



UiT Norges arktiske universitet

Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi
Institutt for bygg, energi og materialteknologi

Byggteknisk droneinspeksjon

Building inspection by use of drones

Hege Therese Høiseth

Masteroppgave i Integrrert bygningsteknologi BYG-3900 Mai 2022



MASTEROPPGAVE

for

Hege Therese Høiseth

(Studentnummer 342282)

Vår 2022

Byggteknisk droneinspeksjon

(Building inspection by use of drones)

Bakgrunn

Ubemannede luftfartøy, eller droner, har de siste årene gjennomgått stor utvikling. Fra enkle leketøy til svært avanserte ubemannede og fjernstyrte luftfartøy systemer (UAS og RPAS). I takt med den teknologiske utviklingen har også bruksområdene til droner blitt stadig utvidet. De senere år har bruk av droner i byggenæringen hatt en rivende utvikling innen flere områder som landmåling, volumberegning, visualisering, inspeksjoner, og det snakkes om store fordeler og økonomiske besparelser ved bruk av droner. Oppgaven vil ha hovedfokus på bruk av droner ved byggtekniske inspeksjoner, som for eksempel visuell befaring, termografering, scanning etc. inkl. ulike typer sensorer for registreringer. Oppgaven skal gi svar på hvilke krav som stilles for bruk av droner i forbindelse med byggteknisk inspeksjon, hvilke bruksområder drone inspeksjon passer for og hvilke områder de ikke egner seg for, fordeler og ulemper inkl. økonomi og HMS ved bruk av droner i forhold til, eller som supplement til ordinære inspeksjoner.

Begrensning av oppgaven

Ingen spesielle.

Arbeidet skal omfatte (men ikke nødvendigvis avgrenses til):

1. Innledende arbeid/litteraturstudium med avgrensninger og definisjoner.
2. Regelverk og krav til utdanning, både nasjonalt og innen EU.
3. Beskrivelser for forklaringer på ulike typer droner og ulike typer sensorer som egner seg for ulike typer inspeksjoner.
4. Analyse av ulike typer droner, inkl sensorer, egnethet for ulike typer inspeksjoner.
5. Analyse av fordeler og ulemper med bruk av droner sammenlignet med, eller som supplement til, ordinære inspeksjoner/analyser.

6. Økonomiske vurderinger ved bruk av droner.
7. Analyse av HMS fordeler og -ulempes med bruk av droner.
8. Det skal utarbeides et 4 timers undervisningsopplegg innen dronebasert byggingsspeksjon basert på resultatene i 1-7.
9. Det skal utarbeides en engelskspråklig vitenskapelig artikkel/paper basert på besvarelsen, maks 10 sider. (Artikkelen kan sees på som er kortversjon av hele eller deler besvarelsen.)

Samarbeidspartner

Oppgaven gjennomføres i samarbeid med UiT Norges arktiske universitet, fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi. Det er ikke gjort avtale med andre samarbeidspartnere men det oppfordres til å ta kontakt med aktuelle virksomheter som benytter seg av droner ifm inspeksjoner (byggeiere/byggherrer) og virksomheter som tilbyr salg av dronetjenester.

Generelt

Senest 14 dager etter at oppgaveteksten er utlevert skal resultatene fra det innledende arbeid være ferdigstilt og levert i form av en forstudierapport. Forstudierapporten skal godkjennes av veileder før kandidaten har anledning til å fortsette på resten av hovedoppgaven. Det innledende arbeid skal være en naturlig forberedelse og klargjøring av det videre arbeid i hovedoppgaven og skal inneholde:

- Generell analyse av oppgavens problemstillinger.
- Definisjon i forhold til begrensninger og omfang av oppgaven.
- Klargjøring/beskrivelse av de arbeidsoppgaver som må gjennomføres for løsning av oppgaven med definisjoner av arbeidsoppgavens innhold og omfang.
- En tidsplan for framdriften av prosjektet.

Sluttrapporten skal være vitenskapelig oppbygget med tanke på litteraturstudie, arbeidsmetodikk, kildehenvisninger etc. Alle beregninger og valgte løsninger må dokumenteres og argumenteres for. Besvarelsen redigeres som en forskningsrapport med et sammendrag både på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, referanser, innholdsfortegnelse etc. Påstander skal begrunnes ved bevis, referanser eller logiske argumentasjonsrekker. I tillegg til norsk tittel skal det være en engelsk tittel på oppgaven. Oppgaveteksten skal være en del av besvarelsen (plasseres foran Forord).

Materiell som er utviklet i forbindelse med oppgaven, så som programvare/kildekoder eller fysisk utstyr, er å betrakte som en del av besvarelsen. Dokumentasjon for korrekt bruk av dette skal så langt som mulig også vedlegges besvarelsen.

Dersom oppgaven utføres i samarbeid med en ekstern aktør, skal kandidaten rette seg etter de retningslinjer som gjelder hos denne, samt etter eventuelle andre pålegg fra ledelsen i den aktuelle bedriften. Kandidaten har ikke anledning til å foreta inngrep i den eksterne aktørs informasjonssystemer, produksjonsutstyr o.l. Dersom dette skulle være aktuelt i forbindelse med gjennomføring av oppgaven, skal spesiell tillatelse innhentes fra ledelsen.

Eventuelle reiseutgifter, kopierings- og telefonutgifter må bæres av studenten selv med mindre andre avtaler foreligger.

Hvis kandidaten, mens arbeidet med oppgaven pågår, støter på vanskeligheter som ikke var forutsatt ved oppgavens utforming, og som eventuelt vil kunne kreve endringer i eller utelatelse av enkelte spørsmål fra oppgaven, skal dette umiddelbart tas opp med UiT ved veileder.

Besvarelsen leveres digitalt i WISEflow.

Utleveringsdato:	10.01.2022
Innleveringsdato:	16.05.2022 kl 1200
Veileder UiT - IVT:	Førstemanuensis Raymond Riise Telefon: 76 96 62 97 / 957 22 023 E-post: raymond.riise@uit.no

UiT - Norges Arktiske Universitet
Institutt for bygg, energi og materialteknologi

Raymond Riise
Veileder

Sammendrag

Hjelpemidler og utstyr i byggebransjen er i stadig endring. Muligheten for å kunne gjennomføre byggtekniske inspeksjoner på en bedre måte er på god vei, nemlig ved bruk av droner.

Droneinspeksjoner har blitt mer vanlig i de siste årene, da særlig på grunn av kostnadsbesparelse og innovasjon.

Tema for denne oppgaven er byggteknisk droneinspeksjon, og hvilke fordeler og ulemper er det ved bruk av droner sammenlignet med, eller som supplement til, ordinære inspeksjoner/analyser.

Oppgaven tar også for seg analyse av ulike typer droner, inkl. sensorer, og egnethet for ulike inspeksjoner. Det vil også være litt om regelverket og krav til utdanning ved flygning av droner.

Ved hjelp fra Hent har det blitt gjennomført en feltstudie på hvordan dronen settes opp, og gjennomføring av flygning med innhenting av dokumentasjon på byggeplass. Sammen med dette feltstudiet har spørsmål fra bedrifter gitt et grunnlag for å beskrive bruksområdet til dronen ved byggtekniske inspeksjoner.

Droner kan benyttes til flere byggtekniske inspeksjoner. I dag er de mest vanlige inspeksjonene ved bruk av droner visuell inspeksjon, scanning og termografering, men det er en konstant vurdering fra bedrifter for flere områder som droner kan benyttes til ved byggtekniske inspeksjoner. HMS, reduserte kostnader, tidsbesparelse er bare noen av de fordelene bedriftene har sett etter bruk av droner.

Droneinspeksjoner har i tillegg vist å være mer effektivt og fleksibel enn ved ordinære inspeksjoner. Denne typen inspeksjoner har ifølge bedrifter og feltstudiet vist å være lett gjennomførbar og lite ressurskrevende. Derimot har det vært noen tydelige ulemper ved slike inspeksjoner, som det fortsatt kreves en del kunnskaper og utvikling rundt, særlig med tanke på vær og signal.

Abstract

Aids and equipment in use in the construction industry are constantly changing. The opportunity to be able to carry out technical inspections in a better way is progressing well, particularly with the use of drones. Drone inspections have become more common in recent years, especially due to cost savings and innovation.

The theme for this thesis is drone inspection, and what are the advantages and disadvantages of using drones compared to, or in addition to, ordinary inspections / analysis. The thesis also deals with analysis of different types of drones, including sensors, and suitability for different inspections. There will also be a bit about the regulations and requirements for education when flying drones.

With the help of Hent, a field study has been carried out on how the drone is set up and how to fly to collect documentation on the construction site. Together with this field study and questions from companies this have provided a basis to describe the area of drone usage during construction inspections.

Drones can be used for several technical inspections. Today, the most common inspection with drones is visual inspection, scanning and thermography, but there is a constant assessment from companies for several areas that drones can be used for. HSE, reduced costs, time savings are just some of the benefits companies have seen after using drones. Drone inspections have also been shown to be more efficient and flexible than ordinary inspections. According to companies and the field study, this type of inspection has proven to be easy to carry out and not very resource intensive. On the other hand, there have been some clear disadvantages of such inspections, for which some knowledge and development is still required, especially around weather conditions and signal.

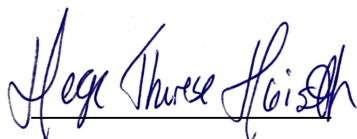
Forord

Denne masteroppgaven er utarbeidet av Hege Therese Høiseth. Masteroppgaven inngår som en avsluttende del av studiet Integrert bygningsteknologi, ved UiT Norges Arktiske universitet med studiested i Narvik. Masteroppgaven ble påbegynt 12. januar 2022 med innleveringsfrist 16. mai 2022. Oppgaven gir 30 studiepoeng og har arbeidsomfang som tilsvarer 18 ukers sammenhengende arbeid.

Ønsket er at oppgaven skal gi inspirasjon til videre utvikling og bruk av teknologisk utstyr, for oppgaver som kan gjennomføres på en enklere, tryggere, billigere måte, og mange flere fordeler. Arbeidet har vært interessant, givende og ikke minst tidkrevende, men aller mest har arbeidet vært lærerikt.

Jeg vil rette en stor takk til min veileder ved UiT, Raymond Riise. Som underveis har veiledet meg med gode innspill og råd for vinkling av oppgaven, videre sett på innholdet i og oppsettet av oppgaven, og gjort sitt for at oppgaven skulle bli best mulig. Takk for at du har hjulpet med å få frem en interessant oppgave, som har gitt en fin avslutning på studiet. Videre rettes det en stor takk til de som har stilt opp til intervju og svar på spørsmålene, til tross for noen gjengående spørsmål. I tillegg vil det rettes en stor takk til flere ansatte i Hent, særlig nåværende prosjektgruppe ved oppføring av sykehus Nordmøre og Romsdal. Uten feltstudiet i samarbeid med Hent og tilgjengeligheten for spørsmål, ville det vært store mangler ved oppgaven.

Avslutningsvis rettes det en takk, til venner og familie som har stilt opp på sene kvelder, for korrektur lesing, og gitt nyttige innspill. Sist, men ikke minst takk til de som har bidratt med gode motivasjonstaler, slik at masteren kunne fullføres i år.



Hege Therese Høiseth
Harstad, Mai 2022

Innhold

1	Innledning.....	2
1.1	Bakgrunn for oppgaven.....	2
1.2	Forskningsspørsmål.....	2
1.3	Avgrensning av oppgaven.....	3
1.4	Introduksjon	3
1.4.1	Byggteknisk inspeksjon.....	3
1.4.2	Droner - historie og utvikling.....	3
1.4.3	Droneindustrien i dag.....	4
1.4.4	Andre studier og artikler på området.....	5
1.4.5	Regelverk for droner	6
1.5	Oppbygging av oppgaven.....	6
2	Metode.....	8
2.1	Forskningsmetode	8
2.2	Fremgangsmåte	9
2.2.1	Forskningsintervju.....	9
2.2.2	Litteraturstudie	10
2.2.3	Feltstudie - droneflygning	10
2.3	Oppgavens kvalitet.....	12
2.4	Feilkilder	13
3	Teori	16
3.1	Droner.....	16
3.1.1	Type droner	16
3.1.2	Type sensorer og kamera.....	20
3.2	Regelverk og krav til utdanning	23
3.2.1	Luftfartstilsynet	23
3.2.2	Innen EU.....	24
3.2.3	Nasjonalt.....	24
3.3	Byggtekniske inspeksjoner.....	30
3.3.1	Gjennomføring av inspeksjoner i dag.....	30
3.3.2	Bruksområdet for droner ved byggteknisk inspeksjon.....	32
3.3.3	Krav til drone ved inspeksjoner.....	34
3.3.4	Gjennomføring av byggtekniske inspeksjoner i fremtiden.....	34
3.3.5	Programvare til dronen	35
3.4	Helse, miljø og sikkerhet - HMS.....	38
3.4.1	HMS i ordinær inspeksjon.....	38
3.4.2	HMS i drone inspeksjon.....	39
3.4.3	Personvern	39

4	Resultat - presentasjon av data fra intervjuer og feltstudie.....	42
4.1	Presentasjon av bruksområde for drone ved byggt teknisk inspeksjon	42
4.1.1	Visuell inspeksjon	42
4.1.2	Termografering.....	44
4.1.3	Scanning.....	45
4.1.4	Tykkelsesmåling.....	46
4.1.5	Volumberegning.....	47
4.2	Presentasjon av resultater fra intervjuer tilknyttet bruk av droner	48
4.2.1	Gjennomføring av byggt tekniske inspeksjoner ved bruk av droner.....	48
4.2.2	Andre byggt tekniske inspeksjoner ved bruk av droner	48
4.2.3	Ressurser som brukes på droneinspeksjon i dag	49
4.2.4	Positive effekter som kan oppnås ved bruk av droner.....	49
4.2.5	Fordeler og/eller ulemper ved å benytte droner.....	49
4.2.6	Funksjoner som droner skal kunne utføre i fremtiden.....	50
4.3	Presentasjon av resultater fra feltstudie tilknyttet bruk av droner	50
4.3.1	Feltstudie - Nytt sykehus Nordmøre og Romsdal	50
4.4	Opplæring.....	52
4.5	Implementering og forankring av drone.....	52
4.6	HMS	53
4.7	Drone, sensorer og programvare	54
4.8	Økonomi.....	55
4.9	Oppsummering av resultatene	57
5	Diskusjon og Analyse.....	60
5.1	Bruken av drone ved inspeksjon	60
5.1.1	Visuell inspeksjon	61
5.1.2	Termografering.....	62
5.1.3	Scanning	62
5.1.4	Tykkelsesmåling.....	63
5.1.5	Mulige områder	63
5.2	Valg av droner og sensorer for ulike inspeksjoner.....	64
5.3	Fordeler og ulemper med bruk av droner sammenlignet med eller som supplement til ordinære inspeksjoner/analyser.....	64
5.4	Opplæring.....	67
5.5	Implementering og forankringer av drone.....	68
5.6	Generelle funn ved prosjektet.....	68
6	Konklusjon.....	70
6.1	Videre forskning.....	70
	Referanser.....	72
	Vedlegg	75
	Vedlegg 1: Luftfartstilsynet - Regler i åpen kategori.....	1

Vedlegg 2: Predefined risk assessment (PDRA).....	1
Vedlegg 3: Undervisningsopplegg 4 timer	1
Vedlegg 4: Building inspection by use of drones	1

Begrepsforklaring og forkortelse

Autonomt	Selvstyrende. (Gisle, 2019)
BIM-tekniker	Bygningsteknisk tegner for arkitekter og rådgivende ingeniører.
CAD	Computer Aided Design
D-nummer	Identitetsnummer.
FDV	Forvaltning, drift og vedlikehold. (Thue, 2019)
FPV	First person view. (Arnesen, 2015)
GPS	Global positioning system.
HMS	Helse, miljø og sikkerhet. (Jakhelln, 2020)
HSE	Health, safety and environment.
IMU	Inertial Measurement Units.
IR	Infrarød.
Legacy drone	Droner som ikke er merket 0, 1, 2, 3 og 4. Merkingen gjøres av produsent.
LUC	Light UAS Operator Certificate. (Jan, 2021)
mm	Millimeter.
m/s	Meter/sekund.
NSM	Nasjonal sikkerhetsmyndighet. (Nasjonal sikkerhetsmyndighet)
OM	Operasjonsmanual. (Jan, 2021)
PDRA	Forhåndsdefinerte risikoanalyser. (Jan, 2021)
PRS	Små personlige droner. (Tandberg, et al., 2020)
RTH	Return to home.
SMM	Safety management manual.
SNR	Sykehuset Nordmøre og Romsdal.
SORA	Specific operation risk assessment. (Jan, 2021)
STS	Deklarer standardscenario. (Jan, 2021)
UAV	Unmanned air/Aerial Vehicle. Fjernstyrt eller selvstyrt luftfartøy (drone). (Tandberg, et al., 2020)
URL	Uniform Resource Locator.

VLOS	Visual Line of Sight.
3D-modell	Modell av bygningskonstruksjon med bæresystem og tekniske fag som gir et visuelt bilde av hvordan bygningen vil se ut/ser ut.
µm	Mikrometer.

Del 1:

Innledning

1 Innledning

Første del av masteroppgaven gir en presentasjon av forskningsspørsmålet og hvorfor dette temaet er av interesse. Innledningen består av bakgrunn for og avgrensning av oppgaven, samt en liten introduksjon av temaet.

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Masteroppgaven er en avsluttende del for et 2 åring studieprogram, integrert bygningsteknologi. UiT Norges Arktiske universitet har utarbeidet oppgaven, og den omhandler byggteknisk inspeksjon ved bruk av droner.

Valget for emne på masteroppgaven falt på byggteknisk inspeksjon ved bruk av drone, ettersom det er fremtidsrettet og et interessant tema. Motivasjon for dette emnet, kommer fra en interesse for utvikling og teknologi knyttet opp mot bygge- og anleggsbransjen.

Opgaven går ut på å se på hvordan området, slik som byggteknisk inspeksjon, blant annet kan bli mer kostnadseffektivt og forbedre helse, miljø og sikkerhet ved inspeksjonene.

1.2 Forskningsspørsmål

Forskingsspørsmålet for denne masteroppgaven er byggteknisk droneinspeksjon, bruksområdet, samt hvilke fordeler og ulemper bruk av droner sammenlignet med eller som supplement til ordinære inspeksjoner. Oppgaven tar også for seg kostnadsoversikt og helse, miljø og sikkerhet, videre kalt HMS, rundt bruken av droner ved bygningsinspeksjoner.

Ved gjennomlesning av oppgaven, skal følgende punkter være gjennomgått:

- Innledning som omhandler avgrensning og begreper.
- Generelt om droner, ulike komponenter og bygningsinspeksjoner, samt fordeler og ulemper ved bruk av droner i bygningsinspeksjoner.
- Intervjuer og feltstudie av fordeler forbundet med droneinspeksjoner og hvordan drone er implementert.
- Kostnadsoversikt ved droneinspeksjon.
- HMS aspektet.

Figur 1: Grunnlaget for oppgaven.

Forskningsspørsmålene er:

- Hvordan er droner implementert i bygningsinspeksjoner?
- Hvilke utfordringer og fordeler medfører bruken av droner ved bygningsinspeksjon?

Figur 2: Oppgavens forskningsspørsmål.

Fullstendig oppgavetekst er vedlagt i begynnelsen av oppgaven.

1.3 Avgrensning av oppgaven

I denne masteroppgaven er det på grunn av tidsbegrensninger valgt å se grundigere på et avgrenset bruksområde for bruk av drone ved byggt teknisk inspeksjon.

I all hovedsak vil oppgaven sette søkelys på følgende byggt teknisk inspeksjoner: visuell, termografering, scanning.

For gjennomføring av oppgaven, har det vært begrenset med tid, som har ført til at alle mulige komponenter og utstyr, vedrørende droner, ikke har blitt sjekket og gjennomgått. Likevel har et utvalg av komponenter og utstyr til droner blitt gjennomgått. I tillegg har det blitt sett på noen ulike typer droner, droner som benyttes til byggt teknisk inspeksjoner i dag.

1.4 Introduksjon

Denne masteroppgaven er viktig for å belyse en mulig, relativt ny og forbedret måte å gjennomføre inspeksjoner av bygninger. Bidraget oppgaven vil gi innenfor forskningsfeltet for bygningsinspeksjon ved bruk av teknologi, som drone, er stort. Det kan tenkes at en fordel er at kostnadene tilknyttet inspeksjoner reduseres. I tillegg vil denne typen inspeksjon blant annet kunne medføre forbedret HMS.

Data/kilder benyttet for å belyse forskningsspørsmålet er artikler, studier og informasjon på emnet, intervjuer med foretak som innehar relevant erfaring og kunnskap, samt feltarbeid i samarbeid med Hent.

1.4.1 Byggt teknisk inspeksjon

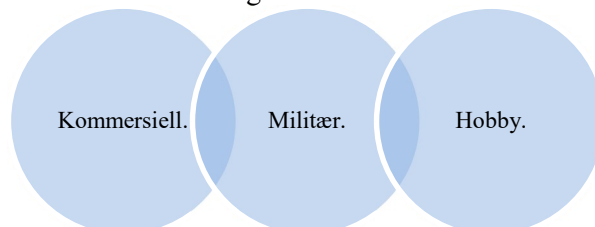
Byggt teknisk inspeksjon gir en kartlegging av tilstanden/problemstillingen som er knyttet til bygget og/eller konstruksjonen. Videre vil en byggt teknisk inspeksjon avdekke avvik, som feil eller mangler. Inspeksjoner kan opprettholde driftsegenskapene til bygningen og/eller konstruksjonen. I tillegg til å gi en oversikt over prosess og utvikling til et område/bygning.

1.4.2 Droner - historie og utvikling

Ordet drone kan spores helt tilbake til gammelengelsk, honningbie (hankjønn). Drone benyttes på tvers av små luftfartøy til store militære droner.

Drone er et ubemannet luftfartøy som fjernstyres eller flys autonomt. Dette er mulig ved bruk av programvare, sensorer og GPS. (Tandberg, et al., 2020) Størrelsen på droner varierer fra små personlige droner (PRS) til fly med 40 meter vingespenn eller mer. En drone kan operere i luften, på bakken og havet, samt under vann.

Droner kan i hovedsak deles inn i tre kategorier:



Figur 3: Dronekategori.

Innen kategorien hobbydrone, finnes det flere ulike varianter. De kan være små droner, som kan benyttes innendørs, eller større droner, som kan løfte gjenstander, slik som kameraer. Stort sett selges hobbydroner som quadcopter, har fire propeller og styres via en fjernkontroll.

Hobbydroner kan også være tricopter (tre roteter), hexacopter (seks rotor) eller octocopter (åtte rotor).

Oppbygningen til hobbydroner og droner til kommersielt bruk er tilnærmet likt, med tanke på komponentene og teknologien. Droner som benyttes til hobby, kan likegodt brukes til kommersielt bruk.

Bruken av drone til kommersielt bruk, har eksplodert de siste årene. Kommersielt bruk av drone kan være til film- og tv-produksjon, eiendomsfoto, inspeksjon av bygninger, konstruksjoner, kraftlinjer, varelevering, o.l.

Bruken av droner tidlig i militær sammenheng, kan være grunnlag for den bruken vi kan se av droner i dag.

Militære droner, kan deles opp i to kategorier, de som er utstyrt med våpen og de som kun skal brukes for blant annet overvåking.

Regelverket knyttet til bruk av drone innen hobby, kommersiell og militær vil gjennomgå i 3.2 Regelverk og krav til utdanning, på side 23.

1.4.3 Droneindustrien i dag

Droneindustrien i Norge har vokst mye, bare de siste årene. Droner har blitt stadig mer brukt innenfor ulike bransjer, også anleggs- og byggebransjen. De har blitt mer tilgjengelig, samt lettere å håndtere og finjustere. For ikke å nevne at dokumentasjonen, som bilder og video fra dronene har blitt veldig forbedret.

Hvert år kan det tenkes at det benyttes store ressurser og kostnader rundt bruken og utviklingen av droner. Satsingen på denne teknologien er stor.

Komponenter og utstyr til droner har blitt mer tilgjengelig, og det har blitt et bredere spekter av leverandører og ulike typer. Utviklingen har ført til at prisen har blitt lavere, samt at det i dag er et større bruksområde, i tillegg til at det har blitt enklere å bruke/styre.

1.4.4 Andre studier og artikler på området

Nedenfor er et utvalg studier og artikler som har vært gjennomgått og blitt brukt som kilder og informasjon ved gjennomføring av denne masteroppgaven. Det er allerede en del informasjon innenfor dette emnet, byggtekniske droneinspeksjoner. I tillegg er det mye informasjon om droner og regelverket rundt.

Mye av informasjonen kommer fra utenlandske artikler og studier, grunnen er nok at droner har blitt benyttet lengre i utlandet, som medfører til at droner har blitt benyttet innenfor byggteknisk inspeksjoner over en lengre tid.

Relevant utenlandsk studie på engelsk er «*The drones are coming: fostering acceptance within the implementation of unmanned aerial vehicle surveillance*», skrevet av Diana Usmanova i juni 2019. Studie omhandler implementering av ubemannede luftfartøy, som droner.

En annen relevant oppgave er «*Exploring the role of building modelling and drones in construction*», skrevet av Efosa Alohan i 2019. Hvor det er skrevet om rollen til bygningsmodeller og droner i konstruksjon, bygg.

Enda et eksempel er studie skrevet av Gayatri Mahajan i oktober 2021, «*Applications of drone technology in construction industry: A study 2012-2021*». Dette er en veldig interessant studie på bruken til droneteknologi i byggebransjen, en studie som har gått over ni år.

Relevant studie fra Norge er «*Bruk av droneteknologi og fotogrammetri til landmåling for bygge- og anleggsprosjekter*», skrevet av Ingrid Omland i 2017. Studiet omhandler dronebruk ved landmåling, hvilke fordeler det gir, samt hvordan det er sett mot tradisjonelle metoder.

Et annet relevant studie er skrevet av Eirik Farstad i 2019 «*En studie av byggenæringens erfaringer med bruk av digitale verktøy*». Studie på byggenæringens bruk av digitale verktøy, hvilket utstyr som benyttes og de fordelene de gir.

En relevant artikkel er «*Droneprojekt evaluert - Statsbygg sparer millioner og finner flere feil. Enorme besparelser ved byggteknisk inspeksjon - Statsbygg sparer over 50% ved å bruke droner*», publisert den 30.april.2021 i Dronemagasinet (Frantzen, 2021).

En annen relevant artikkel, er publisert av UAS Norway den 23.juli 2021, vedrørende inspeksjon av bygg ved bruk av droner. I artikkelen står det at Statsbygg sparer millioner hvert eneste år på dronesatsing. Videre oppgis det flere gevinster ved dronebruken (Frantzen, 2021).

Enda en relevant artikkel er «*Ny droneinspektør gir store besparelser*», datert 19.10.2021 (Rønne, 2021). Denne artikkelen er skrevet av Silje Rønne, og omhandler bruk av drone ved byggteknisk inspeksjon. I artikkelen står det blant annet om store besparelser ved denne typen inspeksjoner.

Relevante utenlandske artikler innenfor emnet er «*Construction Drones: What they can do and how to get started*», skrevet av Andy Lambert publisert 14. Mai 2021 (Lambert, 2021). Informasjon om praktisk bruksområde for droner i byggeprosessen. I tillegg informasjon om lovverket, o.l.

En annen utenlandsk artikkel er «*Teck 101: Construction drones*», skrevet av Jennifer Goodman publisert 8. Januar 2020 (Goodman, 2020). Informasjon om nye konstruksjonsteknologier.

Enda en relevant artikkel publisert på UAS coach den 6. Juni 2020 vedrørende droner i konstruksjon: hvordan droner hjelper konstruksjons firma å spare penger, forbedre sikkerheten og holde kunder fornøyd (Dukowitz, 2020).

Dette er bare et utvalg av artikler og studier som har vært relevant. Artikkelen og studiene har vært godt grunnlag for utarbeidelse av denne oppgaven.

1.4.5 Regelverk for droner

Utviklingen for dronebruk, har ført til at det har blitt et større behov for et regelverk tilknyttet bruken. Dette er for å forebygge og unngå skader på materiell, og ikke minst mennesker og dyr.

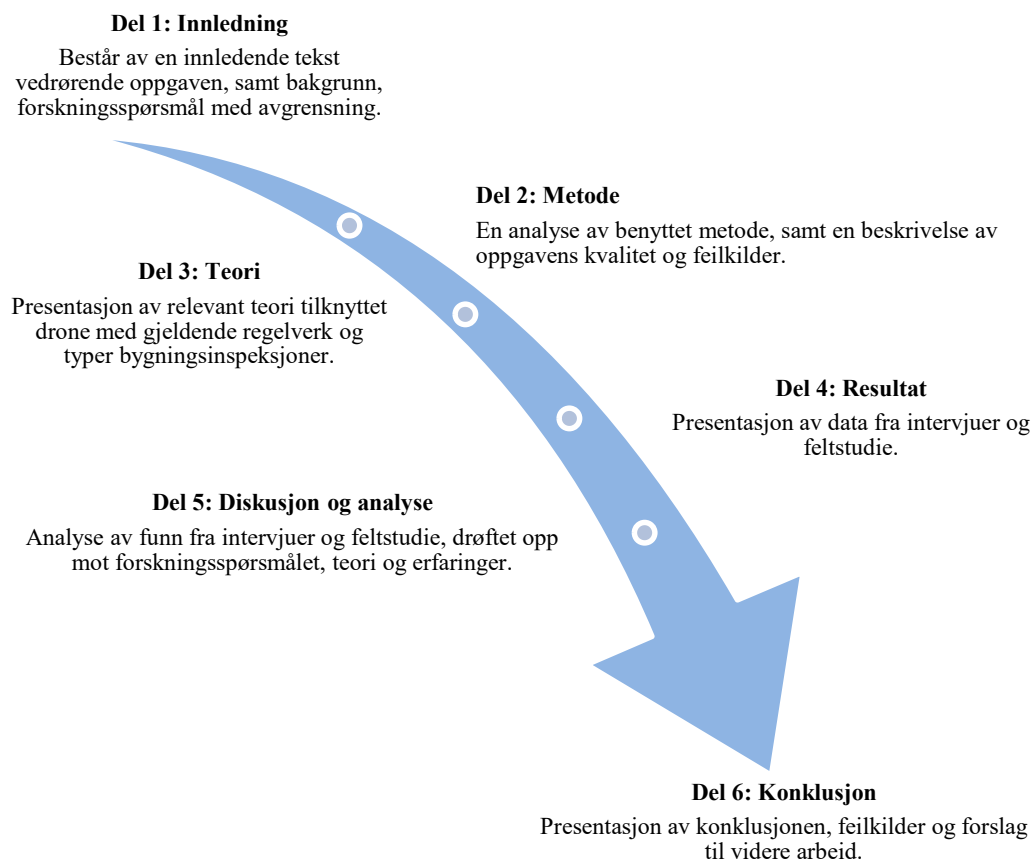
Regelverket er i stadig endring, slik som det meste i verden. Det er derfor viktig at den som opererer/flyr dronen, er tilstrekkelig informert og oppdatert på gjeldende regelverk til enhver tid. Ansvar ligger hos den som opererer/flyr dronen. Ved å ikke etterfølge regelverket, kan det resultere i bøter og/eller andre sanksjoner.

Det er flere regelverk for flyging med droner. Regelverket er til for å sikre at droneflygning skjer på en sikker og trygg måte, samt ivareta personvernet.

