



JÖNKÖPING UNIVERSITY

School of Engineering

**DRÖNARTEKNIK I BYGGBRANSCHEN: EN
STUDIE OM SYNSÄTT, REGELVERK OCH
EN JÄMFÖRELSE MED GNSS-
UTRUSTNING**

**DRONE TECHNOLOGY IN THE CONSTRUCTION
INDUSTRY: A STUDY ON PERSPECTIVES,
REGULATIONS AND A COMPARISON WITH GNSS
EQUIPMENT**

Natasha Joshi

Marcus Wester Lindkvist

William Wretblad

EXAMENSARBETE 2025

Byggnadsteknik

Postadress:
Box 1026
551 11 Jönköping

Besöksadress:
Gjuterigatan 5

Telefon:
036-10 10 00 (vx)

Detta examensarbete är utfört vid Tekniska Högskolan i Jönköping inom huvudområdet byggnadsteknik. Författarna svarar själva för framförda åsikter, slutsatser och resultat.

Examinator: Reza Ahmadi

Handledare: Torbjörn Schultz

Omfattning: 15 hp

Datum: 2025-08-10

Abstract

Introduction – The purpose of this study is to examine the positions and views of different stakeholders on drone technology within the construction industry. Furthermore, the study will analyze how legislation and guidelines impact the use of drones for consultants. Finally, the study will compare drone technology with handheld GNSS technology in terms of time and accuracy. The goal of the study is to clarify stakeholders' positions on drone technology and perform a comparison of handheld GNSS technology with drone technology.

Method – The study is primarily a qualitative study using two methods: a case study and an experiment. The data collection techniques used were interviews and measurements to obtain information for the study's empirical data. A total of five interviews were conducted, two with different clients and three with different consulting companies.

Results – The results of the experiment were compiled into a table with accompanying explanatory text. The experiment showed that it was more time efficient to use drone technology instead of handheld GNSS technology when it comes to mass calculation. The results from the interviews were compiled into tables where they were categorized to clarify the results. The interviews showed a positive attitude toward drone technology among the respondents and some challenges regarding legislation.

Analysis – The analysis of the results was carried out using the tables from the interviews and the experiment. The first part of the analysis summarizes the respondents' attitude toward drone technology. The analysis results in the conclusion that the respondents have a positive attitude toward drone technology within the construction industry. However, two respondents see an increasing problem with the dissemination permit, and one of the respondents claims that the Swedish Transport Agency is understaffed. Furthermore, the analysis shows that the consultants generally do not perceive any significant challenges with the laws and guidelines. The analysis of the experiment shows that the volume calculation with the drone was completed in approximately 60 percent of the time compared to the handheld GNSS technology.

Discussion - The results discussion highlights the stakeholders' attitudes toward drone technology, as well as any challenges they have experienced regarding legislation and adapting to clients' guidelines. It also relates previous research in the field to the findings of this study. The methodology discussion emphasizes the chosen methods, outlining their strengths and weakness, as well as potential improvements in the execution of the study.

Keywords – Client, construction industry, drone technology, photogrammetry, GNSS technology, surveying, consulting companies, regulations.

Sammanfattning

Introduktion – Syftet med denna studie är att undersöka olika aktörers inställning och syn på drönartekniken inom byggbranschen. Vidare ska studien analysera hur lagstiftningen och riktlinjer påverkar drönaranvändningen för konsulter i byggbranschen. Slutligen ska studien jämföra drönarteknik med handhållen GNSS-teknik sett till tid och noggrannhet. Målet med studien är att tydliggöra aktörers inställning till drönarteknik samt utföra en jämförelse av handhållen GNSS-teknik med drönarteknik.

Metod – Studien är huvudsakligen en kvalitativ studie med hjälp av två metoder, en fallstudie samt ett experiment. Insamlingsteknikerna som har använts är intervjuer och mätning för att erhålla information till studiens empiri. Totalt utfördes fem intervjuer, varav två med olika beställare och tre med olika konsultbolag i byggbranschen.

Resultat – Resultatet från experimentet sammanställdes i en tabell med tillhörande förklarande text. Experimentet visade att det var mer tidseffektivt att använda sig utav drönartekniken i stället för handhållen GNSS-teknik vid massberäkning. Resultatet från intervjuerna sammanställdes i tabeller där de kategoriserades upp för att förtydliga resultatet. Intervjuerna visade en positiv inställning till drönarteknik hos respondenterna och en del utmaningar kring lagstiftningen.

Analys – Analysen av resultatet gjordes med hjälp av tabellerna från intervjuerna och experimentet. Den första delen av analysen summerar respondenternas inställning till drönarteknik. Analysen resulterar i att respondenterna är positivt inställda till drönarteknik inom byggbranschen. Två respondenter ser dock ett ökat problem med spridningstillståndet, en av dessa respondenter menar på att Lantmäteriet är underbemannade. Vidare visar analysen att konsulterna generellt sätt inte upplever några väsentliga utmaningar med lagarna och riktlinjerna. Analysen av experimentet visar att massberäkningen med drönaren genomfördes på cirka 60 procent av tiden jämfört med den handhållna GNSS-tekniken.

Diskussion – Studiens resultatdiskussion lyfter aktörernas inställning till drönarteknik samt om de upplevt utmaningar kring lagstiftningen och att anpassa sig till beställares riktlinjer. Resultatdiskussionen lyfter även tidigare forskning inom området kopplat till arbetets resultat. Metoddiskussionen understryker arbetets val av metoder samt dess styrkor respektive svagheter men också förbättringsmöjligheter i utförandet.

Nyckelord – Beställare, byggbranschen, drönarteknik, fotogrammetri, GNSS-teknik, inmätning, konsultbolag, regelverk.

Innehållsförteckning

I	Introduktion	1
1.1	BAKGRUND OCH PROBLEMFÖRMULERING	1
1.1.1	<i>Drönanvändning inom byggbranschen</i>	<i>1</i>
1.1.2	<i>Problemformulering</i>	<i>3</i>
1.2	MÅL OCH FRÅGESTÄLLNING.....	3
1.3	AVGRÄNSNINGAR.....	4
2	Teoretiskt ramverk	5
2.1	GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS (GNSS)	5
2.2	DRÖNARTEKNIK & ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN.....	5
2.3	REGLERING AV DRÖNARANVÄNDNING I SVERIGE.....	6
2.4	UTMANINGAR MED DRÖNARTEKNIK.....	7
2.5	JÄMFÖRELSE AV INMÄTNINGSMETODER.....	7
2.6	FRÅGESTÄLLNINGENS KOPPLING TILL TEORETISKT OMRÅDE	8
3	Metod och genomförande.....	9
3.1	FRÅGESTÄLLNINGENS KOPPLING TILL METODVAL	9
3.2	STUDIENS FÖRUTSÄTTNINGAR.....	10
3.2.1	<i>Medverkande företag.....</i>	<i>10</i>
3.2.2	<i>Experimentella förutsättningar.....</i>	<i>10</i>
3.2.3	<i>Sammanställning av respondenter.....</i>	<i>12</i>
3.3	EMPIRIINSAMLING.....	13
3.4	ARBETSGÅNG.....	13
3.4.1	<i>Experiment.....</i>	<i>13</i>
3.4.2	<i>Intervjuer.....</i>	<i>17</i>
3.5	ANALYSMETOD.....	17
3.6	TROVÄRDIGHET	18
3.6.1	<i>Experiment som metod.....</i>	<i>18</i>
3.6.2	<i>Intervju som metod.....</i>	<i>18</i>
4	Resultat.....	19

4.1	EMPIRI.....	19
4.1.1	Jämförelse mellan handhållen GNSS-utrustning och drönarteknik.....	19
4.1.2	Intervjuer.....	20
4.2	ANALYS AV EMPIRI.....	22
4.2.1	Jämförelse mellan handhållen GNSS-utrustning och drönarteknik.....	22
4.2.2	Konsulters respektive beställares inställning till drönarteknik inom byggbranschen	22
4.2.3	Utmaningar för konsultföretag kring lagstiftning och beställares riktlinjer	23
5	Diskussion.....	24
5.1	RESULTATDISKUSSION	24
5.2	METODDISKUSSION	26
5.2.1	Styrkor & svagheter.....	26
6	Slutsatser och förslag till vidare forskning.....	27
6.1	JÄMFÖRELSE MELLAN HANDHÅLLEN GNSS-UTRUSTNING OCH DRÖNARTEKNIK.....	27
6.2	KONSULTERS RESPEKTIVE BESTÄLLARES INSTÄLLNING TILL DRÖNARTEKNIK INOM BYGGBRANSCHEN.....	28
6.3	UTMANINGAR FÖR KONSULTFÖRETAG KRING LAGSTIFTNING OCH BESTÄLLARES RIKTLINJER 28	
	Referenser.....	29
	Bilagor.....	31

1 Introduktion

I detta examensarbete jämförs drönarteknik med handhållen GNSS-utrustning sett till noggrannhet och tidseffektivitet vid inmätningar för massberäkningar. Jämförelsen utförs med hjälp av en experimentell uppställning där inmätningar utförs med båda teknikerna, i syfte att fastställa vilken som är mest lämplig vid inmätningar. Vidare undersöker studien inställningen till drönarteknik inom byggbranschen, med fokus på tillämpningsområden och juridiska utmaningar. Avslutningsvis sammanställs branschens syn på drönarteknik och de centrala utmaningar som finns kring regelverken.

1.1 Bakgrund och problemformulering

UAV (Unmanned aerial vehicle) är en obemannad flygande farkost som inte styrs av en ombordvarande operatör. UAS (Unmanned aerial system) är hela det system som används vid flygningen av en UAV. Med andra ord ingår farkost, markstation och andra delsystem som behövs vid flygningen i begreppet (Vesvre & Sandén, 2019). I denna rapport kommer begreppet drönare används för att beskriva farkosten och drönarteknik för att beskriva systemet.

1.1.1 Drönaranvändning inom byggbranschen

Från början användes drönare i situationer som ansågs farliga och för att förhindra att försätta människoliv i fara. Idag ser det annorlunda ut, drönare används i allt fler situationer, som till exempel vid datainsamlingar, inspektioner, polisiär och militär övervakning, och flygfotografering (Aiyetan & Das, 2022). Under senare år har även drönarteknikens utveckling varit en del av de teknologiska framstegen som gjorts inom byggbranschen. Denna utveckling har förändrat förutsättningarna för hur byggprojekt planeras, utförs och underhålls (Choi et al., 2023).

Drönarteknik erbjuder företag inom byggbranschen en rad olika utrustningsmöjligheter med teknik som GPS-utrustning (global positioning System), GNSS-utrustning (global navigation satellite system), och högupplösta kameror med LiDAR-sensorer (light detection and ranging). Denna utrustning erbjuder i sin tur möjlighet att samla in realtidsdata, vilket ligger till grund för detaljerad kartläggning och skapande av 3D-modeller. Dessa tekniker möjliggör också för topografiska analyser och planritningar med hög noggrannhet. På så vis kan drönartekniken hjälpa ingenjörer med välgrundade beslut för byggnadsplanering, designoptimering och resursanvändning (Choi et al., 2023).

