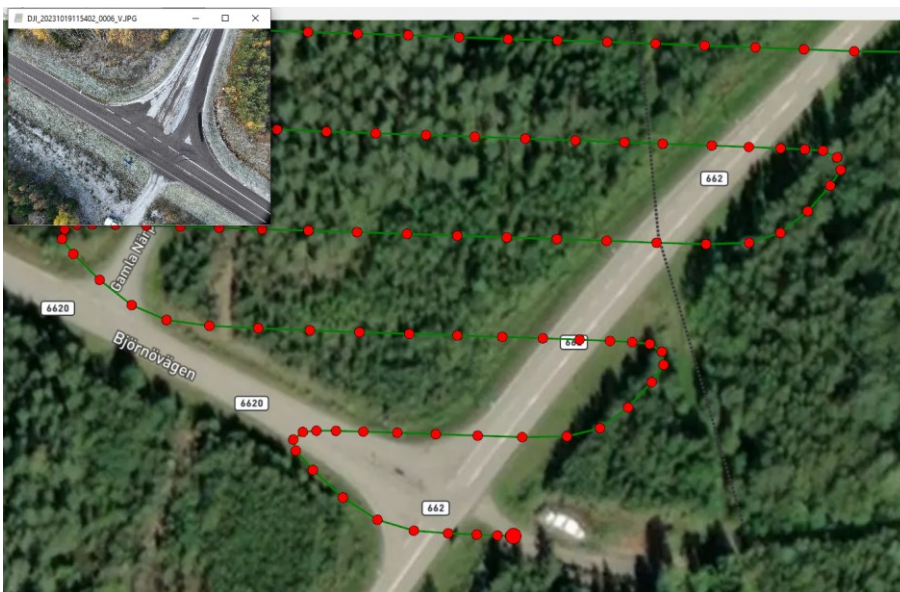
9.4 Bearbetning av bilder

Då drönarflygningen var gjord påbörjades bearbetning av insamlat material från drönaren. För detta skede användes programmet Pix4D med vägledning av T&J Holmback. I programmet gjordes ett arbete som grund, där valdes ETRS-GK21 koordinatsystem och N2000 höjdsystem. Drönaren tog totalt 8400 bilder under flygningarna och dessa importerades i .JPG-filformat till programmet. För att underlätta bearbetningen på datorn togs bilderna in en flygning i gången, ca 400 bilder. Programmet placerar automatiskt bilderna på en ungefärlig position då varje bild har egna koordinater. Bilderna justerades automatisk i programmet med hjälp av att ställa in koordinaterna för de inmätta flygsignalerna, dessa hjälper till med att bygga upp 3D-modellen som sedan används som grund när kartan ritas.



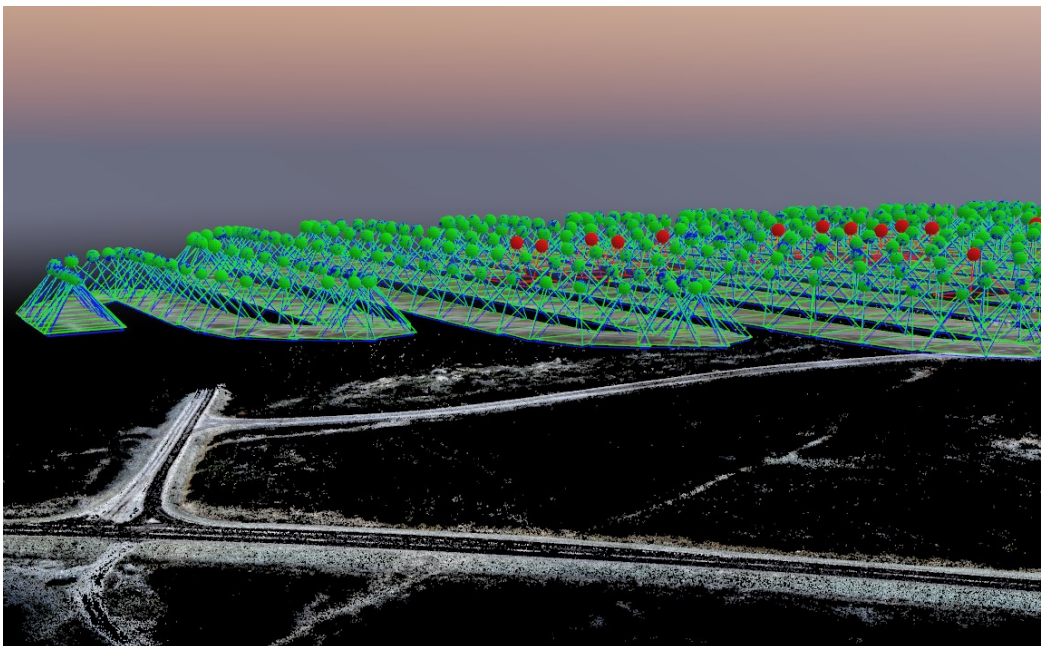
Figur 20. över flygstråk & bilder.