EU har to forskrifter for flygning med ubemannede fartøy, ”*Commission Delegated Regulation (EU) 2019/945*” og ”*Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947*”. ”*Forskrift om luftfart med ubemannet luftfartøy i åpen og i spesifikk kategori (BSL A 7-2)*» er fastsatt av Samferdselsdepartementet i november 2020. Forskriften gjelder innenfor norsk område, samt på Svalbard.

1.5 Oppbygging av oppgaven

Masteroppgaven er delt inn i følgende deler:



Figur 4: Oppgavens oppbygning.

Del 2:

Metode

2 Metode

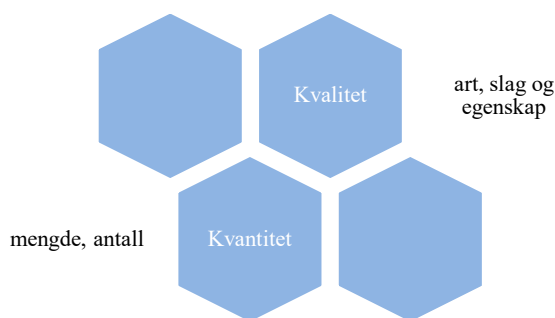
Metodekapittelet vil gi en beskrivelse av den metodiske tilnærmingen i oppgaven. I tillegg til å beskrive de ulike metodevalgene. Som avslutning i metodedelen vil det gis en begrunnelse og argumentasjon for oppgavens kvalitet.

For å kunne kontrollere kvaliteten på utført arbeidet, er valg av metode for utarbeidelse av oppgaven viktig. En vitenskapelig fremgangsmetode er å ha en systematisk gjennomføring for innhenting av kunnskap.

2.1 Forskningsmetode

Innhenting av informasjon er nødvendig for gjennomføring av alle typer oppgaver, dette gjelder også for masteroppgaver. Forskningsspørsmålet er avgjørende for hvilken fremgangsmetode som bør benyttes.

De to hovedmetodene for fremgangsmåte er kvantitativ og kvalitativ. (Andersen, 2019) beskriver de to metodene med følgende:



Figur 5: Hovedmetodene for fremgangsmåte.

Forskjellen på metodene er i all hovedsak hvordan informasjonen innhentes. I likhet med (Andersen, 2019) er kvantitativ metode beskrevet som en forskningsmetode med innsamling og analysing av kvantitative data ifølge Store norske leksikon. Data i form av tall eller mengdetemer. Kvalitative data uttrykkes ved form av tekst (Grønmo, 2021).

Begge metodene er gode, og det er derfor en fordel dersom disse kombineres.

I denne oppgaven er det benyttet en kombinasjon av disse to metodene. Dette fører en utnyttelse av de sidene som er sterk, og samtidig redusere de sidene som er svake.

Svak side ved kvantitativ metode, er at det ikke kan tas stilling til informasjon som ikke kan tallfestes. Her kan viktig informasjon ikke bli gjennomgått. Derimot vil denne typen metode, kunne være bra, ved sammenligning og analysing av store mengder med data.

Ved kvalitative studier vil anonymiteten til representantene i intervju/spørreundersøkelser være vanskelig å opprettholde, da historier kan være gjenkjennelig, ettersom det omhandler opplevde hendelser. For å oppnå dybde kan kvalitativ metode benyttes, og dermed også oppnå en helhetlig forståelse for helt spesifikke kontekster, o.l.

I all hovedsak vil disse to metodene, fyller hverandre godt ut, som gjør at kombinasjon av disse er foretrukket.

2.2 Fremgangsmåte

Fremgangsmåte for gjennomføring av oppgaven er å velge en metode ut fra det som er mest hensiktsmessig med tanke på det som skal undersøkes.

Ved masteroppgave, skal det tilegnes ny kunnskap og erfaringer, ofte for et spesifikk emne. I bunn og grunn, skal det gås dypere inn på et valgt tema.

For å løse denne masteroppgaven, er det valgt en kombinasjon av kvalitet og kvantitet forskningsmetode som ovennevnt.

Kombinasjon av flere metoder for innsamling av data kan være mer utfyllende, øke oppgavens troverdighet og gyldighet. I tillegg kan eventuelle feil og ukomplette data avsløres. Oppgaven vil ved en slik oppbygning ha det beste utgangspunktet, for å bli best mulig.

Videre er det valgt å se på følgende fremgangsmåte for innsamling av data:

- Forskningsintervju.
- Litteraturstudie.
- Feltstudie - droneinspeksjon.

Figur 6: Fremgangsmåte for datainnsamling.

2.2.1 Forskningsintervju

Forskningsintervju tilfører oppgaven en grundigere fremstilling av forskningsspørsmålet.

Representanter fra ulike bedrifter har blitt intervjuet. Rollene til representantene i bedriftene var dronemaster, prosjektleder, BIM-tekniker. Disse var strategisk plukket ut på grunnlag av kompetanse og den faglige bakgrunnen deres. Et felles trekk for intervjuobjektene var at de arbeidet innen anleggs- og byggebransjen.

Intervjuspørsmålene var:

- Gjennomføres det byggtekniske inspeksjoner ved bruk av droner? Dersom dette gjøres, hvilke?
- Er det noen byggtekniske inspeksjoner som i dag ikke gjøres ved bruk av droner, som gjerne kunne vært det? Dersom det er noe som du mener burde/kunne brukes, hvorfor benyttes det ikke? Hva hindrer firmaet fra å ta det i bruk? Mangel på kunnskap? Økonomi? Pilotkompetanse? Etc.
- Hvilke ressurser brukes i dag på droneinspeksjon?
- Hvilke positive effekter kan oppnås ved bruk av droner ved bygningsinspeksjon?
- En fordel ved å benytte droner er mindre organisering og tidsbruk både før og underveis i inspeksjonen. Hvilke fordeler og/eller ulemper kan du se for deg?
- I dag benyttes droner til for eksempel bygningsinspeksjon av tak og fasader, masseoversikt på byggeplass. Hvordan ser dere for dere den fremtidige utviklingen av droneteknologi og hvilke funksjoner savner dere/ønsker dere at droner skal kunne utføre i fremtiden?

Figur 7: Intervjuspørsmålene.

Intervjuene var grunnlag for den kvalitative informasjonen om byggt teknisk inspeksjon ved bruk av drone, hvordan fremtidig utvikling innenfor droneteknologi og eventuelle fordeler den gir.

2.2.2 Litteraturstudie

Litteraturstudie er en gjennomgang av litteratur som omhandler valgt tema, byggt teknisk droneinspeksjon. Det er gjort en systematisk gjennomgang, slik vil det teoretiske grunnlaget etableres, og samtidig fungere som en veileder for utførelsen.

I denne masteroppgaven har det vært nødvendig å drive litteraturstudiet for både droner, samt byggt teknisk inspeksjon. Litteraturstudiet har vært utført ved bruk av flere ulike søkemetoder, som skal ha bidratt til å få et stort og bredt utvalg omkring forskningsspørsmålet.

Etter søk i internasjonale og nasjonale forskningsdatabaser har det blitt avdekket bruk av droner ved byggt teknisk inspeksjon. Flere bedrifter benytter allerede droner ved byggt teknisk inspeksjon. Dette er relevant, og viktig informasjon til dette studiet.

Informasjon er i all hovedsak hentet fra internett, lærebøker, artikler, intervjuobjekter, masteroppgaver, store norske leksikon og feltstudie. Skolebibliotekets online-tilgang har vært et godt hjelpemiddel for innhenting av informasjon.

2.2.3 Feltstudie - droneflygning

I samarbeid med Hent, ble det gjennomført en droneflygning på byggeplass hvor de benytter drone i prosjektet. Prosjektet omhandler oppføring av det nye sykehus Nordmøre og Romsdal (SNR), som skal inneholde nytt felles akuttsykehus på Hjelset og et godt dagtilbud i Kristiansund. Sykehuset skal stå ferdig våren 2025. Illustrasjon av prosjektet er vist i Figur 8.



Figur 8: Illustrasjon av SNR under utvikling (Helse Møre og Romsdal, 2019).

Dronen og styringskontroller som ble benyttet ved dette prosjektet var en Mavic Air 2 og iPad m/kontroller, vist i Figur 9. Spesifikasjonene til denne dronen er vist i Figur 10.



Figur 9: Dronen hent benytter på prosjektet, nye sykehus Nordmøre og Romsdal.

For å operer denne dronen benyttet operatøren en iPad koblet sammen med en kontroller. Det finnes ulike typer kontroller som kan benyttes til denne typen drone. Programvaren som ble benyttet for å sammenstille dokumentasjonen fra dronen var Agisoft Metashape og Pix4D. Presentasjon av programvaren vil gis i 3.3.5.

Spesifikasjoner vedrørende dronen:

- Vekt = 0,570 kg.
- Pris ca. 10.000,- eks. iPad.
- Antall rotorer = 4 stk.
- Sensorer/utsyr - kamerasensor 1/2", airSense, return to home, gps.
- Flytid = 34 minutter.
- Maks distanse = 6 km.
- Maks hastighet = 68 km/t.
- Sammenleggbar.

Figur 10: Spesifikasjoner til dronen i prosjektet, sykehus i helse Nordmøre og Romsdal.

Utstrekningen av bygningen er på rundt 270 meter (lengde) x 125 meter (bredde), det er tilnærmet dette arealet som dronen flydde over.

Mer informasjon om regelverket for flygning av denne typen drone vil presenteres i 3.2 Regelverk og krav til utdanning. Presentasjon av gjennomføringen av flygningen og bruksområdet i dette prosjektet gis i 4.3.1 Feltstudie - Nytt sykehus Nordmøre og Romsdal, på side 50.

2.3 Oppgavens kvalitet

Bruken av informasjonen og kvaliteten på informasjonen som innhentes vil avgjøre oppgavens kvalitet. Gjennomføring av kvalitetskontroll ved validitet og reliabilitet er derfor avgjørende. Høy validitet oppnås ved høy reliabilitet, og motsatt.

Validitet kan også bety gyldighet. Det kan være en betegnelse på om en undersøkelse faktisk måler det som var tiltenkt. Reliabilitet kan også bety pålitelighet. Reliabilitet er målingens konsistens eller stabilitet. Reliabiliteten er derfor definert som det nivået et resultat/studie kan etterprøves. Den skal vise den virkelige situasjonen av en undersøkelse.

Reliabilitetsskalaen er definert fra lav til høy. For å oppnå høy reliabilitet må unøyaktigheter unngås i undersøkelsen. Ved å oppnå høy reliabilitet vil det gi pålitelighet til undersøkelsen.

Vurdering er at oppgaven har god gyldighet og pålitelighet. Da det er benyttet databaser godkjent gjennom skolebiblioteket og anerkjente nettsider, samt pålitelige kilder.

Temaet, droner, er relativt nytt og dermed kanskje et verktøy som er lite brukt innen anleggs- og byggebransjen. Derfor kan det antas at ny litteratur, samtidig som relevant litteratur muligens ikke har blitt vurdert sammen med dette forskningsspørsmålet. For at dette ikke skulle være tilfelle, har det vært utført flere og varierende søk på internett. Dette kan ha påvirket påliteligheten til oppgaven - altså redusert den.

Intervjuobjektene og spørsmålene til intervjuobjektene har vært forespeilet veileder. Dette vil gi en viss kontroll på at informasjonen er relevant.

Bygningsinspeksjon utføres ofte i anleggs- og byggebransjen i dag. Det kan ofte gjennomføres flere ganger daglig, mens gjennomføring av bygningsinspeksjon ved bruk av droner fortsatt er ukjent for mange. Ut fra dette kan det tas følgende antakelse vedrørende reliabiliteten: Spørsmålene rundt bygningsinspeksjon er gode, mens spørsmål tilknyttet bruken av drone antas å være lavere.

Reliabiliteten økes ved å ha nøyaktighet ved gjennomføring av intervjuene. Intervjuenes reliabilitet vil defineres ut fra om resultatet ved en etterprøving ville blitt det samme.

Intervjuobjektene kom fra ulike bedrifter, hadde ulike stillinger og var på ulike prosjekter. Det kan antas at intervjueren kan ha påvirket svarene til intervjuobjektene. I tillegg kan situasjonen ha en viss påvirkningskraft. Dette kan ha ført til at svarene kunne blitt annerledes ved en annen situasjonen, og en annen intervjuer.

Måledata fra feltstudiet og test av drone vil kunne gi lav validitet. Det skyldes at en test utføres i relativt liten skala/utstrekning for en spesifikk undersøkelse. Dette vil påvirke resultatets kvalitet.

For å økte validiteten kan det for eksempel gjennomføres flere undersøkelser i en større skala/utstrekning. Feltstudiet og test av drone har i større grad vært hindret på grunn av tidsaspekter og tilgjengelighet på foretak med kompetanse og ressurser på droner. Det har likevel vært utført i en liten skala.

2.4 Feilkilder

Det har blitt gjort en vurdering av eventuelle feilkilder ved gjennomføring og utarbeidelse av denne masteroppgaven. De mest aktuelle feilkildene kan antas å være:

- Litteraturstudie: Søk etter litteratur kan medføre feilkilder. Ulike kombinasjoner av ulike søkeord har blitt benyttet på flere søkeområder. Det er dermed ikke sagt, at det vil kunne gi det beste utgangspunktet, og at de beste kildene dermed er benyttet.

Tidsaspekteret for gjennomføringen av masteren kan ha medført til at de beste kildene ikke har blitt gjennomgått og dermed ikke er benyttet. I tillegg kan den begrensede tiden ha påvirket prosjektet, ved at det ikke har vært mulig å gå gjennom så store mengder med litteratur, som ønsket.

Dette er en antakelse som er gjort.

- Forskningsintervju: Gjennomføring av intervjuer kan medføre feilkilder. En feilkilde kan være formuleringen av spørsmålene, som da kan være at spørsmålene er ledende. En annen feilkilde kan være spørsmålenes rekkefølge. Intervjuobjektets svar på et spørsmål, kan påvirke svaret til påfølgende spørsmål. Utvalget av intervjuobjekter kan være en feilkilde, ettersom denne er begrenset, som da ikke er nok representativ.
- Feltstudie - droneflygning. Gjennomføring av masteroppgaven har et tidsperspektiv på ca. 4 mnd. Det har ikke vært ubegrenset med tid for gjennomføring av oppgaven.

Dette har resultert i at feltstudiet, og test av droner har blitt begrenset til det utvalget som har vært tilgjengelig, hos de bedriftene som har gitt muligheten for dette.

Derfor er det i denne masteroppgavene, ikke vært mulig å kunne gå i dybden på alle komponenter og droner, som er ute på markedet i dag. Samtidig har det heller ikke vært mulig å gjennomgå alle mulige bygningsinspeksjoner i virkeligheten.

Gjennomgang av aktuelle feilkilder er viktig for å få en bedre, og riktig oversikt over forskningsspørsmålet.

Del 3:

Teori

3 Teori

Teorikapittelet i oppgaven vil være det teoretiske grunnlaget for å kunne besvare forskningsspørsmålet for gjennomføring av byggt teknisk droneinspeksjoner. Områder som bør belyses med tanke på oppbygning av dronene, regelverk og krav til utdanning, samt hvordan bygningsinspeksjoner kan utføres ved bruk av droner vil presenteres og gjennomgås i denne delen av oppgaven.

3.1 Droner

Definisjonen på akkurat hva som defineres som en drone er ikke helt rett frem. Det er derimot enighet om at det tradisjonelle modellflyet ikke alene er definisjon for drone.

(Luftfartstilsynet) har gitt denne definisjonen på modellfly:

Et modellfly er definert som en flygende innretning uten fører om bord der formålet med flygningen er rekreasjon, sport og/eller konkurranse.

Definisjonen på ubemannet luftfartøy er gitt som:

Enhver fjernstyrt innretning som er ment å bevege seg i lufta, og som benyttes til en eller annen form for nytteflygning eller kommersiell flygning, er å regne som et ubemannet luftfartøy.

Ut fra definisjonene ovenfor kan det antas at droner kan defineres som modellfly, dersom de benyttes til hobby, altså hobbydroner. Derimot vil en drone som benyttes til kommersiell flygning, i bygg- og anleggsbransjen bli definert som et ubemannet luftfartøy.

Modellfly er ikke regulert ved lov i Norge, slik som ubemannet luftfartøy er. Det er kun straffeloven og vanlige forsikringsregler som gjelder ved modellflygning. Mer om lovverket rundt droner som defineres som modellfly og ubemannet luftfartøy vil forklares i 3.2 Regelverk og krav til utdanning.

Et nymotens quadkopter blir sett på som en drone, ettersom den er utstyrt med fire motorer. Definisjonen på en drone kan være at de til en viss grad er automatisert, med det menes det at de kan operere på egenhånd. Dette gjøres enkelt via GPS-koordinater eller ved manøvrering av en person.

Førerløse luftfartøy var allerede i bruk på midten av 1800-tallet. I henhold til tilgjengelig data, som antas å inneholde pålitelig informasjon, sies det at det i 1917 ble gjennomført den aller første flygning av et dronefly, «*Aerial-Target*». Et lite radiostyrt fly.

Droner har blitt benyttet til overvåking, av for eksempel flyplasser for å ivareta sikkerheten og effektivisere driften, bygningsinspeksjoner, kontrollere mulige avvik i konstruksjonen, droner har også blitt sett på ved bruk under brann, søk og redning eller for å levere pakker, prøver eller lignende.

3.1.1 Type droner

Utviklingen for dronene har vært bratt, de har både blitt mer avansert, forbedret spesifikasjoner som batterikapasitet, kamera, rekkevidde, samt betraktelig bedre stabilisering, i tillegg til utallige flere tilkoblingsmuligheter. For ikke å snakke om antallet med produsenter og leverandører, som har skutt til værs.

I dag kan droner være små og kompakt, de kan være vanntette, og være utstyrt med komplekse komponenter, som blant annet kamera, sensorer, o.l. Droner kan gi et 360 graders fugleperspektiv av områder og konstruksjoner, og benyttes innendørs eller utendørs bare for å nevne noe.

Batterikapasiteten til dronene vil variere. Her spiller faktorer som pris, størrelse, o.l. inn. Flygetiden til dronen avhenger av batterikapasiteten. Denne vil variere, en typisk drone kan fly mellom 10 til 30 minutter, mens en mer avansert drone kan fly i flere timer.

Været vil kunne påvirke dronens batterikapasitet, redusere den. Ofte vil mye vind kunne skape utfordringer særlig ved takeoff og landing, ved flyging kan mange droner fint operere i liten til stiv kuling.

Figur 11 viser hvordan en drone, spesifikt hvordan et quadkopter kan se ut. Denne spesifikke dronen er utstyrt med kamera, samt sensorer for å oppdage hindringer, og for å aktivt unngå disse hindrene i dronens flybane. I tillegg er denne dronen utstyrt med hjelpelys under, som kan være til hjelp ved dårlig lysforhold. Lysene kan også benyttes ved landing, på grunn av nedoverjusterte sensorer.

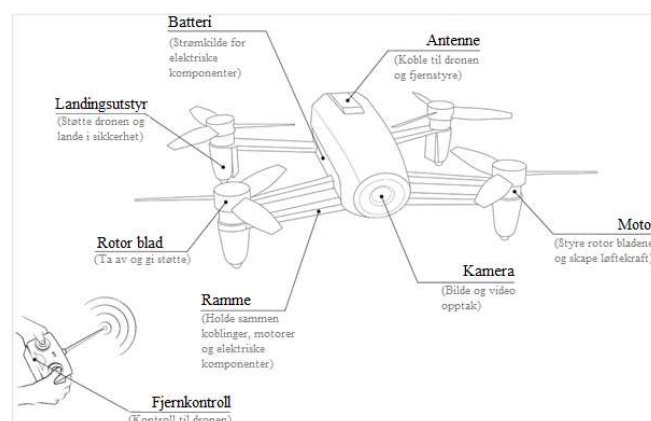


Figur 11: DJI Mavic 2 pro drone (Frantzen, 2020).

Dronen i Figur 11 er en DJI Mavic 2 pro drone. Denne dronen er en typisk drone for profesjonelle, men samtidig passer den bra for entusiaster. Som nevnt i forrige avsnitt er den utstyrt med en del sensorer og kamera.

Produksjonen av denne dronen er stoppet, siden det er kommet en oppfølger Mavic 3, men dronen selges fortsatt. Oppfølgeren har bedre batterikapasitet (46 minutter kontra 31 minutter), høyere videooppløsning, lengre rekkevidde, for å nevne noe.

En generell oppbygning av quadkopter, drone er vist i Oppbygning av droner. Figur 12. Et quadkopter har fire rotorer, to rotorer som spinner med klokken, og to som spinner mot. Disse rotorene styres ved automatisering, ikke individuell styring. Hastigheten til rotorene styres ved elektronikk og sensorer.



Figur 12: Oppbygning av droner (Falorca, et al., 2021).

Det er som ovennevnt ofte fire motorer på droner i dag. Motorene inneholder rotorere og kontrollerer for hastighetsstyring. I tillegg er dronene utstyrt med ramme, som holder alle komponentene sammen, antenne for å kunne fjernstyre dronen, batteri, landingsutstyr for støtte og sikker landing, samt rotorblader, kamera og andre sensorer. For å styre dronen kreves det en fjernkontroll og/eller nettbrett/mobiltelefon/datamaskin.

Prisforskjellen på droner er relativt stor, en enkel drone kan koste ned mot 500 kr og oppover, for en relativt god drone vil den om lag ligge rundt et par, eller flere tusen kroner. En kan finne droner som koster over flere millioner kroner. Dronen i seg selv kan koste 500 k, hvor den kan utstyres med et kamera fra 800 k til over 1 millioner kroner, det avhenger selvfølgelig av spesifikasjonene til kameraet.

Droner kan lages av ulike materialer, som tre, glassfiber, aluminium og karbon. Ved valg av materiale er det viktig å tenke på materialenes egenskaper, samt fordeler og ulemper.

Aluminium og karbon er to materialer som for eksempel kan lede strøm, og det kan dermed oppstå kortslutninger. Videre er karbon et materiale som er lett og samtidig tåler en del. Det er derimot et materiale som kan få store skader ved brudd. Aluminium derimot, er et materiale som er lett å jobbe med, men som lett kan bøyes.

For å se på ulike eksempler på droner har det blitt sett på DJI sine varianter. Dette er droner som er lett å skaffe i Norge, og samtidig enkelt å få tak i eventuelle reservedeler. DJI droner selges blant annet hos Elkjøp, Power, Komplet, Foto og DJI sine egne nettsider. Dette var bare for å nevne noen utsalgssteder/nettsider. Utvalget fra denne leverandøren er stort. Det finnes billige varianter og relativt dyre. Dronene er også godt utstyrt og har mange funksjoner.

Først en gjennomgang av den billigste av de tre dronene som har blitt sett på som er vist i Figur 11. Dette er en relativt enkel drone, når man ser på utstyr og komponenter.

Dronen koster rundt 10k og er ikke altfor stor, lett å frakte med seg. Denne dronen er utstyrt med en kamerasensor på én tomme, som har en oppløsning på 20 MP, med mulighet for å ta RAW-bilder og 4K-video. Dette er en drone som er enkel å operere, med en maks avstand på 8 km. Flytid er angitt til opptil 31 minutter, med maks hastighet på 72 km/t. Flytiden vil variere ut fra vær, hastighet, samt hvilken type flygning som gjennomføres. Dronen veier i underkant av 1 kg. Mavic 2 er ikke vanntett, og kan kun kontrolleres via fjernkontroll, ikke via wifi. Stort sett alle typer smarttelefon kan kobles sammen med fjernkontrollen for videovisning.



Figur 13: DJI Mavic 2 Enterprise Dual. (Droner.DK)

For å se på en drone som er litt dyrere enn Mavic 2 Pro dronen, har det blitt sett på DJI Mavic 2 Enterprise Dual. De store forskjellene i forhold til Mavic 2 Pro dronen er at denne dronen er utstyrt med termisk og RGB-kamera, ellers vil de andre spesifikasjonene være lik.



Figur 14: DJI Matrice 300 RTK H20T (tienda24hs).

Så en dyrere og mer proff drone, DJI Matrice 300 RTK H20T, som vises i Figur 14. Denne dronen er også utstyrt med termisk kamera. Dronen er nesten 10 ganger så kostbar som Mavic 2 pro og over 4 ganger så kostbar som DJI Mavic 2 Enterprise Dual. Dette er den eneste av de tre dronene som er vanntett. Vekten til denne dronen er mer enn 5 kg mer enn de andre ovennevnte dronene, og i tillegg kan denne dronen løfte mer enn de andre. Operasjonstiden til denne dronen er lengre, altså 55 minutter mot de andre sin operasjonstid på 31 minutter. Rekkevidden er på 15 km, som er 7 km lengre.



Figur 15: Eksempel på hjemmelaget drone (NDA Hack, 2018).

Droner må ikke kjøpes ferdig, det er muligheter for å bygge en egen drone, som vist i Figur 15. I dag finnes det flere ulike leverandører av komponenter til droner. Når det er snakk om å bygge egen drone, er det ofte snakk om quadkopter.

Et utvalg av spesifikasjonene til de tre dronene fra DJI er listet opp i Tabell 1. Det kunne vært sett på flere spesifikasjoner, men ut fra disse spesifikasjonene kan det ses at det ved dyrere droner er bedre spesifikasjoner. Her vil det kunne ses at budsjettet for dronen vil være en viktig faktor for valg av drone, samt hva den skal benyttes til. Er det behov for bra oppløsning på kameraet, er det viktig med

utstyr som termisk kamera, at dronen er vanntett, er kanskje driftstemperaturen en avgjørende faktor. Her er det i grunn viktig å kontrollere hva behovet faktisk er.

Tabell 1: Spesifikasjonen til de to valgte dronene.

Spesifikasjon	DJI Mavic 2 Pro	DJI Mavic 2 Entreprise Dual	DJI Matrice 300 RTK H20T
Anti kollisjons system	Ja	Ja	Ja
Driftstemperatur	0°C til 40°C	-10°C til 40°C	-20°C til 50°C
Flytid	31 minutter	31 minutter	55 minutter
Hastighet	72 km/t	72 km/h	83 km/t
Ladetid	1 time 30 min	2 timer 15 min	1 time 10 min
Nattsyn	Ja	Ja	Ja
Nyttekapasitet	0,41 kg til 1 kg	0,41 kg til 1 kg	2,7 kg
PinPoint	Ja	Ja	Ja
Pris	10 000 kr	32 690 kr	100 000 kr
Rekkevidde	8 km	5 km	15 km
Størrelse	L 9,1 cm B 21,4 cm	L 32 cm B 24 cm	L 81 cm B 61 cm
Termisk kamera	Nei	Ja	Ja
Vanntett	Nei	Nei	Ja, IP45
Vekt	0,907 kg	0,900 kg	3,6 kg (uten batteri) 6,3 kg (med to TB60 batteri)
Vind motstand	8-11 m/s	8-11 m/s	15 m/s

3.1.2 Type sensorer og kamera

Droner kan monteres/utstyres med ulike typer kamera, sensorer og andre komponenter. De kan være utstyrt med for eksempel kamera, IR-sensor, laser, radar, kompass, o.l. Større sensorer/kamera, kan for eksempel gi et «renere» bilde og mindre støy ved sterk eller svak belysning.

Utstyret på dronene kan variere mye. Ses det på kameraene er det store forskjeller. De fleste dronene i dag, utstyrt med kamera for foto eller video, har et kamera som er montert i en 3-akses gimbal, som justerer og stabiliserer bildet. Vekten på gimbaleen kan variere, i tillegg vil det kunne være begrensning på vekten til kameraet/utstyret som monteres på gimbaleen til dronene.

Figur 16 viser hvordan en gimbal kan se ut, dette er Gremsy sin Mio, gimbal. Mio er i samme størrelse som en smarttelefon i dag. Vekten til selve gimbaleen Mio er 0,25 kg like mye som en ekstra stor plate melkesjokolade. Denne gimbaleen er kompatibel med for eksempel kartleggingssensor til Sony, infrarødsensor til Flir, multispekter kamera til Micasense Rededge, o. l. Vekten på utstyret som kan kobles på denne gimbaleen kan være opp til 0,4 kg. Gimbaleen kan monteres på toppen, bunnen eller fronten av dronene.



Figur 16: Eksempel på en gimbal, bildestabilisator (Gremesy).

Noe av utstyret og sensorene som kan kobles til droner er:

- **AI-spot check:** markering av objekt etter en flygning, for så ved bruk av AI-algoritme vil dronen kunne replikere posisjonen, vinkelen og innramming automatisk for fremtidig flygning.
- **Avstandsmåler:** kan brukes for å måle avstander og unngå kollisjoner, o.l.
- **GPS:** returnere til opprinnelig startpunkt. Gi informasjon om høyde, ikke nøyaktig nok for måling enda.
- **Hyperspektral kamera:** skille mellom forskjellige farger, ikke bare rød, grønn og blå. Slik kan «usynlige» detaljer avsløres. Tar 200 ulike bølgelengder av lys. Ikke vært brukt så lenge på droner.
- **IMU-sensor:** sensor som måler vinkelhastighet, kraft og i noen tilfeller magnetfelt. Ofte sammensatt av akselerometer, gyroskop og magnetometer. IMU-sensor kan ved gyroskop oppdage endringer i rotasjonsegenskapene, samt får dronen hjelp med kalibreringen mot orienteringsdrift ved magnetometer.
- **IR-sensor/-kamera:** har ofte enkelt design, praktiske funksjoner og lavt strømforbruk. Kan brukes for å måle varme og/eller bevegelse. Infrarød stråling (IR) er elektromagnetisk stråling, også kalt IR-stråling eller varmestråling. Bølgelengden til strålene er mellom 0,7 μm og 1 mm. Strålene er usynlige for mennesker. Ved å måle infrarøde stråler kan man se temperaturen til et legeme. Et eksempel på termokamera er vist i Figur 17, slik kamera skal påkobles gimbal, vist i Figur 16.



Figur 17: Flir Vue Pro R termokamera.

- **Kompass:** for å vite hvilken retning dronen er på vei.
- **Laserskanner:** er ofte kompakte, lette og kostnadseffektive. En effektiv, rask og relativ nøyaktig metode for å skaffe 3D-data over store områder.
- **Lidar:** en optisk fjernmålingsteknikk for rask måling av den fysiske posisjonen til objekter.
- **Multispekter:** utstyrt med fem linser, bilde av rød, grønn og blå, samt to bølgelengder av infrarød lys.
- **PinPoint:** markere et punkt for å finne nøyaktig GPS-koordinat for det.
- **Returnere hjem/Return to home (RTH):** automatisk retur av dronen tilbake til start. Kan benyttes ved kritisk batterinivå eller ved dårlig forbindelse med fjernkontrollen.
- **Radar:** for å oppdage og spore andre droner. I tillegg sende ut radarbølger for å bli oppdaget.
- **Smart track:** marker et objekt for å automatisk zoome inn og følge det.
- **Tykkelsesmåling:** overføring av nøyaktige målinger, kan ignorere belegg.



Figur 18: Tritex Multigauging, tykkelsesmåler til drone (TQC Norge AS).

Figur 18 viser en tykkelsesmåler som kan påkobles droner eller ubemannede luftfartøy UAV. Måleren overfører nøyaktige målinger, opptil 500 meter unna. Programvaren til denne heter Communicator, hvor avlesninger vises i rutenett eller strengformat. Måleren festes enkelt på de fleste droner, og veier 130g.

- **Vidvinkelsensor:** registrere hinder i ulike retninger for å kunne operere uten å treffe noe i sin bane.