Typer av drönare i byggbranschen

Det finns olika typer och storlekar av drönare som är användbara inom olika arbetsområden. Inom byggbranschen är drönare med fasta vingar och multirotordrönare två av de mest förekommande typerna. De erbjuder olika fördelar och tillämpas för olika ändamål. Drönare med fasta vingar innebär en fördel i form av längre flygtid och högre hastighet, vilket gör dem effektiva vid uppdrag där stora områden ska kartläggas och mätas in. Drönare med fasta vingar medför dock en begränsning i manövrering, då de saknar förmåga att hovra över samma punkt eftersom de inte har någon VTOL (vertical take-off and landing)-förmåga. Detta innebär att det krävs start- och landningsbanor för att kunna flyga dessa typer av drönare (Choi et al., 2023).

Multitrotordrönare ger piloter däremot möjlighet att hovra över samma punkt eftersom dessa drönare har en VTOL-förmåga. Detta innebär att de har en ökad manövrerbarhet och kan därför lyfta och landa i trånga utrymmen, till skillnad från drönare med fasta vingar. Denna höga manövrerbarhet gör dem särskilt lämpliga för användning på mindre byggarbetsplatser med begränsat utrymme, exempelvis vid noggranna inspektioner nära konstruktioner. Däremot är den höga manövreringen energikrävande och bidrar till att dessa drönare har en begränsad flygtid, vilket gör dem mindre effektiva vid datainsamling över stora områden (Choi et al., 2023).

Tillämpning av drönare i olika byggskeden

Drönare kan användas genom hela byggprocessen, från planering till service och underhåll. Under planeringsfasen är drönare användbara för att samla in topografisk information om byggområdet. Detta ger intressenter en god överblick av områdets förutsättningar, vilket underlättar för effektiv planering. Under byggfasen kan drönare användas för att öka säkerheten och effektiviteten, samt att minska kostnader. Detta görs bland annat genom volymeräkningar för både schaktning och fyllning, analyser av höjdskillnader med hjälp av terrängmodeller baserade på datainsamling med drönare, övervakning av byggprojekt med hjälp av 2D- och 3D-modeller och dokumentation av arbetsprocesser. I underhållsfasen minskar drönare risken för personskador genom att fungera som ett verktyg vid inspektioner (Choi et al., 2023).

Utmaningar och begränsningar med drönarteknik

Den snabba utvecklingen av drönarteknik har medfört utmaningar inom byggbranschen, då regelverk och lagar inte har utvecklats i samma takt. Inom den brittiska byggbranschen har detta skapat problem då kombinationen av nationella lagar, lokala förordningar och EU (Europeiska unionen) -regler har lett till osäkerhet bland företagen (Krook et al., 2024).

Tekniska egenskaper hos drönare kan också medföra utmaningar som begränsar dess användning. En av de främsta tekniska utmaningarna har varit batterikapaciteten, som begränsar både räckvidd och flygtid hos drönare, vilket påverkar effektiviteten vid projekt som omfattar stora områden (Choi et al., 2023).

Miljöfaktorer utgör ytterligare en utmaning för användningen av drönare. Vind, regn och dimma är aspekter som påverkar både möjligheterna och tidpunkten för drönarflygningar. Drönare är känsliga för turbulens orsakad av kraftiga vindar, regn kan påverka känslig elektronik, och dimma kan begränsa flygfotografering. Samtliga aspekter kan leda till att drönarflygningar måste avbrytas eller skjutas upp, vilket kan påverka tidsplanen för ett projekt (Choi et al., 2023).

Teknologiska framsteg inom drönarteknik

Ett exempel på de senaste teknologiska framstegen inom drönarteknik är mer avancerad automatisering och integrationen av AI-funktioner. Denna utveckling gör att drönare utrustade med AI kan fatta egna beslut i realtid och förutse ändringar i terrängen genom realtidsdatabearbetning (Zenotech, 2025). Detta minskar behovet av mänsklig inblandning då drönarsystemen med integrerat AI-system själva kan genomföra flygningar och undvika hinder i terrängen. Med fortsatt utveckling av AI-funktioner kommer drönare kunna fatta mer effektiva och korrekta beslut (Choi et al., 2023).

Ytterligare framsteg inom drönarteknik inkluderar förlängd batteritid samt utvecklingen av drönare som stödjer 5G-uppkoppling och svärmteknik. Denna utveckling möjliggör längre flygtider, genomförande av mer komplexa uppgifter på större avstånd, och samarbete mellan flera drönare (Zenotech, 2025). Inom byggbranschen medför längre flygtider att drönare kan täcka större områden. Högre dataöverföringshastigheter och ökad kapacitet via 5G-nätverk möjliggör fjärrövervakning av byggarbetsplatser med förbättrad precision och effektivitet. Detta ger inblandade parter möjlighet att snabbare fatta beslut vid förändrade förutsättningar (Choi et al., 2023).

1.1.2 Problemformulering

Utvecklingen av drönartekniken har skapat nya möjligheter att effektivisera arbetsprocesser och främja teknisk utveckling inom byggbranschen. Samtidigt är det viktigt att beakta de utmaningar och problem en hög utvecklingshastighet bidrar med. Denna studie syftar att bidra med en relevant och värdefull teknikjämförelse mellan GNSS-utrustning och drönarteknik i samband med utförandet av massberäkningar. Detta för att tydligt presentera en jämförelse mellan teknikerna sett till tidseffektivitet och noggrannhet, som är två centrala aspekter inom byggbranschen. Studien syftar även att ge en djupare förståelse kring aktörers syn på drönartekniken och hur reglerandet påverkar användningen inom branschen. Genom att undersöka dessa faktorer, kan resultaten som tas fram under studien, ge aktörer insikt och utökad förståelse för utvecklingen inom byggbranschen.

1.2 Mål och frågeställning

Målet med studien är att jämföra skillnader mellan drönarteknik och handhållen GNSS-utrustning. Ytterligare syftar studien att undersöka olika aktörers syn på drönarteknik inom byggbranschen, samt hur lagstiftningen påverkar drönaranvändningen.

1. Vad blir skillnaderna vid en jämförelse med att utföra en inmätning och massberäkning med handhållen GNSS-utrustning jämfört med drönarteknik sett till tid och noggrannhet?
2. Vad är konsulter respektive beställares inställning till drönarteknik inom byggbranschen?
3. Vilka utmaningar upplever konsultföretagen när det kommer till lagstiftningen kring drönaranvändning samt att anpassa sig till beställarnas riktlinjer?

1.3 Avgränsningar

Avgränsningar görs för att studien inte ska bli för omfattande eller otydlig.

Studien är avgränsad till företag som tillämpar drönarteknik. Företagen är av olika storlekar och består av två konsultbolag samt två beställare. Med konsulter avses endast byggkonsulter som arbetar med projektering. Studien tar endast hänsyn till respondenternas individuella svar på frågorna som ställs under intervjutillfällena, det vill säga att de inte representerar hela verksamheterna de arbetar för. Studien är också avgränsad till Sverige vilket innebär att lagar och riktlinjer som styr drönanvändningen avgränsas till det som gäller i Sverige.

Insamlade data och resultat kommer uteslutande att baseras på egna genomförda experiment och intervjuer. Studien undersöker uteslutande drönare som använder sig av fotogrammetri och som är utrustad med en RTK-modul (real-time kinematic).

2 Teoretiskt ramverk

För att kunna bidra till kunskapsutvecklingen inom ett område är det viktigt att veta vilken kunskap som redan finns. Inför ett nytt projekt är det nödvändigt att sätta sig in i nuvarande kunskapsläge (Säfsten & Gustavsson, 2023). Med detta i beaktning, presenteras relevant kunskap inom området nedan.

2.1 Global navigation satellite systems (GNSS)

GNSS är ett samlingsnamn för alla globala satellitnavigeringssystem, inklusive GPS, GLONASS, Galileo och BeiDou. Det består av ett nätverk av satelliter som skickar signaler till mottagare på jorden. Signalerna hjälper en mottagare att indikera dess exakta position och tid. Idag används GNSS inom en mängd områden, som till exempel inom kartläggning, navigation, geodesi och sjöfart (Swedron, 2024).

GNSS-mätningar kan förekomma i olika metoder men alla mätningar bygger på samma grundprinciper, som listas nedan (Lantmäteriet, uå).

- GNSS-mätning kräver fri sikt mellan mottagare och satelliter
- Avstånd mellan mottagare och satelliter bestäms med hjälp av kodmätning och/eller bärvågsmätning, till minst fyra satelliter.
- Mätning med GNSS kan ske med en eller flera GNSS-mottagare. Mätning med en mottagare kallas absolut positionering medan mätning med flera mottagare kallas relativ positionering.
- Vid GNSS-mätningar finns flera felkällor som påverkar noggrannheten i de beräknade positionerna. Lägesosäkerheten kan reduceras vid en överbestämning, det vill säga vid en mätning mot fler än fyra satelliter samt att uppskatta eller modellera felkällornas inverkan på satellitsignalerna.

Tavasci et al (2024) förklarar att RTK-positionering innebär användning av två mottagare, där den första placeras på en känd position och fungerar som en basstation, medan den andra används som en rover för att genomföra mätningen. Rovern tar emot både satellitsignaler och RTK-korrigeringar från basstationen som möjliggör en realtidsdifferentiering. Till skillnad från traditionella GNSS-mottagare utrustade med en enkelbandsmottagare har tvåfrekvensmottagare stora fördelar. Tillgången till en andra signal ökar systemets redundans vilket förbättrar noggrannheten i positioneringen.

2.2 Drönarteknik & användningsområden

Harinarain och Naicker (2019) förklarar att drönare är luftburna farkoster som styrs av en förutbestämd flygplanering eller med hjälp av en bemannad fjärrkontroll. De används av militären, leveranstjänster och säkerhetsbolag. Inom byggprojekt används drönare för flygfotografering genom hela processen. De kan ta bilder från flera olika vinklar och är samtidigt mer kostnadseffektivt jämfört med användningen av flygplan. Tekniken används även inom inspektioner, säkerhetskontroller på arbetsplatser, samt som underlag i utvecklingsrapporter för projekt. Fördelar med drönarteknik är bland annat hög noggrannhet i insamlad data, minskat materialsvinn i byggprojekt samt ökad kostnadseffektivitet och produktivitet (Harinarain & Naicker, 2019).

Khanal et al. (2020) berättar att drönare används för att utforma och designa vägar i allt större utsträckning. Författaren fortsätter att förklara att denna metod blir allt mer eftertraktad i jämförelse med konventionella metoder på grund av dess effektivitet och kostnadsfördelar vid arbete över större områden.

Choi et al. (2023) förklarar att drönarteknik tillämpas i alla faser inom byggbranschen och menar på att integrationen av drönare har inlett en ny era av ökad effektivitet, noggrannhet och säkerhet inom alla faserna av byggprojekt. Tekniken används även för säkerhetsövervakning, övervakning av materiallager och utvecklingsbilder. Integrationen av drönartekniken inom byggbranschen har lett till revolutionerade framsteg inom de olika faserna i byggprojekt och förväntas spela en allt viktigare roll i takt med att tekniken fortsätter att utvecklas (Choi et al., 2023). Målet med denna tekniska utveckling är främst att maximera effektiviteten och noggrannheten när det kommer till inmätningar i byggprojekt (Furby & Akhavian, 2024).