I Pix4D visualiseras varje tagen bild med en röd punkt. På detta område var startplatsen i längst ner i södra ändan, visas som en större punkt. I detta skede konstaterades att flyghöjden på första flygningen var för låg vilket resulterade en tät bildserie. Vi tog bort varannan bild från den första flygningen för att överlappningen på bilderna var onödigt stor. Till en början hade vi 90 % längdöverlappning och 80 % sidoöverlappning, detta togs ner till 80 % och 70 %.



Figur 21. Flygstråk samt tagna bilden.

Genom att välja en av punkterna får man upp bilden som drönaren tagit, visas uppe i hörnet. Detta användes då vi kontrollerade synligheten och skärpan på bilderna där flygsignalerna fanns.



Figur 22. Bild från Pix4D som visar bilderna och det uppgjorda punktmolnet över terrängen.

Området visat med rayCloud i Pix4D. Med detta verktyg visualiseras de tagna bilderna som en projektion mot marken. De gröna punkterna är drönarens verkliga höjd då bilden är tagen och de röda är misslyckade projiceringar då programmet inte lyckats hitta knutpunkter på marken. Utifrån bilderna gjordes sen en ortomosaik bild det vill säga en detaljerad bild som är sammansatt av flera mindre bilder.



Figur 23. Ortomosaik över Kristinestads motorsportbana.

På figuren ovan över ortomosaiken kan man se att solljuset ger tydliga kontraster på terrängen men även skuggor vilket kan påverka tolkningen när man ska rita av den.



Figur 24. Bild från Autocad med höjdkurvor.

De sammansatta ortomosaikerna användes sen i Autocad då baskartan skulle framställas. Höjdkurvorna laddades ner från Lantmäteriverkets hemsida som. LAZ fil, filformat för

laserskannat material och jämfördes med punktmolnet. Höjdkurvorna sparades i .dwg format och togs sen in i Autocad. Det samma gjordes för diken, kraftledningar och berghällar. Till näst avbildades vägarna i Autocad utifrån ortomosaikerna, här användes asfaltkanten som gräns för vägbredden. Väggränserna var lätta att tolka eftersom det är tydliga kanter på vägen, svårare var det att rita av kalhyggen och stigar då de inte alltid är tydliga och skymms av trädtoppar.

10 Resultat

Detta kapitel handlar om resultaten från experimentet med flygsignaler, problem vi stötte på under arbetet samt den färdiga baskartan.

10.1 Experiment med flygsignalerna

Vi fick av arbetsgivaren en förfrågan om att göra ett simpelt experiment med flygsignalerna för att se ifall olika färgkombinationer och mönster har betydelse i bearbetningsfasen när mitten av flygsignalerna ska urskiljas. Arbetsgivaren hade flygsignaler som var svart-vita "schackbrädor", dessa är de vanligaste färger och mönster på flygsignaler. Vi gjorde 4 nya flygsignaler med olika färgkombinationer och mönster.