3.2 Regelverk og krav til utdanning

Flygning av droner er regulert i form av forskrifter, lover og regler. I tillegg til at det i mange tilfeller stilles spesifiserte krav til utdanning og kursing.

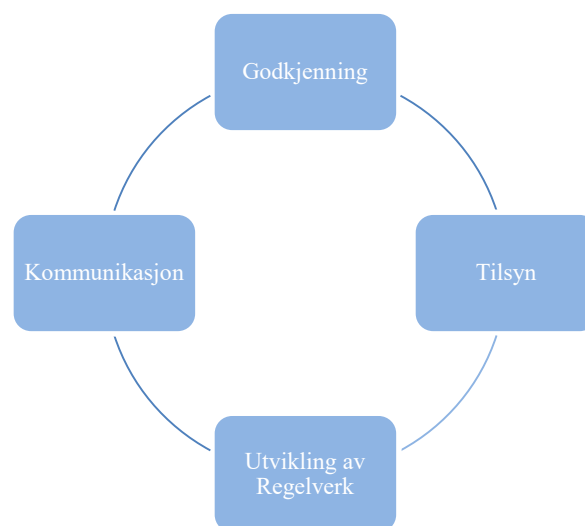
3.2.1 Luftfartstilsynet

I Norge er det Luftfartstilsynet som fører tilsyn, for å kontrollere om gjeldene lover, regler og forskrifter i norsk luftfart følges.

Det står følgende på (Luftfartstilsynet) sider:

Vi er en aktiv pådriver for sikker, samfunnsnyttig og bærekraftig luftfart.

Tilsyn er et verktøy for at Luftfartstilsynet skal kunne oppnå dette. Figur 19 viser Luftfartstilsynets kjerneoppgaver.



Figur 19: Kjerneoppgavene til Luftfartstilsynet.

Den vanligste formen for godkjenning som Luftfartstilsynet gjennomfører er dokumentgransking, testing og inspeksjoner, som gjelder for organisasjoner, luftfartøy, materiell og personer.

Det er definert en policy for hvor ofte de ulike gruppene i tilsynsobjektet skal gjennom inspeksjon. Bakgrunnen for policyen er nasjonale og internasjonale krav for fly trygghet. Tilsynet utføres i all hovedsak i form av planlagte inspeksjoner.

Luftfartstilsynet er en del av det internasjonale samarbeidsforumet, hvor hoveddelen av utviklingen av regelverket skjer. Norsk regelverk blir stadig oppdatert, som følge av at internasjonale regler innføres i Norge. Hvilke krav som må til for å oppnå det høyeste trygghetsnivået avgjøres i regelverket.

Til slutt, kommunikasjon. Informasjon til brukerne, er viktig for å forebygge flytrygghetssamarbeidet. Tryggheten er under stadig utvikling, og dette må formidles på en god og effektiv måte. Den viktigste kommunikasjonskanalen for Luftfartstilsynet i dag er nettsiden, luftfatsstilsynet.no. Det arrangeres flere konferanser, arrangement, o.l. for å informere om arbeidet som Luftfartstilsynet gjør.

3.2.2 Innen EU

Det er utarbeidet et felles europeisk regelverk for flygning av drone innenfor EU og Norge. Regelverket trådte i kraft den 1. januar. 2021 og innebar endringer for de fleste norske droneoperatørene (Frantzen, 2020). Hele regelverket er ikke trådt i kraft enda, det er en overgangsfase som vil forklares under.

Noen av kravene i regelverket er at operatører skal være registrert, dersom dronene eller modellflyene er utstyrt med kamera, eller veier mer enn 250 gram. I tillegg er det stilt krav om hvilken kompetanse operatører skal ha. Kravene i regelverket øker proporsjonalt med risikoen for flygningen.

Før dette felles regelverket trer i full kraft, er det en overgangsordning (Luftfartstilsynet).

1. 1. januar. 2021 til 1. januar. 2022.

Innenfor denne tidsperioden ble det gamle nasjonale regelverket BSL A 7-1, «Forskrift om luftfartøy som ikke har fører om bord mv.» faset ut.

2. 1. Januar. 2022 til 1. Januar 2024.

Innenfor denne tidsperioden gjaldt kun de felleseuropeiske reglene, BSL A 7-2, «Forskrift om luftfart med ubemannet luftfartøy i åpen- og i spesifikk kategori (BSL A 7-2).» Regelverket skulle erstatte det eksisterende regelverket BSL A 7-1.

Alle operatører skal være registret på flydrone.no.

Ved flygning om natten, blir det den 1. Juli. 2022 krav om blinkende grønt lys på dronen.

Fram til 31. Desember 2023 er det et unntak, der droner som ikke er C-merket, fortsatt kan benyttes, innenfor åpen kategori. Altså kan droner som veier mindre enn 500 gram i underkategorien A1, under 2 kg i A2 og under 25 kg i A3 fortsatt flys.

3. 1. Januar 2024

Reglene for bruk av droner som ikke er C-merket innenfor åpen kategori, vil være mer regulert. Overgangsreglene for droner som ikke er C-merket, er opphørt.

Mulighet for deklarerer av operasjoner i henhold til standardscenarioer, innenfor spesifikk kategori.

Under 3.2.3 Nasjonalt vil det gis en grundigere forklaring på gjeldende regelverk ved flygning av drone. Regelverket gjelder som ovennevnt både i EU og i Norge.

3.2.3 Nasjonalt

Som ovennevnt er det et felles regelverk for flygning innenfor EU og i Norge.

Det er satt en aldersbegrensning for flyging av drone, som er satt til 16 år. For flygning av droner under denne aldersgrensen, må det være en person som er 16 år eller eldre til stede. Ved flygning av droner som veier mer enn 250 gram, stilles det krav til at begge, dersom en er under 16 år, har bestått både kurs og eksamen. Dersom dronen veier mindre enn 250 gram, stilles det kun krav til at operatøren er registrert på flydrone.no.

Dronen skal være merket med operatørnummer, uansett om de veier mer eller mindre enn 250 gram. Ved flygning av droner mindre enn 250 gram skal operatør, i tillegg ha ansvarsforsikring.

Viktig å huske at det ved flygning av droner over 250 gram, eller utstyrt med kamera, så må flyger være registrert på flydrone.no. Operatør skal som ovennevnt ha gjennomført både nettkurs og netteksamen før flygning av droner over 250 gram, eller utstyrt med kamera.

Droner under 250 gram, som er leketøymerket, kreves ikke bestått eksamen, registrering på flydrone.no eller ansvarsforsikring ved bruk. Anbefalingen er fortsatt at operatøren gjennomfører kurs og består eksamen. Definisjonen på leketøydrone, er at den er merket 8+ på innpakningen.

Under flygning vil ubemannede luftfartøy alltid måtte vike for bemannede luftfartøy.

I nærheten av militære områder, ambassader eller fengsler er det ikke tillatt å fly. Dette kalles forbudsområde. Det er satt en avstandsgrense til lufthavn, på 5 kilometer.

For oversikt over forbudsområder mot bruk av sensorer fra luften, kan karttjenesten Nasjonal sikkerhetsmyndighet benyttes, videre kalt NSM. Kartet viser områder hvor det fra luften er helt forbudt å filme, fotografere og bruke andre typer sensorer. Dersom disse områdene unngås vil det ikke være krav om søknad eller varsling, ved filming og fotografering. Det vil derimot være krav til varsling til NSM dersom andre sensorsystem benyttes (Nasjonal sikkerhetsmyndighet).

Det finnes en egen «*forskrift om kontroll med informasjon innhentet med luftbårne sensorsystemer*», forskriften regulerer bestemte oppgitte områder og skjermingsverdige objekter ved opptak og annen bruk av informasjon. Denne forskriften omhandler operering over norsk territorium, samt Svalbard og Jan Mayen (Forsvarsdepartementet, 2018).

Flygning av droner kan deles inn i åpen og spesifikk kategori.

Åpen kategori omhandler flygning av droner under 25 kg innenfor faste rammer. Flygningen omfatter operasjoner som klassifiseres som lavrisiko. Flygning som ikke faller inn under åpen kategori, omfatter høyere risiko, og havner under kategorien spesifikk. Åpen og spesifikk kategori er ytterligere forklart i 3.2.3.1 og 3.2.3.2.

3.2.3.1 Åpen kategori

Åpen kategori omhandler flygning innenfor synsrekkevidde, der maks vekt er 25 kg og maksimal høyde er 120 meter.

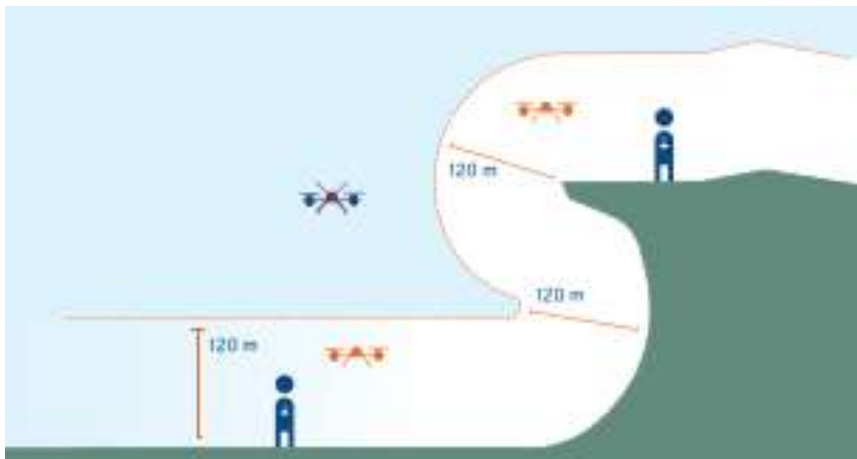
For flygning av droner i åpen kategori i Norge, er det noen forhold en må være klar over. Åpen kategori omfatter som ovennevnt, lavrisiko-operasjoner med mindre droner innenfor faste rammer, jfr. Veiledning - åpen kategori, Luftfartstilsynet (Luftfartstilsynet).

Følgende gjelder for operasjon ved bruk av droner innenfor åpen kategori:

- Opp til 25 kg
- Maks flygning i 120 meters høyde over bakken/vann.
- Flygning skjer innen synsrekkevidde. Unntak dersom det er en observatør tilstede
- Ingen dropp av noe eller frakt av farlig gods under flygning.
- Ikke fly over folkemengder.

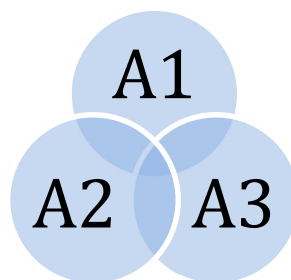
Figur 20: Krav til operasjon av droner innen åpen kategori.

Begrensningen for høyde på 120 meter, er angitt som «Avstand fra nærmeste punkt på jordoverflaten», jfr. Veiledning - åpen kategori, Luftfartstilsynet. Det vil si at det ikke kan flys høyere med dronen enn 120 meters høyde, vertikalt mot annet fjell, bakken, se grafisk fremstilling i Figur 21.



Figur 21: 120 meters høyde begrensning (Luftfartstilsynet, 2021).

Åpen kategori kan deles inn i tre underkategorier:



Figur 22: Underkategoriene i åpen kategori.

Størrelsen på dronen og avstanden til mennesker, avgjør kategorien det flyges i henhold til. Kategorien avgjøres i grunn, i forhold til hva bruken er, og hvilken drone som skal benyttes (Frantzen, 2020).

I underkategori A1 skal dronene være C0- eller C1-merket. Flygning ovenfor andre, skal skje ved ingen eller lav risiko. Det vil si at det er lov å fly over utenforstående, men ikke folkeansamling med C0-merking, mens det ikke er tillatt med overflygning med C1-merking.

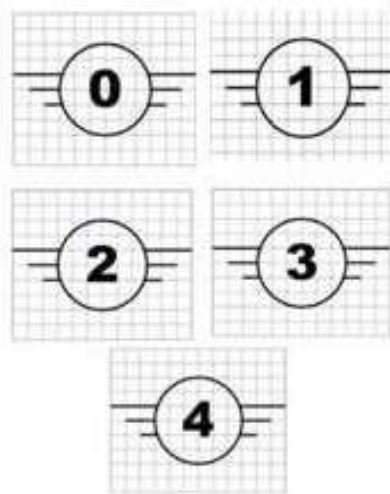
Dronene i underkategorien A2 skal være C2-merket. Til utenforstående skal det være en sikkerhetsavstand, som er 30 meter i horisontal avstand, med et unntak på 5 meter horisontal avstand, dersom hastigheten er under 3 m/s.

Luftfartstilsynets oversiktstabell for flygning i åpen kategori er lagt ved i Vedlegg 1: Luftfartstilsynet - Regler i åpen kategori.

Til slutt skal droner i underkategorien A3 være C2- eller C4-merket. Utenforstående skal ikke være i nærheten ved flygning i denne kategorien. Flygning skal skje i en horisontal avstand på 150 meter til bolig-, industri-, næring- og rekreasjonsområder. Innenfor denne kategorien kan droner opp mot 25 kg benyttes, også selvbygd, såkalte droner uten merking, «*legacy*» droner.

I forhold til underkategoriene A1-A3, vil du med en selvbygd drone, kunne fly over utenforstående personer, med forbehold at dronen er under 250 gram, samt at den opereres med en maks hastighet på 19 m/s. Det forutsettes at dronen er C0 eller C1 merket, se Tabell 2.

I Tabell 2 gis bestemmelsene for hvilken klasse dronene havner under. Merkingen gjøres av produsentene, og skal indikere at dronen tilfredsstiller kravene som stilles i regelverket. Merkingen på dronene, er vist på Figur 23.



Figur 23: Merking på drone, fra produsent (Frantzen, 2020).

Har dronene ikke et av disse merkene, vil de havne under «*legacy*»-klassen. Det er derimot en mulighet for at «*legacy*»-droner kan C-merkes, men det er noe som produsenten må gjøre.

Tabell 2: Oversikt over C-merking på nye droner (Frantzen, 2020).

Klasse	Maks vekt	Maks fart	programvare - høydebegrensning	Remote ID
C0	250 g	19 m/s	Maks 120 m	Nei
C1	900 g	19 m/s	Maks 120 m	Ja
C2	4 kg	-	-	Ja (ikke hvis dronen er forankret)
C3	25 kg	-	Maks 120 m	Ja (ikke hvis dronen er forankret)
C4	25 kg	-	-	Nei
(Legacy)	Droner uten C-merking, produsert før 1 januar 2023			

3.2.3.2 Spesifikk kategori

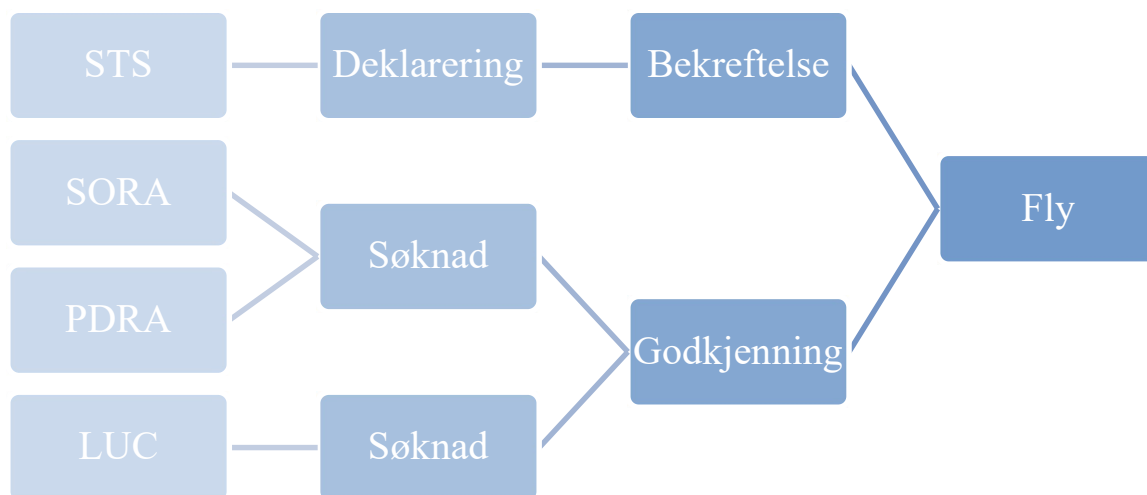
Spesifikk kategori, som nevnt i 3.2.3 Nasjonalt, omhandler flygning der operasjonene foregår med høyere risiko, enn det som er tillatt ved flygning i åpen kategori.

Omhandler flygning med større droner over folkemengder, transport av personer eller farlig gods. I all hovedsak, generelt alle droner som veier mer enn 25 kg.

Tre muligheter for operering av drone innenfor spesifikk kategori (Jan, 2021):

1. Deklarer standardscenario (STS)
2. Søk om tillatelse (SORA/PDRA)
3. Godkjenning egne operasjoner med LUC (Light UAS Operator Certificate)

Mulighetene for operering av drone innenfor spesifikk kategori er vist i Figur 24. STS omhandler deklarerer og bekreftelse, mens SORA/PDRA og LUC omhandler søknad og godkjenning for å kunne fly.



Figur 24: Mulighetene for operering innenfor spesifikk kategori (Jan, 2021).

Under alternativ 1, er det definert ulike standardscenario, for å gjøre søknadsprosessen enklere. Her er operasjoner som faller utenfor åpen kategori, definert med beskrivelse for operasjonen og risikovurdering.

For å kunne benytte seg av alternativ 1, må det utarbeides en operasjonsmanual (OM), tas A1/A3-kurs og -eksamen. Her skal det sendes inn en deklarerer, som skal bekreftes av luftfartstilsynet, før man kan fly. Operasjonsmanualen må ikke sendes inn, det er tilstrekkelig at det sendes inn et deklarasjonsskjema. Operatøren må være registrert på flydrone.no.

Før gjennomføring av STS-eksamen vil det være et eget kurs, ved en droneskole. STS-eksamen gjennomføres ved en trafikkstasjon, og består av 40 flervalgs spørsmål.

Ved alternativ 2 skal det sendes en søknad til Luftfartstilsynet. Søknaden skal inneholde en beskrivelse av operasjonen, utstyr, kompetanse, samt en risikovurdering. Det er mulighet for å benytte forhåndsdefinerte risikoanalyser (RDRA), eller utarbeide egne risikoanalyser. Egne risikoanalyser må utarbeides etter SORA-metoden eventuelt annen godkjent modell.

Det må foreligge en godkjenning av søknaden, fra Luftfartstilsynet for å kunne fly.

De fire forhåndsdefinerte risikoanalysene som eksisterer, er lagt som vedlegg, se Vedlegg 2: Predefined risk assessment (PDRA).

Større, erfarne operatører kan benytte seg av autorisasjon for godkjenning av egne operasjoner. Dette er noe som regelverket åpner for. Her vil søknadsprosessen være mer krevende enn for en vanlig spesifikk-operasjon.

Etter å ha fått en autorisasjon, vil det innenfor gitte rammer, være mulighet for å godkjenne egne operasjoner. Her vil det kunne utarbeides og godkjenne egne SORA, og dermed fly. Alt uten ekstra godkjenning fra Luftfartstilsynet. For å kunne benytte seg av denne muligheten, stilles det strenge krav til dokumentasjon.

Følgende dokumentasjon skal innsendes:

- Søknadsskjema NF-1144.
- LUC manual, inkludert safety management manual SMM.
- Operasjonsmanual (OM).
- Specific operation risk assessment (SORA).
- Fartøyliste.
- Forsikringsbevis.

3.2.3.3 Kurs og eksamen

For underkategorien A1/A3 i åpen kategori, vil kurs inneholde grunnleggende informasjon for flygning av drone over 250 gram. Tema på nettkurs for flygning i A1, A2 og A3 er vist i Figur 25 og Figur 26.

Eksamen er bestått, når 30 av 40 spørsmål er riktige. For gjennomføring av eksamen er det 24 timer til rådighet, med ubegrensede antall forsøk.

Kurs og eksamen i denne kategorien gjennomføres på flydrone.no.

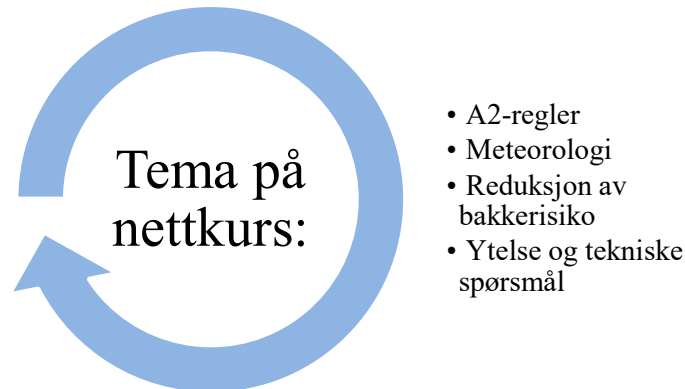


Figur 25: Tema i nettkurs for flygning i A1/A3.

Underkategorien A2 i åpen kategori, gjelder for flygning av drone mellom 500 gram og 2 kg, inntil 50 meter fra andre personer.

Eksamen innen A1/A3 må først være gjennomført, før A2-eksamen tas. Eksamen i A2 er bestått, når 23 av 30 spørsmål er riktige. Her er det en tidsbegrensning på 60 minutter for å gjennomføre eksamen. I tillegg til bestått eksamen innen A1/A3 og A2, må det gjennomføres praktisk trening på egen hånd, som må deklarerer når det er gjennomført. Deklareringen gjøres av Luftfartstilsynet.

Eksamen innenfor denne kategorien gjennomføres på trafikkstasjonen. Ved gjennomføring av eksamen, må det medbringes gyldig legitimasjon, betale et gebyr og oppgi fødselsnummer, evt. Identitetsnummer, D-nummer.



Figur 26: Tema i nettkurs for flygning i A2.

Ved gjennomføring av eksamen vil det utstedes et kompetansebevis, som viser at eksamen er bestått.

3.3 Byggtekniske inspeksjoner

Byggtekniske inspeksjoner utføres for å kontrollere tilstanden og for å opprettholde driftsegenskapene til bygninger, i tillegg gjennomføres de for å holde oversikten/kontrollen på prosessen over oppføring/bygging.

Inspeksjoner utføres frivillig. Grunnen for å gjennomføre inspeksjoner kan variere. Det kan gjøres etter eierskifte, byggets levetid er oversteget, eller ved at det oppdages avvik, eller det kan gjøres for å få en kontroll over blant annet fremtidige kostnader, kontrollere fremdriftsplan, o.l.

I hovedsak ved kontrollering av tilstanden gjøres det en samling av informasjon om den tilstanden en konstruksjon eller bygning har, teknisk sett, i øyeblikket inspeksjonen gjennomføres. En vurdering av denne informasjonen fastslår om det er et behov for å gjøre noe som helst, slik som rehabilitering eller gjenoppbygging.

Byggtekniske inspeksjoner kan blant annet være en kontroll av vegger, bjelker, søyler, tak, fundament, grunn, balkonger, trapper, o.l. Kontrollen kan avgjøre om komponentene blant annet er satt opp riktig, om det er noe som mangler, eller gi en generell fremdrift av byggingen.

Det er ulike måter å gjennomføre byggtekniske inspeksjoner på. Det vil gis en oversikt over ulike metoder, samt gjennomgang av inspeksjon ved bruk av drone i dag, og hvordan inspeksjoner med droner kan være i fremtiden.

3.3.1 Gjennomføring av inspeksjoner i dag

Først bør det gjøres en forberedende inspeksjon som går ut på å gjøre seg kjent med gjennomføringen av inspeksjonen, omfang, løsninger, hva som skal undersøkes, hvordan innhente data og analysere de, samt grunnlaget som er den tekniske dokumentasjonen.

Ved denne delen av inspeksjonen er det viktig å ha kontroll på hva det er som skal inspiseres, hvordan inspeksjonen skal gjennomføres, hvilken dokumentasjon som skal innhentes, krav til dokumentasjonen. Altså i hvilket omfang skal inspeksjonen være.

Så til visuell inspeksjon som foregår ved å ta en foreløpig vurdering, av den tekniske tilstanden til konstruksjoner/bygninger, ved å se etter åpenbare, ytre tegn for mulige avvik eller mangler. En fordel med denne typen inspeksjon er at data om tilstanden til konstruksjonen/bygning som blir undersøkt, vil være tilgjengelig umiddelbart. Denne typen inspeksjon bør utføres sammen med en detaljert inspeksjon, da det ikke er lett å oppdage feil og avvik som ikke kan ses.

Visuell befaring refererer til observasjon eller befaring med bruk av øyne eller ved bruk av drone gjennom øyeblikkelige bilder/video. Visuell befaring kan gjennomføres av konstruksjoner/bygninger under oppføring, rehabilitering eller for å kontrollere bygningens tilstand som ovennevnt.

I bunn og grunn er visuell befaring en synfaring uten at det foretas inngrep i byggverket eller konstruksjonen. Videre kan det forklares at visuell befaring er å undersøke/kontrollere det som lett kan ses, ofte beskrevet som å ta et «overblikk». Etter visuell inspeksjon, vil neste steg være å gjennomføre en detaljert inspeksjon.

En detaljert inspeksjon vil være nødvendig, dersom det ved visuell inspeksjon avdekkes betydelige skader og avvik, manglende mulighet for å undersøke områder fullt ut, få en mer detaljert oversikt, o.l. Her kan det gjøres undersøkelser både mekanisk og så på laboratoriet.

Mekanisk undersøkelse er en detaljert inspeksjon, som består i å benytte instrumenter/utstyr, den kan bestå i bruk av termokamera, utstyr for diagnose, for å oppdage temperaturforskjeller, som kan gjøres ved bruk av infrarøde bilder/video.

Annen byggt teknisk inspeksjon kan gjennomføres ved å ta prøver, for så å få de undersøkt på laboratoriet. Av de ulike metodene, vil denne være en veldig nøyaktig måte å inspiserer konstruksjoner/bygninger på. Denne typen vil mest sannsynlig være den metoden som det er tilknyttet mest kostnader mot, samt at denne krever en høyere intensitet tilknyttet arbeidsmengde. Valget av denne typen inspeksjon kommer av kompleksiteten og verdien til konstruksjoner/bygninger, som er noe større.

Den tekniske tilstanden og/eller fremdriften til konstruksjoner/bygninger vurderes etter inspeksjoner. Tilstanden til strukturen kan deles inn etter hva som er den forskriftsmessige tekniske tilstanden til så dårlig tilstand, at det må gjennomføres tiltak, for å bedre den. Fremdriften kan deles inn i tre områder: foran, på eller bak skjema.

Flere har i dag tatt i bruk droner ved byggt tekniske inspeksjoner som supplement til de ordinære inspeksjonene eller istedenfor dem.

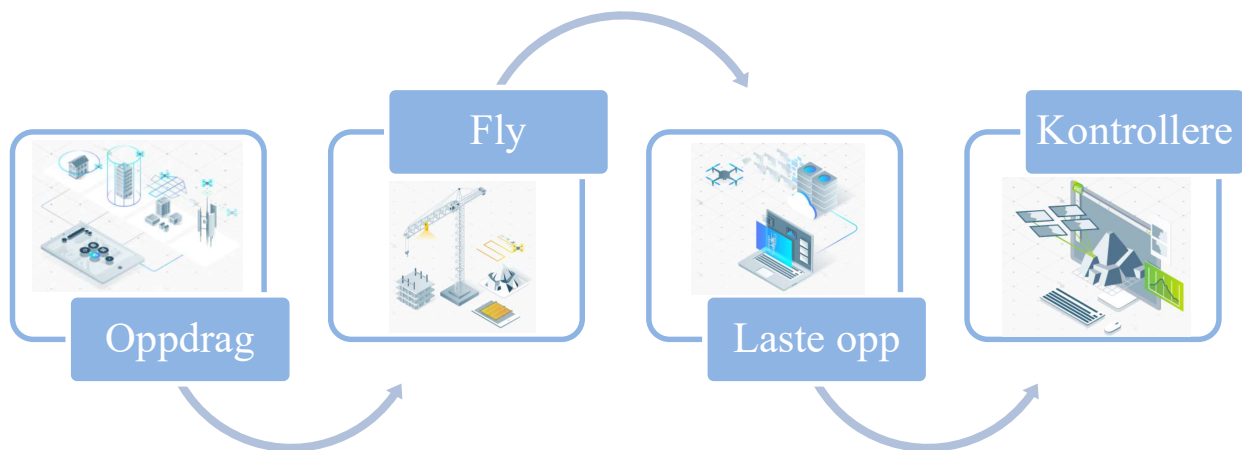
Ordinære inspeksjoner foregår i dag med fysisk visualisering og kontrollering ved bruk av håndholdte kamera og utstyr. Inspektøren må holde utstyret, og det benyttes flere ulike typer utstyr for de ulike områdene som inspiseres. I tillegg er det ved ordinære inspeksjoner ofte behov for annet tilleggsutstyr slik som lift, stige og verne- og sikkerhetsutstyr. Denne typen inspeksjoner krever også ofte flere personer for gjennomføring.

Utstyr som benyttes under ordinære inspeksjoner av bygninger er ofte kamera, termograferingsutstyr, tykkelsesmålingsutstyr, noteringsverktøy, stige, lift, stillas, sikkerhetsline, tomstokk eller annet måleverktøy og sikkerhetsutstyr, for å nevne noe.

3.3.2 Bruksområdet for droner ved byggteknisk inspeksjon

Bruksområdet for droner ved inspeksjoner i dag er mange. Flere bedrifter bruker og tilbyr tjenester hvor droner har erstattet ordinær inspeksjon og utstyr, hvor mennesker utførte oppgavene tidligere.

Ved gjennomføring av byggteknisk inspeksjoner ved bruk av droner kan det sies at det er disse stegene som gjennomføres:



Figur 27: Steg for gjennomføring av inspeksjoner (Pix4D).

1. **Oppdrag:** Definere og avgjøre hva som skal inspiseres. Stille inn flyplanen til dronen.
2. **Fly:** Gjennomføring av flygningen i henhold til planlagt flybane.
3. **Laste opp:** Overføre data fra gjennomført flygning over til programvare for videre behandling.
4. **Kontrollere:** Kontrollere dokumentasjonen fra dronen og videre bruk av den.

Det er viktig å huske på at ved operering av droner skal de til enhver tid være under oppsyn og innenfor rekkevidde, for å kunne ta over kontrollen og fly manuelt ved behov. Her er det også viktig å være informert og oppdatert på hvilket regelverk som gjelder og sikker bruk av dronen for å unngå skader på det som inspiseres, samt personer og dyr, o.l.