2.3 Reglering av drönaranvändning i Sverige

Vid flygning med drönare ska regler som gäller för luftfarten följas. EU-kommissionen har i samarbete med EASA (European union aviation safety agency), skrivit gemensamma föreskrifter för drönarverksamhet inom EU. Utöver de riktlinjer som EU satt upp gemensamt för medlemsländerna ska också de nationella reglerna i Sverige efterföljas (Transportstyrelsen, 2024).

Inom Sverige regleras användning av drönare genom Transportstyrelsen, däribland Transportstyrelsens föreskrifter om obemannade luftfartyg (TSFS 2017:110). Det finns även andra nationella lagar och förordningar inom Sverige som ska följas vid drönarflygningar. Exempel på dessa lagar är luftfartslagen (2010:500) och luftfartsförordningen (2010:770) (Transportstyrelsen, 2024).

Utöver de föreskrifter som reglerar användningen erbjuder LFV (Luftfartsverket) en tjänst, NOTAM (Notice to airmen). NOTAMs syfte är att publicera viktig information till piloter och uppmärksamma risker som kan påverka flygsäkerheten. Vidare ger LFV ut publikationen AIP ("Aeronautical Information Publication"). Publikationen innehåller varaktig information som är väsentlig för luftfarten. LFVs drönarkarta är ytterligare en komplimenterande tjänst som visar aktuell status för svenskt luftrum. Där finns information om restriktionsområden, både bestående och tillfälliga restriktioner (Transportstyrelsen, 2024).

Något som också påverkar användningen av drönare i Sverige är lagen om skydd för geografisk information. Vid de tillfällen fotografier, film, laserdata, höjddata, med mera, tagits från luften med hjälp av exempelvis drönare, krävs ett spridningstillstånd om materialet ska delas, publiceras eller säljas (Lantmäteriet, u.å.). Enligt förordningen om skydd för geografisk information (SFS 2016:320) ska ansökningar av spridningstillstånd prövas av antingen Lantmäteriet eller Sjöfartsverket. I skrivande stund, 2025-04-30, är handläggningstiden vid sökande av spridningstillstånd hos Lantmäteriet cirka 50 arbetsdagar (Lantmäteriet, u.å.).

2.4 Utmaningar med drönarteknik

Harinarain och Naicker (2019) berättar att drönare har blivit alltmer tillgängliga för allmänheten och att detta har lett till en ökad användning av tekniken inom byggbranschen. Trots att användningen av tekniken har ökat inom byggbranschen är kunskapen kring fördelarna fortfarande låga. Författarna belyser även att drönartekniken medför vissa omständigheter såsom ökat behov av försäkringar, regler och riktlinjer, samt att livslängden på batterierna är kortare i jämförelse med annan utrustning.

Krook et al. (2024) förklarar att i England används drönare inom militären, industrier samt kommersiellt. Författarna belyser de brister och ofullständigheter som finns i Englands lagstiftning som berör drönaranvändningen. De förklarar att regelverket är fragmenterat och svårt att förstå då det kombineras av lokala förordningar, nationella lagar och EU-regler (Europeiska unionen), vilket skapar osäkerhet och otydlighet för företag. Författarna föreslår därför att nationella riktlinjer bör fastställas för att underlätta den kommersiella användningen av drönarteknik.

2.5 Jämförelse av inmätningmetoder

Furby och Akhavian (2024) jämför markburen och luftburen fotogrammetri samt RTK-GPS (real-time kinematic global positioning systems), med fokus på höjdnoggrannhet, dataförbrukning och tidsåtgång vid mätningarna. Studien genomfördes på två olika områden i San Diego med en sammanlagd area på 0,461 hektar. Totalt upprättades 572 kontrollpunkter med hjälp av en totalstation för att möjliggöra noggranna jämförelser. Resultaten visade varierande felmarginaler beroende på metod. Markburen fotogrammetri visade en felmarginal på 1,78 centimeter, luftburen fotogrammetri visade en felmarginal på 10,5 centimeter och RTK-GPS visade en felmarginal på 1,32 centimeter. Felmarginalerna är baserade på jämförelser mot kontrollpunkter inmätta med totalstation.

Furby och Akhavian (2024) konstaterar att den markburna fotogrammetriska metoden är att föredra framför både den luftburna fotogrammetriska metoden och RTK-GPS för topografisk kartläggning och markövervakning. Detta beror på att metoden ger mer detaljerade ytmodeller, ökad tidseffektivitet men också att den håller sig inom den tillåtna felmarginalen på 6,1 centimeter. För generella markundersökningar är markburen fotogrammetri den mest effektiva och kostnadseffektiva metoden, samtidigt som den säkerställer maximal tydlighet i punktmolnet vid analyser av terräng, brytpunkter och andra egenskaper inom det inmätta området.

Khanal et al. (2020) har i sin studie jämfört mobil markbaserad LiDAR, flygburen LiDAR och drönbaserad fotogrammetri med traditionella inmätningmetoder, med fokus på noggrannhet och kostnad. Höjddata samlades in med hjälp av de tre metoderna och referenspunkter användes för att uppnå hög noggrannhet. Resultaten visade att flygburen LiDAR var mest lik den konventionella inmätningen. Mobil LiDAR och drönbaserad fotogrammetri gav goda resultat på vägar samt på plana och jämna ytor. Samtliga tre metoder visade sig vara effektiva och kostnadseffektiva alternativ till traditionella inmätningmetoder, särskilt vid mätningar över större ytor.

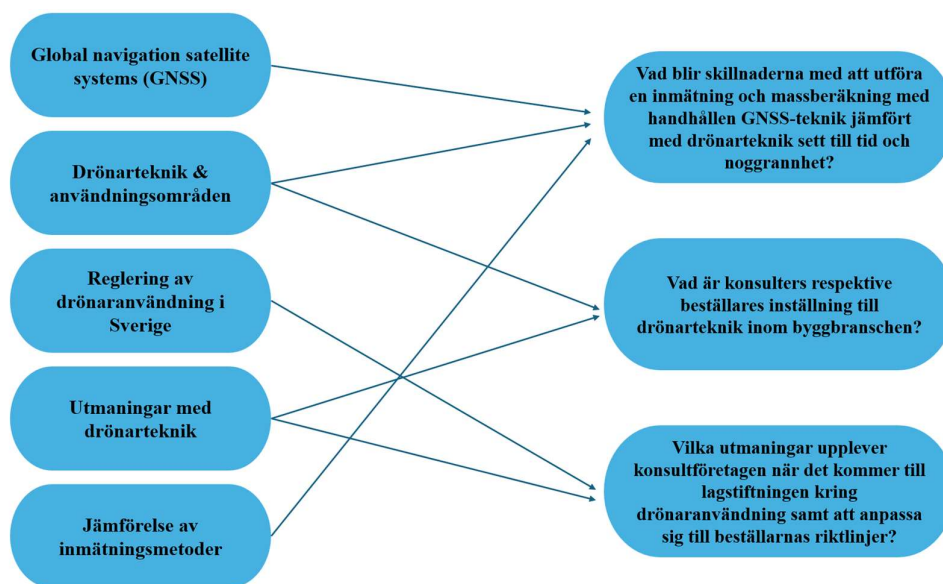
2.6 Frågeställningens koppling till teoretiskt område

Studien består av tre frågeställningar och fyra teoretiska områden. För att förtydliga kopplingen mellan dessa har en illustration skapats, se Figur 1. Nedan finns även en förklarande sammanställning av kopplingarna, i syfte att ge en djupare förståelse inom ämnet.

Frågeställningen *“Vad blir skillnaderna med att utföra en inmätning och massberäkning med handhållen GNSS-teknik jämfört med drönarteknik sett till tid och noggrannhet”* behandlar både hur traditionella inmätningar genomförs med handhållen GNSS-utrustning och hur ny teknik som drönarteknik kan genomföra samma inmätning. Frågeställningen bidrar till en jämförelse mellan inmätningssmetoderna och ger inblick i drönarteknikens användningsområden, därav kopplingen till de teoretiska områdena.

Frågeställningen *“Vad är konsulter respektive beställares inställning till drönarteknik inom byggbranschen”* handlar i huvudsak om aktörers uppfattningar gällande teknikens användningsområden, vilka utmaningar de upplever med teknikens användning, samt hur de ser på dess framtida potential i branschen.

Frågeställningen *“Vilka utmaningar upplever konsultföretagen när det kommer till lagstiftning kring drönaranvändning samt att anpassa sig till beställares riktlinjer”* kopplas främst till de teoretiska områdena genom att undersöka hur konsulter upplever hur regleringen av drönaranvändningen är i Sverige och i vilken utsträckning beställares riktlinjer påverkar möjligheten att arbeta med drönarteknik.



Figur 1. Koppling mellan frågeställningar och teoretiska områden.

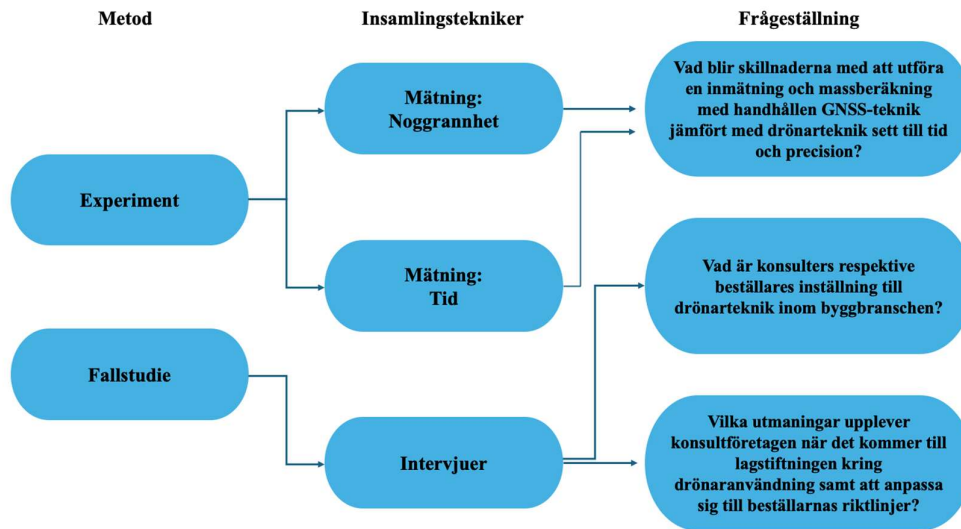
3 Metod och genomförande

Detta examensarbete har använt sig av både experiment och fallstudie som metoder. Insamlingsteknikerna är intervjuer och analys av siffervärden.

Arbetet baseras på kvalitativa resultat med hjälp av de valda metoderna och insamlingsteknikerna. En kvalitativ studie har valts då det anses vara mest lämpligt i förhållande till arbetets mål. De kvalitativa metoderna anses särskilt relevanta i förhållande till studiens frågeställningar, då en djupare förståelse krävs för att dra välgrundade slutsatser.