Resultatet av experimentet blev att mönstret och färgsättningen går hand i hand. Ljusa färger, till exempel den gul-röda flygsignalen, syns bäst ifall området som kartläggs är täckt av skuggor, medan vit-svarta flygsignaler syns bra i direkt solljus. På "schackbrädor" och triangelformade mönster syns mittpunkten lättast till skillnad från stora kors eller cirkelformade mönster.

Svart-vita schackbrädor är det mest vanliga mönster och färgkombination, de syns oavsett väder, men ifall dessa flygsignaler används på vintern lönar det sig att använda sig av någon form av underlag under flygsignalen, färgglad presenning eller granris, för att inte ha flygsignalen direkt på snön.

Bilder på de olika flygsignaler finns som bilaga 2 & 3.

10.2 Baskartan

Kartan över det 612 hektar stora området som vi fick i uppdrag att framkalla, blev klar under januari månad 2024. Kartan som uppgjordes inom noggrannhetskraven för en baskarta i mätklass 2 uppgjordes på beställning av staden Kristinestad. Kartans specifikationer nedan.

- Koordinatsystem ETRS-GK21.
- Höjdsystem N2000.
- Skala 1:2000.

Kartan skickades in och godkändes av stadens mätningstekniker. Kartan skickades in i dwg, PDF och GEOTiff format.

Kartan kan ses i bilaga 4.

10.3 Problem

I detta underkapitel tas upp de problem vi stötte på under utförandet och bearbetningen.

10.3.1 Problem på fält

Under utförandet stötte vi på ett antal problem som påverkade hela projektet, problemen vi stötte på ute på fältet påverkade även bearbetningen i ett senare skede.

När vi första dagen kom till platsen och körde runt området märkte vi snabbt att utplaceringen av flygsignalerna kommer bli knepigt, den täta skogen som täckte största delen av området skulle orsaka problem för inmätningen av flygsignalerna men detta blev även ett problem för synligheten mellan drönare och flygsignal, eftersom drönaren måste se flygsignalerna från olika håll och vinklar. Vi avverkade skog på de allra tätaste ställen för att förbättra synligheten, vilken i sin tur resulterade i väldigt tidskrävande utplaceringar.

Vädret var även en faktor som påverkade dagarna vi flög. Morgnarna var dimmiga och dagarna nästan för soliga. Årstiden hade även sina fördelar och nackdelar, fördelarna var att löven hade fallit ur träden men marken var ännu bar, nackdelen var att dagarna var

relativt korta redan så timmarna vi kunde flyga var begränsade till 5–6 timmar per dag, var av utplaceringen av flygsignaler tog mer än halva tiden.

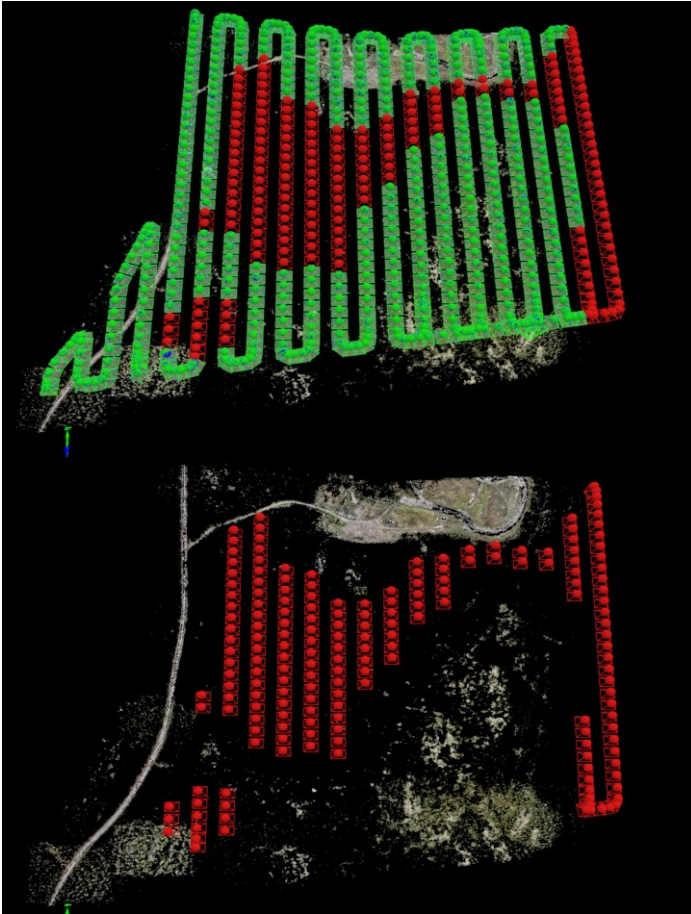
Drönaren vi använde, Mavic 3e, känner av, med hjälp av sensorer, ifall den flyger in i lågtliggande moln eller dimma, detta hände några gånger när vi skickade upp drönaren för tidigt. Drönaren meddelar i handpanelen att "obstacle detected" och återvänder tillbaka till startpunkten, eftersom drönaren tror dimman är något annat hinder som inte går att flyga i genom.