Bruksområde for droner ved byggteknisk inspeksjoner i dag, er:

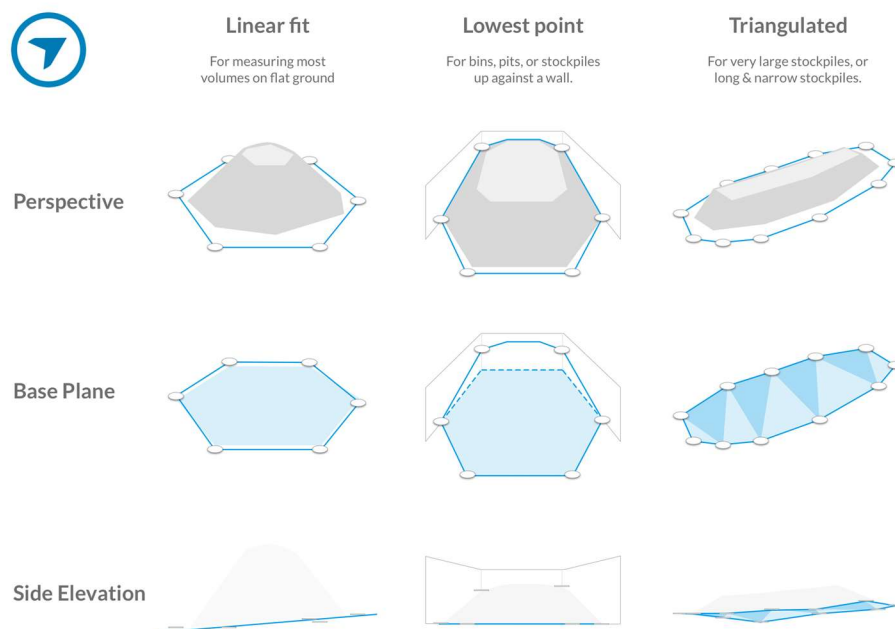
- **Visuell inspeksjon:** for å observere eller befare bygninger eller konstruksjoner. Slik inspeksjon gir indikasjoner for om det bør gjennomføres ytterligere inspeksjoner. Gjennomføring av denne typen inspeksjon ved droner er enkel og ikke så særlig tidkrevende.
- **Termografering:** kontrollere eller for å finne ut om det er varmetap i konstruksjon/bygningen. Altså viser termografering temperaturen på konstruksjonens/bygningens overflate.

Ved å utføre termografering vil det kunne kontrolleres om det er åpninger hvor det kan være brannspredning eller lydoverføring, varmetap som ovennevnt, o.l. Termografering kan brukes

i kombinasjon med trykktesting, noe som det ofte gjøres i dag.

Gjennomføring av termografering gjøres ved bruk av IR-kamera, som i bunn og grunn fanger opp stråling, infrarødt. Bildene som kameraet tar viser temperaturer, som er omgjort fra infrarøde stråler. De forskjellige fargene i bildene/videoene viser temperaturforskjellen. Desto lysere farge, desto varmere, kaldere farge tilsvarer kaldere temperaturer.

- **3D scanning:** eller enklere sagt kartlegging av konstruksjoner/bygninger/bygningsområder kan brukes for å lage nøyaktige 3D-modeller. Det har blitt mer og mer brukt og samtidig bedre over årene. Dronen har gjort det enklere å komme til hvor det ellers ville vært behov for lift, i tillegg til vandring på tak, o.l. Slik som det også har blitt ved termografering. Data fra scanning kan benyttes i tilknytning med BIM-modellering.
- **Tykkelsesmåling (UT):** Tykkelsesmåling gjennomføres på overflater. for å kunne avgjøre om konstruksjonsdeler er utført med rett tykkelse eller dimensjon. Målingene er $\pm 0,1$ mm avvik. ved bruk på droner for å kunne få nøyaktige målinger også med å ignorere belegg opp til flere millimeter. På grunn av at målingen gir mulighet for å ignorere belegg vil det gi en helt annen form for målinger. Tykkelsesmåling kan også benyttes for å avdekke korrosjon.
- **Volumberegning:** baseres på data fra terrengmodell. Bruk av termiske bildene fra dronen gjør denne volumberegningen enklere. Som igjen gir en bedre mulighet for å estimere ressurser for transport av masser til eller fra byggeplass. For å kunne utføre volummålinger vil det være behov for å definere et refesansepunkt som utgangspunkt. På flat bakke benyttes lineær passform, for masser mot en vegg benyttes laveste punkt, og for store masseansamlinger, eller lange og smale benyttes triangulert, passformene er vist i Figur 28. Denne typen volum beregning er rask, nøyaktig og kostnadseffektiv analysing av volum.



Figur 28: Referanseplan for masseberegning.

- **Landmåling/oppmåling:** ved bruk av droner er genialt, ettersom de fleste dronene i dag er utstyrt med GPS, slik at nøyaktig plassering i terreng oppgis. Droner kan samle inn store mengder med data regelmessig, og gjøre de tilgjengelig i kartdatabaser fort og enkelt. Dette kan gjøres enkelt ved punktskydata som vil bli beskrevet under 3.3.5.

- **Dokumentasjon:** fra gjennomført inspeksjon, utarbeides det en rapport, teknisk. Denne rapporten inneholder undersøkelsens data og resultater, i tillegg vil det foreligge både anbefalinger for å løse avvik, samt alternativer for utbedringer og/eller forsterkninger.

Det kan antas at det ikke er noen begrensninger for bruk av drone ved inspeksjoner. Her vil nok noen begrensninger være vanskeligheten for å finne mulig løsning ved bruk, med det menes dronens størrelse, trange, smale områder, værforhold, men det finnes nok løsninger og alternative gjennomføringer.

3.3.3 Krav til drone ved inspeksjoner

Bruk av droner ved byggt tekniske inspeksjoner, stilles det ingen ytterligere krav til dronen eller operatøren, enn de kravene som stilles i regelverket, forklart under 3.2.

Så lenge kravene i regelverket for flygning, produkt og operatør er opprettholdt, kan droner benyttes ved byggt tekniske inspeksjoner.

3.3.4 Gjennomføring av byggt tekniske inspeksjoner i fremtiden

Utviklingen for teknologien er stor. Droner har blitt tatt i bruk ved byggt teknisk inspeksjoner, det kan antas at det er flere områder som dette utstyret/verktøyet kan benyttes ved.

Droner kan muligens i fremtiden brukes ved:

- **Autonom dronedrift:** når dronedriften gjennomføres helt uten menneskelig innblanding.
- **Kvalitetskontroll.**
- **Lufttetthet og fuktsikrings kontroll.**
- **Sikkerhet mot naturpåkjenning - skred, flom, o.l.**
- **Kontrollering for helse- og miljøskadelige stoffer.**
- **Forurensning i grunnen.**
- **Kartlegge farlig avfall på bygninger/byggeplass.**
- **Konstruksjonssikkerhet.**
- **Sikkerhet ved brann.**
- **Energiberegning.**
- **HMS kontrollering:** Her vil personvern være en faktor, som kan være avgjørende for hvordan dette kan gjennomføres. Det er strenge lover og regler i Norge, for å ivareta personvernet. Mer om HMS i 3.4 Helse, miljø og sikkerhet - HMS.

Bruken av drone kan i fremtiden både gjøre det mulig for kontinuerlig kontrollering ved gjennomføring av prøver fra bygningsdeler, som vil kunne gi en bedre og større oversikt.

3.3.5 Programvare til dronen

Droner benyttes ved visuell inspeksjon, termografering, tykkelsesmåling, prøvetaking, scanning, for å nevne noe. Det vil derfor være behov for å ta i bruk programmer for å samle data, slik som bilder/video.

Flere droneleverandører har egne programmer som kan benyttes for å lage flyplan, samle og bearbeide data, slik som bilder og video for videre bruk. I tillegg er det flere andre som lager og utarbeider programvare. Programvareløsningene finnes i gratis versjoner og fullversjoner som kan være relativt kostbare. Programmene til dronene kan brukes både på smarttelefoner, iPad, nettbrett og datamaskiner.

Programvare til dronene er: WebODM, PIX4D, DroneMapper, DJI Terra, DroneDeploy og Metashape, bare for å nevne noen.

En programvare som er gratis og er et godt alternativ er

For å ta et eksempel kan det ses litt nærmere på programvare som er utviklet av PIX4D. For å nevne et av kartlegging og 3D modellerings programmene de har utviklet, kan det ses på:

- **PIX4Dmapper:** et fotogrammetriprogramvare for profesjonell dronekartlegging. Programvaren kan prosessere over tusen bilder til nøyaktige punktskyer, DSM og ortomosaikk. Bildene transformeres inn i digitale kart og 3D-modeller. Kvalitetsrapport for å kontrollere en forhåndsvisning av de genererte resultat, kalibrerte detaljer, og flere andre prosjektkvalitets indikasjoner. Det er mulighet for å måle distanser, områder og volum.

Sky-løsningen deres er:

- **PIX4Dcloud:** online plattform for blant annet dronekartlegging. Samle bilder ved bruk av PIX4Dcatch, viDoc RTK rover, droner, håndholdte kamera eller Pix4D CraneCamera. Generere nøyaktige og georefererte ortomosaikke, 3D meshing, punktsky og fasademodeller. Visualisering, overvåking og dokumentering av byggeplassens/konstruksjonens fremgang ved bruk av inuativt grensesnitt, tidslinje, innebygde måleverktøy, tilgjengelig online fra enhver enhet, fra en samarbeidende skybasert plattform. Kan genereres videre til tredjepart som CAD og BIM-programvare for videre utvikling.

En av applikasjonene for å ta imot data er:

- **PIX4Dscan:** profesjonell drone flyapp for optimale inspeksjonsdata. Lag et forhåndsplanlagt oppdrag på iOS- eller Android-enhet. Det finnes innebygde flyplaner for vertikale og horisontale strukturer. Mulighet for sporing av fremdrift til oppdrag med kartvisning eller live kameravisning. Telemetridata av høyde, hastighet og gimbal-pitch som bare er noe av informasjonen som gis. Bilder lastes opp til PIX4Dinspect for å lage nøyaktige og enkle inspeksjons 2D- og 3D-modeller.

Til slutt en liten gjennomgang av deres digitale oppmålingsprogram, som er:

- **PIX4Dsurvey:** Minske mellomrommet mellom fotogrammetri og dataassistert konstruksjon (CAD). Ta bilder eller punktsky med drone. Kombiner ulike datasett i samme prosjekt, både billedata og LiDAR punkt sky. Åpne de enkle, nøyaktige data i hvilken som helst CAD- eller GIS-programvare med tilplasset lag og egenskaper.

I tillegg til de ovennevnte områdene må inspeksjons-programvaren nevnes:

- **PIX4Dinspect:** Automatisert industriell inspeksjon og ressursstyring, som fungerer sammen med PIX4Dscan. Last opp drone-bilder og spar tid med automatisk prosessering. Data blir

automatisk transformert til nøyaktige og inspeksjonsklare 3D-modeller som nevnt i PIX4Dscan. Kan generere automatisk dokumentasjon/rapport, som lett kan deles videre.

PIX4D har i tillegg en gratis tilleggsapp som heter PIX4Dcapture. Appen kan brukes for å lage en flyplan for dronen. Denne flyplanen gjør at dronen har en bane den skal fly, som nevnt tidligere kan gjøre at det oppnås en progresjonsoversikt. I programmet kan flybanen stilles inn med en valgt hastighet og høyde for hvor bildene skal tas. Denne appen fungerer sammen med en rekke ulike droner.

I Tabell 3 gis det prisforslag for noen av programmene fra PIX4D. For andre prisforslag for sammensetning av programvare og/eller for et spesifikt tidsaspekt må det tas kontakt med PIX4D, slik at de kan sette opp et pristilbud.

Tabell 3: Prisforslag fra PIX4D.

PROGRAMVARE	MÅNEDLIG LISENS (startpris)	UTDANNING OG OPPLÆRING	
		ÅRLIG LISENS	EN GANGS PRIS (varig lisens)
PIX4Dcloud	141 EUR 1 440 NOK	680 EUR 6 946 NOK	
PIX4Dmapper	216 EUR 2 206 NOK		1 500 EUR 15 324 NOK
PIX4Dsurvey	149 EUR 1 522 NOK	699 EUR 7 140 NOK	

PAKKER			
PROGRAMVARE	MÅNEDLIG LISENS (startpris)	ÅRLIG LISENS	EN GANGS PRIS (varig lisens)
PIX4Dmapper + PIX4Dcloud (avansert)	332 EUR 3 391 NOK		
PIX4Dmapper + PIX4Dcloud	290 EUR 2 962 NOK		
PIX4Dmatic + PIX4Dsurvey		3 490 EUR 35 647 NOK	5 990 EUR 61 182 NOK

De ekstra egenskapene i PIX4Dcloud (avansert) sett opp mot PIX4Dcloud er:

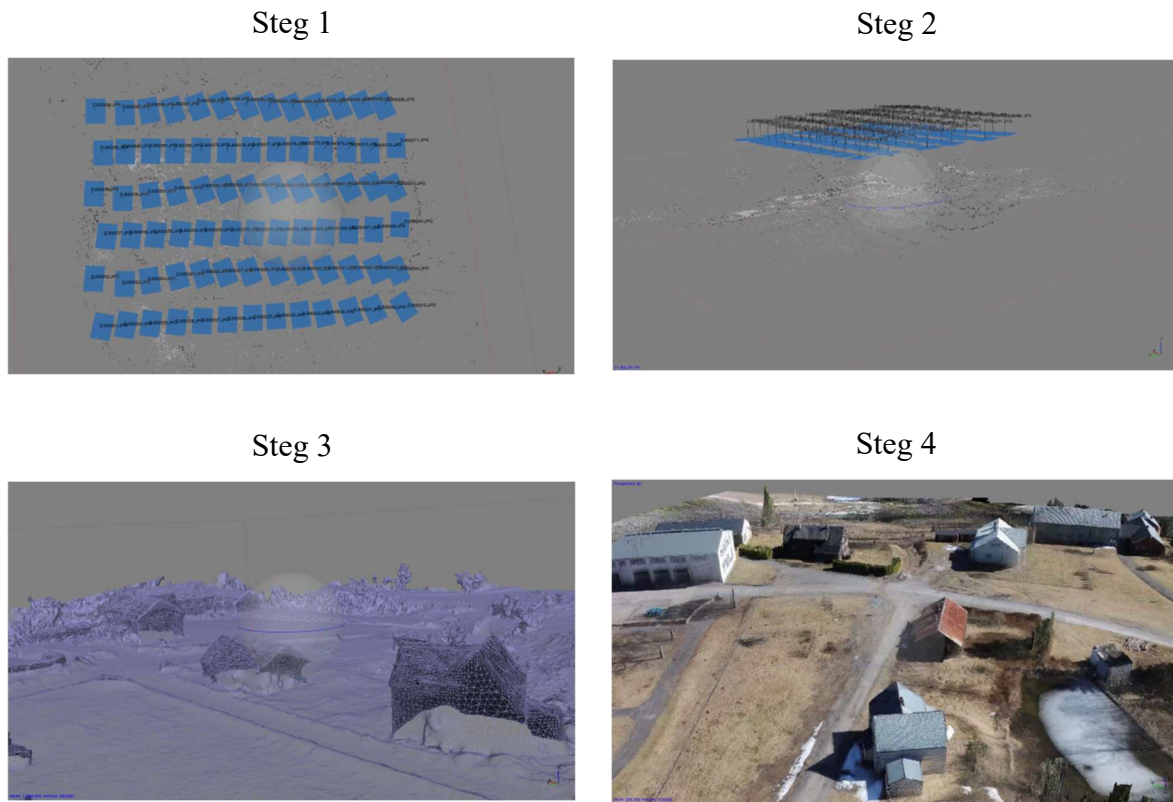
- Spor og dokumenter byggeplass/konstruksjon med visuell tidslinje.
- Øk nøyaktigheten med AutoGCP-er.
- Sammenligning av volum over tid.
- Overlegg designplaner og kart.
- Sammenligning av to bildekart for å se endringer.

For å se på et annet program, kan det tas utgangspunkt i programvare utviklet av Agisoft.

- **Metashape:** prosessering av digitale bilder og generere 3D-rom-data, raskt og nøyaktig. I hovedsak etableres en 3D-modell ut ifra følgende steg: steg 1 er å plassere bildene i rekkefølge (rutenett), steg 2 er analysing av figurens overflate (punktsky), steg 3 innebærer å lage linjer mellom tre og tre av punktene i punktskyen, siste steg, 4, er å generere tekstur, slik

at bildene blir mer realistiske.

Alle de fire stegene for 3D-modell er vist i Figur 29.



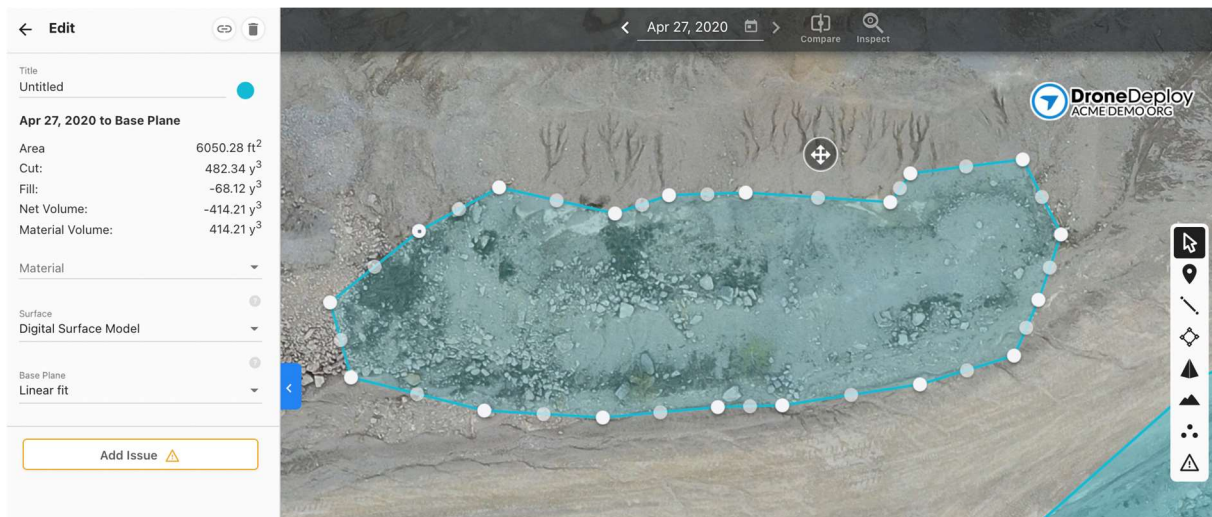
Figur 29: Stegene for å lage 3D-modell (Arnesen, 2015).

Metashape programvaren er best å benytte sammen med annen programvare, ettersom dette er programvare for å sette sammen dokumentasjonen fra dronen. Det vil i tillegg være behov for å ha programvare som kan lage flyplan og operere dronen.

Det finnes en standardversjon og profesjonellversjon av Metashape. Den profesjonelle versjonen gir tilgang til flere funksjoner enn standardversjonen, for å nevne noe vil det med fullversjonen være mulighet for:

- Oppdragsplanlegging for komplekse områder.
- 4D-modelering for dynamiske scener.
- Agiosoft Viewer.
- Skybehandling.
- Nettverksbehandling.
- Målinger og analyser.

En annen programvare som er bra til volumberegning er DroneDeploy, vist i Figur 30.



Figur 30: Måling av volum på et valgt område (DroneDeploy).

Programvaren DroneDeploy viser hvordan masseberegning fra dronebilder/video utføres, denne volumberegningen i dette programmet kan også utføres fra kartdata. Området som skal kontrolleres markeres, her er det viktig å definere hvilken høyde som er utgangspunkt (referanseplan). Som vist i Figur 28. Denne typen volumberegning kan utføres manuelt.

3.4 Helse, miljø og sikkerhet - HMS

Helse, miljø og sikkerhet, videre kalt HMS, omhandler arbeidshelse, både fysisk og psykisk, ytre miljøforhold - eksempler er utslipp og avfall, og beskyttelse av mennesker, dyr og miljøet, utstyr og informasjon. HMS er viktig for å sikre miljøet, og samtidig skape trygghet.

Ved utførelse av byggteknisk inspeksjoner er HMS et veldig viktig aspekt. Hensikten med HMS under inspeksjonen, er at de som utfører arbeidet skal kunne gjøre det på en sikker måte, i tillegg til at de som ferdes i området, skal ha det sikkert og at det tas vare på miljøet.

Byggtekniske inspeksjoner hvor arbeid kan være spesielt risikofylt, kan være inspeksjoner i høyder eller på ujevne underlag. Det kan også være i tilknytning til bruk av utstyr, som stillas, lift, kran, drone o.l. God HMS, oppnås ved god og nødvendig opplæring, tilstrekkelig og tilgjengelig informasjon, god kommunikasjon og utveksling av erfaringer.

Ved alt arbeid, enten ved bruk av utstyr som lift, eller drone, bør personene som arbeider eller opererer utstyret, ha tilstrekkelig verneutstyr, for egen sikkerhet. Nødvendig opplæring ved bruk av utstyr og gjennomføring av arbeid, er viktig for å oppnå et sikkert arbeidsmiljø. Ved manglende opplæring kan uønskede hendelser oppstå. Andre forhold som kan skape uønskede hendelser er mangelfulle HMS-rutiner, rot eller uoversiktlig arbeidsplass, klima, o.l.

3.4.1 HMS i ordinær inspeksjon

Ved inspeksjoner av bygninger kan det være mye å ta hensyn til og ekstra å tenke på, gjerne ved benyttelse av utstyr, som for eksempel lift og stillas, ved inspeksjon av tak og fasade. Ordinær inspeksjon utføres i dag av personell på eller utenfor en byggeplass, bygning eller konstruksjon.

Inspeksjonene gjennomføres ofte ved bruk av utstyr som stillas, stiger, lifter og sikkerhetsseiler for tilkomst og tilgang i høyder, slik som ulike etasjer, fasader, tak, o.l. Her vil plassering og bruk av

utstyret, være viktig aspekter opp mot HMS, for de som arbeider med utstyret, i tillegg til de som beveger og oppholder seg på bakken, i området hvor arbeidet foregår. Ofte er det også behov for ytterligere avsperring av disse områdene under inspeksjonen, ved bruk av bånd, kjegler, skilt eller personell, for å sikre mot fallskader, o.l.

De tilfeller hvor inspeksjonen utføres på en byggeplass som er avsperrert og sikret i form av byggegjerder for eksempel, stilles det krav om personlig verneutstyr som hjelm, vernesko, synlighetsklær, med mer.

Ved inspeksjon utenfor avsperrert og sikret område, vil kravene variere noe. For eksempel ved inspeksjon av en fasade på en bygning i drift eller et rehabiliteringsprosjekt hvor bygningen benyttes som kontorer eller beboelse, vil det ofte ikke være behov for vernesko eller briller. De som gjennomfører inspeksjonen, bør likevel ha på synlighetsklær og hjelm. Her vil ofte en refleksvest være tilfredsstillende som synlighet.

Bygningens bruk vil i mange tilfeller være avgjørende for det sikkerhetsutstyret som er påkrevd under inspeksjoner. Mange lagerbygninger eller arbeidsområder rundt bygninger krever at personell som oppholder seg i området benytter utstyr som vernesko, synlighetsklær, briller, hjelm, o.l.

3.4.2 HMS i drone inspeksjon

Ved bruk av drone er det viktig å tenke HMS. Det er viktig å huske på at flygning av drone skal skje på en hensynsfull måte, slik at personer, dyr, miljøet og utstyr ikke utsettes for skade. Dronen skal heller ikke være til sjenanse for andre. Her bør det som ovennevnt være tydelig merking under arbeidet, hvor avsperrerte områder er.

Ved droneinspeksjon er ofte operatøren plassert på et område og opererer dronen derfra. Droneinspeksjoner på en avsperrert og sikret byggeplass/bygning gjennomføres derfor på samme måte som om byggeplassen/bygningen ikke var avsperrert og sikret. Forskjellen for operatøren er om den må benytte verneutstyr eller ikke. Operatøren bør alltid benytte synlighetsklær og hjelm, for egen sikkerhet. Dersom operatøren skal utføre inspeksjonen fra innsiden av et avsperrert og sikret område, vil de samme kravene som stilles ved ordinær inspeksjon gjelde, hvor kravet til personlig verneutstyr gjelder.

Ved droneinspeksjon er det tilstrekkelig med kun selve dronen som utstyr, og det vil som regel ikke være behov for noe annet utstyr på områder som ikke særskilt krever dette. Bygningens bruk vil i mange tilfeller være avgjørende for om operatøren må benytte sikkerhetsutstyr, som ved inspeksjoner av lagerbygninger eller arbeidsområder rundt bygninger hvor det stilles krav til at personell som oppholder seg i området benytter utstyr som vernesko, synlighetsklær, briller, hjelm, o.l.

Utstyr som kan være nyttig ved gjennomføring av inspeksjoner ved bruk av droner er personlig verneutstyr, som hjelm og synlighetsklær, som vest. I tillegg kan det være behov for skilt og bånd/kjegler på bakken for å sperre av område, slik at ingen beveger seg unødvendig under dronen, og at ferdsel i umiddelbar nærhet begrenses/unngås. Informasjon om flygningen er viktig, slik at de som oppholder seg i området, er informert.

3.4.3 Personvern

Ved bruk av kamera på byggeplass eller i nærheten av mennesker må det tas hensyn til loven om personvern. Siden mange droner er utstyrt med kamera er det en del hensyn som må tas ved bruk av disse. Flygning med droner utstyrt med kamera er ikke regulert med et eget regelverk for personvern,

så flygning med droner som er utstyrt med kamera reguleres i henhold til personvernregelverket. Derfor skal personvernregelverket følges og eventuelle data som samles inn skal håndteres i henhold til lover om personopplysninger. Mer spesifikt gjelder den for «All bruk av personopplysninger, slik som innsamling, registrering, sammenstilling, lagring og utlevering, eller en kombinasjon av slike bruksmåter.»

Anbefalingen fra datatilsynet er å minimere innsamlingen av informasjon som film og bilder hvor mennesker eller andre objekter kan identifiseres. Det er anbefalt å vurdere muligheten for å fly droner hvor det ikke oppholder seg mennesker, eller i tidsrom når det ikke oppholder seg mennesker i området. Må dette gjøres er det opplyst om muligheten for å endre på bilder og video når de lastes inn i ulike programmer, hvor personer eller personopplysninger enkelt kan sladde ut eller gjøre uklar. Viktig å informere alle i området at det skal benyttes drone i det gitte tidsrommet, synlighet når dronen flys. Bilder eller informasjon fra dronen skal ikke benyttes til andre formål, enn hva den var tiltenkt for i utgangspunktet. Informasjonen må sikres på en trygg og god måte. Hvis informasjonen samles inn i samarbeid med en kunde eller oppdragsgiver, er det viktig å ha tydelige retningslinjer og avtaler på hvem det er som eier informasjonen, samt hvem som skal og trenger å ha tilgang til informasjonen (Datatilsynet).

Del 4:

**Resultat - byggteknisk
inspeksjoner ved bruk av
drone**

4 Resultat - presentasjon av data fra intervjuer og feltstudie

Resultatkapittelet er basert på teorien i del 3, data fra intervjuer og feltstudie. Resultatene vil presentere bruksområdet for drone ved byggt teknisk inspeksjon, samt fordeler/ulempes og videre utvikling for bruk av droner.

4.1 Presentasjon av bruksområde for drone ved byggt teknisk inspeksjon

Her vil det gis en presentasjon av dronens bruksområde ved byggt teknisk inspeksjon. Det finnes i dag mange byggt tekniske inspeksjoner som gjøres ved bruk av droner. Under vil det gis en presentasjon av ulike områder.

Innenfor alle byggt tekniske droneinspeksjoner vil det være en stor fordel at dronebruk bidrar til at bransjen blir mer teknologisk. Teknologi fører til bedre kontroll, lavere kostnader, arbeidsoppgaver går fortere, bedre tilgjengelighet av informasjon, o.l. Mye av arbeidet i dag gjøres ved hjelp av teknologi som, digitale verktøy og programvarer.

4.1.1 Visuell inspeksjon

Det viser seg å være noen bedrifter som benytter droner ved gjennomføring av visuell befarings. Dette i sammenheng med oppføring av bygninger, samt kontrollering av tilstanden til konstruksjoner/bygninger.



Figur 31: Visuell inspeksjon av tak ved bruk av drone (Frantzen, 2021).

Figur 31 viser et bilde fra en visuell inspeksjon av tak ved bruk av drone. Her vises det tydelig at takkonstruksjonen har behov for utbedringer, særlig en takstein som har blitt forskjøvet, men også sammenkomst av mose. Slik inspeksjon ville vært vanskelig å komme til uten bruk av for eksempelvis lift eller stige. I stedet kan det enkelt bli inspisert ved bruk av drone på bare noen minutter.

Visuell befarings er mest brukt på utvendige inspeksjoner, da innvendige inspeksjoner har vist seg å være en del mer krevende, på grunn av manglende GPS-signal. Slike utvendige inspeksjoner er lett å komme i gang med, da droner er relativt enkle å sette opp og operere.

Etter visuell befarings med drone, vil dokumentasjonen være både lett tilgjengelig og en tydelig fremvisning av konstruksjonen/bygningen som blir kontrollert.

Bakgrunnen for at visuell inspeksjon med drone er et godt alternativ er at dronen er enkel å frakte med seg, medfører lavere kostnader, dokumentasjonen etterpå er raskt tilgjengelig og godt grunnlag for videre arbeid.

Avgjørende faktorer ved visuell inspeksjon med droner er:

Dokumentasjon: Spesifikasjonen til kameraet vil avgjøre hvor god dokumentasjonen blir. Her vil oppløsning, brennvidde og stabilisering være avgjørende for kvaliteten.

Forutsigbarhet: Ved å benytte en drone som er lett å ta med, og krever kun én operatør, vil gjennomføringen av inspeksjonen være mer forutsigbar enn ved å ta med lift/stige/sikkerhetsline.

Hva skal kontrollers/inspiseres: Det må foretas en gjennomgang på hva som skal kontrolleres eller inspiseres. Kanskje noen steder er vanskelig å komme til, og da må en kanskje se på om dronens størrelse er en begrensning.

Kostnader: Kostnadene for en drone kan variere. Det finnes gode droner som ikke er så kostbare, i tillegg vil det kunne medføre kostnader dersom det velges en programvare som ikke er gratis, samt kostnader sett opp mot kurs og eksamen ved behov.

Personvern: viktig at det opprettholdes, da det er et strengt regelverk rundt personers personvern. Her må det tas hensyn til at det kan være personer i eller rundt konstruksjonen/bygningen som må vernes, dette kan gjøres ved å gjennomføre inspeksjonen når bygget ikke er i bruk eller på et tidspunkt som en vet at det ikke oppholder seg folk i området. Sladding av personer i bilder/video kan også være en mulighet.

Programvare: riktig programvare for bearbeiding av data fra dronen.

Ønsket effekt ved visuell inspeksjon med droner er:

Dokumentasjon: bedre dokumentasjon, som er raskere tilgjengelig og klar til videre bruk.

Fleksibilitet: gjennomføringen blir mer fleksibel, ettersom det ikke kreves så mange personer under gjennomføring av inspeksjonen, samt at det ikke er behov for så stort og mye utstyr.

HMS: forbedret HMS for de som arbeider og oppholder seg i området. Ikke behov for å gå på konstruksjoner slik som tak, eller gå i stiger.

Kostander: lavere kostnader da det ikke kreves utstyr som lift/stige, færre personer for å utføre arbeidet.

Tidsbesparende: kortere tid for å få utstyret klart til inspeksjonen, i tillegg til at gjennomføringen tar kortere tid, siden det ikke er behov for å flytte utstyret som lift eller stige. Dersom en person skulle gått rundt og dokumentert med bilder/video ville det tatt lengre tid.

Tilgjengelighet: lettere å komme til på høye konstruksjoner uten bruk av lift/trapp, vil også bidra til bedre HMS og lavere kostnader.

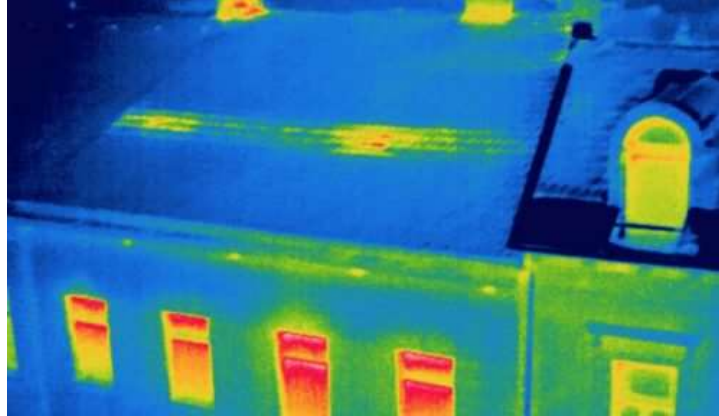
Negative aspekter ved visuell inspeksjon med droner er:

Signal: Tap av signal ved innvendig flygning.