3.1 Frågeställningens koppling till metodval

Studien bygger på att besvara de tre olika frågeställningarna med hjälp av de valda metoderna samt insamlingsteknikerna. Sambandet mellan metoder, insamlingstekniker och frågeställningar illustreras nedan, se Figur 2.



Figur 2. Koppling mellan metodval och frågeställningar

Inom ingenjörsvetenskapen används experiment för att undersöka, optimera, beskriva, bekräfta eller upptäcka processer eller tekniska system. Dessa processer eller tekniska system kan bestå av människor, maskiner och information som behövs för att omvandla någon form av input till output. I verkligheten är det komplicerat och det finns många olika process- eller systemparametrar som kan påverka resultatet, därför är det viktigt att genomföra en noggrann försöksuppställning. En försöksuppställnings främsta uppgift är att lösa de uppgifter som krävs för genomförandet av experimentet som är att realisera, separera, kontrollera och observera (Säfsten & Gustavsson, 2023). Genom att utföra experimentella inmätningar med båda teknikerna under likvärdiga förhållanden, kan man isolera och undersöka de eftersökta aspekterna, vilket underlättar vid en jämförelse. Metoden är därmed särskilt lämplig för arbetets syfte då den både samlar in empiriska data och möjliggör för en jämförelse mellan teknikerna i praktiken.

En fallstudie är, som namnet antyder, en studie av ett eller flera fall. Det är en djupstudie där ett eller ett fåtal undersökningsobjekt studeras utifrån flera variabler. Denna metod är särskilt lämplig när en djupare förståelse eftersträvas för en situation, eller när specifika aspekter av en händelse eller företeelse ska beskrivas. En fallstudie kan bidra med förklarande eller beskrivande kunskap. Metoden möjliggör en undersökning av en unik företeelse i dess naturliga miljö, vilket innebär att värdefull och relevant teori kan genereras om de faktiska förhållandena. Den insamlingsteknik som kommer att användas för fallstudien är intervjuer, detta för att samla in information om ett fenomen från en eller flera personer (Säfsten & Gustavsson, 2023).

Genom att utföra en fallstudie kan skribenterna få en djupare förståelse för företagets inställning till drönartekniken samt de utmaningar de upplever kring tekniken. En fallstudie möjliggör en fördjupad förståelse i både utmaningar och synsätt på drönartekniken inom företag, då varje organisation har unika erfarenheter, behov och förutsättningar. Intervjuer har valts som insamlingsteknik då de anses vara lämpliga för att fånga upp subjektiva åsikter och attityder mot tekniken. Genom att intervjua flera företag i byggbranschen kan både drivkrafter och hinder för användning av drönarteknik identifieras, samtidigt som viktiga insikter om förväntningar och utmaningar kan erhållas.

3.2 Studiens förutsättningar

I detta avsnitt kommer studiens förutsättningar presenteras sett till de samverkande företagen och metodvalen. Syftet med detta avsnitt är att skapa en bättre förståelse för studiens helhet och de resultat som följer.

3.2.1 Medverkande företag

Företagen som samverkar i detta examensarbete är en del av Julab-koncernen, där Topiro Entreprenad AB och Junecon AB är de medverkande företagen. Topiro Entreprenad AB är ett komplett mark- och anläggningsföretag som erbjuder helhetsentreprenad, medan Junecon AB är ett konsultbolag inom mark- och anläggning med verksamhet i Småland. Deras arbetsområden innefattar allt från projektering till mättekniska arbeten. Junecon AB har fem medarbetare, medan Topiro Entreprenad AB har 55 medarbetare.

Trots sin relativt lilla storlek har båda företagen valt att satsa på drönarteknik för att främja utveckling och effektivitet inom sina verksamheter, men även för att bidra till en ökad kunskapsnivå (P. Juhlin, personlig kommunikation, 31 mars, 2025). Företagen anses vara lämpliga samarbetspartners då de ligger i framkant med den teknik som arbetet syftar att undersöka. De kan dessutom ge oss en god inblick i deras arbete med tekniken och fungera som stöd under hela arbetsprocessen.

3.2.2 Experimentella förutsättningar

I detta avsnitt presenteras de förutsättningar som hör till experimenten, relaterar till frågeställning 1.

Platsbeskrivning & försöksuppställning

Experimenten utfördes på förvaringsplatser där material såsom flis, grus och sand förvarades. Den experimentella försöksuppställningen för tidsexperimentet bestod av en verklig miljö, där befintliga materialhögarna mättes in. För noggrannhetsexperimentet skapades däremot en experimentell situation där en kontrollerad mängd stenmjöl tömdes på ett asymmetriskt sätt för att efterlikna verkliga materialhögar. Materialhögen för noggrannhetsexperimentet var av stenmjöl med en kornstorlek på 0,2 cm.

Inmätningstrustning & programvaror

Drönaren som användes i experimenten var av typen DJI Mavic 3 Enterprise och var utrustad med en RTK-modul, se Figur 3. 3D-modelleringen utfördes med hjälp av fotogrammetri baserat på det material drönaren samlade in. Den handhållna GNSS-utrustningen bestod av en LP5 Maverick Pro, vilket är en RTK-mottagare, se Figur 4. De utförda inmätningarna gjordes av mättekniker från de samverkande företagen. Programvaror som användes var Agisoft Metashape och Geo Professional, då företagen använder sig utav dessa programvaror i sin verksamhet.



Figur 3. Drönarmodell DJI Mavic 3 Enterprise med RTK-modul



Figur 4. Handhållen GNSS-utrustningen av typen LP5 Maverick Pro

Kommentar. Från Geofix AB 2025 (<https://geofix.se/fi-com/collections/15-gnss/products/15-m-pro>)

3.2.3 Sammanställning av respondenter

I detta avsnitt presenteras en sammanställning av de respondenter som medverkat i intervjuerna, tillsammans med tillhörande information. Ett avsiktligt urval av företag gjordes enligt de fastställda avgränsningarna, i syfte att både uppfylla studiens krav och för att få ett helhetsperspektiv över branschen. Urvalet inkluderade därför både stora och små företag inom konsult- och beställarrollen för att säkerställa en bred och lämplig representation. Respondenterna har kategoriserats utefter sin roll i branschen, se Tabell 1 för konsulter och se Tabell 2 för beställare.

Tabell 1. Sammanfattning av respondenter tillhörande konsulter

Respondent	Respondent 1	Respondent 2	Respondent 3
Titel	Mätingenjör och Verksamhetsansvarig för Swecos UAS-organisation	Verksamhetsledare	VD
Företag	Sweco	Junecon	Junecon
Erfarenhet	3 år inom företaget	Över 12 år inom branschen varav 7 år inom företaget.	Över 30 år inom branschen.
Datum	2025-03-11	2025-03-11	2025-03-21
Plats/Plattform	MS Teams	Fysiskt	Fysiskt
Tid (minuter)	55:09	35:37	13:21

Tabell 2. Sammanfattning av respondenter tillhörande beställare

Respondent	Respondent 4	Respondent 5
Titel	GIS-specialist	VD
Företag	Trafikverket	Topiro
Erfarenhet	Över 15 år inom branschen och två år inom företaget.	Över 30 år inom branschen.
Datum	2025-03-18	2025-03-21
Plats/Plattform	MS Teams	Fysiskt
Tid (minuter)	30:35	25:19

3.3 Empiriinsamling

Denna studie har använt kvalitativa metoder som insamlingsmetod av empiri genom intervjuer och experiment. Intervjuerna har fokuserat på respondenternas inställningar till drönarteknik och deras åsikter om lagstiftningen kring drönaranvändningen. Intervjuerna var semistrukturerade för att möjliggöra en djupare förståelse om ämnet, samt för att ge utrymme till följdfrågor vid behov. En semistrukturerad nivå eftersträvas för att ge möjlighet till att stödja respondenter genom förtydliganden, uppmaningar och kontrolleringar (Säfssten & Gustavsson, 2023).

Intervjuerna utgick från en gemensam grund men anpassades genom två separata frågeformulär, ett riktat mot beställare och ett mot konsulter. Differentieringen av formulären syftade att öka relevansen och att förbättra anpassningen av frågorna till respondenterna.

Experimenten genomfördes för att få ett konkret resultat av skillnaderna mellan inmätning med handhållen GNSS-utrustning och drönarteknik. Båda inmätningarna inom tidsexperimentet ägde rum på samma plats och vid samma tillfälle för att effektivisera fältarbetet, minimera felfaktorer och på grund av begränsad tillgång till utrustning.

3.4 Arbetsgång

I detta avsnitt presenteras studiens arbetsgång, från start till slut.

Arbetet inleddes med samtal kring möjliga ämnesval och ett gemensamt intresse identifierades för drönarteknik. Då den initiala kunskapen inom ämnet var begränsad, genomfördes en litteraturgenomgång för att identifiera ett problemområde som kunde undersökas. I samband med identifiering av problemområde, lade litteraturgenomgången grunden för det teoretiska ramverket som senare framställdes. Parallellt med detta kontaktades de samverkande företagen för att se ifall ett intresse fanns för samarbete.

Efter problemområdet var identifierat, formulerades studiens syfte och frågeställningar. Olika undersökningsstrategier för att samla in empiri diskuterades sedan med handledare och samarbetsföretagen, som resulterade i en kombination av intervjuer och experimentella undersökningar.

3.4.1 Experiment

Ett möte planerades med Junecon AB i syfte att diskutera tillvägagångssättet för experimenten. Under mötet diskuterades även de resurser som krävdes för utförande och slutligen bestämdes datum för experimentens genomföranden.

Tid

Experimentet genomfördes den 4 mars 2025. Vid start aktiverades tidmätaren för att dokumentera tidsåtgången för respektive momenten. Drönarens armar och propeller veks ut, och anslutning samt konfiguration genomfördes till fjärrkontrollen via applikationen DJI Pilot 2. Därefter kontrollerades GPS-signalens stabilitet och drönaren kalibrerades.

Efter avslutad kalibrering startades drönaren och en kontroll genomfördes för att säkerställa att den hovrade stabilt. Efter uppstarten var genomförd togs bilder med drönaren över området av en medarbetare från Junecon AB. Materialhögarna mättes in och medarbetaren landade och stängde av drönaren. Tiden noterades för samtliga moment.

När drönarinmätningen var färdig påbörjades inmätningen med den handhållna GNSS-utrustningen, utförd av en av studenterna. Totalt mättes två materialhögar in. Inmätningen av materialhögarna utfördes lagervis, nedifrån och upp, där bottenkanterna först mättes in, och slutligen toppen av materialhögarna, se Figur 5. Tidsåtgången noterades för inmätning av de individuella materialhögarna och för hela momentet i sin helhet.



Figur 5. Handhållen inmätning med GNSS-utrustning

Efter avslutade inmätningar överförde medarbetaren bilder och material från drönarinmätningen och tiden noterades. Därefter bearbetades allt material från båda mätningarna, och slutligen sammanställdes och jämfördes resultaten i tabellform.