Solen kan vara både en positiv och en negativ faktor vid drönarflygningar, speciellt under den årstid som vi utförde flygningarna, eftersom solen ligger lågt på himmelen. Solen gör att bilderna är väldigt klara på öppna områden men om målområdet består av mycket skog eller bebyggelse blir skuggorna över området väldigt stora och mörka.

10.3.2 Problem under bearbetningen

När vi började bearbeta drönarbilderna bestämde vi oss ganska snabbt att bearbeta en flygning i gången eftersom det annars skulle ha blivit så enormt stora filer. Programmet bearbetar bilderna automatiskt efter att man ställt in rätta parametrar för arbetet, en bearbetning tog allt från 40 min till 4 timmar, största flygningen tog förstås längst tid. Bearbetningarna satts oftast i gång i slutet av arbetsdagarna för att låta datorn jobba över natten.

Problem som uppstod vid bearbetningen var åter igen den täta skogen, stor del av bilderna visade endast trädtoppar så programmet hade svårt att identifiera knutpunkter även kallat tiepoints mellan bilderna. När programmet inte får ihop pusslat bilderna blir resultatet ett "hål" i ortomosaiken och 3D-modellen som fås ur programmet.



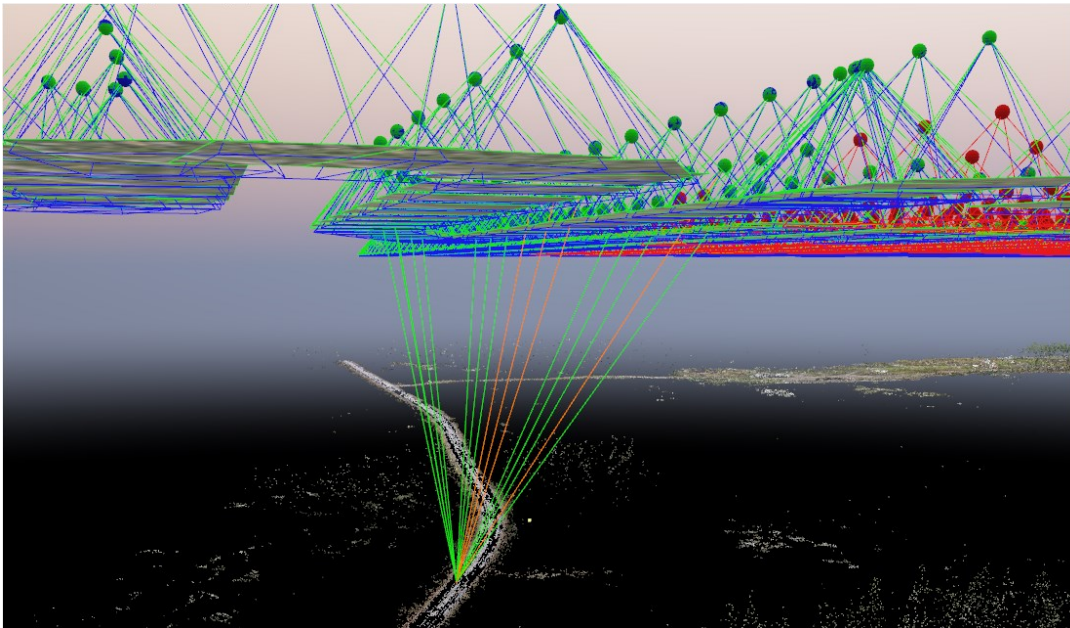
Figur 25. Bild ur Pix4D, bild över lyckade och misslyckade bildkalibreringar.