Personvern: tidkrevende for sladding av personer i bilder/video eller ved å skulle unngå å fange opp personer på bilder/video.

4.1.2 Termografering

I dag er det en del droner som har IR-kamera som standardutstyr. Kameraene har relativt god kvalitet, samtidig som dronene ikke er svært kostbare. Dronenes størrelse kan variere. I noen tilfeller vil det være behov for en mindre drone for å komme til. I andre tilfeller kan det være behov for en litt mer robust drone.



Figur 32: Viser varmetap i bygning, bildet er tatt med drone (Overfly).

Figur 32 viser et bilde tatt med IR-kamera fra en drone. Bilde viser utvendig fasade: tak og vegg. Ut ifra Figur 32 kan en se at det er en del varmetap langs taket (gult/grønt område). I tillegg vises det at skorstein og vinduer avgir varme. Bildet som er vist i Figur 32 kalles termogram.

Termografering ved bruk av drone fungerer ganske bra, som vist i Figur 32. Kvaliteten på bildene/videoene fra kameraene kan fortsatt bli enda bedre, samt at muligheten for å kunne utføre termografering innendørs ved bruk av drone, uten å miste kontakten, bør kunne gjøres tilnærmet 100 % sikkert. Forstyrrelser og signaltap kan føre til at dronen ikke operer som den skal.

Avgjørende faktorer ved termografering med droner er:

Dokumentasjon: god IR-sensor eller -kamera er viktig for at dokumentasjon skal bli bra.

Kostnader: Kostnadene for en drone kan variere. Det finnes gode droner som ikke er så kostbare, i tillegg vil det kunne medføre kostnader dersom det velges en programvare som ikke er gratis, samt kostnader sett opp mot kurs og eksamen ved behov.

Mest optimale forhold: For å oppnå best mulige målinger, anbefales det å gjennomføre målinger når det er kaldt, da ofte om vinteren. Eller i alle fall gjennomføre målingene når det enten er kaldt ute og det er varmere innendørs, eller når det er varmere utendørs og klimaanlegget står på kjøling innendørs.

Personvern: viktig at det opprettholdes, da det er et strengt regelverk rundt personers personvern. Her må det tas hensyn til at det kan være personer i eller rundt konstruksjonen/bygningen som må vernes, dette kan gjøres ved å gjennomføre inspeksjonen når bygget ikke er i bruk eller på et tidspunkt som en vet at det ikke oppholder seg folk i området. Sladding av personer i bilder/video kan også være en mulighet.

Programvare: riktig programvare for bearbeiding av data fra dronen.

Ønsket effekt ved termografering med droner er:

I hovedsak vil mye av de effektene som er ønsket ved visuell droneinspeksjon være gjeldende ved termografering med droner, slik som:

Dokumentasjon: bedre dokumentasjon, som er raskere tilgjengelig og klar til videre bruk.

Fleksibilitet: gjennomføringen blir mer fleksibel, ettersom det ikke kreves så mange for å gjennomføre inspeksjonen, samt at det ikke er behov for så stort og mye utstyr.

HMS: forbedret HMS for de som arbeider og oppholder seg i området. Ikke behov for å gå på konstruksjoner slik som tak, eller gå i stiger.

Kostander: lavere kostnader da det ikke kreves utstyr som lift/stige, færre personer for å utføre arbeidet.

Tidsbesparende: kortere tid for å få utstyret klart til inspeksjonen, i tillegg til at gjennomføringen tar kortere tid, siden det ikke er behov for å flytte utstyret som lift eller stige. Dersom en person skulle gått rundt og dokumentert med bilder/video ville det tatt lengre tid.

Tilgjengelighet: lettere å komme til på høye konstruksjoner uten bruk av lift/trapp, vil også bidra til bedre HMS og lavere kostnader.

Negative aspekter ved termografering med droner er:

Signal: Tap av signal ved innvendig flygning.

Personvern: tidkrevende for sladding av personer i bilder/video eller ved å skulle unngå å fange opp personer på bilder/video.

4.1.3 Scanning

Scanning av byggeområder, bygninger eller konstruksjoner kan enkelt og raskt gjøres ved bruk av droner. Droner benyttes for å kunne dokumentere både prosjektområdet og prosjektobjekter. Det vil være varierende dokumentasjonen fra drone scanning, alt etter hvor gode kamera og hvor nært dronen kan fly.



Figur 33: 3D-scanning av bygninger (Active Drone solution).

Figur 33 viser dokumentasjon som er etablert etter en scanning med drone. Dokumentasjonen er relativt detaljert, og området omhandler flere bygninger.

Avgjørende faktorer ved scanning med droner er:

Hva skal scannes: det må være en gjennomgang over hvor detaljert og hvor stort område som skal scannes.

Kostnader: Kostnadene for en drone kan variere. Det finnes gode droner som ikke er så kostbare, i tillegg vil det kunne medføre kostnader dersom det velges en programvare som ikke er gratis, samt kostnader sett opp mot kurs og eksamen ved behov.

Personvern: viktig at det opprettholdes, da det er et strengt regelverk rundt personers personvern. Her må det tas hensyn til at det kan være personer i eller rundt konstruksjonen/bygningen som må vernes, dette kan gjøres ved å gjennomføre inspeksjonen når bygget ikke er i bruk eller på et tidspunkt som en vet at det ikke oppholder seg folk i området. Sladding av personer i bilder/video kan også være en mulighet.

Programvare: riktig programvare for bearbeiding av data fra dronen.

Ønsket effekt ved scanning med droner er:

I hovedsak vil mye av de effektene som er ønsket ved visuell droneinspeksjon være gjeldende ved termografering med droner, slik som:

Dokumentasjon: bedre dokumentasjon, som er raskere tilgjengelig og klar til videre bruk.

Fleksibilitet: gjennomføringen blir mer fleksibel, ettersom det ikke kreves så mange for å gjennomføre inspeksjonen, samt at det ikke er behov for så stort og mye utstyr.

HMS: forbedret HMS for de som arbeider og oppholder seg i området.

Negative aspekter ved scanning med droner er:

Signal: Tap av signal ved innvendig flygning.

Personvern: tidkrevende for sladding av personer i bilder/video eller ved å skulle unngå å fange opp personer på bilder/video.

4.1.4 Tykkelsesmåling

Tykkelsesmåling med bruk av spesialbygde sensorer som enkelt kan se bort ifra belegg (ved behov) for å kunne måle tykkelse og dimensjoner for å nevne noe.

Denne typen målinger er ikke tatt så mye i bruk innenfor bygg- og anleggsbransjen enda, men det er flere og flere som ser nytten av denne målingen, og dermed denne måten å gjennomføre målingen på. Disse målingene kan benyttes for å kontrollere dimensjoner på konstruksjoner/bygningsdeler ved bygging eller ved rehabilitering. I tillegg kan slike målingen brukes for å oppdages korrosjon i metaller.

Avgjørende faktorer ved tykkelsesmåling med droner er:

Dokumentasjon: Spesifikasjonen til kameraet vil avgjøre hvor god dokumentasjonen blir. Her vil oppløsning, brennvidde og stabilisering være avgjørende for kvaliteten.

Kompatibilitet: dronen må kunne kobles sammen med sensoren for målingen.

Kostnader: Kostnadene for en drone kan variere. Det finnes gode droner som ikke er så kostbare, i tillegg vil det kunne medføre kostnader dersom det velges en programvare som ikke er gratis, samt kostnader sett opp mot kurs og eksamen ved behov.

Løftekapasitet: mulighet for at dronen kan løfte gjenstander/utstyr.

Programvare: riktig programvare for bearbeiding av data fra dronen.

Ønsket effekt ved tykkelsesmåling med droner er:

Dokumentasjon: bedre dokumentasjon, som er raskere tilgjengelig og klar til videre bruk.

Kostander: lavere kostnader da det ikke kreves mye utstyr, færre personer for å utføre arbeidet.

Tidsbesparende: gjennom-føringen tar kortere tid, siden det ikke er behov for mye utstyr. Dersom en person skulle gått rundt og dokumentert med bilder/video ville det tatt lengre tid.

Negative aspekter ved tykkelsesmåling med droner er:

Signal: Tap av signal ved innvendig flygning.

4.1.5 Volumberegning

I dag er det ikke så mange som har tatt i bruk volumberegning i bygg- og anleggsbransjen. Volumberegning kan tas fra bilder eller video tatt med drone, i tillegg kan kartbilder benyttes. Bildene/videoene/kart overføres til programvare for enkelt å beregne volumet, slik beregning kan foretas for hånd, men det er mer tidkrevende. Dokumentasjonsgrunnlaget må være av god kvalitet, for å oppnå så nøyaktige beregninger som mulig.

I dag kan de fleste kameraene på dronene gi dokumentasjon som kan benyttes til volumberegning som vist i Figur 30. Denne måten å beregning volum på å fungere bra og har vist å være veldig nøyaktig.

Avgjørende faktorer ved volumberegning med droner er:

Dokumentasjon: Spesifikasjonen til kameraet vil avgjøre hvor god dokumentasjonen blir. Her vil oppløsning, brennvidde og stabilisering være avgjørende for kvaliteten.

Kostnader: Kostnadene for en drone kan variere. Det finnes gode droner som ikke er så kostbare, i tillegg vil det kunne medføre kostnader dersom det velges en programvare som ikke er gratis, samt kostnader sett opp mot kurs og eksamen ved behov.

Programvare: riktig programvare for bearbeiding av data fra dronen.

Ønsket effekt ved volumberegning med droner er:

Dokumentasjon: bedre dokumentasjon, som er raskere tilgjengelig og klar til videre bruk.

Kostander: lavere kostnader da det ikke kreves mye utstyr, færre personer for å utføre arbeidet.

Tidsbesparende: gjennom-føringen tar kortere tid, siden det ikke er behov for mye utstyr. Dersom en person skulle gått rundt og dokumentert med bilder/video ville det tatt lengre tid.

Negative aspekter ved volumberegning med droner er:

Signal: Tap av signal ved innvendig flygning.

Personvern: tidkrevende for sladding av personer i bilder/video eller ved å skulle unngå å få personer med.

4.2 Presentasjon av resultater fra intervjuer tilknyttet bruk av droner

Dette kapitlet vil være en presentasjon av resultatene fra intervjuene tilknyttet bruk av drone. Sammenstilling av resultatene vil gjøre prosessen enklere, og dermed gi leserne en bedre oversikt.

Resultatene tar utgangspunkt i tilbakemeldingene fra personene som har hatt anledning til å avgi svar, i tillegg til gjennomføringen av feltstudiet.

4.2.1 Gjennomføring av byggt tekniske inspeksjoner ved bruk av droner

Resultatet fra intervju viser at det er varierende bruk av droner ved byggt tekniske inspeksjoner for de ulike bedriftene. For de ulike bedriftene benyttes drone ved inspeksjon av utvendig fasader og tak. Ellers er det variasjon for hva dronen foreløpig blir benyttet til.

Fullstendig oversikt over bruken til droner er vist i Tabell 4.

Tabell 4: Gjennomføring av byggt tekniske inspeksjoner ved bruk av droner, hvilke?

HENT	STATSBYGG
Byggt tekniske inspeksjoner av fasade, tak og elementer monter på taket.	Byggt tekniske inspeksjon av tak, fasade, samt av installasjoner, som pipe, lynavledere, o.l., i tillegg til ad-hoc oppgaver.

4.2.2 Andre byggt tekniske inspeksjoner ved bruk av droner

Felles for bedriftene er at de gjennomfører byggt teknisk inspeksjon ved bruk av drone på fasader og tak. Nedenfor er områder innenfor byggt teknisk inspeksjon hvor bedriftene mener droner kan benyttes, men som de ikke bruker droner til i dag.

Tabell 5: Andre byggt tekniske inspeksjoner ved bruk av droner.

HENT	STATSBYGG
	AI.
Logistikk og drift.	Autonom dronedrift.
Masseutskifting.	Termografering.
Scanne til BIM.	Maskinlæring.
3D-modellering.	3D-modellering.

De mest sentrale funnene for andre byggt tekniske inspeksjoner ved bruk av droner er:

- 3D-modellering.

4.2.3 Ressurser som brukes på droneinspeksjon i dag

Spørsmålet om hvilke ressurser som benyttes for droneinspeksjoner i dag, var nok et litt for komplekst spørsmål. Ettersom dette ikke er informasjon som alle i bedriften sitter med. Det kan antas at det i all hovedsak er de som styrer bedriftene som har den fulle kontrollen på hvor store og/eller hvilke ressurser som benyttes på de ulike fagområdene, slik som droneinspeksjon.

Med utgangspunkt i tilbakemeldingen fra personene som har hatt anledning til å avgi svar, kan det antas at bedriftene bruker en del ressurser på droner. Det oppgis blant annet at det brukes tid på kursing og eksamen, samt flygingen og innhenting, samt sammenstilling av dokumentasjon før og etter flygning. Det nevnes også at det brukes tid på å lære seg å benytte programvare og se på videre bruk av dronen.

Det er i alle fall en ting som er sikkert, det benyttes ulike ressurser, som kostnader, tid og personell, o.l. på inspeksjon ved bruk av droner, noe som kan varieres ut fra størrelse og kompetanse i bedriftene.

4.2.4 Positive effekter som kan oppnås ved bruk av droner

Bedriftene har sett ulike positive effekter ved bruk av droner opp mot byggtekniske inspeksjoner. En grunn kan være at de har benyttet dronen innenfor ulike områder og har benyttet andre ressurser på det området, dette vil bli gjennomgått i 5.3.

Tabell 6: Positive effekter som oppnås ved bruk av droner.

HENT	STATSBYGG
	Dokumentasjon.
Kontroll over fremdriften.	Effektivitet.
Store kontroller med få ressurser.	Fleksibilitet.
Totaloversikt over bygget og tilstand.	HMS.
Kostnadsbesparelse.	Kostnadsbesparelse.
Tidsbesparelse.	Tidsbesparelse.

De mest sentrale positive effektene ved dronebruk er:

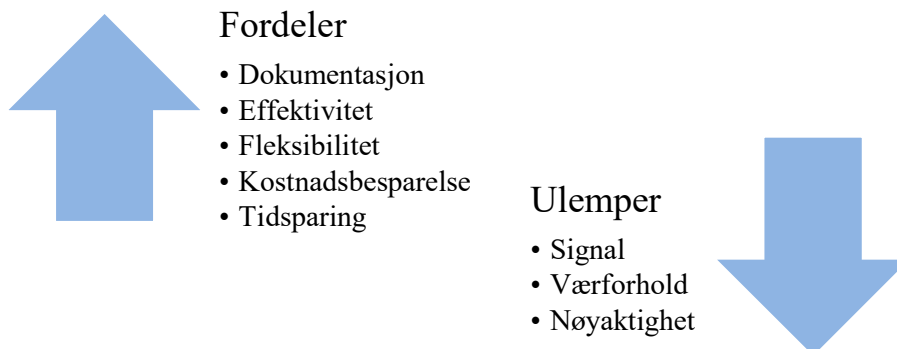
- Kostnadsbesparelse.
- Tidsbesparelse.

4.2.5 Fordeler og/eller ulemper ved å benytte droner

Spørsmålet om fordeler og/eller ulemper ved å benytte droner ved byggteknisk inspeksjon, kan antas ble delvis besvart i spørsmål 4.2.4 Positive effekter som kan oppnås ved bruk av droner. Altså vil det som kom fram ved det spørsmålet, også kunne være gjeldende her.

Sett opp mot ulemper, vil spesielt vær og vind være faktorer som kan være en stor utfordring. En annen ulempe kan være at dronen er en risiko for og et forstyrrende element for kraner. Da risiko

spesielt ved kranløft. Så vil selvfølgelig begrensningen med GPS være en ulempe under flygningen. For noen bedrifter kan rett og slett mangel på kunnskap eller interesse være en ulempe.



Figur 34: Fordeler og ulemper ved å benytte drone.

4.2.6 Funksjoner som droner skal kunne utføre i fremtiden

Her vil det være samme problemstilling som ved spørsmål vedrørende Fordeler og/eller ulemper ved å benytte droner på side 49, forskjellen er at denne er koblet sammen med spørsmålet i 4.2.2 Andre byggt tekniske inspeksjoner ved bruk av droner. Denne kan altså være besvart i 4.2.2.

Av tilbakemelding som ikke har vært nevnt tidligere har det blitt oppgitt at det i fremtiden kan være ønskelig å benytte automatiserte droner. Det vil si at dronene flyr, dokumenterer og lander uten menneskelig påvirkning. Slik kan programmerte droner operere i faste ruter, som gjennomføres daglig, for å få en kontinuerlig dokumentasjon av alt som utføres på byggeplassen. Det samme gjelder for bygninger/konstruksjoner.

Her har det også blitt nevnt bedre spesifikasjoner på kamera, som zoom-funksjonen. Det ville forbedret dokumentasjon fra bygningsinspeksjon. Spesielt gjelder dette ved bygningsfasen siden det ikke er mulighet for å fly nærme bygningen/konstruksjonen uten å utgjøre en risiko for andre som utfører arbeid i øyeblikket på prosjektet eller utstyr, som kraner.

4.3 Presentasjon av resultater fra feltstudie tilknyttet bruk av droner

Dette kapitlet vil være en presentasjon av resultat fra feltstudie tilknyttet bruk av drone. Resultatet vil gi en pekepinn på hvilket utstyr som trengs, hvordan droneinspeksjon gjennomføres, og hvordan dokumentasjonen fra dronen benyttes i videre arbeid. Her er det viktig å nevne at dette er en gjennomgang av hvordan Hent benytter dronen i et spesifikt prosjekt som foreløpig har vært operativt i fire måneder.

4.3.1 Feltstudie - Nytt sykehus Nordmøre og Romsdal

Feltstudie omhandlet som beskrevet i 2.2.3 oppføring av nytt sykehus Nordmøre og Romsdal. Feltstudie er gjennomført i samarbeid med Hent.

Dronen som ble benyttet på dette prosjektet er som nevnt i 2.2.3 en Mavic Air 2. Denne spesifikke dronen, er ikke CE-merket og vil dermed være en såkalt «*legacy-drone*», som vil bety at det ved årsskifte 2022-2023 vil være påkrevd både kursing og eksamen for å kunne operere den over en byggeplass som her. Droneoperatøren i dette prosjektet innehar både denne påkrevde kursingen og eksamen.

Prosjektet har én dronepilot. Dronen benyttes foreløpig for å ta oversiktsbilder og video av byggeområdet, én gang i uken. Det planlegges at dronen skal benyttes til flere oppgaver etter hvert, og det skal settes i gang en prosess for å se på mulighetene.

Bildene og videoene fra dronen benyttes i dag ved statusmøter, HMS, massekontroll, o.l. Dronen har vært et nyttig og viktig verktøy for flere under dette prosjektet. Dette ses nærmere på litt senere i dette delkapittelet.

Flygningen ble gjennomført mandag 25.04.2022 kl. 10:15-10:40 på byggeplassen på Hjelset, like utenfor Molde. Værforholdene under flygningen er satt opp i Figur 35.



Figur 35: Værforholdene under flygningen.

Dronen var operativ og klar for å fly etter bare et par minutter. Oppdateringer og oppsett av dronens fly-bane er mer tidkrevende. Der er derimot mulighet for å oppdatere dronen når den ikke skal benytte, og den kan flys selv om det er tilgjengelig oppdateringer. Oppsett av dronens fly bane gjøres på forhånd, evt. kan den opereres manuelt, eller i en kombinasjon. Overtid vil operatør enklere kunne manøvrere dronen manuelt og etablere fly-banene i programvaren, ettersom det tar tid å lære seg alt.

Det finnes ulike typer programvare som kan benyttes, og programvarene har ulik vanskelighetsgrad. Under dette prosjektet benyttet Hent programmene: Agisoft Metashape og Pix4D. Programmene er presentert i 3.3.5 på side 35.

På brakkeriggen var det etablert en «landingsplate» til dronen. Herfra tok dronen av og landet. For at dronen skulle kunne ta av og lande, måtte vi ikke stå for nærme: Da ville den ikke lande siden den oppdaget hindringer i nærheten. Landingsplaten er vist i Figur 9 på side 11.

Ved feltstudien ble det mulighet for å være med på et driftsmøte for fireukersplanlegging, hvor disse bildene som bare var noen timer gammel ble benyttet. Bildene ble flittig brukt gjennom hele møtet. Det må nevnes at prosjektet er relativt utbredt, som betyr at det er over et stort område. Å spasere i rolig tempo rundt «bygningsskroppen» vil kunne ta rundt 8-12 minutter.

Under driftsmøtet gav bildene en oversikt over hvilken del av bygningen det var snakk om til enhver tid. Slik var det oppnådd en felles forståelse for hva/hvilket område som ble gjennomgått, eller hvilket hjørne og veggelement. Dersom noen var i tvil om hvilke område det henvistes til, var det lett å hente opp bilde og zoome inn på det spesifikke området det var snakk om.

I tillegg ble det under møtet avdekket områder hvor det var behov for avklaringer før videre fremdrift, samt områder som ikke var helt etter skjema i tillegg til å få en oversikt over de områdene som var i henhold til fremdriften. Det kan videre nevnes at bildene ble benyttet for å se på områder som kunne endres/forbedres, slik som avfallshåndteringen, som skulle samles på et område. En slik visualisering gir et riktig bilde av plassbehovet og den faktiske plassen på tomten.



Figur 36: Utstrekningen av det nye sykehuset (Norkart).

Figur 36 er et utklipp fra Kommunekart som viser utstrekningen til det nye sykehuset. Det er dette området som dronen kunne fly over å ta bilder på bare noen få minutter. Ut fra figuren er det forståelse for hvorfor drone inspeksjon vil være mye mer tidsbesparende enn de ordinære inspeksjonene. Bilder fra dronen vil gi en helt annen oversikt over konstruksjonen og fremdriften.

4.4 Opplæring

Flere mulighet for å få opplæring for dronflygning og bruk av programvare til dronen. Det kan være via andre, eller ved å prøve seg fram, i tillegg er det flere skoler hvor slik utdanning/studie er tilgjengelig slik som bachelor i *Droneteknologi* ved UiT Norges Arktiske universitet. Det finnes også flere dronekurs fra store aktører slik som Luftfartstilsynet eller Droneakademiet.

Tiden det tar å lære seg å fly og sammenstille data fra dronen vil være varierende, basert på hvor fort man tilegner seg kunnskaper. Bedrifter vil i tillegg ha ulike strategier for gjennomføringen av opplæringen.

4.5 Implementering og forankring av drone

Implementering av droner til bruk i ulike bedrifter og spesielt i byggebransjen, kan løses på ulike måter. Det er viktig å ha satt leder/-e på oppgaven som har riktig bakgrunn og kunnskaper. Kanskje også med en interesse innenfor området, og et pågangsmot.

Ordet forankring har blitt mer og mer vanlig å benytte når det ses på områder som planlegging, prosjekt- og utviklingsarbeid. Forankring er sett på som at bedriftene må inneha rett eller hvert fall kunnskap, interesse og samtidig en viss forpliktelse for å kunne fullføre en form for arbeid.

I dette tilfelle vil det altså bety at for at bedriftene skal kunne forankre dronebruken i byggt teknisk inspeksjon må de inneha, eller tilegne seg kunnskaper om droner, i tillegg bør de ha en interesse for det, samtidig som de har det som en forpliktelse å gjennomføre, altså bruke droner i byggt tekniske inspeksjoner.

4.6 HMS

Dronen er et godt utstyr for å forbedre HMS ved inspeksjon av byggeplass eller bygninger. Grunnlaget er at fallskader fra lift, stige, stillas kan unngås ettersom at operatøren ofte er plassert på bakken eller på trygt underlag, i tillegg til at operatøren ikke har behov for å bevege seg på tak med utstyr som kamera eller lignende.

Klare fordeler er mengden sikkerhetstiltak og utstyr som det er behov for. Ved droneinspeksjon kan operatøren stå på bakken, samt at operatøren kan stå på utsiden av byggeplassens avsperrede område og fly rundt bygningen/byggeplassen. På denne måten er det ikke særlig behov for sikkerhetsutstyr eller annet utstyr, slik som lift, stillas, o.l. for å få tilkomst til tak og fasader der høyde er utfordringen.

En ulempe ved bruk av droner sett opp mot HMS vil være at dronen kan skape farlige situasjoner for personer, dyr og miljøet dersom den skulle falle ned mot bakken når den er i luften eller at deler fra dronen skulle falle av eller bli skutt ut som prosjektiler å treffe noe eller noen. Her vil det ved ordinære inspeksjoner være ulempe med fallskader ved bruk av lift, stige, stillas, o.l. Det vil ved bruk av drone, som ved bruk av ordinære utstyr ved inspeksjoner være viktig å sikre området med avsperring, slik at det unngås av mennesker beveger og oppholder seg i områder nært eller under utstyr.

Personvern er selvfølgelig et punkt som er veldig viktig når droner benyttes, det finnes flere mulighet for å verne om sikkerheten til personer, ved å sladde, unngå å filme når personer oppholder seg i område, o.l.

Avgjørende faktorer ved HMS med droner er:

Dokumentasjon: spesifikasjonen til kameraet vil avgjøre hvor god dokumentasjonen blir. Her vil oppløsning, brennvidde og stabilisering være avgjørende for kvaliteten.

Personvern: viktig at det opprettholdes, da det er et strengt regelverk rundt personers personvern. Her må det tas hensyn til at det kan være personer i eller rundt konstruksjonen/bygningen som må vernes, dette kan gjøres ved å gjennomføre inspeksjonen når bygget ikke er i bruk eller på et tidspunkt som en vet at det ikke oppholder seg folk i området. Sladding av personer i bilder/video kan også være en mulighet.

Ønsket effekt ved HMS med droner er:

Dokumentasjon: bedre dokumentasjon, som er raskere tilgjengelig og klar til videre bruk.

Fleksibilitet: gjennomføringen blir mer fleksibel, ettersom det ikke kreves så mange personer for å gjennomføre inspeksjonen, samt at det ikke er behov for så stort og mye utstyr.

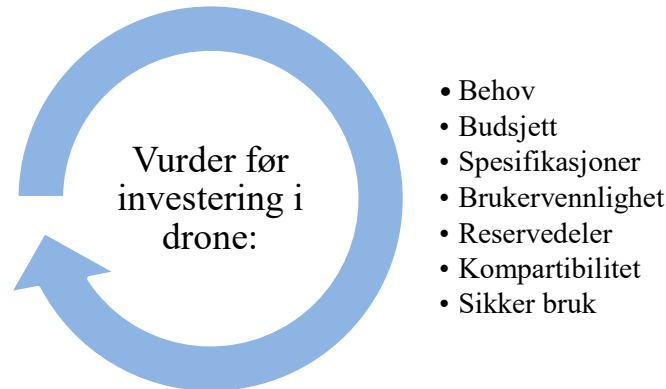
Tidsbesparende: kortere tid for å gjennomføre HMS. Dersom en person skulle gått rundt og dokumentert med bilder/video ville det tatt lengre tid.

Negative aspekter ved HMS ved bruk av droner er:

Personvern: tidkrevende å sikre at personvern, o.l. blir opprettholdt.

4.7 Drone, sensorer og programvare

Det finnes utallige forskjellige komponenter til dronene, slik som motorer, batterier, kretskort, gyro, akselerometre, o.l. Bruken til dronen avgjør hvilke typer komponenter den bør ha. Avgjørende faktorer for dronens komponenter er blant annet hastigheten den skal operere i, høyden den skal flys i og størrelsen på utstyret som påkobles.



Figur 37: Aspekter for valg av drone.

Før det investeres i en drone, bør det ses på aspektene listet opp i Figur 37. Spesifikasjonene det må tas stilling til før valg av drone er blant annet rekkevidde, batterikapasitet, størrelse, o.l. Anbefalingen er at det tas en gjennomgang av hva som er ute på markedet først, siden dronene har ulike bruksområder. Det samme gjelder for utstyr som er på dronene og hva som er mulig å sette på dem, slik som kameraer og sensorer.

Først vil det være en idé å se på hvilket behov det er for dronen, hva skal den brukes til. Bruksområdet til dronen, kan i mange tilfeller være ganske avgjørende for hvilke droner som er aktuelle. I tillegg vil budsjettet ved droneinvestering være veldig avgjørende, ettersom prisene for droner kan variere ganske mye.

Andre forhold som bør ses på ved avgjørelse for hvilken drone som det skal investeres i er brukervennligheten, som for mange er viktig. Dronen og systemene må ikke være for innviklende, slik at dronen ikke gjør nytte av seg, med at den ikke brukes. Et annet forhold som det kan være lurt å kontrollere, er muligheten for å få tak i reservedeler. Det vil være bra kostnadsmessig og mindre tidkrevende dersom komponenter til dronen er lett å anskaffe. Uhell er fort ute, og det er mye teknologi og den flys i store høyder.

Det bør i tillegg være en drone som har bra kompatibilitet opp mot styringsenheter som iPad og andre nettbrett, mobiltelefoner, da også operativsystemene Android og IOS, samt også muligheten for å kunne benytte de ulike programvarene som er ute på markedet, for å sammenstille data fra dronen. Her kan det være store forskjeller fra store kjente merker mot de små merkene, produsentene. Mulighetene er ofte større med de store produsentene. Et område som også er viktig å kontrollere er sikker bruk. Med det menes sikkerhetsfunksjonene som dronene er utstyrt med og hvor driftssikker produktet og programvarene faktisk er.

Til slutt er det viktig at det tas en gjennomgang av regelverket til den valgte dronen før investering, ettersom det finnes ulike regelverk og krav til utdanning for ulike droner.

Droner og sensorer som er brukt som utgangspunkt for denne oppgaven er tatt ut fra tilgjengeligheten i Norge, utvalget med ulike droner, samt spesifikasjoner. De tre dronene fra DJI er gode valg for bruk innenfor byggt teknisk droneinspeksjon, ut fra spesifikasjoner, sensorer og kamera.

Fullversjon og standardversjonen til leverandørens programvarer varierer i pris. For noen av programvarene koster den profesjonelle versjonen 3 499 dollar, som tilsvarer 34 488 NOK med dagens kurs (13.05.2022), mens standardversjonen koster 179 dollar, som tilsvarer 1 764 NOK. I tillegg er det mulighet for læringslisens, hvor fullversjon koster 549 dollar, som tilsvarer 5 411 NOK og standardversjonen til 59 dollar, som tilsvarer 582 NOK. Mange av leverandørens betal programvarer kan anskaffes som engangskjøp, årlig betaling eller betal for bruk.

Det finnes mange gratis versjoner av programvare/app som fungerer godt til å lage flyplan og behandle dokumentasjonen fra dronen, samt mange betaversjoner. Her vil ofte betal versjoner være bedre utstyrt, mindre reklame enn gratis versjonene. Valg av programvare vil ofte være en preferanse og bruksområde.

4.8 Økonomi

Delkapittelet tar for seg oversikt over kostnadene tilknyttet investering av drone med kursing og eksamen. For beregning av kostnadene er det tatt utgangspunkt i en utsalgspris av dronene, tilknyttede sensorer og reservedeler.