Noggrannhet

Ett första experiment utfördes den 4 mars 2025 men förkastades på grund av felfaktorer i försöksuppställningen. Ett nytt experiment planerades mer utförligt där föregående brister togs i beaktning. Det andra experimentet genomfördes den 28 april 2025 och startade med förberedelser av försöksuppställningen. En lastbil vägdes på en industriväg för att fastställa bruttovikten. Därefter lastades den med stenmjöl för att vägas på nytt, och nettovikten noterades. Lastbilen tömde sedan stenmjölet på en plan yta och bottenkanterna av materialhögen markerades med en rosa sprayburk, se Figur 6.



Figur 6. Materialhög av stensmjöl

Efter att förberedelserna hade slutförts, påbörjades drönerinmätningen. Arbetsmomenten upprepades på samma sätt som i tidsexperimentet, däremot exkluderades tidsnotering. Drönaren flög med en hastighet på 3,3 m/s på en höjd av 15 meter och fotograferade med en bildöverlappning på 85 procent i både sidled och frontled, se Figur 7.



Figur 7. Drönare mäter in materialhög

När drönerinmätningen var slutförd genomförde samma medarbetare inmätningen med den handhållna GNSS-utrustningen. Precis som i det föregående tidsexperimentet mättes materialhögen lager för lager, nedifrån och upp. Medarbetaren började därför med att mäta längs den rosa linjen runt materialhögen, se Figur 8, fortsatte därefter uppåt och avslutade runt och längs toppen av högen. Totalt mättes 25 punkter in med den handhållna GNSS-utrustningen.



Figur 8. Inmätning längs botten av materialhögen med handhållen GNSS-utrustning

Det sista momentet i fältarbetet bestod av att ta ett materialprov av stenmjölet med hjälp av ett decilitermått. En deciliter av materialet vägdes därefter på en våg flera gånger och, med hjälp av Ekvation 1,

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

beräknades dess densitet utefter medelvärdet av vägningarna. Syftet med materialprovet var att möjliggöra för en volymbereäkning av den inmätta mängden och för att ha en utgångspunkt vid jämförelsen av resultaten mellan inmätningsteknikerna. För att beräkna volymen av materialhögen användes den framtagna densiteten tillsammans med den vägda massan enligt Ekvation 2.

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (2)$$

Med avslutat fältarbete och framtagande av volym för materialhögen sammanställdes resultaten för inmätningarna på samma sätt som i tidsexperimentet. Den framtagna volymen jämfördes slutligen med resultaten från de olika inmätningsteknikerna.

3.4.2 Intervjuer

Två olika frågeformulär skapades inför intervjuerna, ett riktat mot beställare, se Bilaga 1 och ett mot konsulter, se Bilaga 2. Frågorna i formulären är baserade utefter studiens frågeställningar och utarbetades gemensamt av studenterna för att säkerställa relevanta frågor mot de två respondentgrupperna.

Ett urval av företag som bedömdes kunna bidra till besvarandet av frågeställningarna kontaktades via e-post för att undersöka intresse av samverkan i studien. Vid respons från intresserad respondent, bokades ett möte i första hand fysiskt, och i andra hand via Teams. Intervjuer genomfördes med samtliga studenter medverkande, där en av studenterna hade huvudansvar för ledandet av intervjuerna och resterande studenter förde anteckningar och bidrog med följdfrågor. Totalt utfördes fem intervjuer som varierande mellan 13 och 60 minuter. Samtliga intervjuer spelades in via Teams och/eller via röstmemom i iPhone för att underlätta transkribering av materialet.

När samtliga intervjuer var genomförda påbörjades transkribering av materialet från intervjuerna i kronologisk ordning. Transkriberingen genomfördes utefter frågeformulären, där samtliga studenter lyssnade tillsammans på det inspelade materialet, och sedan noterade en sammanställning av respondenternas svar på den ställda frågan. Följdfrågor och svar som bedömdes vara av relevans inkluderades i resultatet från transkriberingen, medan irrelevanta följdfrågor och svar exkluderades.

Det transkriberade materialet analyserades för att identifiera mönster, samband och avvikelser mellan respondenterna, och för att sedan presenteras i resultatet. Slutligen användes resultaten för att besvara studiens frågeställningar och för att dra slutsatser.

3.5 Analysmetod

I detta avsnitt presenteras tillvägagångssättet vid analysen av empirin.

Data som samlats in från intervjuer och experiment har bearbetats, sammanställts och analyserats tematiskt. Att tematisera innehåll är grundläggande i all kvalitativ analys och följaktligen kan tematisk analys sägas vara en grundläggande teknik vid analys av kvalitativa data (Säfstén & Gustavsson, 2019).

Data från intervjuer har transkriberats, irrelevant data har sällats bort, och resterande data har kategoriserats in i teman. Temana baserades utefter frågeställningarna och resulterade i två grupperingar av data, en kopplad till inställningen av drönarteknik och en kopplad till reglering och riktlinjer. Utifrån dessa teman analyserade studenterna svaren för att identifiera likheter, skillnader och potentiella mönster mellan respondenterna.

Resultaten från experimenten analyserades utifrån den insamlade datan. I tidsexperimentet utvärderades tidsåtgången för massberäkningarna baserat på respektive inmätningssätt, medan de inmätta volymerna i noggrannhetsexperimentet jämfördes med den framtagna volymen för att bedöma metodernas noggrannhet.

3.6 Trovärdighet

I följande avsnitt diskuteras studiens trovärdighet med avseende på de valda metoderna. Kvalitetskriterierna validitet och reliabilitet kommer att presenteras och ligger till grund för diskussionen.

3.6.1 Experiment som metod

Validitet handlar om i vilken utsträckning man verkligen mäter det man avser att mäta (Björklund & Paulsson, 2016). Validiteten i båda experimenten är beroende av författarnas jämförelse mellan teknikerna. Ifall jämförelser görs mellan de olika teknikerna under olika förutsättningar, sänks validiteten. Genomförandet av experimenten är även avgörande för att uppnå en hög validitet, då genomförandet behöver utföras på ett realistiskt sätt. Vid realistiskt genomförande, säkerställer man att resultaten speglar de verkliga förhållanden och därmed utgör ett giltigt underlag för jämförelsen mellan teknikerna.

Reliabilitet handlar om graden av tillförlitlighet i mätinstrumenten, det vill säga i vilken utsträckning man får samma värde om man upprepar undersökningen (Björklund & Paulsson, 2016). Flera faktorer kan påverka reliabiliteten negativt i experimenten. I noggrannhetsexperimentet är exempelvis den industriella vågens noggrannhet avgörande, eftersom experimentet bygger på att veta den exakta massan/volymen av stenmjölshögen innan inmätning. Andra faktorer som kan påverka reliabiliteten för båda experimenten inkluderar antalet mätpunkter som tas med den handhållna GNSS-utrustningen, styvheten på materialen hos högarna avgör ifall GNSS-utrustningen sjunker in i materialet eller inte, och väderförhållanden kan påverka både drönarinmätningen och den handhållna GNSS-inmätningen. Därför krävs noggrann planering och utförande för att uppnå en hög reliabilitet.

3.6.2 Intervju som metod

Ett för litet, eller för avgränsat urval av respondenter för intervjuerna kan påverka validiteten negativt. Vidare, kan validiteten påverkas negativt vid brist på fördefinierade frågor. För att stärka studiens validitet har ett urval gjorts som inkluderar både beställare och konsulter, samt utformningen av frågeformulär, för att sträva efter en semistrukturerad nivå.

Intervjuer som metod kan påverka reliabiliteten negativt då variationer kan uppkomma i följdfrågor. Svaren som fås av frågorna kan variera beroende på respondent, vilket inte kan leda till en generalisering utan istället en uppskattning. För att stärka studiens reliabilitet har därför respondenter med kunskap och erfarenhet inom ämnesområdet noggrant valts ut.

4 Resultat

I detta kapitel presenteras studiens empiriska rådata som erhållits från de genomförda experimenten och intervjuerna. Resultaten från experimenten redovisas i tabellform med tillhörande förklarande texter, medan intervjuresultaten presenteras i textformat. Kapitlet fortsätter med en analys av empirin där förklaringar och tolkningar görs.

4.1 Empiri

Empirin är indelad i två avsnitt, ett för experiment och ett för intervjuer. Avsnittet introduceras med resultatet från experimenten och därefter intervjuresultatet.

4.1.1 Jämförelse mellan handhållen GNSS-utrustning och drönarteknik

Tid

Resultatet för tidsexperimentet presenteras nedan med de olika momenten och deras respektive tidsåtgång, se Tabell 3. Den totala tiden för att genomföra massberäkningen med drönarinmätning uppgick till 23 minuter och 39 sekunder. Motsvarande tidsåtgång med den handhållna GNSS-utrustningen var 39 minuter och 59 sekunder.

Tabell 3. Sammanställning av resultatet för tidsexperimentet.

	Drönare	Handhållen GNSS-utrustning
Uppstart	2 min 30 s	1 min 31 s
Inmätning	2 min 11 s	17 min 30 s
Landning	29 s	-
Utrustningsomhändertagande efter inmätning	1 min 3 s	1 min 2 s
Överföring av bilder och material	16 min 11 s	-
Bearbetning av materialet vid dator	1 min 15 s	19 min 26 s
Total tid	23 min 39 s	39 min 59 s

Noggrannhet

Först presenteras de framtagna förutsättningarna för materialhögen av stensmjöl, se Tabell 4, sedan presenteras resultaten från de olika inmätningsteknikerna.

Tabell 4. Framtagna förutsättningar för den inmätta materialhögen

Massa	Densitet	Volym
8,18 ton	$1,36 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$	$6,01 \text{ m}^3$

Drönarinmätningen visade att materialhögen hade en volym på $6,08 \text{ m}^3$ medan inmätningen med den handhållna GNSS-utrustning visade en volym på $5,70 \text{ m}^3$.

4.1.2 Intervjuer**Konsulters respektive beställares inställning till drönarteknik inom byggbranschen**

I detta avsnitt presenteras de svar som relaterar till inställningen om drönarteknik, kopplat till den första frågeställningen.

Respondent 1 ser drönartekniken som effektiv och snabb när det gäller arbeten vid stora datamängder, men anser samtidigt att tekniken är mindre effektiv vid mindre projekt. Respondenten ser att det finns många användningsområden där drönarteknik är applicerbart, men ser samtidigt inte att tekniken är en lämplig metod i projekt som ställer höga krav på noggrannhet. Hen har en generellt positiv inställning till tekniken och förutspår ett växande behov och ser en stor utvecklingspotential. Däremot ser respondenten ett ökat problem i Sverige med ledtider för spridningstillstånd. Hen påpekar att den stora bristen med drönarteknik idag är att lantmäteriet är underbemannad som myndighet, vilket resulterar i ungefär sex månaders handläggningstid för att en ansökan ska börja behandlas.

Respondent 2 uttrycker en mycket positiv inställning till drönarteknik och förväntar sig att tekniken kommer att få en ökad och bredare tillämpning i framtiden. Enligt respondenten bidrar tekniken till en effektivisering av arbetet i fält och till förbättrad dokumentation. Ytterligare, lyfter respondenten arbetsmiljömässiga fördelar med tekniken, och att effektiviseringar av moment leder till tidsbesparingar.

