

# Droneanalyse

Analyse af efteruddannelsesbehovet inden for elektronikbranchen rettet mod udvikling, produktion, service og anvendelse af droner



## **INDHOLDSFORTEGNELSE**

<b>Metode.....</b>	<b>4</b>
<b>Grundlæggende om droner .....</b>	<b>5</b>
<b>Dronesituationen i Danmark nu og fremadrettet .....</b>	<b>6</b>
<b>Drone-kompetenceområder .....</b>	<b>22</b>
<b>Konklusioner og anbefalinger .....</b>	<b>22</b>
<b>Bilag .....</b>	<b>26</b>

## Indledning

Februar 2017

Denne rapport dokumenterer en analyse af efteruddannelsesbehovet inden for elektronikbranchen rettet mod udvikling, produktion, service og anvendelse af droner.

*Formålet med projektet har været at undersøge kompetence- og uddannelsesbehov inden for elektronik-branchen rettet mod udvikling, produktion, service og anvendelse af droner, med henblik på at skabe grundlag for udvikling af arbejdsmarkedsuddannelser inden for rammen af FKB 2252 "Elektronik- og svagstrømsteknisk område".*

Elektronik- og svagstrømsområdet er karakteriseret ved at omfatte de arbejdsprocesser, der knytter sig til udvikling, produktion samt service og reparation af produkter indeholdende elektronik- og svagstrømsteknik. FKB 2252 dækker dermed et stort jobområde, der samtidig udvikler sig teknologisk hurtigt både set i forhold til jobfunktionernes indhold og forskydninger mellem forskellige arbejdsområder i virksomhederne.

Denne særlige udviklingsdynamik, der er gældende inden for dette jobområde, giver grundlag for en analyse af, om TAK'erne i FKB 2252 afspejler de nye teknologier og tilhørende arbejdsopgaver, som de faglærte har i forskellige typer af virksomheder.

Analysestrategien vil som udgangspunkt primært være rettet mod produktionsvirksomheder og deres behov for kompetencer hos faglærte, der skal arbejde med udvikling, produktion, service og anvendelse af droner.

Analysearbejdet er finansieret af Undervisningsministeriet og gennemført af Steen Grønbæk fra Mercantec i samarbejde med uddannelseskonsulent Anders Hiort Hansen fra Metalindustrien Uddannelser (MI)

I forbindelse med analysen er der gennemført interview med følgende virksomheder og videninstitutioner:

Sky Level, Odense

Sky-Watch A/S, Støvring

Atea A/S, Ballerup

Aalborg Universitet, Aalborg

Scandinavian Avionics A/S, Billund

DTU Space, Lyngby

Dronebutikken.dk, København

senseable.dk, København

Droner.dk, København

Danish Aviation Systems ApS, Brøndby

Integra Consult A/S, Vedbæk

## Metode

Opgaven har været opdelt i følgende faser:

### Fase 1 - Desk research

Under Desk Researchen er der gennemført en research af eksisterende analyser, publikationer og relevante kilder, der er rettet mod droneområdet, med henblik på at synliggøre udviklingen inden for de aktiviteter, der retter sig mod jobområdet.

De foreløbige konklusioner i Desk Researchen var:

*Set i forhold til denne Desk Researchs primære målgruppe, vil der være behov for:*

- *grundkompetencer omkring almen elektronik*
- *viden omkring sensorteknik og sensorer*
- *at kunne forstå, hvad kunden ønsker og har behov for*

*Derudover vil der være behov for kompetencer omkring softwareudvikling med fokus på:*

- *generel forståelse for billed- og videobehandling*
- *objektanalyse af billed- og videodata*

Set i forhold til udvikling/videreudvikling af sensorløsninger og specielle droneløsninger, vil det typisk være kompetencer på videregående uddannelsesniveau, der er behov for.

### Fase 2 – Virksomhedsanalyse og vidensopsamling

Virksomhedsanalysen bygger på kvalitative interviews og observationer i udvalgte virksomheder, og på interviews med relevante vidensinstitutioner.

Under interviewene med virksomhederne og vidensinstitutioner, har der været fokus på at få et generelt billede af droneområdet i Danmark, en vurdering af, hvad de mener, der fremadrettet vil ske på området, samt hvilke kompetencebehov, der er og vil blive.

Resultatet af virksomhedsanalysen er indarbejdet i denne projektrapport.