På bilderna ovan ser man bilder som fått tillräckligt med knutpunkter (gröna punkter) jämfört med bilder var programmet inte hittat tillräckligt knutpunkter (röda punkter) på marken pga. tät skog, på den nedre bilden ser man endast misslyckade kalibreringar var bilderna endast bestått av trädkoppar. Som tidigare nämnt resulterar misslyckade kalibreringar i ett hål i ortomosaiken, ett sådant hål kan ses nedan.



Figur 26. Hål resultat av misslyckade bildkalibreringar.

Bilden nedan visar antalet bilder som programmet automatiskt pusslat ihop med samma knutpunkt på marken längs en väg.



Figur 27. Bild ur Pix4d, bildernas knutpunkter.

11 Diskussion

Detta arbete har varit intressant och lärorikt för oss eftersom själva uppgörandet av en baskarta och vad det innebär, var nytt för båda. För oss har examensarbetet varit en djupdykning i både krav och regleringar som styr planläggningsmätningar. Även flygfotogrammetri med drönare var relativt nytt för oss men efter detta arbete kan vi säga att vi har fördjupat våra kunskaper inom ämnet. Vi har lärt oss vilka inställningar på drönaren som lämpar sig för olika flygningar samt fått förståelse om hur drönaren fungerar och upplägget för en flygning.

Under våra studieår på Yrkeshögskolan Novia har behandlingen av punkmolnsdata blivit bekant men i detta arbete användes Pix4D vilket var nytt för oss. Programmet lämpade sig till arbetet men smidigheten i vissa funktioner och hur programmet hittar mark punkter på bilderna var inte på samma nivå som andra program, tex. Agisoft Metashape. Det skulle ha varit intressant att använda ett annat program för bildbehandlingen ifall det skulle leda till ett förbättrat resultat.

Målet med examensarbetet var att göra en baskarta men också att förstå och redogöra JHS185 vilket tar upp kraven för planläggningsmätningar vilket vi tycker att har uppnått.

Vår undersökning med flygsignalerna visade att så länge det finns en tydlig mittpunkt på flygsignalen spelar det inte så stor skillnad på form. Färgen kan ställa till problem beroende på årstid och ljusmängd. Färger som urskiljs bäst är de som är långt i från varandra på färgskalan tex. Svart/vit. Annars kan de lätt smälta ihop när man zoomar in på datorn.

Som helhet har arbetet varit krävande men samtidigt väldigt givande.