Respondent 3 uppfattar drönartekniken som kostnadseffektiv och smidig, men påpekar samtidigt att det finns utmaningar med att övertyga beställare om teknikens fördelar. Hen anser att tekniken kommer att fortsätta utvecklas, och förklarar att det kommer leda till en expansion i användningsområden. Respondenten uttryckte en mycket positiv inställning till tekniken.

Respondent 4 beskriver drönarteknik som ett effektivt verktyg för att ge överblick över projekt och underlätta uppföljning. Hen uppger att de använder tekniken främst för dokumentation och för att ge underlag för projektledning, snarare än för inmätningar. Vidare ser respondenten ett växande intresse för tekniken inom organisationen, och bedömer att användningen kommer att öka drastiskt i framtiden, både internt och inom branschen. Respondenter lyfter slutligen att ett stort problem med drönarteknik idag är de långa handläggningstiderna för spridningstillstånd, vilket fördröjer arbetsprocesserna.

Respondent 5 anger att drönartekniken är smidig, och minskar risken för fel vid inmätningar. Hen uttrycker en mycket positiv inställning till tekniken och förmedlar att denna inställning har stärkts över tid. Respondenten ser inte längre någon lönsamhet i handhållna inmätningar, utan istället påpekar att drönare är ett mer gynnsamt alternativ. Respondenten uttrycker ytterligare en viss besvikelse över att många aktörer fortfarande är skeptiska till tekniken, och har själv inte identifierat några negativa aspekter, förutom att det finns en brist på piloter.

Utmaningar för konsultföretag kring lagstiftning och beställares riktlinjer

Avsnittet sammanställer konsulternas svar om de utmaningar de upplever kring regelverk och beställares riktlinjer för drönaranvändning, relaterar till den andra frågeställningen.

Respondent 1 anser att de främsta utmaningarna kring regelverken ligger i implementationen och uppföljningen av lagarna, vilket kan orsaka förvirringar mellan differentiering av regelverk för statliga och kommersiella aktörer. Respondenten resonerar att en bristande anpassning av regelverken mot byggbranschen kan innebära risker. Hen förutspår att drönaranvändningen kommer regleras mer omfattande i framtiden, vilket sannolikt kommer göra det mer komplicerat med drönarflygningar. Respondenten påstår däremot att detta inte är något negativt i sig, men att det kommer att kräva betydligt högre kompetens och annan typ av personal. Vidare förklarar respondenten att detta kommer kräva större investeringar i mer avancerande system och personalutbildning, något som särskilt kommer påverka mindre aktörer i större utsträckning. Respondenten upplever även att lagen om spridningstillstånd är otydligt skrivna och innehåller motsägelser, vilket orsakar förvirringar om ansvarsfördelning. Slutligen uttrycker hen att många beställare har bristande förståelse kring regelverken vilket resulterar i bristande riktlinjer och krav på kvalitet.

Respondent 2 upplever inga utmaningar kring lagstiftningen i dagsläget. Personen ser både fördelar och risker med att ha anpassade regelverk kring drönarteknik mot byggbranschen. Hen tror att regelverken kommer skärpas i framtiden och göra användningen mer strykt. Detta skulle enligt respondenten gynna seriösa företag som har resurser och är villiga att anpassa sig, medan oseriösa aktörer varslas bort. Hen har upplevt att många beställare oftast godkänner drönare som en inmätningssmetod vid projekt som kräver centimetersnoggrannhet men att det inte accepteras vid högre krav på noggrannhet. Respondenten har inte upplevt utmaningar kring beställares riktlinjer tidigare.

Respondent 3 upplever inga utmaningar kring lagstiftningen. Respondenten tror däremot att regleringen kommer bli mer omfattande, och lyfter som exempel att spridning av bilder kan komma att försvåras. Hen tycker inte att beställares riktlinjer ger upphov till utmaningar i sig, men att många riktlinjer ofta kan komma från bristande kunskap. Hen fortsätter att säga att det behövs ökad marknadsföring och bättre förmedling av information för att synliggöra fördelarna med drönarteknik, och därigenom påverka beställares riktlinjer.

4.2 Analys av empiri

I detta avsnitt analyseras den sammanställda empirin från resultaten med de analysmetoder som är beskrivna i avsnitt 3.5.

4.2.1 Jämförelse mellan handhållen GNSS-utrustning och drönarteknik

Tid

Tidsexperimentets resultat visar på en fördel för drönartekniken jämfört med den handhållna GNSS-utrustningen. Massberäkningen med drönarteknik som inmätningsskedet genomfördes på cirka 60 procent av den tid som det krävdes med den handhållna GNSS-utrustningen. Den största tidsbesparingen visar sig vara under inmätningsskedet och vid bearbetningen av materialet.

Den totala tidsskillnaden mellan de två metoderna för massberäkningen uppgick till 16 minuter och 20 sekunder. Det bör dock noteras att drönarinmätningen inkluderade 18 intilliggande materialhögar som inte mättes in med den handhållna GNSS-utrustningen. Vid skedet då materialet bearbetades vid dator visar resultatet en skillnad på 18 minuter och 11 sekunder till drönarens fördel. Överföringen av material och bilder från drönaren tog dock 16 minuter och 11 sekunder, ett moment som undviks vid användning av den handhållna GNSS-utrustningen.

Noggrannhet

Resultatet visar att användningen av båda teknikerna genererar ett resultat som är nära den förutsatta volymen för materialhögen. Drönarinmätningen gav ett volymresultat som är $0,07 m^3$ högre än den förutsatta volymen, medan den handhållna inmätningen gav ett volymresultat som är $0,31 m^3$ lägre än den förutsatta volymen.

Vid jämförelse mellan teknikerna anses resultatet från drönarinmätningen vara noggrannare, eftersom volymresultatet låg närmare den förutsatta volymen. I praktiken motsvarar detta en differens på 70 liter, vilket är en avvikelse på cirka 1,2 procent. Den handhållna inmätningen gav en differensen på 310 liter, vilket motsvarar en differens på cirka 5,2 procent. Utifrån dessa resultat framstår drönartekniken som den mer tillförlitliga metoden i detta fall, då dess felmarginal är lägre jämfört med den handhållna GNSS-utrustningen.

4.2.2 Konsulters respektive beställares inställning till drönarteknik inom byggbranschen

Resultatet visar att respondenterna är överlag positivt inställda till drönarteknik som ett verktyg i byggbranschen. Samtliga konsulter ser någon form av effektivisering i olika arbetsuppgifter vid användning av drönarteknik, särskilt vid större projekt. Samtliga respondenter delar även uppfattningen att tekniken kommer fortsätta effektiviseras i framtiden och att tillsammans med ett växande behov, kommer tekniken att nyttjas i en

bredare utsträckning. Till skillnad från övriga respondenter, belyste en av respondenterna att hen ser arbetsmiljömässiga fördelar med drönarteknik, genom minimering av risker vid fältarbete.

Beställarna var båda positivt inställda till drönarteknik i allmänhet. Respondent 4 förmedlar att drönarteknik är främst en bra metod vid uppföljningar av projekt, medan respondent 5 tycker att drönarteknik är en utmärkt metod vid inmätningar såvida projektet inte kräver millimeter noggrannhet.

Två av respondenterna ser ett ökat problem med användningen av drönarteknik, vilket är handläggningstiden för att få spridningstillstånd. En av respondenterna menar att Lantmäteriet är underbemannade, vilket resulterar i långa handläggningstider, och som i sin tur fördröjer arbetsprocesser.

4.2.3 Utmaningar för konsultföretag kring lagstiftning och beställares riktlinjer

Samtliga konsulter upplever inte utmaningar med lagarna som reglerar drönaranvändningen i sig, däremot påpekar en av konsulterna att lagen om spridningstillstånd är otydligt skriven och innehåller motsägelser.

En gemensam åsikt som två av konsulterna delade, var att många beställares riktlinjer har brister i sig på grund av okunskap om inte bara drönarteknik men även om regleringen kring tekniken.

Trots att samtliga respondenter är överens om att behovet och utvecklingen av drönartekniken kommer att öka i framtiden, anser de även att reglerandet kommer att skärpas. Två av konsulterna uppfattades vara överens om att en mer reglerad användning inte nödvändigtvis är negativt, utan snarare kan främja större aktörer som bedriver seriösa rutiner.

5 Diskussion

I detta kapitel diskuteras studiens resultat med fokus på de mest framträdande och tydliga resultaten. Förhållanden mellan resultaten och det teoretiska ramverket kommer även att diskuteras.

Kapitlet kommer även att innefatta en metoddiskussion där styrkor och svagheter i metoderna utvärderas. Förslag på möjliga förbättringar i genomförandet kommer slutligen att diskuteras.

5.1 Resultatdiskussion

Målet med studien var att jämföra drönarteknik med handhållen GNSS-utrustning för att belysa skillnaderna mellan dessa metoder. Ytterligare var målet att undersöka olika aktörers syn på drönartekniken inom byggbranschen, samt analysera hur lagstiftningen påverkar drönanvändningen.

De två genomförda experimenten besvarar frågeställning 1, *Vad blir skillnaderna vid en jämförelse med att utföra en inmätning och massberäkning med handhållen GNSS-utrustning jämfört med drönarteknik sett till tid och noggrannhet?* Drönaren visade sig vara den mest tidseffektiva metoden vid massberäkningar. Detta berodde mestadels på drönarens effektivitet vid inmätningsskedet jämfört med den handhållna GNSS-utrustningen. Även bearbetningen av materialet för att ta fram materialhögarnas volym var effektivare med underlaget från drönaren. Eftersom endast två olika programvaror användes, Agisoft Metashape och Geo Professional, kan tiden för bearbetning av materialet variera vid upprepning av experimentet med andra programvaror.

Om tidsexperimentet skulle upprepas i större skala, det vill säga inmätning av fler materialhögar, skulle drönaren vara en ännu mer tidseffektiv metod jämfört med den handhållna GNSS-utrustningen. Detta beror på att drönaren inte bara mätte in de två utvalda högarna i experimentet, utan även inkluderade 18 ytterligare materialhögar som befann sig inom området. Tidsåtgången för överföringen av materialet från drönarinmätningen hade inte förändrats vid en sådan utökning. Däremot skulle tidsåtgången för bearbetning av materialet öka då varje materialhög kräver individuell bearbetning. Tidsdifferensen mellan massberäkningarna skulle vara som störst under inmätningsskedet vid en utökning av experimentet.

Resultatet från tidsexperimentet liknar vad Khanal et al. (2020) kom fram till i sin studie. Deras resultat visade att drönare med fotogrammetri både var ett effektivare och mer kostnadseffektivt alternativ jämfört med traditionella inmätningsskeden vid inmätning av större ytor.

Noggrannhetsexperimentet visade att drönaren gav ett mer noggrant resultat jämfört med den handhållna GNSS-utrustningen. Ett sätt att minska felmarginalen vid inmätning med den handhållna GNSS-utrustningen hade varit att ta fler mätpunkter, dock hade detta medfört en tidsökning.

Ytterligare kan materialvalet för materialhögen ha påverkat noggrannheten vid inmätning med den handhållna GNSS-utrustningen, då ett finkornigt och poröst material ger upphov till att staven sjunker ned i materialet vilket resulterar i en lägre inmätt volym.