## Grundlæggende om droner

Drone er den populære betegnelse for et luftfartøj, der flyver ubemandet. Overordnet findes der tre former for droner: Droner, som militæret bruger i kampaktioner, droner, som anvendes af virksomheder og offentlige institutioner og fjernstyrede minidroner, der sælges til private forbrugere.

Både til militær og civil brug udstyres de typisk med et kamera eller sensorer, så de kan filme, overvåge og opmåle større områder. I privat regi bruges droner ofte til at filme og fotografere med.

Droneområdet betegnes ofte som UAS, som står for Unmanned Aerial System.

Droner kan opdeles i en helikopterlignende type og en fastvinget type. Den helikopterlignende type har enten 4 eller 6 propeller der roterer kontinuerligt, når dronen er i luften. På den fastvingede type, vil vingerne være med til at holde dronen i luften. Verdens mindste fastvingede drone har et vingefang på 10 cm., hvor de store droner kan have et vingefang på over 12 meter.



**Figur 1 Den helikopterlignende type, har enten 4 eller 6 propeller.**



**Figur 2 Den fastvingede drone.**

Generelt består selve dronen af:

- Et flyskrog, som udgør den mekaniske struktur for fartøjet.
- Et eller flere batterier, hvis drivkraften er elmotorer. Dronen kan her holde sig i luften op til ca. 45 min.
- Motor(er) som ofte er elmotorer, men skal dronen kunne være i luften længe anvendes der motorer, som kører på brændstof. Der findes også udgaver med jetmotorer.
- En elektronisk fartkontrol, som er et modul, der regulerer strømmen/brændstoffet til motoren
- Propeller, der er monteret oven på motorerne ved helikopterlignede droner, og bagud ved fastvingede.
- En flykontrolenhed, der er det centrale midtpunkt for dronen. Den modtager informationer fra dronens højde- og positionssensorer, og sammen med kommandoerne fra fjernstyringen styrer den igennem ECS-enhederne motorerne. Kommandoerne fra fjernstyringen modtages via radiobølger.

Flykontrolenheden indeholder som minimum en processor, der indeholder styringssoftwaren og nogle sensorer-chips, der er monteret på et lille print. Normalt vil der dog være 2 processorer, hvor den ene tager sig af det lavpraktiske med at holde den stabil i luften. Programmet i denne processor vil normalt være udviklet i C, for at sikre en høj hastighed. Den anden processor tager sig af kommunikationen og styringen af dronens bevægelsesretninger ud fra dronførerens ønsker eller ud fra en fastlagt rute.

Typiske sensor-chips er et accelerometer, der anvendes til at måle dronens acceleration, en

gyroskop-sensor, der kan opfange dronens orientering i forhold til jordens tyngdekraft, samt en GPS i forhold til lokationen. Derudover kan der normalt tilsluttes forskellige eksterne sensorer. Flykontrolenheden kan også betragtes som et autopilotsystem, da den fx i en nødsituation automatisk kan styre dronen til landing.

Derudover indgår der en fjernstyring, hvorfra droneoperatøren kan interagere med dronen.

Selve dronen kan betragtes som et transportmiddel, der ved hjælp af en fjernstyring eller autonomt, ud fra en fastlagt rute, kan bevæges til de ønskede lokationer.

Alt afhængig af opgaven, som dronen skal anvendes til, kan den være udstyret med forskelligt eksternt udstyr som fx et videokamera, en GPS, et kompas eller anden form for sorteknik. Det vil i rapporten betegnes som et dronesystem.

Kommunikationen mellem eksternt udstyr og dronen foregår som en tovejs kommunikation. På droner i det lavere prisleje foregår kommunikationen via et serielt interface med 2 ledninger, hvor den på de dyrere typisk foregår via en CAN bus. Der er også nye kommunikationsbusser på vej, der er optimeret til droner.

## **Dronesituationen i Danmark nu og fremadrettet**

En overvejende del af de personer, der har deltaget i interviewene, var selvlærte i forhold til droneområdet, hvilket er naturligt, da der kun i meget begrænset omfang har været udbudt deciderede droneuddannelser. Syddansk Universitet udbød i september 2015 en civilingeniøruddannelse med specialisering i droneteknologi, som er den første af sin art i Europa.

Da droneområdet er forholdsvis nyt i Danmark, er erfaringerne stadig meget begrænsede, men det forventes, at anvendelsen af droner vil eksplodere i den nærmeste fremtid. Et præcist billede af, hvad der vil ske i Danmark, sløres af den manglende og kommende lovgivning og regulering på området. Fx er man ikke klar med EU reguleringen, der skal danne grundlag for landets implementering af UAV / droner i luftrummet. Kravet kunne fx være et teknisk logbogsystem, der dækker den dokumentation, hvori et luftfartøj frigives til flyvning efter inspektion før flyvning og vedligeholdelse.