12 Källförteckning

- 3D-Win. (u.d.). *3D-Win*. Hämtat från 3D-Win perusohjelma:
<https://3dwin.fi/ohjelmisto/>
- Agnesten, S. (2019). *Fotogrammetri*. Svensk nationell datatjänst.
- Audronis, T. (2014). *Building Multicopter Video Drones*. Packt.
- Autodesk. (2021). *Autodesk*. Hämtat från What is Autodesk AutoCAD?:
<https://www.autodesk.com/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription&plc=ACDIST>
- Brunnila, P. (2012). *Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät*. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu.
- Civil Tracker. (den 2 Februari 2022). *Civil Tracker*. Hämtat från All about Ground Control Points (GCP): <https://civiltracker.xyz/all-about-ground-control-points/>
- Dogget, S. (den 27 November 2019). *dronegenuity*. Hämtat från What Is An Orthomosaic?: <https://www.dronegenuity.com/orthomosaic-maps-explained/>
- Dronedeploy. (den 21 September 2021). *Dronedeploy*. Hämtat från Making Successful Maps: <https://help.dronedeploy.com/hc/en-us/articles/1500004964282-Making-Successful-Maps>
- Droneinfo. (den 26 April 2023). *Droneinfo*. Hämtat från Så fungerar drönaren och dess funktioner: <https://www.droneinfo.fi/sv/studiematerial/sa-fungerar-drönaren-och-dess-funktioner-allman-kunskap-om-drönare?toggle=Funktioner%20som%20%C3%A4r%20viktiga%20att%20k%C3%A4nna%20till%20och%20hantera&toggle=Vad%20%C3%A4r%20en%20dr%C3%B6nare%3F>
- Flyk. (u.d.). *Flyk*. Hämtat från Dronekartta:
<https://flyk.com/map?drone&lang=fi#p=9.59/63.0287/21.841&traffic=1>
- Geotrim (Regissör). (2019). *Trimnet VRS -palvelu: Maanmittaus ja paikkatieto* [Film].
- Handbok i mät- och kartfrågor*. (den 31 Augusti 2017). Hämtat från Stommätning:
https://www.lantmateriet.se/globalassets/om-lantmateriet/var-samverkan-med-andra/hmk/handbocker/hmk-stom_2017.pdf
- Handbok i mät- och kartfrågor*. (den 1 Juni 2020). Hämtat från Stommätning:
<https://www.lantmateriet.se/globalassets/om-lantmateriet/var-samverkan-med-andra/hmk/handbocker/stommatning-2020.pdf>
- Handbok i mät- och kartfrågor*. (den 12 Maj 2021). Hämtat från Digital grundkarta:
<https://www.lantmateriet.se/globalassets/om-lantmateriet/var-samverkan-med-andra/hmk/handbocker/digital-grundkarta-2021.pdf>
- Hardwired. (den 5 November 2021). *Hardwired*. Hämtat från New DJI MAVIC 3 Drones with Hasselblad Cameras:

<https://hardwired.pbtech.co.nz/article/2110/new-dji-mavic-3-drones-with-hasselblad-cameras>

Higgins, S. (den 23 Februari 2021). *Navvis*. Hämtat från Everything you need to know about point clouds: <https://www.navvis.com/blog/everything-you-need-to-know-about-point-clouds-navvis>

Hilavitkutin. (den 10 Januari 2021). *Hilavitkutin*. Hämtat från Mercator-kartan vääritymä havainnollisestettuna oivallisesti — Kuva kertoo enemmän kuin sanat: <https://hilavitkutin.com/2021/01/10/mercator-kartan-vaaristyma-havainnollisestettuna-oivallisesti-kuva-kertoo-enemman-kuin-sanat/>

JHS 185. (u.d.). *JHS-suositukset*. Hämtat från JHS185 Asemakaavan pohjakartan laatiminen: <https://www.suomidigi.fi/ohjeet-ja-tuki/jhs-suositukset/jhs-185-asemakaavan-pohjakartan-laatiminen>

Lantmäteriet. (den 23 Maj 2012). *lantmateriet*. Hämtat från Geodata: <https://www.lantmateriet.se/sv/geodata/gps-geodesi-och-swepos/>

Lantmäteriet. (den 1 Oktober 2012). *Lantmateriet*. Hämtat från Tredimensionella system: <https://www.lantmateriet.se/sv/geodata/gps-geodesi-och-swepos/Referenssystem/Tredimensionella-system/>

Lantmäteriet. (den 14 December 2017). *lantmateriet*. Hämtat från Vad är geodesi: https://www.lantmateriet.se/contentassets/bebb1b3574b446728d2b531f0e8d84f6/vad_ar_geodesi.pdf

Lantmäteriet. (u.d.). *lantmateriet*. Hämtat från Gps och andra GNSS: <https://www.lantmateriet.se/sv/geodata/gps-geodesi-och-swepos/GPS-och-satellitpositionering/GPS-och-andra-GNSS/>

Lantmäteriet. (u.d.). *Lantmateriet*. Hämtat från GPS och satellitpositionering: <https://www.lantmateriet.se/sv/geodata/gps-geodesi-och-swepos/GPS-och-satellitpositionering/>

Lantmäteriverket . (2003). *Anvisningar för planläggningsmätning*. Helsingfors: Lantäteriverket.