Det tatt utgangspunkt i at den byggt tekniske inspeksjonen skal gjennomføres i en avstand på 30 meter horisontalt fra utenforstående, eventuelt 5 meter horisontalt fra utenforstående i saktmodus (3 km/t). Horisontal avstand til utenforstående kan ikke være mindre enn dronens vertikale høyde over bakken.

Programvare har ikke blitt tatt med i kostnadsoversikten ettersom det finnes gode gratisprogrammer, betaversjoner, o.l. Alternativer for programvarer er vist under 3.3.5.

Ettersom prisene som er brukt kan variere fra utsalgssted er det lagt på et avvik på 5%.

Registrering

For å være registret som droneoperatør hos Luftfartstilsynet må det betales et årlig registreringsgebyr som for 2022 var på 220 kr for privatpersoner og organisasjoner.

Kurs og eksamen

Prisforslag for kurs og eksamen fra Luftfartstilsynet er vist i Tabell 7.

Tabell 7: Prisforslag for kurs og eksamen.

	Kurs		Eksamen	
	A1/A3	A2	A1/A3	A2
Privatperson	Gratis	Gratis	Gratis	1 400 kr
Organisasjon	Gratis	Gratis	Gratis	1 400 kr

Drone og reservedeler

Prisforslag for drone og reservedeler er vist i Tabell 8. For reservedeler er det tatt utgangspunkt i et utvalg av deler. Det er ikke sett på alle reservedeler som finnes.

Tabell 8: Prisforslag for drone og reservedeler.

	DJI Mavic 2 Pro		DJI Mavic 2 Enterprise Dual		DJI Matrice 300 RTK H20T	
	Drone	Reservedeler	Drone	Reservedeler	Drone	Reservedeler
Kostnad	10 000 kr	200 kr ¹ 1 400 kr ²	32 690 kr	299 kr ¹ 1 899 kr ²	100 000 kr	1 000 kr ¹ 9 000 kr ²

¹Originale reservedeler som propeller.

²Originale reservedeler som batteri.

For «legacy-dronen»/hjemmelaget drone er det satt opp en oversikt over kostnadene for å fly, samt termokamera og tykkelsesmåler. Kostnadene for drone må legges som tillegg i oversikten.

«Legacy-drone»/hjemmelaget drone

Registrering Luftfartstilsynet:	220 kr.	
Kurs og eksamen:	1 400 kr.	
Drone:		Ikke tatt med. + reservedeler ved behov.
Avvik ± 5%:		Ikke tatt med.
Totalt	1 620 kr.	+ drone, reservedeler ved behov.

Termokamera:	21 000 kr.	
Tykkelsesmåler:	39 000 kr.	
Totalt	61 620 kr.	+ reservedeler ved behov.

DJI Mavic 2 Pro

Registrering Luftfartstilsynet:	220 kr.	
Kurs og eksamen:	1 400 kr.	
Drone:	10 000 kr.	+ reservedeler ved behov.
Avvik ± 5%:	500 kr.	
Totalt	12 120 kr.	+ reservedeler ved behov.

Termokamera:	21 000 kr.	
Tykkelsesmåler:	39 000 kr.	
Totalt	72 120 kr.	+ reservedeler ved behov.

DJI Mavic 2 Entreprise Dual

Registrering Luftfartstilsynet:	220 kr.	
Kurs og eksamen:	1 400 kr.	
Drone:	32 690 kr.	+ reservedeler ved behov.
Avvik ± 5%:	1 635 kr.	
Totalt	35 945 kr.	

Tykkelsesmåler:	39 000 kr.	
Totalt	75 945 kr.	+ reservedeler ved behov.

DJI Matric 300 RTK H20T

Registrering Luftfartstilsynet:	220 kr.	
Kurs og eksamen:	1 400 kr.	
Drone:	100 000 kr.	+ reservedeler ved behov.
Avvik ± 5%:	5 000 kr.	
Totalt	106 620 kr.	+ reservedeler ved behov.

Tykkelsesmåler:	39 000 kr.	
Totalt	145 620 kr.	+ reservedeler ved behov.

Alle dronene fra DJI kan påkobles utstyr som tykkelsesmåler. Mavic 2 Entreprise Dual og Matrice 300 RTX H20T er utstyr med termokamera, mens Mavic 2 Pro kan påkobles termokamera. Dersom

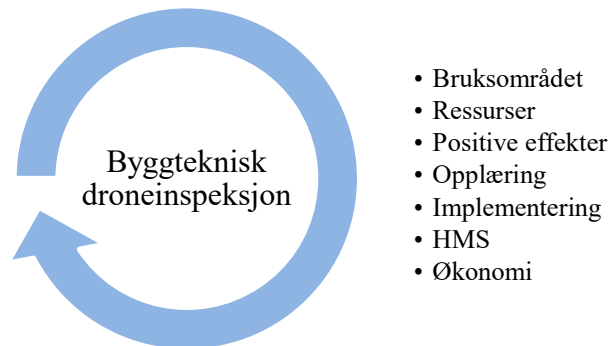
dronene tilkobles tykkelsesmåler vil den kunne koste kr. 39 000,-, mens et termokamera til Mavic 2 Pro vil kunne koste kr. 21 000,-

For tykkelsesmåler er det tatt utgangspunkt i Tritex Multigauge 6000 vist i Figur 18. For termokamera er det tatt utgangspunkt i Flir Vue Pro R.

Med utgangspunkt i kostnadsoversikten ovenfor vil de tre dronene fra DJI utstyrt med kamera, termokamera og tykkelsesmåler koste fra kr. 72 120,- til kr. 145 620,-. Det er uvisst hva en hjemmelaget drone vil koste, men med termokamera og tykkelsesmåler vil den koste kr. 61 620,- pluss kostanden for dronen. Kostandene inkluderer registrering, kurs og eksamen som er påkrevd. Her vil kostnader for reservedeler komme i tillegg, et prisforslag for propeller og batteri er vist i Tabell 8.

4.9 Oppsummering av resultatene

Ut fra gjennomgangen av data fra intervjuer og feltstudie er det områdene i Figur 38 som tas videre til 5 Diskusjon og Analyse, og som dermed vil være svarene på forskningsspørsmålet:



Figur 38: Resultatene fra studiet på byggteknisk droneinspeksjon.

I tillegg vil fordelene og ulempene ved byggteknisk droneinspeksjon være en del av svarene på forskningsspørsmålet, som tas med videre.

Del 5:

Diskusjon og analyse

5 Diskusjon og Analyse

Bruksområder ved droneinspeksjon, valg av droner og sensorer, fordeler og ulemper ved bruken av drone sammenlignet med, eller som supplement til ordinære inspeksjoner vil bli diskutert og analysert i kapittel 5. Dette vil gi en oversikt over muligheten for at byggt teknisk droneinspeksjon er noe som bør gjennomføres. Til slutt gis det litt informasjon vedrørende generelle funn ved gjennomføring av oppgaven.

5.1 Bruken av drone ved inspeksjon

En kan hevde at droner er et godt utstyr og hjelpemiddel i bygge- og anleggsbransjen, særlig ved byggt tekniske inspeksjoner. Den fungerer i dag ved visuelle inspeksjoner, slik som tak- og fasadeinspeksjon, men også ved termografering, scanning, tykkelsesmåling og volumberegning. Ut fra at dronen allerede i dag benyttes innenfor disse områdene, kan en trygt si at dronen er på god vei inn i bransjen som et velfungerende verktøy ved byggt tekniske inspeksjoner.

Selv om det ikke er et verktøy som mange bedrifter benytter, er det flere og flere som tar dette utstyret i bruk. Forklaringen på hvorfor det ikke er så mange bedrifter som foreløpig har tatt droner i bruk, er ikke så ensidig som man kanskje skulle tro.

Kunnskaper om droner og dens bruksområde er ikke så utbredt som andre områder innenfor byggebransjen, slik som kunnskapene om håndholdte termograferingskamera, for å ta et område sett i sammenheng med byggt teknisk inspeksjon. Bransjen har kanskje ikke vært klar for et utstyr som er så teknologisk fremtidsrettet. Sammenlignet med bruksområdet dronen skal erstatte, kreves det en del forarbeid før droner kan tas i bruk. En gjennomgang av tilgjengelig utstyr på markedet er ofte nødvendig for å finne en optimal drone. Dette er både tidkrevende og til dels vanskelig. Informasjonen om de ulike dronene kan være vanskelig å finne, og det er i flere tilfeller enklere å først finne informasjonen på engelsk. Flere av de norske nettsidene har lite eller ingen informasjon om dronene og komponentene på sine sider, og derfor vil det være grunnlag for å si at lite tilgjengelig informasjon medfører at færre vet om og tar i bruk droner.

Hvis utstyret ikke er et godt hjelpemiddel, ville ikke flere og flere begynt å ta det i bruk. Her er initiativet fra enkeltpersoner i bedrifter en stor grunn til at mange av bedriftene har tatt i bruk droner. Noen har tatt initiativet og styringen for å få i gang og ta i bruk droner. Flere bedrifter forteller om hvor mye mer effektive inspeksjonene har blitt ved implementering av droner, samtidig som kostnadene har blitt lavere. Bedriftene har kommet med noen ulemper med droner i denne sammenhengen, men ut fra tilbakemeldingen vil ikke de være større enn fordelene. Det er derfor rett å si at det vil være lønnsomt å benytte droner ved byggt tekniske inspeksjoner.

Det er rimelig å si at droner er like nøyaktig eller mer nøyaktig enn andre måleverktøy. Nøyaktigheten til droner har eksplodert over de siste årene. Utstyr som kamera og sensorer har utviklet seg i takt med annet likestilt utstyr som håndholdte verktøy. Beregninger over masser og tykkelser ved bruk av droner er svært nøyaktige. Det er grunnlag for å si at droneinspeksjoner er like gode som manuell inspeksjon. Målingene fra dronen kan i flere tilfeller til og med være mer nøyaktig da målområdene er mer tilgjengelige.

Avvikene som kan forventes fra utstyr vil være der ved bruk av det tradisjonelle utstyret ved inspeksjoner. Det vil kunne være avvik ved droneinspeksjon, men også ved manuelle inspeksjoner.

Noen vil hevde at vanskeligheten ved innendørs droneflygning gjør at det ikke er aktuelt med byggt tekniske droneinspeksjoner innendørs. Fakta er at det er noen begrensninger ved innendørs flygning, her sett opp mot signal. Begrensningene gjør ikke flygningen umulig, men det kan skje at

signalet blir tapt. Inspeksjonene har fortsatt store fordeler, ved at dokumentasjonen er god og grundig, og tidsbesparende når det er gode signaler. Signalproblemet er nok et problem i ca. 20% av tilfellene, og med tiden vil denne reduseres, ettersom mer informasjon blir tilgjengelig, og begrensningen blir løst med signalforsterker eller lignende. Begrensningen med signal i ny og ne, er ikke avgjørende for om droner bør benyttes, bare et negativ aspekt.

Det er mulig at utviklingen vil være avgjørende for om droner blir mer vanlig som utstyr ved byggtekniske inspeksjoner eller om det ikke kommer til å brukes mer. Men er det virkelig slik at utviklinger av komponenter, utstyr og strengere regelverk vil stoppe bruken av droner innenfor bransjen. Droner er ikke blitt et veldig vanlig utstyr innenfor bransjen. For at bruken skal bli større vil det være viktig at det ikke blir altfor strenge retningslinjer for fort. Det vil medføre liten interesse innenfor området. Liten interesse vil bidra til at dronen ikke blir implementert som det gode utstyret det er.

Spørsmålet om bransjen er klar for det eller ikke, er ikke enkelt å svare på. Flere tar dronen i bruk, og ser at det er flere fordeler enn ulemper. Det er bare et tidsspørsmål før droner i sammenheng med byggteknisk inspeksjon er helt vanlig.

Investeringen er verdt kostnadene, og tiden det tar å implementere. For å få implementert droner vil det kreve en viss tidsbruk og ressurser, men med all den tiden og effektiviteten som droner bringer til byggteknisk droneinspeksjon vil det være verdt det.

Å vente med å ta i bruk droner er hverken lønnsomt eller god bruk av bedriftens ressurser. Kunnskaper kommer ved å gjøre og utvikle, ikke ved å holde på det som alltid har vært gjort eller ved å ikke prøve.

5.1.1 Visuell inspeksjon

Det er definert ovenfor at droner kan benyttes ved visuell inspeksjon. Droner er et godt verktøy, og har blitt et viktig verktøy innenfor bygge- og anleggsbransjen. For å utdype mer innenfor området visuell inspeksjon kan det sies at dronen fungerer utmerket innenfor dette området, i hvert fall utendørs.

Visuelle inspeksjoner utføres på fasader og tak med bruk av droner, og det vil være til stor nytte og særlig lønnsomt siden bruksområdet til droner er stort. Ved visuell inspeksjon fungerer droner godt til å kontrollere byggeområder, bygninger, konstruksjoner som fasader og tak, men i tillegg fungerer droner ypperlig til å inspisere andre områder slik som fundamenter, tekniske installasjoner, fremdriften under byggeprosesser eller ved rehabiliteringsarbeider. Området innenfor dronebruk ved visuelle inspeksjoner er bredt. Det er ikke bare begrenset på fasader og tak, som lett kan antas.

Droner fungerer ikke 100% innendørs, ettersom det ikke er gode GPS-signal inne. De fungerer i store deler av tilfellene, som nevnt ovenfor. Det finnes begrensninger, men i 80% av tilfellene fungerer det som det skal. Ved flygning i åpne konstruksjoner/bygninger vil begrensningen for flygningen være tett mot 0%, som gir god inspeksjonsmuligheter av dekker og tak, bæring innvendig i bygninger.

Dokumentasjonen fra visuell inspeksjon ved bruk av drone er raskt tilgjengelig og lett å benytte til videre arbeider. Det er ingen tvil om at dokumentasjonen fra dronen i dag er lett å benytte videre i beregningsarbeider og kvalitetsarbeid, for å nevne noen områder. Programmene som kan benytte bilder og dokumentasjon fra droner er mange, og de er veldig oversiktlige. Kontrollen/undersøkelsen som dronen gjennomfører, er en grundig dokumentasjon på «overblikk» av situasjonene som kontrolleres.

Bedrifter uttaler at visuelle inspeksjoner med droner er utelukkende positive. I det legges det vekt på at droner er lett å ta i bruk og de fungerer godt innenfor området. Det er derimot noen bedrifter som har uttalt at kameraene kan få bedre grensesnitt, med zoom og bildekvaliteten. Her er det trygt å si at utstyret kan byttes ut med bedre utstyr, så vil dette være løst.

Tilbakemeldingen på bruksområdet visuelle inspeksjoner er positiv. Det finnes begrensninger, men det er ikke de store og drone er fortsatt et utsyr som egner seg for denne typen inspeksjoner.

5.1.2 Termografering

Flere droner er utstyr med termograferingskamera, og det er mulig å investere i slike kamera som ettermonteres på dronene. Å montere termograferingskamera på droner, har ført til at inspeksjoner på gjennomføringer og varmetap har blitt en lek. Inspeksjonene er mer gjennomførbare og tilgjengeligheten er bedre. En kan også hevde at bruken av droner til termografering har ført til betraktelig sikrere, mer effektiv og forutsigbar gjennomføring sammenlignet med manuell termografering, som var både tidkrevende og til dels vanskelig å gjennomføre.

Det er mulig at inspeksjoner med håndholdt kamera kan gjennomføres med mindre ekstrautstyr enn inspeksjoner med droner. Ved gjennomføring av termografering med håndholdt kamera må det i mange tilfeller benyttes ekstra utstyr som lift eller stillas og stiger, kanskje en kombinasjon av dem. I tillegg må det benyttes termograferingskamera og noteringsutstyr. Ved bruk av droner kreves det kun dronen. Den er utstyrt med de sensorene som behøves og kan utføre arbeidet uten annet tilleggsutstyr. Manuell inspeksjon krever ikke bare mer utstyr for gjennomføring, men det stilles i tillegg ekstra krav til at de som gjennomfører inspeksjonen må opp i høyden og i mange tilfellet ut på bygningsdeler for å komme til hvor det skal inspiseres. Den som opererer dronen trenger i realiteten ikke flytte på seg ved gjennomføringen, så det vil under gjennomføring av denne typen termografering være mindre tidkrevende enn ved manuell inspeksjon, hvor utsyr må flyttes for å dekke alle områdene.

Mindre tidkrevende inspeksjoner som bruk av drone istedenfor håndholdte kamera vil føre til at kostnadene er lavere, og det vil være en større effektivitet på gjennomføringen. Termograferinger utføres ofte over store bygninger og områder, en droneinspeksjon vil derfor være til stor nytte.

Med grunnlag i begrensningen for GPS-signal ved visuelle inspeksjoner vil det samme gjelde for termografering. Derimot finnes det ikke nok ulemper til å si at termografering med droner ikke har en verdi. Flere bedrifter gjennomfører termografering ved bruk av droner. Hadde det ikke vært grunnlag for å gjøre det, ville ikke flere bedrifter begynt med det.

HMS-forhold er ganske likestilt hvis en ser på bruk av droner og tradisjonell metode, med håndholdt utstyr. Droner vil også som ved ordinær, tradisjonell metode stille krav til at det etableres sikkerhetstiltak som skilting, avgrensninger, i tillegg til mulighet for potensialet for skader som følge av fall, o.l.

5.1.3 Scanning

Noen hevder at scanning av bygninger ikke har den store nytteverdien. Dersom scanning ikke gir den store nytteverdien hvorfor er det så mange bedrifter som bruker tid og ressurser på scanning. Scanning er enkelt gjennomførbart med droner. Utstyret må ikke være veldig kostbart, og scanningen kan gi gode 3D-modeller av bygninger, som har stor nytteverdi både ved rehabilitering av eksisterende bygninger, men også ved oppføring av nye bygninger hvor byggeområdet kan scannes regelmessig, og gi en helt ny form for kontroll på fremdriften.

Dronene i dag gir en helt annen tilgang på scanning av områder og bygninger enn før. Det er i dag ikke behov for å fly så nært området som skal scannes. For det første kan gjennomføringen av flygningen gjøres raskt, og bruksområdet etter scanningen er stort. For det andre er ressursene som må benyttes for å gjennomføre en scanning ikke stor. Det er behov for en drone, samt en operatør, i tillegg til eventuelt sikkerhetsutstyr som avgrensning, hjelm osv. Det er i tillegg mulig å gjennomføre scanninger med de fleste dronene på markedet i dag.

Den eventuelle metoden for å skaffe dokumentasjon som kan brukes til å lage gode 3D-modeller er bruk av håndholdt kamera, satellittbilder eller Street view. Bilder fra satellitter og Street view er i mange tilfeller utdatert, dårlige og i tillegg er det ofte skygger eller andre konstruksjoner, trær eller annet som er i veien for det som skal undersøkes. Dronescanning kan gjennomføres på større områder på kortere tid. Konklusjonen er at denne typen scanning er mer gjennomførbart og gir et oppdatert bilde over situasjonen.

Scanninger er perfekt for å skape en detaljert og presis kopi av situasjonen der og da. Tilgjengeligheten på kontrollobjektet vil være avgjørende for om resultatet skal bli så godt som mulig. Det er rimelig å si at droner vil gi det beste mulige grunnlaget sett opp mot ressurser brukt og tidsbruk sammenlignet med andre metoder brukt for å skape 3D-modeller.

Mengdekontroller kan enkelt gjennomføres ved bruk av droner. Scanning med droner kan like så godt som kartgrunnlag være metoder for å beregne hvor store masser som skal tas vekk eller tilføres en byggetomt. Dette har både påvirket det økonomiske perspektivet, men også gitt en bedre kartlegging over hva som eventuelt må gjøres med massene på tomten. Manuell kartlegging av masser utføres ofte med en som måler (stikker) over de områdene av tomten som skal kontrolleres. Slik fås det ut informasjon; med høyder (mengder) og koordinater (plassering). Dronen kan utføre dette arbeidet på lik linje ved å fly over tomten, og gi samme informasjon, men på en kortere tid. Beregningene som gjøre i henhold til scanningen, vil gi opp mot og i mange tilfeller like nøyaktige beregninger som data etter stikking i marken. Mengdekontrollering ville ikke vært gjort ved bruk av droner om det viste seg å være store avvik i forhold til ordinære mengdekontrolleringer.

Det er mulig at der det er sagt å være dårlig dokumentasjon fra scanningen, vil det i mange tilfeller kunne skaffes bedre dokumentasjon med bedre utstyr på dronen, slik som kameraet. Sånn at den dårlige dokumentasjonen skyldes ikke at det benyttes drone, men at utstyret kunne vært bedre.

Tilbakemeldingen fra bedrifter er at dokumentasjonen fra scanning er et uvurderlig underlag for videre prosjektering. Dette er også grunnlag for at droner fungerer godt ved scanning.

5.1.4 Tykkelsesmåling

Det sentrale er at tykkelsesmåling ved bruk av droner vil gi et veldig nøyaktig måleresultat, med lite avvik. Måleinstrumentet som er tilgjengelig for tykkelsesmåling via droner er god, og svært nøyaktig. Muligheten for innstilling av ignorering av belegg er overraskende. En kan enkelt ignorere belegg på 6 mm eller med litt ekstra utstyr ignorere belegg opptil 20 mm. Foreløpig er slikt måleverktøy på droner ganske nytt, noe som medfører en del kostnader for investering i utstyret. Etter hvert når teknologien utvikles og det kommer mer av denne typen utstyr på markedet vil kostnadene for utstyret reguleres.

På grunn av at den lette vekten til denne typen måleutstyr gjør det mulig å montere den på de fleste dronene som er i middelklassen og oppover. Positivt er det også at utstyret enkelt og raskt kan monteres og brukes, som alltid er en stor fordel.

5.1.5 Mulige områder

Bedrifter har listet opp flere mulige områder hvor droner kan benyttes innenfor inspeksjoner. De mulige områdene som bedriftene beskriver, vil ikke automatisk kunne sies å være gjennomførbare. Mange av områdene vil kunne gjennomføres etter hvert slik som automatiserte inspeksjoner. Når biler kan være selvkjørende, og maskiner kan lage biler, møbler, klær, o.l. vil det kunne være mulig for droner å fly autonomt, og eventuelt regelmessig rundt på bygningsinspeksjoner. Automatiserte inspeksjoner er nok ikke noe som kommer i løpet av 2022. Det tar nok noe lengre tid, men det er nok et av områdene hvor det vil skje store fremskritt på.

Flere områder som bedriftene nevner som de ikke gjennomfører, men som de skulle kunne gjennomføre er masseutskifting, scanne til BIM og 3D-modellering. Dette er områder som flere bedrifter allerede i dag gjennomfører ved bruk av droner. Det vil altså si at det er allerede muligheter for disse bedriftene å utvide sine områder hvor droner benyttes. Bruken av droner er ganske ny, og dette er nok årsaken til at det allerede er områder hvor droner kan benyttes, men hvor det ikke gjøres. Det vil ta tid å ta i bruk droner innenfor flere av områdene, men informasjonen er der og det vil ikke kreves altfor store ressurser for å ta i bruk dronen innenfor de ovennevnte områdene.

5.2 Valg av droner og sensorer for ulike inspeksjoner

Området som omhandler valg av droner og sensorer for de ulike inspeksjonene er vanskelig. Det er mulig at det er vanskelig fordi det finnes mange ulike droner og sensorer på markedet. Med andre ord passer flere droner godt innenfor de forskjellige inspeksjonene. Det er ikke bare en spesifikk drone som egner seg til et av områdene, det er det flere som gjør.

Grunner for at en drone i mange tilfeller kan sier å være egnet, eller mer riktig å bruke, vil nok være å si at den passer til en bestemt inspeksjon, ut ifra spesifikasjonen til dronen. Dette er nok grunnlaget for at flere droner derfor vil passe til samme typer inspeksjoner, for mange av dronene har de samme, eller veldig like spesifikasjoner. Ta for eksempel termokamera. Ulike produsenter produserer slike kamera som ender opp med å ha akkurat samme spesifikasjoner. Derimot vil kanskje to droner som har samme kamera, ha noe ulik rekkevidde eller batterikapasitet. Dette er faktorer som i mange tilfeller vil være avgjørende for hvilken drone bedriftene mener er best egnet til deres bruk.

Ulike bedrifter vil alltid velge den samme dronen til gjennomføring av samme type inspeksjon. Dette stemmer nok ikke alltid. Vektleggingen av batterikapasitet, rekkevidde, vanntetthet, løftekapasitet, for å nevne noe, vil ikke alltid vurderes likt av bedriftene. For noen vil rekkevidde og løftekapasitet være det som til syvende og sist er avgjørende faktorer, mens for andre bedrifter vil kanskje vanntetthet og rekkevidde være avgjørende. Preferanser rundt spesifikasjoner når det står mellom to droner kan være den avgjørende faktoren.

Felles for at dronen ikke bare skal bli stemplet som en gimmik, eller leketøy, er at den er utstyrt med riktige komponenter og sensorer for det formålet den er ment å dekke. På denne måten vil utstyret ha best mulige forutsetninger for å bli et viktig og godt hjelpemiddel for utførelse og dokumentasjon under inspeksjoner. Flere har gitt uttrykk for at dronen er et så godt og nyttig hjelpemiddel i arbeidet, at de ikke kan se for seg å arbeide uten den. Det er et tegn på at de har valgt riktig drone for arbeidet de har utført.

Sett i lys av ovennevnte er det vanskelig å skulle si at en spesifikk drone er som laget for en type byggteknisk inspeksjon. Egnetheten for dronene i byggteknisk inspeksjon handler i all hovedsak om dronen har de grunnleggende komponentene for å kunne utføre inspeksjonen, slik som termokamera, ordinært kamera, sensor for å måle tykkelse og lignende.

5.3 Fordeler og ulemper med bruk av droner sammenlignet med eller som supplement til ordinære inspeksjoner/analyser

Gjennomgangen av teori om emnet, forskningsspørsmålene og feltstudiet viser at det både er fordeler og ulemper når bruken av droner sammenlignes med eller som supplement til ordinær inspeksjon.

For å starte kan det være greit å se litt på teknologien, siden droner er et teknologisk utstyr. Teknologi er ikke feilfri, det vil altså kunne oppstå situasjoner der teknologien streiker, og dermed kan blant annet innstilligene på dronens flyrute og data fra dronen bli borte. I dag finnes det likevel gode

muligheter for å gjenopprette data som er blitt tapt, men det er fortsatt en mulighet for at data kan bli tapt i sin helhet. I likhet med data fra dronen, kan data fra håndholdte kamera bli tapt. Så den ulempen vil være der om droner benyttes til inspeksjoner eller om det benyttes ordinært inspeksjonsutstyr.

Det må nevnes at en har en del ansvar når en flyr med droner, også når de brukes til termografering, scanning og visuell inspeksjon. Her med tanke på personvern. Data fra dronen kan inneholde uønsket informasjon og/eller være en trussel for menneskers personvern og samfunnssikkerhet. Det kan være en fordel om flygningen gjennomføres når byggeplassen er tom, eller når bygningen er så å si tom. Selvfølgelig vil det være mulig å sladde over personer og annen materiell. Akkurat dette området rundt personvern er noe som må tas hensyn til ved manuell inspeksjon, både ved synfaring, men også dersom det skal tas bilder/video som dokumentasjon. Derfor vil det være hensyn å ta både ved bruk av drone og ved bruk av utstyr ved ordinær inspeksjon.

Ser man på det praktiske ved bruk av droner ved byggtekniske inspeksjoner vil tilgjengeligheten og den dokumentasjon som oppnås fra flygningene være super, i tillegg til at dronene kan forhåndsinnstilles til å fly en helt spesifikk og definert rute, som da kan gjennomføres flere ganger, over en tidsperiode. Dette vil gi den nøyaktige samme oversikten over progresjon og vil være god dokumentasjon over prosessen til bygningen eller rehabiliteringen. Det er viktig å nevne at droner gir en veldig nøyaktig dokumentasjon, dette ut fra at den opererer etter GPS-signal.

Det er rimelig å si at navigering etter GPS-signal vil kreve gode signaler, for å unngå at kontakten til dronen blir tapt. I dag er imidlertid mange av dronene utstyrt med «return to home» funksjon. Slik at dronen vil returnere til start punktet eller valgt punkt dersom dronen mister signalet. Denne funksjonen vil også slå inn om dronen når et kritisk batterinivå, som reduserer muligheten for at dronen faller ned og krasjer. Muligheten for at dronen faller ned på bakken, er selvfølgelig til stede, men sannsynligheten er dermed mindre.

Noen hevder at droner er et mer økonomisk valg ved inspeksjoner enn ved bruk av ordinære, manuelle inspeksjoner. Investering i droner er en engangskostnad, for en periode i hvert fall. Det er teknologi, så teknologien vil fortsette å utvikles, altså vil det komme forbedringer på kvalitet og spesifikasjoner, o.l. på dronen, som kan føre til at dronen bør byttes ut. Behovet for å bytte ut en drone kan nok sammenlignes med en datamaskin, det er ikke noe som «må» byttes ut ofte, men etter hvert kan det være en del fordeler ved å bytte ut en gammel drone til en nyere modell. Før det kommer til det punktet at dronen bør byttes ut, vil det være muligheter for å bytte ut enkelte komponenter eller utstyret på dronen, som vil være mer økonomisk, enn å bytte ut hele dronen. Dermed vil kvalifikasjonene til dronen bedres, uten at selve rammen byttes. Dette vil spare en del kostnader over en tid. Kostnadene som er koblet sammen med kjøp av droner og utskifting, vil også være der ved benyttelse av håndholdte utstyr, som termograferingskamera. Dette er også utstyr som etter hvert bør byttes ut mot nyere og mer moderne utstyr.

Ved å begynne å ta droner i bruk ved inspeksjoner, vil det i tillegg til selve dronen, være noen kostnader tilknyttet opplæring, slik som kursing og eksamen av operatører. Det vil også være en del kostnader knyttet til at operatør skal være oppdatert på bruken av dronen og regelverket, som er i stadig endring. Sett opp mot kostnader på kursing for å operere lift som er et alternativ for visuell inspeksjon av tak, vil ikke de kostandene være så forskjellige.

For så vidt er dronen enkel å frakte med seg, lett å holde oppdatert og så langt teknologien har kommet i dag, er det et verktøy som er enkelt å ta i bruk og implementere i bedriften og arbeidet. En drone varer lenge, i alle fall om den behandles godt og ikke skades. De kan oppdateres, og utstyr på droner kan enkelt byttes ut eller oppgraderes.

Droner kan senke kostnadene for bedrifter betraktelig, der dronens og operatørens kostnader kan fordeles over mange år og til ulike prosjekter, vil kostnadene for utstyr som stillas og lift ofte benyttes til et prosjekt, da det ikke er så lønnsomt å lagre det og forflytte det til andre prosjekter. I tillegg vil utstyr for manuelle kontroller også kreve mer lagringsplass og noen ganger er det også behov for å ha

utstyret innelåst. Derimot vil en drone ikke kreve så stor plass og kan enkelt lagres i en hylle på et kontor.

Håndholdte kameraer benyttes fortsatt til blant annet termografering, visuell inspeksjon, scanning, o.l. Droner hevdes å være et verktøy som fungerer utmerket som supplement til ordinære håndholdte kamera. De er både utstyrt med sensorer og kameraer som kan gjøre samme og bedre inspeksjoner enn ordinære kamera og utstyr. Benyttelse av droner sparer både tid, men kan også gjennomføres med færre personer. Arbeidet ved bruk av droner er langt enklere, for å nevne en annen fordel.