Till skillnad från vad Furby och Akhavian (2024) visar resultatet från noggrannhetsexperimentet att drönare kan vara en noggrann metod vid inmätningar. Att resultaten skiljer sig åt kan bero på att drönaren som användes i denna studie är utrustad med en RTK-modul, vilket förbättrar dess noggrannhet.

För att besvara frågeställning 2, *vad är konsulter respektive beställares inställning till drönarteknik inom byggbranschen*, genomfördes intervjuer med beställare respektive konsulter. Resultatet av intervjuerna visar en tydlig positiv inställningen till tekniken och en förväntan om fortsatt utveckling framöver. De fördelarna som Harinarain och Naicker (2019) lyfter fram i sin studie, liknar de fördelar som respondenterna nämner, såsom hög noggrannhet, kostnadseffektivitet och ökad produktivitet. Choi et al. (2023) menar på att drönartekniken kommer spela en allt större roll i byggbranschen i takt med att tekniken utvecklas, vilket även var något som respondenterna lyfte under intervjuerna.

Frågeställning 3, *vilka utmaningar upplever konsultföretagen när det kommer till lagstiftningen kring drönaranvändning samt att anpassa sig till beställarnas riktlinjer*, kan besvaras utifrån intervjumaterialet med konsulterna. Resultatet visar att två av respondenterna inte upplever några direkta utmaningar med lagstiftningen, dock förväntar de sig en striktare reglering i framtiden, något som de anser gynna deras verksamhet. Till skillnad från dessa svar förklarar Krook et al. (2024) att regelverket i England är svårt att förstå då det består av en kombination av lokala förordningar, nationella lagar och EU-regler, vilket skapar osäkerheter och otydligheter för företagen. Liknande Krook et al. (2024), lyfter en av respondenterna att det finns svårigheter med att tolka och implementera lagstiftningen och att följa upp regelverken. Respondenten påpekar även att detta kan medföra osäkerheter och otydligheter när det kommer till ansvarsfördelning och kravställning.

Enligt Harinarain och Naicker (2019) har drönare blivit alltmer tillgängliga för allmänheten, vilket har lett till ett ökat behov av reglering. För att hantera den växande användningen, har de styrande organen behövt upprätta mer omfattade regelverk.

EU-kommissionen har i samarbete med EASA tagit fram gemensamma föreskrifter för drönarverksamheten inom EU, dessa kompletteras med de nationella reglerna i Sverige (Transportstyrelsen, 2024). Något som ytterligare behöver tas hänsyn till är lagen om skydd för geografisk information (Lantmäteriet, u.å.). Med tanke på denna komplexa struktur, trodde skribenterna att det skulle finnas fler utmaningar kring regleringen.

Trots att användningen av drönarteknik har ökat inom branschen är kunskapen kring dess fördelar fortfarande låga (Harinarain & Naicker, 2019). Detta bekräftades även av två respondenter, som upplevde brister i beställares riktlinjer, vilket de kopplade till okunskap om tekniken och dess reglering.

5.2 Metoddiskussion

Detta avsnitt diskuterar studiens metoder och genomförandets styrkor och svagheter.

Skribenterna anser att valet av metoder och tillvägagångsätt var lämpliga och fungerade bra för att besvara studiens frågeställningar och uppfylla målet. Det finns däremot förbättringsområden relaterat till genomförandet av studien.

5.2.1 Styrkor & svagheter

Vi är nöjda med de utförda experimenten, där vi tycker att de utfördes på ett lämpligt och realistiskt sätt. Resultaten var konsekventa och gav en tydlig skillnad mellan de olika teknikerna. Dock hade planeringen inför precisionsmätningen kunnat vara bättre organiserad. Bristande förberedelser medförde att resultatet från detta moment förkastades, då fel i försöksuppställningen upptäcktes i efterhand. Däremot anser vi att detta bidrog till ett mer trovärdigt resultat eftersom försöksuppställningen kunde förbättras vid andra tillfället.

Vi valde att använda ett finkornigt material vid noggrannhetsexperimentet eftersom detta underlättade beräkningen av den förutsatta volymen med hjälp av materialhögens massa och densitet. Användningen av ett grövre material hade sannolikt medfört en högre andel porer i materialet, vilket i sin tur hade påverkat noggrannheten negativt för båda metoderna. Däremot hade ett grövre material underlättat inmätningen med den handhållna GNSS-utrustningen, då staven tenderar att sjunka ner i det finkorniga materialet. Med hänsyn till att uppnå en så exakt förutsatt volym som möjligt ansåg vi ändå att det var mest lämpligt att använda ett finkornigt material.

Resultatet hade kunnat förbättras ytterligare genom att beräkna den förutsatta volymen med fler metoder och därmed öka trovärdigheten. Experimenten hade behövt upprepas vid flera tillfällen för att med säkerhet kunna säga att en metod är att föredra över en annan. Genom att utföra experimenten flertal gånger hade trovärdigheten ökat samt att ett tydligare och starkare resultat hade kunnat presenteras.

En av studiens främsta styrkor anser skribenterna var användningen av strukturerade frågeformulär under intervjuerna. Dessa formulär bidrog inte bara till en god struktur under intervjuerna, utan underlättade även analysen och transkriberingen av det insamlade materialet. Dessutom minskade de risken för feltolkningar och anses ha bidragit till en högre reliabilitet i studien, då de underlättade att styra respondenterna i samma riktning.

Vi övervägde initialt att inkludera respondenter, verksamma inom branschen men som inte använder sig av drönarteknik, i syfte att få ett bredare perspektiv på inställningen till tekniken och på så sätt stärka validiteten för den första frågeställningen. Däremot valde vi att avstå från detta då det bedömdes att respondenter utan erfarenhet av drönarteknik inte var av relevans för att besvara den andra frågeställningen. Samtidigt inser vi i efterhand att det hade varit av intresse att förstå varför vissa aktörer väljer att avstå från att använda tekniken. Ett bredare urval av respondenter hade därför kunnat ge en djupare förståelse men hade också varit mer omfattande och tidskrävande.

6 Slutsatser och förslag till vidare forskning

Detta avsnitt presenterar studiens slutsatser utifrån frågeställningarna och utvärderar i vilken utsträckning arbetets målsättning har uppnåtts. Slutligen ges förslag på vidare forskning inom ämnesområdet.

- Drönartekniken överträffade GNSS-utrustningen i både tidseffektivitet och noggrannhet vid inmätningar för massberäkningar.
- Respondenterna har överlag en god inställning till drönarteknikens roll inom byggbranschen och ser en god utvecklingspotential när det kommer till tekniken och dess användningsområden.
- Konsultföretagen upplever inga större utmaningar med lagstiftningen. Några respondenter upplever däremot utmaningar kring handläggningstiden för spridningstillstånd, samt har en respondent funnit motsägelser i regelverken.

Studien bidrar till en ökad förståelse för drönarteknikens användning inom byggbranschen. För framtida forskning föreslås att undersöka synen på drönaranvändningen inom företag som väljer att inte använda sig av drönarteknik. Vi föreslår även att experimenten utförs med samma mål men med ett annat tillvägagångssätt. Exempelvis kan en triangulering av flera metoder nyttjas vid beräkning av volymen hos en materialhög inför noggrannhetsexperimentet. En upprepning av tidsexperiment hade kunnat utföras i större skala för att ytterligare tydliggöra tidsskillnader mellan metoderna. Ytterligare hade det varit av intresse att utforska möjliga lösningar på de långa väntetiderna vid ansökan om spridningstillstånd. En rekommendation för framtida forskning skulle därför vara att studera hur AI (artificiell intelligens) kan integreras i branschen för att effektivisera handläggningen av spridningstillstånd.

6.1 Jämförelse mellan handhållen GNSS-utrustning och drönarteknik

Vid massberäkning av materialhögar visade sig drönare som använder sig av fotogrammetri och RTK-modul vara mer effektiv än handhållen GNSS-utrustningen. Detta beror främst på grund av drönarens tidseffektivitet under inmätning, samtidigt som metoden producerar ett mer noggrant resultat. Experimenten bidrog till att uppfylla studiens mål och resultaten anses kunna utgöra en grund för vidare forskning inom området.

Resultaten från tidsexperimentet bekräftar tidigare forskning då drönaren visade sig vara mer tidseffektiv än den handhållna GNSS-utrustningen vid inmätningar för massberäkningar. Till skillnad från vad som framkommit i den tidigare studien, visade drönaren en högre noggrannhet än den handhållna GNSS-utrustningen. Detta kan bero på att en drönare utrustad med RTK-modul användes i denna studie, vilket kan ha bidragit till ökningen i noggrannheten.

Utöver tids- och noggrannhetsaspekterna är det även relevant att lyfta andra aspekter som upptäckes under genomförandet av experimenten. Vid svårare förutsättningar såsom inmätning i områden med osäker terräng eller osäkra förhållanden, är möjligheten att genomföra inmätningar på ett säkert sätt av stor betydelse.

Genom att genomföra en inmätning med drönare möjliggör man att nå dessa områden på ett säkert sätt utan att sätta någon i fara, vilket utgör en tydlig säkerhetsfördel.

6.2 Konsulters respektive beställares inställning till drönarteknik inom byggbranschen

Det finns överlag en god inställning till drönartekniken bland respondenterna och företagen ser en hög utvecklingspotential i tekniken. Respondenterna bidrog med relevanta och välgrundade svar vilket ledde till att ett starkt resultat kunde presenteras. Detta gav en god överblick över hur aktörerna inom branschen förhåller sig till tekniken och därmed kunde en del av studiens syfte uppfyllas.

Många av de fördelar som tidigare forskning presenterar med drönartekniken identifieras av respondenterna. Samtliga respondenter delade även uppfattningen att drönartekniken kommer att spela en större roll i byggbranschen, vilket även den tidigare forskningen indikerar.

6.3 Utmaningar för konsultföretag kring lagstiftning och beställares riktlinjer

Samtliga respondenter har en positiv syn till de lagar och föreskrifter som reglerar användningen av drönarteknik. Konsulternas svar gav en tydlig bild av deras uppfattning kring lagstiftningen och beställares riktlinjer. En respondent lyfte fram utmaningar som handläggningstider för spridningstillstånd, motsägelser i vissa lagar, samt svårtydda regelverk, medan övriga respondenter uppgav att de inte upplever några direkta utmaningar kring lagstiftningen.

I och med att regelverken är samlade på samma plats är de inte fragmenterade som i England, vilken tidigare forskning visade på. Detta minskar den osäkerheten som företagen annars kan uppleva. Däremot upplever en av respondenterna att det finns svårigheter med att tolka vissa regelverk och att uppföljningen av regelverken är bristande. Tidigare forskning visar att kunskapen kring fördelarna fortfarande är låg, vilket även bekräftas i denna studie, då två av konsulterna upplever brister i beställares riktlinjer på grund av okunskapen om tekniken.