Lantmäteriverket. (1996). *Handbok Geodesi, Detaljmätning*. Gävle: Lantmäteriverket.

Lantmäteriverket. (u.d.). *Lantmäteriverket*. Hämtat från Standarder och rekommendationer för geodata branschen: <https://www.maanmittauslaitos.fi/sv/kartor-och-geodata/sambruk-av-geografisk-information/styrande-verksamhet/standarder-och>

Laurila, P. (2012). *Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet*. Rovaniemi: Rovaniemen ammattikorkeakoulu.

Maanmittauslaitos. (2017). *Maanmittauslaitos*. Hämtat från Geodesia Suomessa-strategia 2017-2026: https://www.maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/attachments/2020/06/GeodesiaSuomessastrategia2017-2026_FI.pdf

Maanmittauslaitos. (u.d.). *Maanmittauslaitos*. Hämtat från Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät:

- <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/tutkimustoiminta/tutkimusryhmat/paattyneet-tutkimusryhmat/koordinaattijarjestelmat-ja-0>
- Markanvändnings- och bygglagen 54 a §. (den 1 Maj 2014). Hämtat från <https://www.finlex.fi/sv/laki/ajantasa/1999/19990132#L7P54c>
- Mårtensson, S.-G. (2014). *Kompendium i Geodetisk mätningsteknik*.
- Peltonen, A. (1989). *oulu.fi*. Hämtat från Karttaprojektioit ja koordinaattijärjestelmät: https://www.oulu.fi/virtualgis/osa2_06.htm
- Pix4D. (2019). *pix4d*. Hämtat från About us: <https://www.pix4d.com/about-us/>
- Propeller. (u.d.). *Propeller*. Hämtat från Drone Photogrammetry Software: <https://web.propelleraero.com/use-cases/drone-photogrammetry/>
- Routescene. (den 9 Juni 2021). *Routescene*. Hämtat från Considerations when choosing your LiDAR drone mapping platform: <https://www.routescene.com/resources/considerations-choosing-lidar-drone-mapping/>
- Sivonen, M. (2023). *Helsingin kaupungin kartta-aineistojen laadunvalvonnan työmenetelmien kehittäminen*. Helsingfors: Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- Sullivan, N. (den 20 Oktober 2022). *mapware*. Hämtat från What Is an Orthomosaic Map, and Who Does It Help?: <https://mapware.com/blog/what-is-an-orthomosaic-map-who-does-it-help/>
- Syntony-gnss. (den 30 Mars 2022). *Syntony-gnss*. Hämtat från Multipath: <https://syntony-gnss.com/glossary/multipath>
- Tobias. (den 8 Maj 2023). *actioncam*. Hämtat från Vad är en Gimbal?: <https://www.actioncam.se/vad-ar-en-gimbal/>
- Utiugova, O. (den 29 April 2021). *emlid*. Hämtat från What Factors Influence Drone Mapping Accuracy: <https://blog.emlid.com/what-factors-influence-drone-mapping-accuracy/>
- Vermeer, M. (2019). *Geodesia, kaiken perusta*. Helsinki: Insinööritieteiden korkeakoulu.
- Wawrzyn, D. (Februari 2022). *Propeller*. Hämtat från How is drone mapping used: <https://www.propelleraero.com/how-is-drone-mapping-used/>

Signaleringsplanen som gjordes på förhand för att underlätta utplaceringen av flygsignalerna. De röda kryssen är platser vi tänkte placera flygsignalerna.