Som kameraer kan droner blant annet scanne fasader, rundt vinduer, hjørner i bygget, overganger mellom tak og fasade, og listen bare fortsetter og fortsetter. Gjennomføringen ved bruk av droner har vist å være både en sikrere og en billigere måte å gjennomføre inspeksjoner på. Det må has i bakhodet at det er en del ulemper tilknyttet kostnader og HMS som nevnt tidligere. HMS opp mot at dronene kan i verste fall miste signal, bli fri for strøm eller uten grunn falle ned mot bakken.

En kan hevde at fleksibiliteten ved dronebruk er stor. Fasadeinspeksjon er et godt eksempel når det ses på fleksibilitet. Inspeksjoner ved bruk av drone vil i de fleste tilfeller kreve lift, stillas, stige eller liner for å få kontrollert høye vegger og tak på en bygning/konstruksjon. Muligheten for å scanne vegger, hjørner og overganger er lett tilgjengelig dersom det ikke er særlig trangt, for store droner, eller for dårlig oppløsning på kameraet. Droneinspeksjon kan utføres uten å bevege selv rundt med et håndholdt kamera for å få med de områdene som skal kontrolleres. Her er det viktig å nevne at ofte blir flere og større områder kontrollert ved bruk av droner, da det er lettere å komme til, det tar kortere tid å gjennomføre kontroller, dronene får et bedre oversiktsbilde.

Ordinære inspeksjoner blir som nent tidligere utført med lift eller stiger, ofte av flere personer og utstyr som tar tid å få klart til inspeksjonen. Ved dronebruk vil det være mindre tid som går bort til klargjøring av utstyr slik som lift, siden en drone ofte er klar på et par minutter, og kan fly rundt/over hele bygningen/konstruksjonen, hvorav en lift eller stige, eller personer som skal inspisere må forflytte på seg. Det har vist seg å benyttes flere personer ved gjennomføring av manuelle inspeksjoner enn ved droneinspeksjon. Frigjøringen av personell kan nå brukes til å utføre andre arbeidsoppgaver, dermed vil det være økt produktivitet ved dronebruk. Sett i slikt lys vil det være tidsbesparende for bedriftene og samtidig senke kostnadene.

Det er mulig at værforhold vil være en utfordring ved bruk av droner. Droner kan ikke fly i hvilket som helst vær og vind. Derfor vil værforholdet kunne være en ulempe ved droneflygning. Sterk vind, store nedbørsmengder og sterkt sollys vil være forhold som gjør at dronen ikke kan fly eller at data fra dronen blir dårlig. I form av at bildene blir uklare eller ubrukelige. I tillegg vil droner som ikke tåler vann kunne bli ødelagt. Det er muligheter for å sette beskyttelse på noen droner som ikke er vanntett, som gjør at de egner seg godt ved nedbør, men det finnes droner som ikke har mulighet for dette. Når det kommer til sterkt sollys vil det ved rett vinkel mot kamera eller sensor virke blendende, som dermed gjør at dronen ikke vil kunne fungere. Sensorer/kameraer vil fungere ulikt ved sterkt sollys, vind og nedbør, da de er utført forskjellig. Så dette er viktige momenter når droner skal benyttes ved byggt teknisk droneinspeksjon, siden været ofte kan være veldig varierende, i det ene øyeblikket kan det være vindstille og sol, for så å bli sterk vind og store nedbørsmengder. Her er det viktig å vite begrensningene på utstyret som benyttes. Velg en annen tid eller dag for gjennomføring av inspeksjonen om mulig, eller invester i utstyr som har mindre begrensninger.

Bruk av droner kan være en faktor for å bedre HMS, siden det ikke benyttes lift/stige, eller at personell vandrer på takkonstruksjoner, istedenfor benytter droner. Derimot vil det ved bruk av drone, være et HMS-spørsmål vedrørende mulig fall av droner som nevnt tidligere. Sikkerheten opprettholdes ikke til personer som beveger seg under en drone, dersom den skulle falle. I tillegg er det selvfølgelig en mulighet at deler fra dronen ved kollisjon eller mulig «eksplosjon» kan treffe personer som er i nærheten, og påføre skade. Bruk av lift/stige eller fallsikring, ved takinspeksjon, er ikke uten risiko det heller. Med andre ord er det mulighet for at utstyr tipper og skader personer, eller at de som arbeider faller ned og skader seg.

HMS ved droneinspeksjoner og ordinære inspeksjoner kan likegodt bli påvirket av dårlig eller manglende opplæring, eller det kan være at de bare ikke bryr seg. Derfor er det viktig at det er et stort fokus på dette området både ved bruk av droner ved inspeksjoner, men også ved ordinære inspeksjoner. Alltid påse at sikkerheten til de som arbeider og oppholder seg i området er ivaretatt.

Det er mulig at droner kan være et godt grunnlag som supplement til ordinær FDV-dokumentasjon, siden data fra droner er lett tilgjengelig, og er enkelt å opprette, da en flygning ikke tar lang tid å gjennomføre og data er raskt tilgjengelig. FDV er dokumentasjon på forvaltning, drift og vedlikehold. I dag er det nok ikke godt nok å kun benytte seg av data fra dronen som FDV dokumentasjon. Derimot er det et godt supplement for utarbeidelse av grundig FDV-dokumentasjon, ha data fra dronen som vedlegg. Grunnen til at data fra dronen ikke egner seg så godt i dag, er i all hovedsak at dokumentasjon om videre drift og vedlikehold av bygninger/konstruksjoner ikke kommer frem i bilder/video, men må forklares, som en «bruksanvisning». Det er ingen tvil om at data fra dronen er bra som supplement til den skriftlige dokumentasjonen.

Avslutningsvis kan det med utgangspunkt i ovennevnte ses å være flere fordeler ved bruk av droner ved byggtekniske inspeksjoner enn ulemper når det sammenlignes med ordinære inspeksjoner, men også når det ses på som supplement til.

5.4 Opplæring

Innledningsvis er behovet for opplæringen ved drone flygning er ikke relativt stort. For å kunne operere en drone er det ganske sikkert å si at det vil ta rundt én-to timer for å få teken på operering av dronen, sett opp mot de dronene som bygges i dag. Dette gjelder i tilfeller hvor den som skal operere dronen har litt eller noen interesse, eller «teken» på teknologi. Det kan vel sies at den «yngre» generasjonen, som er vokst opp med teknologi, vil kunne ta dette relativt lett, mens en godt voksen person, kanskje vil bruke litt mer tid på å få det inn. Dette er selvfølgelig veldig individuelt. Å lære å fly drone vil kunne tas lettere for enkelte.

Det kan være rimelig å si at i tillegg til tiden det tar for å kunne lære å operere dronen, vil det være behov for å sette av noe tid til å få kontroll på de ulike programvarene som behøves for å håndtere data fra dronen og kunne etablere fly-bane, 3D-modell, o.l. Videre vil ulike programvarer ha enklere brukergrensesnitt enn andre. Det kan trygt sies at de som bruker data, ulike programmer og teknologi i hverdagen vil kunne lære seg programvaren ganske fort, i alle fall de fleste programmene. Også her er dette individuelt og de som får satt opp gode opplæringer vil kunne ha et bedre utgangspunkt for å mestre denne overgangen.

Et annet relevant punkt er at for droner som stiller krav til kurs og eksamen, vil det være behov for noe ekstra tid til å få det gjennomført. Som nevnt tidligere vil det for de som lærer fort, være ganske greit å komme seg gjennom, men for noen vil dette kunne være tidkrevende å få gjennomført.

I bunn og grunn vil det være relativ forskjell mellom hvordan de ulike bedriftene gjennomfører opplæringen, da dronebruken fortsatt er relativt ny og den er lite brukt i bransjen. Samlingsbaserte kurs fra de i bransjen som har tatt i bruk droner kan bidra til at kompetansen innenfor området øker raskere.

Til tross for at flere har tatt droner i bruk kan det trygt sies at de som skal operere droner må sette seg inn i og lære seg hvordan de brukes på egenhånd. I noen bedrifter vil det være andre å spørre og få hjelp fra, mens i andre vil en være den eneste som foreløpig holder på med dette utstyret.

Når det kommer til kostnader rundt opplæring, vil det være koblet sammen med hvor lang tid den enkelte operatøren vil bruke på å få kontroll på flygningen og programvaren. I tillegg til den tiden som det kreves for kurs og eksamen, dersom det er påkrevd og hvor mange som skal være opplært på området.

5.5 Implementering og forankringer av drone

Det er mulig at droner er et verktøy som i dag regnes som relativt nytt sett i sammenheng med byggebransjen. Slik at det kan være viktig at når det skal implementeres inn i bedrifter og i byggebransjen så må det skje på riktig måte. Det er krevende å implementere nye rutiner eller verktøy i et selskap, som har gjort ting på en spesiell måte over lengre tid.

Et annet viktig punkt er å tilpasse opplæringen og implementeringen til mottakergruppen. Det er gjerne de yngre som kan ha en lettere forståelse for hvordan en drone fungerer i praksis og hvordan denne håndteres, styres og er bygd opp. Som da lettere kan benytte seg av utstyret. Likevel kan det være de eldre i bedriften som har viktige innspill på hvordan dronen kan benyttes og hvordan gjennomføringen kan utføres best mulig.

Med grunnlag i at historien til dronebruk innenfor bransjen er svært kort, er det ikke så mye lærdom eller kunnskaper innenfor dette området. Det er selvfølgelig noe, men det er fortsatt flere områder hvor det er lite eller ingen kunnskaper for tiden.

Dersom dronebruken skal kunne forankres inn i en bedrift og i en bransje, er det viktig å ha klare målsettinger, samt gode og tydelige strategier, organisering, planlegging og evaluering. Vurderes om det bør være en egen gruppe eller en utvalgt person, som er ansvarlig og som styrer dette og samtidig sikrer at de riktige stegene tas. Målsettingen må være tydelig, gjerne ved å sette sammen plan for hvordan de skal nås, ha en fortløpende evaluering som ivaretar status og forbedringer samt gode punkter som enten må endres på eller tas med videre.

Det sentrale er å sette opp en plan og ha en person/gruppe for å følge dette opp, så vil endringen og bruken av drone ha best mulig sjanse for å bli en forankring som blir værende og vil være i stadig endring for å bedres. Det krever altså en hel del for å få et slikt nytt utstyr til å revolusjonere en hel bransje, men samtidig er byggebransjen en fin bransje å ta da det er et stort behov for nye systemer og utstyr for å forbedre kvaliteten på en rekke arbeidsoperasjoner og kontroller.

5.6 Generelle funn ved prosjektet

Avslutningsvis vil det sies at droner er på tur inn i byggebransjen. Med grunnlag i at flere og flere bedrifter tar den i bruk til ulike oppgaver, og bruken utvides. Kunnskapen og informasjonen rundt dronebruken blir stadig bedre og mer tilgjengelig, samtidig som det kommer flere ulike droner og mer utstyr på markedet. Derimot er det et område som er i stadig endring, og endringen skjer relativt fort.

For så vidt er det enda ganske få ulike byggtekniske inspeksjoner, og bruken er begrenset, men med tiden vil den bli mer tilgjengelig og ha færre begrensninger, i tillegg vil kunnskapen være til stede, slik at flere kan benytte seg av den. Det kan være rimelig å si at med mer tilgjengelig kunnskap vil dronebruken kunne nås ut i bransjen, sånn at kompetansen utvides mer og utviklingen vil dermed gå fortere.

Det er grunnlag for å si at droner er et godt utstyr for byggtekniske inspeksjoner for at det ikke er så store kostnader og kreves så store ressurser for å ta de i bruk. I tillegg til at bruk av droner er både tidsbesparende, mer effektivt og fleksibelt enn ved ordinære inspeksjoner. En kan med godt grunnlag si at fordelene ved å ta dronen i bruk er større enn ulempene. Det en derimot må være oppmerksom på er at regelverket og personvernet rundt dronebruken vil være under regelmessig endring, og det vil derfor være viktig å være oppdatert til enhver tid.

Det er et pluss for bedrifter at dokumentasjon fra droner kan brukes for markedsføring, noe som kan bidra til mer arbeid.

Del 6:

Konklusjon

6 Konklusjon

Formålet med denne masteroppgaven var å se på mulighetene for dronebruk ved byggtekniske inspeksjoner, og analysere hvorfor droner er tatt i bruk som et hjelpemiddel, eventuelt hvorfor det ikke er tatt i bruk. Gjennom en undersøkelse og feltstudie, sett opp mot teori bak temaet ble det sett på muligheter og fordeler ved denne typen inspeksjoner.

Etter innhenting av informasjon fra flere personer i bransjen, både på entreprenørsiden og konsulentsiden, ble det klart at droner benyttes til ulike byggtekniske inspeksjoner i dag. Slik som visuell inspeksjon, termografering, scanning, oversikt og kontrollering. Det er ikke overraskende at det er et ønske om å benytte dronen innenfor enda flere områder.

Droner er et teknisk utstyr som gir store mengder data. Utnyttelse av denne type data som dokumentasjon er ressurskrevende, blant annet fordi det kan ta tid å sette seg inn i nødvendige programvare. Det kan derfor være en utfordring for en bedrift å implementere bruken av droner.

Flere bedrifter har fått dette til, og viser derfor at det er mulig. Tiden er også inne for en fornyelse av de ordinære inspeksjonene, da det viser seg at de kan gjennomføres på en mer effektiv og kostnadseffektiv måte.

Dokumentasjonen samlet inn fra dronen, og deretter behandlet med tilgjengelig programvare er nøyaktig. Det er også et godt grunnlag opprettholdelse av kvaliteten på inspeksjoner, samtidig som tilgjengeligheten og fleksibiliteten på gjennomførelsen av inspeksjoner forbedres betraktelig. Byggebransjen har et stort behov for å ta i bruk mer teknisk utstyr for gjennomførelse av arbeid, ettersom teknologien er et eksepsjonelt verktøy som kan redusere kostnader og tidsbruk.

Droner er fortsatt et område som er relativt nytt i alle fall innenfor byggebransjen. Informasjonen på området er relativt lite utbredt, og vanskelig å finne. Her vil nok bruken av droner bli større, når informasjonen innenfor området blir mer tilgjengelig, enn den er i dag.

Feltstudiet inneholdt en gjennomgang på et prosjekt, hvor drone ble benyttet for kartlegging av fremdriften og kvaliteten, samt planlegging av fremdriften på prosjektet. Studiet ga et innblikk i hvordan bruken av drone kan implementeres, og hvordan droner kan benyttes som et hjelpemiddel. Fra å gå fra tanken om at en drone for det meste var et leketøy, endte det fort med å bli sett på som et viktig hjelpemiddel i prosjektet. I hovedsak fordi det ga oversiktlig, riktig og nøyaktig informasjon, og at det var tilgjengelig for alle i prosjektet, samt at det kunne brukes som informasjon videre i prosjektfasene. Dronen var i henhold til prosjektgruppen kommet for å bli. Det ble også ytret at det ikke var ønskelig å ha nye prosjekter uten å ha en drone tilgjengelig.

Resultatet viser flere fordeler med å ta i bruk droner ved byggteknisk droneinspeksjon. Lavere kostnader, tidsbesparelse og bedre effektivisering er noen av fordelene. I tillegg vil denne måten å gjennomføre inspeksjon på gi en bedre forutsigbarhet, og samtidig føre til betydelige fordeler hva gjelder HMS-aspektet. Feltstudiet har vist at gjennomføring og implementeringen av dronebruk er gjennomførbart, og samtidig lønnsomt. Byggebransjen har virkelig behov for droner i en mye større skala enn hva som benyttes i dag.

6.1 Videre forskning

Viktige temaer for videre arbeid ut fra denne oppgaven, vil være feltarbeid som var en av begrensningene i oppgaven. Testing og kontrollering av ulike bruksområder for droneinspeksjon vil være interessant å utprøve.

For videre arbeid anbefales det at produsenter av droner, og bedrifter i byggebransjen, sammen kan se på muligheten for å utarbeide en drone som er tilpasset bygningsinspeksjon, i forhold til kvalifikasjoner. På den måten kan en videreutvikle droner som er skreddersydd behovene bransjen har. Dette vil øke bruken betraktelig og gjøre utstyret et velegnet verktøy.

Referanser

Active Drone solution. Drone solutions for mapping av survey. *Active drone solution*. [Online] [Cited: 04 April 2022.] <https://active-drones.com/mapping-%26-survey>.

Andersen, Gisle. 2019. Valg av forskningsmetode. *NDLA Nasjonal digital læringsarena*. [Online] 31 Januar 2019. [Cited: 02 Mars 2022.] <https://ndla.no/subject:1:54b1727c-2d91-4512-901c-8434e13339b4/topic:2:432baee9-5671-47ce-870e-48b8fc3b7a42/topic:2:7d43618f-5198-4b32-9e3f-74c7d73ffb27/resource:1:56937>.

Arnesen, Marius. 2015. Droner - Alt du trenger å vite. *NRK beta*. [Online] 23 Januar 2015. [Cited: 01 Mars 2022.] <https://nrkbeta.no/2015/01/23/droner-alt-du-trenger-a-vite/>.

—, 2015. Slik lager du 3D-modeller med en drone. *NRK beta*. [Online] 27 Mai 2015. [Cited: 18 Mars 2022.] <https://nrkbeta.no/2015/05/27/slik-lager-du-3d-modeller-med-en-drone/>.

Datatilsynet. Droner - hva er lov? *Datatilsynet*. [Online] [Cited: 14 Mars 2022.] https://www.datatilsynet.no/personvern-pa-ulike-omrader/overvaking-og-sporing/droner---hva-er-lov/?fbclid=IwAR1yD_MuPwyOOonjzK8JXKBOPynQjo3huAwvmQnvQUVU2INvQeaWve-ntN1U.

DroneDeploy. Volume Measurement with Drones. *DroneDeploy*. [Online] [Cited: 26 April 2022.] <https://help.dronedeploy.com/hc/en-us/articles/1500004963922-Volume-Measurement-with-Drones>.

Droner.DK. Industri. *Droner.DK*. [Online] [Cited: 18 Mars 2022.] <https://droner.dk/dji-enterprise-serien>.

Dukowitz, Zacc. 2020. Droners in construction: how drones are helping construction companies save money, improve safety conditions, and keep customers happy. *UAV coach*. [Online] 6 Januar 2020. [Cited: 20 Mars 2022.] <https://uavcoach.com/drones-in-construction/>.

Falorca, Jorge Furtado, Miraldes, João P.N.D. and Lanzinha, João Carlos Goncalves. 2021. New trends in visual inspection of buildings and structures: Study for the use of drones. *Degruyter*. [Online] 18 Mai 2021. [Cited: 10 Mars 2022.] <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/eng-2021-0071/html>.

Forsvarsdepartementet. 2018. Forskrift om kontroll med informasjon innhentet med luftbårne sensorsystemer. *Lovdata*. [Online] 22 Juni 2018. [Cited: 28 Mars 2022.] <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2018-06-22-951>.

Frantzen, Jan. 2020. Droneregelverket: Åpen kategori: I hvilken underkategori havner du? *UAS Norway*. [Online] 30 Oktober 2020. [Cited: 25 Mars 2022.] <https://www.uasnorway.no/droneregelverket-apen-kategori-i-hvilken-underkategori-havner-du/>.

—, 2021. Inspeksjon av bygg: Enorme besparelser ved å bruke droner. *UAS Norway*. [Online] 23 Juli 2021. [Cited: 01 mars 2022.] <https://www.uasnorway.no/inspeksjon-av-bygg-enorme-besparelser-ved-a-bruke-droner/>.

—, 2020. Skal du kjøpe drone? Her er modellene du kan velge! *UAS Norway*. [Online] 28 Mai 2020. [Cited: 28 Mars 2022.] <https://www.uasnorway.no/skal-du-kojope-drone-her-er-modellene-du-kan-velge/>.

—, 2021. UAS Norway. *Droneprosjekt evaluert - Statsbygg sparer millioner og finner flere feil. Enorme besparelser ved byggt teknisk inspeksjon - Statsbygg sparer 50% ved å bruke droner*. [Online]

- 30 April 2021. [Cited: 27 Februar 2022.] <https://www.uasnorway.no/enorme-besparelser-ved-byggteknisk-inspeksjon-statsbygg-sparer-over-50-ved-dronebruk/>.
- Gisle, Jon. 2019.** Autonom. *Store norske leksikon*. [Online] Store norske leksikon, 19 August 2019. [Cited: 28 Februar 2022.] <https://snl.no/autonom>.
- Goodman, Jennifer. 2020.** Teck 101, Construction drones. *Construction Dive*. [Online] 8 Januar 2020. [Cited: 15 Mars 2022.] <https://www.constructiondive.com/news/tech-101-construction-drones/569796/>.
- Gremsy. Mio Smaller than ever.** *Gremsy*. [Online] [Cited: 10 Mars 2022.] <https://gremsy.com/products/mio>.
- Grønmo, Sigmund. 2021.** Kvantitativ metode. *Store norske leksikon*. [Online] 07 November 2021. [Cited: 01 Mars 2022.] https://snl.no/kvantitativ_metode.
- Helse Møre og Romsdal. 2019.** Illustrasjonar og filmar. *Helse Møre og Romsdal*. [Online] 9 Desember 2019. [Cited: 26 April 2022.] <https://helse-mr.no/sjukehuset-nordmore-og-romsdal/illustrasjonar>.
- Jakhelln, Henning. 2020.** HMS. *Store norske leksikon*. [Online] 26 Februar 2020. [Cited: 28 Februar 2022.] <https://snl.no/HMS>.
- Jan, Frantzen. 2021.** Det nye droneregelverket: Dette bør du vite om "spesifikk kategori". *UAS Norway*. [Online] 18 Juni 2021. [Cited: 10 Mars 2022.] <https://www.uasnorway.no/det-nye-droneregelverket-dette-bor-du-vite-om-spesifikk-kategori/>.
- Komplett. Syma X30 Drone.** *Komplett*. [Online] [Cited: 26 April 2022.] <https://www.komplett.no/product/1186128/leker-hobby/droner-tilbehoer/droner/syma-x30-drone>.
- Lambert, Andy. 2021.** Construction Drones: What they can do and how to get started. *One-Key*. [Online] One-Key, 14 Mai 2021. [Cited: 15 April 2022.] <https://onekeyresources.milwaukeeetool.com/en/construction-drones>.
- Luftfartstilsynet. 2021.** Fly drone trygt. *Luftfartstilsynet*. [Online] 1 Januar 2021. [Cited: 30 Mars 2022.] <https://luftfartstilsynet.no/globalassets/dokumenter/dronedokumenter/nytt-eu-regelverk/droneplakat-2021.pdf>.
- . 2020. Forskrift om luftfart med droner i åpen og i spesifikk kategori. *Luftfartstilsynet*. [Online] 30 november 2020. <https://luftfartstilsynet.no/aktorer/regelverk/kommende-endringer/2020/forskrift-om-luftfart-med-droner-i-åpen-og-i-spesifikk-kategori/#regulations-uas---unmanned-aircraft-systems>.
- . Luftfartstilsynet. *Luftfartstilsynet*. [Online] [Cited: 10 Mars 2022.] <https://luftfartstilsynet.no/>.
- . Modellflygning. *Luftfartstilsynet*. [Online] [Cited: 15 Mars 2022.] <https://luftfartstilsynet.no/allmenfly-og-luftsport/luftsport/modellflyging/>.
- . Tidslinje. *Luftfartstilsynet*. [Online] [Cited: 12 Mars 2022.] <https://luftfartstilsynet.no/droner/nytt-eu-regelverk/tidslinje/>.
- . Åpen kategori. *Luftfartstilsynet*. [Online] [Cited: 30 Mars 2022.] <https://luftfartstilsynet.no/allmenfly-og-luftsport/luftsport/modellflyging/>.
- Nasjonal sikkerhetsmyndighet.** Velkommen til oversikten over sensorforbudsområder. *Nasjonal sikkerhetsmyndighet*. [Online] [Cited: 28 Mars 2022.] <https://nsm.geodataonline.no/sensorapp/>.

NDA Hack. 2018. How to make quadcopter at home - DIY drone. *Youtube*. [Online] 03 desember 2018. [Cited: 01 Mai 2022.] <https://www.youtube.com/watch?v=ZeIxsq3MYE>.

Norkart. Kommunekart. *Norkart*. [Online] [Cited: 1 April 2022.] <http://www.kommunekart.com>.

Overfly. Termografi med droner. *Overfly.me*. [Online] [Cited: 20 April 2022.] <https://www.overfly.me/no/termografi-med-droner/>.

Pix4D. Pix4Dmapper. *Pix4D*. [Online] [Cited: 26 April 2022.] <https://www.pix4d.com/product/pix4dmapper-photogrammetry-software>.

Rønne, Silje. 2021. Ny droneinspektør gir store besparelser. *Estate*. [Online] 19 Oktober 2021. [Cited: 03 Mars 2022.] <https://www.estatenyheter.no/ny-droneinspektør-gir-store-besparelser/311506>.

Tandberg, Erik and Jarslett, Yngve. 2020. Drone. *Store norske leksikon*. [Online] 5 November 2020. [Cited: 28 Februar 2022.] <https://snl.no/drone>.

Thue, Jan Vincent. 2019. FDV. *Store norske leksikon*. [Online] 31 Juli 2019. [Cited: 28 Februar 2022.] <https://snl.no/FDV>.

tienda24hs. Dji Matrice 300 rtk with thermal imager. Up to 55 minutes. *tienda24hs*. [Online] [Cited: 26 April 2022.] <https://www.tienda24hs.com/Dji-Matrice-300-rtk-with-thermal-imager-Up-to-55-minutes>.

TQC Norge AS. Tritex Multigauge 6000 Series Drone inkl 13mm 2.25 MHz probe. *InTest*. [Online] [Cited: 26 April 2022.] <https://www.intest.no/Produkter/Tykkelse-ultral lyd/Tritex-Multigauge-6000-Series-Drone-inkl-13mm-2.25-MHz-probe>.

Vedlegg


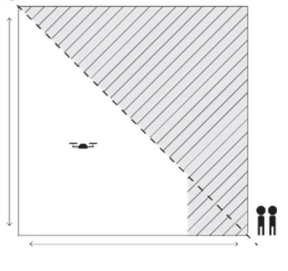



Vedlegg 1: Luftfartstilsynet - Regler i åpen kategori.

Vedlegg 2: Predefined risk assessment (PDRA)

Vedlegg 3: Undervisningsopplegg 4 timer.

Vedlegg 4: Building inspection by use of drones (vitenskapelig artikkel).

Vedlegg 1: Luftfartstilsynet - Regler i åpen kategori

	Under-kategori	Område	Drone	Pilotkompetanse
<ol style="list-style-type: none"> 1 Registrering på flydrone.no 2 Operatørnummer merket på dronen 3 Ansvarsforsikring 4 Maks flyhøyde 120 meter 5 Prosedyrer og personelloversikt for operatører med flere enn én pilot 6 Flyging innenfor synsrekkevidde (VLOS) 7 Ingen slippav objekter 8 Ingen frakt av farlig gods 9 Aldersgrense 16 år for å fly alene 	A1	<ul style="list-style-type: none"> • Unngå flyging over utenforstående personer • Ingen flyging over folkemengder 	<ul style="list-style-type: none"> • C0-merket av produsent <p>Uten merking:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Under 250gram</u> • Maks hastighet 19 m/s 	<ul style="list-style-type: none"> • Brukermanual
		<ul style="list-style-type: none"> • Ingen flyging over utenforstående personer 	<ul style="list-style-type: none"> • C1-merket av produsent  <p>Uten merking:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Under 500gram</u> • Bare frem til 1. januar 2023 	<ul style="list-style-type: none"> • Brukermanual • A1/A3 kurs og eksamen på flydrone.no
<p>I:1 regelen</p> <p>Regelen betyr at horisontal avstand til utenforstående ikke kan være mindre enn dronens vertikale høyde over bakken.</p> 	A2	<ul style="list-style-type: none"> • Minst 30meter horisontalt fra utenforstående personer • Minst 5 meter horisontalt fra utenforstående personer hvis man bruker saktmodus (maks 3 m/s) • 1:1 regelen 	<ul style="list-style-type: none"> • C2-merket av produsent 	<ul style="list-style-type: none"> • Brukermanual • A1/A3 kurs og eksamen • A2 kurs • Egentrening i A1/A3 • A2 eksamen på en trafikkstasjon
		<ul style="list-style-type: none"> • Minst <u>50meter</u> horisontalt fra utenforstående personer • 1:1 regelen 	<p>Uten merking:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Under 2kg</u> • Bare frem til 1. januar 2023 	
	A3	<ul style="list-style-type: none"> • Minst <u>150meter</u> horisontalt fra bolig- nærings- industri- eller rekreasjonsområder • Ingen utenforstående personer i området der flygingen foregår • Minst 30 meter avstand hvis utenforstående personer kommer inn i området. • 1:1 regelen 	<ul style="list-style-type: none"> • C2, C3 eller C4 merket av produsent <p>  </p> <p>Uten merking:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Under 25 kg</u> • Ingen dato-begrensning 	<ul style="list-style-type: none"> • Brukermanual • A1/A3 kurs og eksamen på flydrone.no

Vedlegg 2: Predefined risk assessment (PDRA)

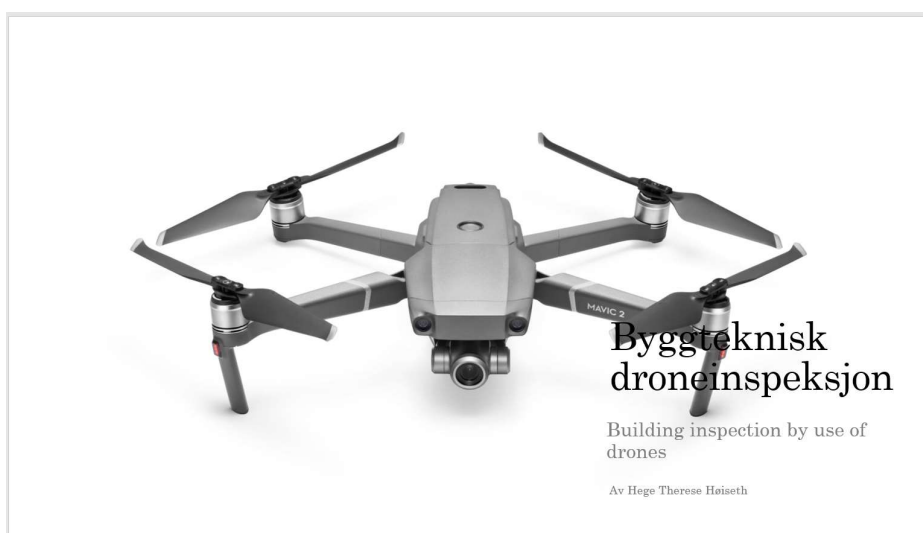
PDRA#	Edition/date	UAS characteristics	BVLOS/VLOS	Overflown area	Maximum range from remote pilot	Maximum height	Airspace	AMC# to Article 11
PDRA-S01	1.0/July 2020	Maximum characteristic dimension of up to 3 m and MTOM of up to 25 kg	VLOS	Controlled ground area that might be located in a populated area	VLOS	120 m	Controlled or uncontrolled, with low risk of encounter with manned aircraft	AMC4
PDRA-S02	1.0/July 2020	Maximum characteristic dimension of up to 3 m and MTOM of up to 25 kg	BVLOS	Controlled ground area that is entirely located in a sparsely populated area	2 km with an AO 1 km, if no AO	120 m	Controlled or uncontrolled, with low risk of encounter with manned aircraft	AMC5
PDRA-G01	1.1/July 2020	Maximum characteristic dimension of up to 3 m and typical kinetic energy of up to 34 kJ	BVLOS	Sparsely populated area	If no AO, up to 1 km	150 m (operational volume)	Uncontrolled, with low risk of encounter with manned aircraft	AMC2
PDRA-G02	1.0/July 2020	Maximum characteristic dimension of up to 3 m and typical kinetic energy of up to 34 kJ	BVLOS	Sparsely populated area	N/a	As established for the reserved airspace	As reserved for the operation	AMC3

Vedlegg 3: Undervisningsopplegg 4 timer

4 timers undervisningsopplegg innen dronebasert bygg inspeksjon basert på resultatene i 1-7 nedenfor:

1. Innledende arbeid/litteraturstudium med avgrensninger og definisjoner.
2. Regelverk og krav til utdanning, både nasjonalt og innen EU.
3. Beskrivelser for forklaringer på ulike typer droner og ulike typer sensorer som egner seg for ulike typer inspeksjoner.
4. Analyse av ulike typer droners, inkl sensorer, egnethet for ulike typer inspeksjoner.
5. Analyse av fordeler og ulemper med bruk av droner sammenlignet med, eller som supplement til ordinære inspeksjoner/analyser.
6. Økonomiske vurderinger ved bruk av droner.
7. Analyse av HMS fordeler og ulemper med bruk av droner.