Der arbejdes også med en speciel CE-mærkning for droneprodukter, og der kommer også en ny lov omkring flyvning uden for bymæssig bebyggelse. Spørgsmålet er, hvad vil det samlet set betyde, når de kommer på plads?

Der er dog ingen tvivl om at der vil komme et krav om øget sikkerhed på alle områder. Fx er der i den civile luftfart høje krav til sikkerhed på alle områder, hvor der, i forhold til droner, i princippet kun stilles krav omkring det at flyve med en drone.

Tilbage melding fra de besøgte virksomheder og vidensinstitutioner er, at man i forhold til produktionssiden har meget svært ved at vurdere hvor megen betydning den øgede anvendelse af droner vil have i forhold til beskæftigelsen.

Bliver det primært dronesystemer, man køber som hyldevarer fra udlandet, eller kommer vi for alvor til selv at være producenter. Da der er priskrig på selve dronen, vil der være flest penge at tjene på specialløsninger. Jesper fra sesenable ser her løsninger inden for områder som landbrug, byggefag, konstruktion, inspektion af elledninger, vindmøller og gasledninger samt landopmåling. Det er områder, hvor Danmark i forvejen er stærk. Han tror også på, at vi får dansk producerede hyldevarer. Det har vi i alle andre grene af den private produktion, så han kan ikke forestille sig andet end, at det får vi også her, da vi er en nation af dygtige tænkere, der kan få nogle gode ideer, og kan realisere dem. Han arbejder pt. hos Tackmann, der var en garagevirksomhed for 12 år siden, og som startede med en læge og en radaringeniør, der begge godt kunne lide golf, og tænkte, kan vi ikke bruge radar til at finde ud af, hvordan en golfbold flyver. 12 år senere er det en trecifret overskudsforretning. De har været Gazellevirksomhed mange år i træk, så de vokser og vokser.

I forhold til om der kommer flere droneproducenter end SkyWatch, der producerer droner fra bunden, vurderer man, at det er meget usandsynligt. Vi er ganske enkelt for små, og vi skulle have været i gang for mange år siden. Fx har Amerikanerne beskæftiget sig med droner i alle mulige afskygninger siden 1911, og de har derfor en stor erfaring på området. Kina er meget aggressive, og deres arbejds lønninger er samtidig langt lavere end i Danmark, og de udvider konstant deres produkter med nye faciliteter samtidig med, at prisen falder. Det betyder, at man i dag kan købe en drone til 10.000 kr., som for få år siden ville koste over 250.000 kr. Hvis man anskaffer sig en drone med kamera, der kan optage i biografkvalitet, er prisen ca. 80.000 kr. For tre år siden lå prisen på 500.000 - 1.000.000 kr. Der har været flere droneproducenter i Danmark. Danish Aviation Systems var en af dem, men de har valgt at stoppe denne del, og i stedet fokusere på udvikling og produktion af produkter, der enten kan integreres i dronen eller fungere eksternt i forhold til dronen. De udvikler også til andre områder. De bygger her på et koncept, hvor udviklingen foregår i tre udviklingsfaser, og kunden binder sig kun til en fase ad gangen. På den måde kan både kunden og Danish Aviation Systems fasevis vurdere, om det er økonomisk forsvarligt, at fortsætte til næste fase. De har også oprettet søsterselskabet, UAV components, der bl.a. producerer komponenter til en udenlandsk producent af droner. UAV components fungerer som en OEM producent, hvor de enkelte kunder får deres navn sat på komponenterne. Arbejdsopgaverne under UAV components er, at designdelen foregår i Danmark. Under produktionen monteres printene med komponenter i udlandet, og i Danmark bliver programmet overført, delene samlet, og til sidst monteres det i en kasse. Da det, der foregår i Danmark, er ret enkelt, kan UAV components hurtigt oplære nye til dette, hvis der opstår behov for, at der skal produceres store mængder.