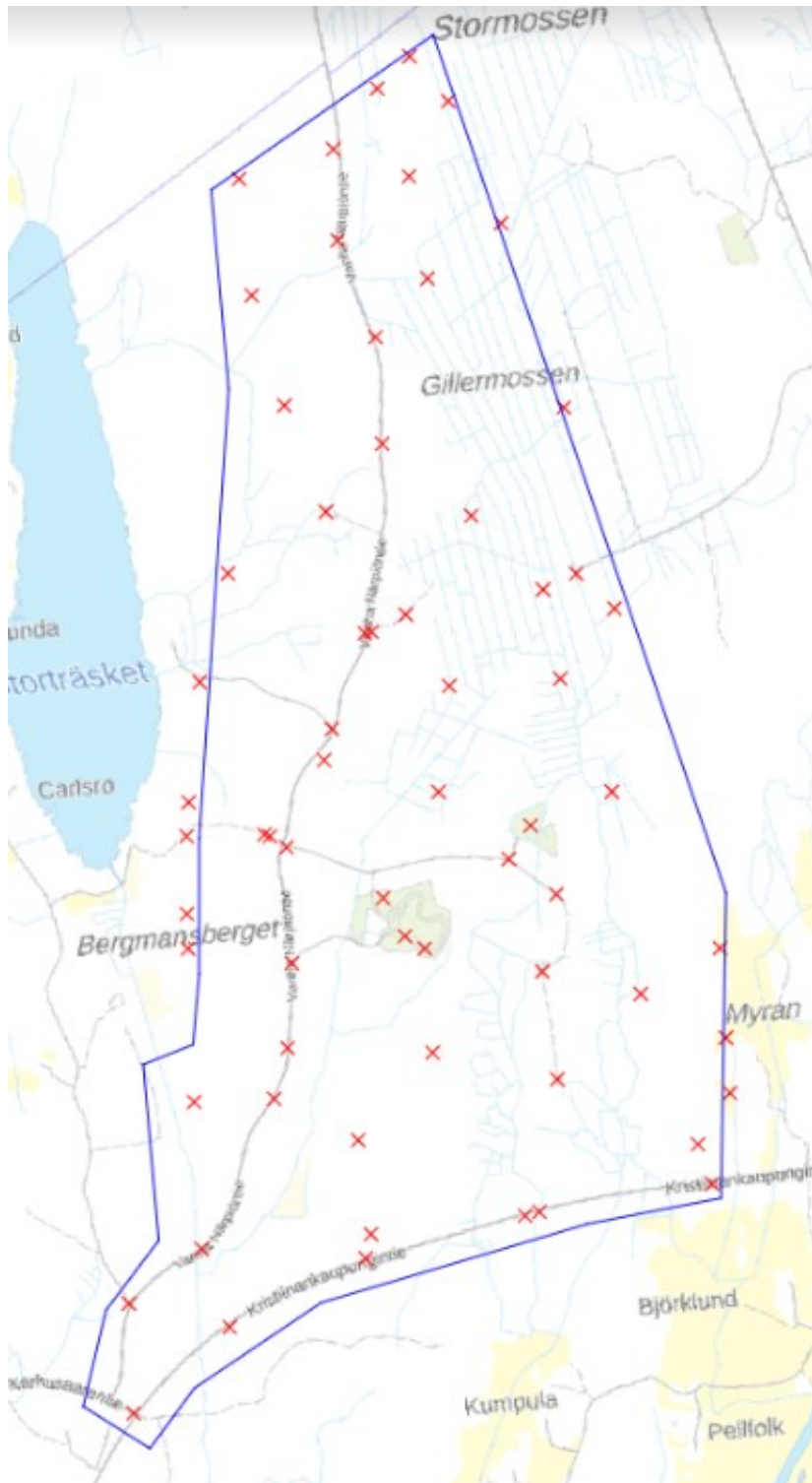


Bild över de nya flygsignalerna i terrängen, här ser man hur färger, mönster och väder påverkar hur bra mitten urskiljs på signalerna.



Bild över de nya flygsignalerna i terrängen, här ser man hur färger, mönster och väder påverkar hur bra mitten urskiljs på signalerna.



Den färdiga kartan.