Slide 1: forside.



Slide 2: Innledning.

Innledning

- Byggeteknisk inspeksjon.
 - Ordinær inspeksjon.
 - Drone.
- Definisjonen på en drone.
- Droneindustrien i dag.
- Studier og artikler på området.

Slide 3: Regelverk og krav til utdanning.

Regelverk og krav til utdanning

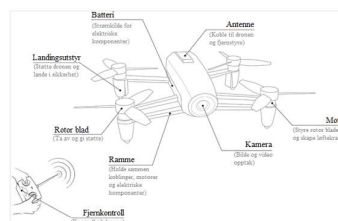
- Luftfartstilsynet.
- EU og Norge.
 - 1 januar 2021 til 1 januar 2022.
 - 1 januar 2022 til 1 januar 2024.
 - 1 januar 2024.
- Åpen og spesifikk kategori.
 - Kurs og eksamen.
 - C-merking.
 - «Legacy-drone».

Klasse	Maks vekt	Maks fart	programvare - høydeberøring	Remote ID
C0	250 g	19 m/s	Maks 120 m	Nei
C1	900 g	19 m/s	Maks 120 m	Ja
C2	4 kg	-	-	Ja (ikke hvis dronen er forankret)
C3	25 kg	-	Maks 120 m	Ja (ikke hvis dronen er forankret)
C4	25 kg	-	-	Nei
(Legacy)	Droner uten C-merking, produsert før 1 januar 2023			

Slide 4: Type droner, inkl. sensorer og programvare.

Type drone

- Generell oppbygning.
- Ulike.
- Vurdering.
- Sensorer og kamera:
 - Avstandsmåler.
 - IMU-sensor.
 - IR-sensor/-kamera.
 - Laserskanner.
 - RTH («retun to home»).
 - Tykkelsesmåler.
 - O.l.
- «Legacy drone».
- Programvare.



(NDA Hack, 2018).

(Falorca, et al., 2021).

Slide 5: Fordeler/ulempes med bruk av drone sammenlignet med, eller som supplement til ordinære inspeksjoner.

Fordeler/ulempes med bruk av drone sammenlignet med, eller som supplement til ordinære inspeksjoner

Fordeler:

- Tidsbesparelse.
- Kostnadsbesparelse.
- Mindre utstyr - lift, stillas, stige, o.l.
- Mindre lagringsplass.
- Dokumentasjon.
- Fleksibilitet.
- HMS.
- Effektivitet.
- Totaloversikt.

Ulemper:

- Værforhold.
- Signal.
- Kunnskap.
- Nøyaktighet.
- Personvern.
- Forstyrrelse for kran/personell.

Slide 6: Økonomi tilknyttet drone.

Økonomi tilknyttet drone

Drone	• Par hundre kroner - over 100k.
Programvare	• Gratis - ca. 60 000 kr (engangspris).
Kurs og eksamen.	• Evt. Opplæring.

Slide 7: HMS fordeler og ulemper ved droner.

HMS fordeler og ulemper ved droner

Fordeler: <ul style="list-style-type: none">• Fleksibilitet.• Tidsbesparelse.• Dokumentasjon.	Ulemper: <ul style="list-style-type: none">• Dronedropp/«eksplosjon».
--	--

Slide 8: Praktisk gjennomføring.

Praktisk gjennomføring

En praktisk gjennomføring hvor det lages en enkel flyplan i programvare, gjennomfører flygningen og ser på dokumentasjonen fra dronen.

- Tidsestimat: 2 t.
 - 1 time 30 min til programmering og gjennomgang av dokumentasjon.
 - 30 min til flygning.
- Område: flygning rundt universitetet i Narvik.
- Programvare: PIX4Dcapture (gratis) for flyplan.
- Drone: Skolen har drone.



(Pansvik Kalle).



Faculty of Engineering Science and Technology
Department of Building, Energy and Materials Technology

MASTER'S THESIS

for

Hege Therese Høiseth

(Student number 342282)

Spring 2022

Vedlegg 4: Building inspection by use of drones

Abstract

Aids and equipment in use in the construction industry are constantly changing. The opportunity to be able to carry out technical inspections in a better way is progressing well, particularly with the use of drones. Drone inspections have become more common in recent years, especially due to cost savings and innovation.

The theme for this thesis is drone inspection, and what are the advantages and disadvantages of using drones compared to, or in addition to, ordinary inspections / analysis. The thesis also deals with analysis of different types of drones, including sensors, and suitability for different inspections. There will also be a bit about the regulations and requirements for education when flying drones.

With the help of Hent, a field study has been carried out on how the drone is set up and how to fly to collect documentation on the construction site. Together with this field study and questions from companies this have provided a basis to describe the area of drone usage during construction inspections.

Drones can be used for several technical inspections. Today, the most common inspection with drones is visual inspection, scanning and thermography, but there is a constant assessment from companies for several areas that drones can be used for. HSE, reduced costs, time savings are just some of the benefits companies have seen after using drones. Drone inspections have also been shown to be more efficient and flexible than ordinary inspections. According to companies and the field study, this type of inspection has proven to be easy to carry out and not very resource intensive. On the other hand, there have been some clear disadvantages of such inspections, for which some knowledge and development is still required, especially around weather conditions and signal.

1. Introduction

Building inspection provides a survey of the condition / problem associated with building or construction. A construction inspection can reveal deviations, such as errors or omissions. Inspections can also maintain the operational characteristics, in addition to give an overview.

Some companies use drones today as a supplement or as the main tool when inspecting. They have seen that drones can save costs, be more efficient, time saving, to name some benefits. It has been seen that weather conditions can be a major disadvantage. Every year, it is conceivable that a lot of resources and costs are used for developing drones. The investment in technology is substantial.

The drone industry in Norway has grown a lot in the recent years. Drones have been increasingly used in various industries, including construction. They have become more accessible, as well as easier to handle and fine-tune. Not to mention that the documentation has been heavily improved.

Drone components and equipment have become more available, and today there exists a wider range of suppliers and different models. The increasing development has led to lower prices, and a larger area of use, in addition to the fact that drones have become easier to use / control.

Over the past years there has been more regulations towards drones, such as mandatory courses and exams, as well as CE-labelling. The regulations are constantly changing. The operator must always be informed and updated on current regulations. The responsibility lies with the operator. Failure to comply with the regulations may result in fine / sanction. There are several regulations regarding drone flying. The regulations are there to ensure that flying takes place in a safe and secure manner, as well as ensuring privacy.

2. Method

Collecting information is necessary for all types of assignments, also master's theses. The research question is decisive for which methods should be used. In this thesis there is interview, literature, and field study.

The differences between the methods are mainly how the information is obtained, (Andersen, 2019). Quantitative method is described as a research method with collection and analysis of quantitative data. Data in form of numbers or other quantity terms. Qualitative data is expressed in form of text (Grønmo, 2021). A combination of these two methods gives a utilization of strong sides and reduce weak ones. Combining several methods for collecting data can be more comprehensive, increase credibility and validity. In addition, any errors and incomplete data may easier be revealed.

Inspections are often carried out in the construction industry, several times a day. While carrying out inspections using drones is still unknown to many. Based on this, the following assumption can be made regarding the reliability, the questions about inspection are good, while questions related to drones are lower.

Measurement data from field study and test of drone may give low validity. This is because a test is performed on a relatively small scale / extent for a specific examination. This affects the quality of the result. To increase the validity, for example, more studies can be carried out on a larger scale / extent.

3. Theory

The definition of exactly what is defined as a drone is not entirely straightforward. On the other hand, there is an agreement that the traditional model aircraft is also defines as a drone. Drones can be defined as model aircraft if they are used for hobbies, i.e., hobby drones. On the other hand, a drone used for commercial flight will be defined as an unmanned aircraft in the construction industry.

A drone is described as an unmanned aircraft that is remotely controlled or flown autonomously. Possible by software, sensors, and GPS (Tandberg, et al., 2020). The size of drones varies from small personal drones (PRS) to aircraft with a wingspan of 40 meters or more.

Drone

The development of drones has been steep, they have become more advanced, got improved specifications such as battery capacity, camera, range, better stabilization, in addition to numerous more connection options. Not to mention the acceleration of new manufacturers and suppliers.

Drones can be made of different materials, such as wood, fiberglass, aluminium, and carbon. When choosing a material, it is important to think about the materials' properties, as well as advantages and disadvantages. There are numerous different components for drones, such as motors, batteries, circuit boards, gyro, accelerometers, etc. The use of the drone determines the types of components it should

have. Decisive factors for the drone's components include the speed it will operate at, the altitude it will fly by and the size and weight of the equipment that will be connected.

The specifications that must be considered before choosing a drone include range, battery capacity, size, etc. The recommendation is that a review of what is available on the market should be done first. Because the drones have different utilization, the same applies to equipment on the drones and what is possible to put on, such as camera and sensors.

Regulations

Drone operations are restricted by regulations and laws. In addition to the fact that in many cases specific requirements are set for education and training. In Norway, the Civil Aviation Authority conducts inspections to check whether the applicable laws, rules and regulations in Norway are complied with.

A common European regulatory framework for drone flying within the EU and Norway has been established. The regulations went into effect on 1. January. 2021 and meant changes for most Norwegian drone operators (Frantzen, 2020). Some of the requirements are that operators must be registered if the drones or model aircraft are equipped with camera or weigh more than 250 grams. In addition, there are requirements that the operators must have courses and exams. The requirements in the regulations increase in proportion to the risk of flight.

Building inspection

Construction inspections are carried out to check the condition and to maintain the operational properties, in addition to keep an overview / control of the construction and process. Inspections are performed voluntarily. The reason for conducting inspections may vary. It can be after a change of ownership, the life of the building has exceeded, or by deviations being discovered, or to gain control, etc.

Visual inspection takes place by taking a preliminary assessment, of the technical condition of structures / buildings, by looking for obvious, external signs of possible deviations or deficiencies. Advantage of this inspection is that data on condition is being examined and immediately available. Visual inspection is to examine / control what can easily be seen, often described as taking an "overview". After visual inspection, the next step is a detailed inspection. A detailed inspection will be necessary, if the visual inspection reveals significant damage and deviations, the inability to fully inspect areas, get a more detailed overview, etc. Here, examinations can be performed both mechanically and in the laboratory. Mechanical examination is a detailed inspection, which consists of using instruments / equipment.

The area of use for drones in inspections today is many, several companies use and offer services where drones have replaced ordinary inspection and equipment. Ordinary inspections take place with physical visualization and control using handheld cameras / equipment. In addition, ordinary inspections often require additional equipment such as lifts, ladders, safety equipment, etc. No further requirements for drones / operator when flying during construction inspections, than the requirements in regulations.

Applications for drones in building inspections today are:

- Visual inspection: observe / inspect buildings or structures. Such inspection provides indications as to whether further inspections should be carried out.
- Thermography: check if there is heat loss in the construction / building. Thermography can be used in combination with pressure testing, which is often done today.
- 3D scanning: simply mapping structures / buildings / areas can be used to create accurate 3D models.
- Thickness measurement (OUT): to be able to determine whether structural parts are made with the right thickness or dimension. The measurements are ± 0.1 mm deviation. Or there is corrosion.
- Volume calculation: based on data from terrain. Using the thermal images to calculation volume easier.

- Surveying: drones with GPS, so that the exact location in the terrain is stated. Drones can collect large amounts of data regularly and make them available in map database quick and easy.

Drones can possibly be used in the future for autonomous drone operation, quality and HSE control, air tightness and moisture protection control, safety against nature strain, control for harmful substances, pollution in the ground, construction and fire safety, and energy calculation.

Software

Several drone suppliers have their own software that can be used to create flight plan, collect, and process data for further use. In addition, there are several others who create and develop software. The software can be free or expensive. Software can be used on smartphones, iPads, tablets, and computers. Software example is: WebODM, PIX4D, DroneMapper, DroneDeploy and Metashape, etc.

HSE

Basically, deals with occupational health, both physical and mental, external environmental conditions - examples are emissions and waste, and finally the protection of people, equipment, and information. HSE is important for securing the environment and creating security. The flight must be done with care, so that people, animals, environment, or equipment are not exposed to damage. There should be clear marking during flight. For all work, whether using equipment such as a lift or drone, the persons operating the equipment should have adequate protective equipment, for their own safety, and necessary educations.

4. Result

Within all construction inspections, it will be a great advantage that drone usage contributes to the industry becoming more technological. Technology leads to better control, lower costs, efficiency, better availability of information, to name some. Much of the work today is done using technology. It turns out that there are some companies that use drones when conducting inspections, as visual, thermography, etc.

Visual inspections

Visual inspection is mostly used on external inspections, as internal inspections have proven to be a bit more demanding, due to the lack of GPS signal. Such external inspections are easy to get started with, as drones are relatively easy to set up and operate. After a visual inspection with a drone, the documentation will be both easily accessible and a clear presentation of the construction / building.

The reason why visual inspection with a drone is a good alternative is that the drone is easy to carry, lower costs, the documentation afterwards is quickly available and a good basis for further work. Decisive factors in visual inspection are documentation, predictability, costs, privacy, and software. The desired effect of visual inspection of drones is documentation, flexibility, HSE, costs, timesaving, and accessibility.

Thermography

Thermography using a drone works quite well. The quality of the images / videos can still be better, and the possibility of being able to perform thermography indoors using a drone, without losing contact should be made approximately 100% safe. Interference and signal loss can lead to the drone not operating properly. Decisive factors in thermography are documentation, costs, most optimal conditions, privacy, and software. Desired effect is documentation, flexibility, HSE, costs, timesaving, and accessibility.

Scanning

Scanning of construction sites, buildings or structures can be done easily and quickly using drones. Drones are used to document area and objects. There will be varying documentation from drone scanning, depending on how good the camera is and how close the drone can fly. Decisive factors when scanning are costs, privacy, and software. Desired effect when scanning by drones is documentation, flexibility, and HSE.

Thickness measurement

The measurements are performed on surfaces. This way it is safer and more efficient than ordinary inspection. In addition, corrosion in metals can be detected. There are specially built sensors that can easily disregard coatings to be able to measure thickness and dimensions, for example. Decisive factors are documentation, compatibility, costs, lifting capacity, and software. The desired effect is documentation, costs, and timesaving.

Volume calculation

For accurate calculations, camera and software are important, as quality to get accurate numbers. Photos / videos are transferred from drones to software for easy volume calculation, it can be done by hand. Decisive factors are documentation, costs, and software. The desired effect is documentation, costs, and timesaving.

Presentation of results from interviews related to the use of drones

The results are based on feedback from people who were able to answer, in addition to the completion of the field study.

Carrying out technical inspections using drones

For the various companies, drones are used when inspecting exterior facades and roofs. Otherwise, there is variation for what the drone is currently used for.

Other construction technical inspections using drones

The most important findings for other construction inspections when using drones are 3D modelling, logistics and operations, autonomous drone operation.

Resources used in drone inspection today

Based on the feedback from the people who had opportunity to answers, it can be assumed that companies spend a lot of resources on drones. It is stated, among other things, that time is spent on courses and exams, as well as on flying the drone. Time is also spent learning to use software and looking at further use of drone.

Positive effects that can be achieved by using drones

The companies have seen various positive effects when using drones in the face of technical inspections. Positive effects have been efficiency, cost and time saving, flexibility and control of progress, to name some.

Advantages and / or disadvantages of using drones

Advantages of using drones can be efficiency, cost and time saving, flexibility and control of progress. Faced with disadvantages, weather will be a factor that can be a major challenge. Another disadvantage may be that the drone is a risk and a disruptive element for cranes, especially with crane lifting. Limitation with GPS, maybe a lack of knowledge or interest can simply be a disadvantage.

Functions that drones will be able to perform in the future

From feedback it has been stated that it may be desirable to use automated drones. In this way, programmed drones can operate on routes, which are carried out daily, to obtain continuous documentation of everything that is carried out on the site. The same applies to buildings / structures. Better camera specifications have also been mentioned here, such as the zoom function. It would improve documentation. This is especially true during the construction phase since it is difficult to fly close without posing a risk to others who are working on the project or equipment, such as cranes.

Presentation of results from field study related to the use of drones

Field study of a new hospital in Nordmøre and Romsdal. Field study has been carried out in collaboration with Hent. The drone used on this project is a DJI Mavic Air 2. This specific drone is not CE marked and is a «legacy drone». At the start of 2023 the operator will be required to have training and exams to be able to fly over a construction site. The drone operator in this project holds both. The

project has one drone pilot. The drone is currently used to take overview photos and video of the construction site, once a week. It is planned to use the drone for several tasks over time, and a process will be started to look at the possibilities. Documentation from the drone is used at status meetings, HSE, mass control, etc. The drone has been a useful and important tool during this project.

Training

Opportunities to receive training for drone flying and the use of software is from others, or by trying out, in addition there are several schools where such education is available, such as bachelor in *Drone Technology* at UiT. There are also several drone courses from Civil Aviation Authority or the Drone Academy, etc.

Implementation of drone

Implementation of drones for use in various companies and especially in the construction industry, can be solved in different ways. It is important to have leaders on the task who has the right background and knowledge. Maybe also an interest in the area, and a courage.

Anchoring

For companies to be able to anchor the drone use in construction technical inspection, they must possess, or acquire knowledge about drones. In addition, they should have an interest in it, at the same time as they have an obligation to carry out, use drones in construction inspections.

HSE

HSE is an important area, to ensure the safety of those who work and those who maintain themselves in the area. HSE should be checked regularly. Larger construction sites will have a great benefit from drone images compared up to HSE, as there are larger areas to keep control of more people. Decisive factors are documentation, and privacy. The desired effect is documentation, flexibility, and timesaving.

5. Discussion and analysis

Discussion and analysis of the area of use in drone inspection, and choice of drones and sensors, how advantages and disadvantages the use of drone compared to or as a supplement to ordinary inspections will provide an overview of whether construction drone inspection is something which should be implemented.

The use of the drone during inspection

Drones can be a good equipment and aid in the construction industry, especially during construction technical inspections. Today, these are not tools that all companies use, but more and more people are using this equipment. The explanation for why there are not so many companies that have used drones so far is not as one-sided as one might have thought.

The reason why many companies have not yet used drones is probably in some cases that no one has taken the initiative, someone who can take the lead to find out if drones would be a good investment and fit, and then learn to use it. Another reason may be that companies have not quite seen that investing in a drone is completely right, they have not quite found out that it is an equipment that they need. Another reason may be that they will wait until drones are more in use, and that there is more knowledge and information in the area before they use it. Of course, the area such as privacy and HSE can be reasons why they choose not to use it. The reasons can be different and there can probably often be several reasons why many companies in the construction industry do not use drones yet.

Today, at least, the drone is a good tool and equipment in visual inspections, such as roof and facade inspection, thermography, and scanning. Because the drone is already used within these areas today, it is safe to say that the drone is well on its way into the industry as a well-functioning equipment. The question of whether the industry is ready for it or not, it is probably not so safe to say.

Another factor where the drone is a better equipment than by manual inspection, is the possibility that the drone can fly regularly through a specific route. The exact same documentation of an area is provided versus deviations that can be expected if a person is going up in a lift once a week.

The possibilities for drones are many, there are some limitations associated with drones. Here, future developments will be decisive for how good drones will be. By developing a drone that is specially built for use in the construction industry, the limitations of the drone will be reduced and perhaps also removed.

Visual inspection

To elaborate further within the area of visual inspection, it can be said that the drone works excellently within this area, at least outdoors, as mentioned earlier. Specifically, the drone can, by visual inspection, work well to check building areas, buildings, structures and HSE. Other inspections the drone is a very good tool for are at locations of foundations, bottom guides, structures, etc.

There is no doubt that drones are extremely suitable for visual inspection. Drones can provide documentation that can easily be used for assessment, of the technical condition, look for obvious or external signs of deviations and deficiencies. The drone may inspect better or at least same as humans can using a camera or other equipment.

Based on feedback from companies that have used drones during visual inspection, drones are easy to use and works well. Some companies have said that cameras deployed on the drones can be better, with zoom and quality, but this can also be based on which camera they use.

Thermography

The use of drones for external thermography has made the inspection more and more accessible. In addition, the HSE aspect has become considerably better, more efficient, and predictable in some areas. Thermal camera has been used in construction to check penetrations and building parts to look at the tightness and leaks of the various layers in ceilings, floors, walls, around doors and windows, and so on. Other areas where it has been used are to check existing buildings to find the status of the buildings, or to assist in finding the reasons why the building has suffered moisture damage, struggling with heat loss or other causes.

Ordinary inspection has then been performed manually with a handheld camera/ equipment by someone who has moved around the buildings. The images are visualizations of the desired areas and building parts that have been controlled. Either it has been shown to be heat loss, etc. otherwise it has turned out to be completely in order or within the requirements of the building regulations. Handheld camera/ equipment is a method that is not only time consuming, but there are some costs associated with such control.

Scanning

Scanning using drones is used by many companies. Because it can be carried out quickly and easily, without large resources. Most drones can be used to scan buildings, area, and structures. Access to unique measurement in 3D using drone to scan is perfect for creating a detailed and precise copy.

Scanning is a good tool for securing the quantity extraction of a building site, just as accurate as calculations based on data from stitching, elevations, and maps. Quantity checks are often done regularly, therefore the use of a drone will be able to provide updated data, quickly after a short tour of the site / building area. The feedback from companies is that the documentation from the scan is an invaluable basis for further design. In addition, the scan shows deviations in existing buildings against construction drawings.

Selection of drones and sensors for various inspections

There are many different drones and sensors on the market. Drones and equipment on them must be adapted to the inspections to be performed. Drones vary in specifications, such as battery capacity and

size, which can be some very decisive factors for which drone is suitable. The climate and environment in which the drone is to be used are factors that must also be included in the assessment of which drone. This is because wind and temperature are factors that have a major impact on the operation of the drone, and the drone's capacity.

It is safe to say that in most cases cost is equal to specification or quality. With this it can be said that equipment on drones such as cameras, sensors, lifting capacity, etc. will come at a certain cost. As seen in the drone examples, the most expensive is equipped with the opportunity to thermography and has the longest operation time and range, most lift capacity, etc. But when that is said, some of the cheaper drones have some great equipment and specification and can be used for some good work too.

The sensors and cameras that is out on the market for drones are innumerable, there are sensors to calculate the thickness of construction parts, calculate volumes, control heat loss, and so on. There are many different components to choose from, and it is safe to say that there will come more.

Advantages and disadvantages of drones compared to or as a supplement to ordinary inspections

The review of theory on the subject, the research questions and the field study show that there are both advantages and disadvantages when the use of drones is compared with or as a supplement to ordinary inspection. Technology is not error-free, so situations may arise where the technology strikes, and thus, among other things, the settings on the drone's flight route and data from the drone may be lost. Today, however, there are good opportunities to recover lost data, but there is still a possibility that data may be lost. Like data from drones, data from handheld cameras also be lost. So that disadvantage will be there if drones are used for inspections or if ordinary inspection equipment is used.

If you look at the practicalities of using drones during construction inspections, the availability and documentation is good, in addition to the fact that the drones can be present to fly a very specific and defined route, which can then be completed several times, over a time. This will provide an accurate progression overview and will be good documentation of the process of the building or rehabilitation. It is important to mention that drones provide very accurate documentation, this because it operates according to GPS coordinates. As the drone operates according to signal, it will be crucial that there is good signal, to avoid losing contact with the drone. Today, fortunately, many of the drones are equipped with "return to home" function, so that the drone can return safe to the start point or selected point if the drone loses signal.

Starting to use drones during inspections, there will be some costs associated with training, equipment, and software. There will be some costs for the operator to stay up to date on the regulations and the area, the drone, which is constantly changing. Drones can reduce costs for companies considerably, where the drone's and operator's costs can be spread over several years and to different projects, while equipment such as scaffolding and lifts are often used for a project, as it is not so profitable to store it and transfer it to other projects. Equipment for manual control often requires more space and sometimes it is necessary to have the equipment locked away, however, a drone will not require as much space and can easily be stored in an office.

The flexibility of drone use is great, facade inspection is a good example when looking at flexibility. Inspections when using a drone, there will be no need for a lift, scaffolding, ladder, or liner to have high walls and roofs of a building / structure checked. The ability to scan walls, corners and transitions is easily accessible if it is not very cramped, too large a drone, or too poor resolution on the camera. Here it is important to mention that often a larger area is controlled when using drones, as it is easy to get to, it takes less time to control, while the drones manage to get a better overview.

Ordinary inspections are, as before, carried out with lifts or ladders, often by several people and equipment that takes time to get ready for inspection. When using a drone, there will be less time spent preparing equipment such as a lift, since a drone is often ready in a few minutes, and can fly around / over the entire building / structure, of which a lift or ladder, or people who are inspecting must move a

lot. There have been more people involved in carrying out manual inspections than in drone inspections. The release of personnel can now be used to perform other tasks; therefore, the productivity will increase when using drones. This will save time for companies and reduce costs.

Drones can be good for mapping mass replacement on plots, how large masses to add and remove, this has both affected the economic perspective, but given a better map of what may need to be done with the masses. Manual mapping of masses is often performed with someone measuring the area, which is time-consuming.

Drones cannot fly in all weather and heavy wind; weather conditions could be a disadvantage. Strong winds, large amounts of precipitation, strong sunlight will be conditions that can disable the drone. In addition, drones that cannot withstand water could be damaged by rain. There are possibilities to waterproof with protection, but not all drones have the possibility of it. Sensors / cameras will work differently in strong sunlight, wind and rainfall, as they are designed differently. It is important to know the limitations of the equipment used.

HSE is important when looking at drone inspections. It can ensure the safety of those who work and stay in the area. Use of drones can be a factor in improving HSE, when lift / ladder is not used, or that personnel don't walk on roof. On the other hand, there will be HSE issues regarding a drone stopping working mid-air, causing collision. There are different advantages and disadvantages of drone inspection versus ordinary inspections.

Training

The need of flight training is not relatively large. To be able to operate a drone, it is safe to say that it will take around one to two hours to get a sign of the operation, compared to the drones that are being built today. This applies in cases where the person who is operating it has some interest, or more correctly a sign for it. It can be said that the "younger" generation, who have grown up with technology, will be able to take this relatively easily, while an adult person, may want to spend more time getting it all in. This is very individual. Learning to fly a drone may be easier for some.

Drones that require courses and exams, or if the flight requires it, some extra time will be needed to complete it. As mentioned earlier, it will be quite easy for those who learn fast to get through, but for some they may need some more time. Basically, there will be a relative difference between how the various companies carry out the training, as drone use is still relatively new.

Implementation of drone

As already mentioned, drones are a tool that is today considered relatively new in the context of the construction industry. Therefore, it is important that when it is implemented in companies and in the construction industry, it must be done in the right way. It is demanding to implement new routines or equipment, for someone who has done things in a special way for a long time, and more important is that those who will do it, are passionate about it or have an interest.

Another important point is to adapt the training and implementation to the recipient group. It is often the younger ones who can have an easier understanding of how a drone works in practice and how this is handled, controlled, and built. Nevertheless, it may be the elderly who have related knowledge of and can provide good input on how the drone best can be used to provide valuable and important help and assistance in everyday work, and at the same time reach areas that are difficult to get to.

Anchoring

To anchor drone use in a company and in an industry, it is important to have clear objectives, as well as good and clear strategies, organization, planning and evaluation. Furthermore, it should be a group or a selected person, who is responsible and manages it and at the same time ensures that the right steps are taken. The goal must be clear, preferably by putting together a plan for how they are to be achieved, have a continuous evaluation that takes care of status and improvements.

General findings of the project

Drones are on their way into the construction industry, and more companies are taking advantage of it. The knowledge and information about drone use are becoming better and more accessible, and more drones and equipment are on the market. This is an area that is constantly changing, and the change is happening relatively fast. Drones is a good tool, at the same time as it is not very expensive or difficult to use. It is with good reason easy to say that the advantages of using it outweighs the disadvantages.

6. Conclusion

The purpose of this master's thesis was to look at the possibilities for drone use in construction inspections and analyse why it has been used as an equipment, or why it hasn't. Through a survey and field study, set up against the theory behind the topic, the possibilities, and benefits of this type of inspections were looked at.

The field study included a review of a project, where drones were used for progression overview and as status, at that specific moment. The study provided a better insight into how the use of drones can be implemented, and how drones can be used as an equipment. How easy drones can be set up, used and how much the benefits it is using drones and how large area it can be implemented to.

The results show several advantages of using drones in construction inspection, such as lower costs, time savings and better efficiency. In addition, this way of conducting an inspection will provide a new predictability and at the same time lead to significantly greater advantage by looking at the HSE aspect. The field study has shown that the carrying out and implementation of drone use is feasible, and profitable.

Important topics for further work will be more fieldwork, for the various areas of use for drones. Test and check the possibility of extending the inspections. It will also be an idea to look at several different drones, as well as self-built drones connected directly to building inspections. What equipment should they be equipped with, and what qualifications should the equipment have. Is it possible to build a drone that is specifically built for inspection of construction? Maybe it is possible to have a drone that can be flown without the need for course and exam.

For further work on the report, it would be recommended that manufacturers of drones and companies, which use and perhaps also include companies that would like to use drones, be included. This will lead to the industry help building a tool that suits the tasks they are to perform.

7. References

Andersen, Gisle. 2019. Valg av forskningsmetode. *NDLA Nasjonal digital læringsarena*. [Internett] 31 Januar 2019. [Sisert: 02 Mars 2022.] <https://ndla.no/subject:1:54b1727c-2d91-4512-901c-8434e13339b4/topic:2:432baee9-5671-47ce-870e-48b8fc3b7a42/topic:2:7d43618f-5198-4b32-9e3f-74c7d73ffb27/resource:1:56937>.

Frantzen, Jan. 2020. Droneregelverket: Åpen kategori: I hvilken underkategori havner du? *UAS Norway*. [Internett] 30 Oktober 2020. [Sisert: 25 Mars 2022.] <https://www.uasnorway.no/droneregelverket-apen-kategori-i-hvilken-underkategori-havner-du/>.

Grønmo, Sigmund. 2021. Kvantitativ metode. *Store norske leksikon*. [Internett] 07 November 2021. [Sisert: 01 Mars 2022.] https://snl.no/kvantitativ_metode.

Tandberg, Erik og Jarslett, Yngve. 2020. Drone. *Store norske leksikon*. [Internett] 5 November 2020. [Sisert: 28 Februar 2022.] <https://snl.no/drone>.