Referenser

- Aiyetan, A. O, & Das, D. K. (2022). Use of Drones for construction in developing countries: barriers and strategic interventions. *International journal of construction management*, 2023-12, Vol. 23 (16), p.2888-2897.
https://primo.library.ju.se/permalink/46JUL_INST/4sim71/cdi_crossref_primary_10_1080_15623599_2022_2108026
- Blake, Furby & Reza Akhavian. (2024). A Comprehensive Comparison of Photogrammetric and RTK-GPS Methods for General Order Land Surveying. *Buildings (Basel)*, 2024-06, Vol.14 (6), p.1863, Article 1863.
https://primo.library.ju.se/permalink/46JUL_INST/4sim71/cdi_proquest_journals_3072298976
- Björklund, M. & Paulsson, U. (2016). *Seminarieboken*. Studentlitteratur.
- Choi, Hee-Wook & Kim, Hyung-Jin & Kim, Sung-Keun. (2023). An overview of Drones Applications on the Construction Industry. *Drones (Basel)*, 2023-08, Vol. 7 (8), p.515.
https://primo.library.ju.se/permalink/46JUL_INST/4sim71/cdi_doaj_primary_oai_doaj_org_article_42387f3c33e24778a705cdf95986e0ab
- Geofix AB. (2025). *L5 M-PRO*.<https://geofix.se/fi-com/collections/l5-gnss/products/l5-m-pro>
- Harinarain, Nishani & Naicker, Prianca. (2019). Drone usage in the construction industry. *Civil Engineering : Magazine of the South African Institution of Civil Engineering*, 2019-07, Vol.27 (6), p.24-27
https://primo.library.ju.se/permalink/46JUL_INST/4sim71/cdi_proquest_reports_2284959941
- Khanal, Mandar & Hasan, Mahamudul & Sterbentz, Nikolaus & Johnson, Ryen & Weatherly, Jesse. (2020). Accuracy comparison of aerial lidar, mobile-terrestrial lidar, and UAV photogrammetric capture data elevations over different terrain types. *Infrastructures (Basel)*, 2020-07, Vol.5 (8), p.65, Article 5080065.
https://primo.library.ju.se/permalink/46JUL_INST/4sim71/cdi_proquest_journals_2430291251
- Krook, Joshua & Bossens, David & Winter, Peter & Araujo-Estrada, Sergio & Downer, John & Windsor, Shane. (2024). Mapping the Complexity of Legal Challenges for Trustworthy Drones on Construction Sites in the United Kingdom. *ACM journal on responsible computing*, 2024-09, Vol.1 (3), p.1-26.
https://primo.library.ju.se/permalink/46JUL_INST/4sim71/cdi_crossref_primary_10_1145_3664617
- Lantmäteriet. (u.å.). *Spridningstillstånd*.
<https://www.lantmateriet.se/spridningstillstand/>

- Lantmäteriet. (u.å). *Metoder för GNSS-mätning*.
<https://www.lantmateriet.se/sv/geodata/gps-geodesi-och-swepos/GPS-och-satellitpositionering/Metoder-for-GNSS-matning/>
- SFS 2016:320. *Förordning om skydd för geografisk information*.
https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-2016320-om-skydd-for-geografisk_sfs-2016-320/
- Sridharan, Srividhya Raju & Malsane, Sagar & Bhutads, Govinda Shashikant. (2023). Adoption of drone technology in construction – a study on interaction between various challenges. *World journal of engineering*, 2024-01, Vol. 8.
https://primo.library.ju.se/permalink/46JUL_INST/5cu8g0/cdi_crossref_primary_10_1108_WJE_09_2023_0337
- Swedron. (2024, april). *Vad är GNSS? En introduktion till Global Navigaton Satellite Systems*. <https://swedron.se/blogg/vad-aer-gnss-en-introduktion-till-global-navigation-satellite-systems>
- Säfsten, K., & Gustavsson, M. (2019). *Forskningsmetodik 2.0* (Vol. 2023). Studentlitteratur.
- Tavasci, L & Nex, F & Gandolfi, S. (2024). *Reliability of Real-Time Kinematic (RTK) Positioning for Low-Cost Drones' Navigation across Global Navigation Satellite System (GNSS) Critical environments*. 2024-09, Vol.24 (18), p.6096.
https://primo.library.ju.se/permalink/46JUL_INST/4sim71/cdi_doaj_primary_oai_doaj_org_article_5b9171fade1447a7b2b4ced6c239a92a
- Transportstyrelsen. (2024). *Drönare – utbildningsmaterial*.
<https://transportstyrelsen.se/globalassets/global/luftfart/dronare/utbildningsmaterial/dronare-a2-utbildning.pdf>
- Vesvre, R & Sandén, H. (2019). *Obemannade luftfartyg i Sverige* (TSG 2019–4372). Transportstyrelsen.
<https://bransch.trafikverket.se/contentassets/00340eec2ef8460ba6b2423b7e5d4468/svar-och-aterrapportering-fran-andra-myndigheter-2020/obemannade-luftfartyg-i-sverige--bilaga.pdf>
- Zenatch. (2025). *5 cutting edge drone technologies*.
<https://www.zenatch.com/5-cutting-edge-drone-technologies/>

Bilagor

Bilaga 1 Intervjuformulär för beställare

Bilaga 2 Intervjuformulär för konsult

Bilaga 1

Intervju protokoll – Beställare

Företag:

Namn:

Titel på personen:

Erfarenhet kring mätteknik samt drönare inom byggbranschen:

Är det okej att vi spelar in intervjun:

Drönare/internt

1. Använder ni drönare i eran verksamhet?
 - a. Varför?
 - i. Har ni planer på att implementera det i framtiden i dagsläget?
 - b. När?
 - c. Vad gör ett projekt relevant för att använda drönare eller inte använda drönare?
2. Vad är er generella ställning till drönare inom er verksamhet?
 - a. Sett till tid, precision, arbetsmiljö, säkerhet mm
 - b. fördelar/nackdelar?
3. Hur ser ni på drönares framtid?
 - a. Inom er verksamhet?
 - b. Inom branschen?
4. Har ni länder som ni ser till för inspiration gällande drönaranvändning? Länder som kommit längre i utvecklingen som ni granskar och drar nytta av?
5. Har ni något samarbete med andra myndigheter som Transportstyrelsen?

Beställare/externt

1. Har ni interna regelverk för drönaranvändningen inom era projekt?
 - a. Vad är dessa?
 - b. Varför har ni dessa?
2. Ställer ni krav på inmätningmetoden? Finns det några krav eller riktlinjer från er gällande användning av drönare vid inmätning?
3. Vad är er generella inställning till drönare som beställare?
4. Hur ser ni på drönares framtid för er som beställare mot kund?
5. Har era konsulter som ni anställer möjlighet att påverka/förhandla om riktlinjer gällande drönare?

- a. Vad?
- b. Varför?
- c. (Om ja) Har det fått effekt?

Regelverk

1. Har ni rutiner när det kommer till att se till att de konsulter ni anlitar följer de lagarna/era eventuella riktlinjer som reglerar användandet av drönare?
 - a. Vad?
 - b. Anser ni att era rutiner räcker till för att försäkra er om att de följs?
2. Har ni rutiner när det kommer till att hålla er uppdaterade kring de nya lagarna som tillkommer?
 - a. Hur?
3. Har ni upplevt några utmaningar eller brister med de regelverk som finns kring drönare i Sverige?
 - a. Vad är dessa?
 - b. Hur har det påverkat er?
4. Finns det något ni skulle vilja ändra i dessa regelverk?
 - a. Vad?
 - b. Varför?
 - c. Vad gör ni för att förändra detta?
 - i. (Om nej) Varför?
 - ii. (Om ja) Hur?
 - d. (Om ja) Har det fått effekt?
5. Ser ni några juridiska/ansvarsmässiga risker kopplade till drönaranvändning?
6. Tycker ni det finns brister i anpassningen i regelverken sett till byggbranschen?
 - a. (Om ja) Vad?
 - b. (Om ja) Hur har det påverkat er?
7. Hur tror ni regelverken kommer utvecklas i framtiden? Kommer de främja eller försvåra ert arbete gällande drönare?
8. Kan initiativ tas för att öka acceptansen för drönarteknik inom inmättningsarbeten?
 - a. Vilka?

Bilaga 2

Intervju protokoll - Konsulter

Företag:

Namn:

Titel på personen:

Erfarenhet kring mätteknik samt drönare inom byggbranschen:

Är det okej att vi spelar in intervjun:

Drönare

1. Använder ni drönare i eran verksamhet?
 - a. Varför?
 - i. Har ni planer på att implementera det i framtiden i dagsläget?
 - b. Vad gör ett projekt relevant för att använda drönare eller inte använda drönare?
2. Vad är er generella ställning till drönare inom er verksamhet?
 - a. Sett till tid, precision, arbetsmiljö, säkerhet mm
3. Hur ser ni på drönares framtid inom er verksamhet?
 - a. Inom branschen?
4. Har ni länder som ni ser till för inspiration gällande drönaranvändning? Länder som kommit längre i utvecklingen som ni granskar och drar nytta av?

Regelverk

1. Vad har ni för rutiner när det kommer till att följa de lagarna som reglerar användandet av drönare?
 - a. Anser ni att era rutiner räcker till för att förhålla er till de gällande lagarna?
2. Vad har ni för rutiner när det kommer till att hålla er uppdaterade kring de nya lagarna som tillkommer?
 - a. Anser ni att era rutiner räcker till för att förhålla er till de nya lagarna?
 - b. Anser ni att informationen kring publiceringen av nya lagar kommuniceras effektivt till verksamheten?
3. Har ni upplevt några utmaningar eller brister med de regelverk som finns kring drönare i Sverige?
 - a. Vad är dessa?
 - b. Hur har det påverkat er?

4. Finns det något ni skulle vilja ändra i dessa regelverk?
 - a. Vad?
 - b. Varför?
 - c. Vad gör ni för att förändra detta?
 - i. (Om nej) Varför?
 - ii. (Om ja) Hur?
 - d. (Om ja) Har det fått effekt?
5. Tycker ni det finns brister i anpassningen i regelverken sett till byggbranschen?
 - a. (Om ja) Vad?
 - b. (Om ja) Hur har det påverkat er?
6. Hur tror ni regelverken kommer utvecklas i framtiden? Kommer de främja eller försvåra ert arbete gällande drönare?
7. Har ni interna regelverk specifikt för drönanvändningen inom era projekt?
 - a. Vad är dessa?
 - b. Varför har ni dessa? (Kopplat till fråga 3 och 4. Brister eller ändringar i det Svenska regelverket?)

Riktlinjer från beställare

1. Utöver de lagar i Sverige som styr drönanvändningen, får ni riktlinjer från beställare som påverkar användandet av drönarteknik inom projekt.
 - a. Vad är dessa och vad reglerar dem? (Har ni i något projekt fått ett nej kring drönarteknik som hjälpmedel)
 - b. Är detta vanligt förekommande bland beställare?
2. Har ni upplevt utmaningar med de riktlinjer som beställare har kring drönanvändningen?
 - a. Vad är dessa?
 - b. Hur har det påverkat ert arbete?
(Svårare att genomföra projekt?
Försämrad arbetsmiljö under projekt?
Längre tid för dessa projekt?)
 - c. Vad tycker ni om de riktlinjerna?
3. Har ni möjlighet att påverka/förhandla om beställarnas riktlinjer gällande drönare?
 - a. Vad?
 - b. Varför?
 - c. (Om ja) Har det fått effekt?