Et af de områder, hvor man i Danmark ser store anvendelsesmuligheder for dronerne, er landbrugsområdet, og man taler her om præcisionslandbrug. Fremgangsmåden er, at dronen overflyver marken og tager en række luftbilleder med fx et multispektralt eller et infrarødt kamera af, hvor er der ukrudt, hvor er der de sunde planter mv. Billederne stitches efterfølgende sammen til et samlet billede

af marken, og ved hjælp af intelligente algoritmer eller et Machine Learning<sup>1</sup> software identificeres bl.a. vækst, ukrudt og skadevoldere i marken. Ideen er, at landmanden efterfølgende kan målrette arbejdet, så der kun sprøjtes hvor der er ukrudt. Der findes her landbrugsdroner, der kan bære en dunk med gift, som kan flyve en halv time. Anders fra Aalborg Universitet ser det dog ikke som præcisionslandbrug. Det skyldes, at der stadig er forskellige udfordringer på området. Den ene er præcisionen i billederne og efterbehandlingen, hvor bl.a. variationen i planternes udseende medfører en vis grovhed i billederne, hvilket betyder, at man ikke kan anvende dataene fra dronen, til efterfølgende at styre sprøjtningen ned til den enkelte plante. En anden udfordring er, at de danske regler for flyvning med droner begrænser det område, hvor der pr. flyvning kan foretages optagelser. Det skyldes, at der i reglerne står, at dronedeføreren under hele flyvningen skal kunne se dronen.

Et andet stort område er inspektion af højspændingsnettet, hvor dronen kan erstatte fx en kranvogn. Michael fra Integra tror, at der bliver færre, men større operatører. Det er ligesom luftfartsselskaberne, hvor man i gamle dage havde mange luftfartsselskaber, men efterhånden har vi fået færre og større, operatører der kan mere. Han tror, at vi får samme opdeling i organisationerne, der er nogle, der opererer, så er der nogle, der laver maskiner, så er der nogle som Scandinavian Avionics, der monterer udstyr, så er der nogle, som vedligeholder dem. Så vil man se nogle forskellige organisationsformer, lidt afhængig af hvor stor operatøren er. Er det fx Lufthansa eller SAS, så har de egen vedligeholdelsesorganisation. Hvis det er DAT, så anvende de nogle eksterne.

En generel problemstilling for de to anvendelsesområder er, at dronedeføreren skal kunne se dronen, hvor det er ønskeligt at kunne gennemføre flyvningerne autonomt, dvs. at dronen flyver alene ud fra en fastlagt rute, også kaldet BVLOS (Beyond Visual Line of Sight) flyvning. Her er der forskellige aktiviteter i gang sammen med Trafikstyrelsen i forhold til at lave modeller for, at de kan dispensere for BVLOS inden for visse områder. Ifølge Anders arbejder Aalborg Universitet med standardmodeller, som bl.a. omfatter en række punkter, der skal oplyses i forbindelse med ansøgning om tilladelse til BVLOS-flyvning hos Trafikstyrelsen. Det kræver dog nogle voldsomme statistiske beregninger, som fx hvor stor er sandsynligheden for at dronen falder ned og giver anledning til, at nogle dør i det område, hvor dronen skal flyve. Sandsynligheden vil bl.a. være påvirket af befolkningstætheden, hvorfor sandsynligheden vil variere afhængig af de steder, der skal flyves. Indtil videre ser det ud til, at succesfulde forsøg med autonome dronflyvninger i forhold til inspektion af højspændingskabler, kan udløse verdens første permanente tilladelse fra Trafikstyrelsen til BVLOS-flyvninger.

Aalborg Universitet arbejder derfor for, at der laves en masse beregninger på landsplan, som så kan trækkes via en webside, når der skal ansøges om tilladelse.

Første step i retningen mod fælles informationer er Trafikstyrelsens Droneweb, som indeholder et informationssystem til visning af luftrumsrestriktioner i Danmark.

Demo af sitet: <http://zzz42drone.naviair.dk/index.php>

---

<sup>1</sup> Machine Learning er et begreb, der dækker over et systems evne til at lære selv, uden at være specifikt programmeret til at løse den konkrete opgave.



En af ambitionerne i regeringens dronestrategi fra september 2016 er, *Regeringen vil arbejde for etableringen af internationalt attraktive testfaciliteter for droneteknologi.*

Det er her besluttet, at det i forvejen etablerede **UAS test center** i Odense Lufthavn skal være det nationale testcenter for droner i Danmark. <https://www.uastestcenter.dk/> På sigt håber man også, at der kommer en vindtunnel i området, da det er en mangel i Danmark.

Tidligere ejede Odense Kommune flyskolen i Odense Lufthavn men da kommunen ikke må eje en sådan, har Integra købt skolen. Ifølge Michael fra Integra er hollænderne begyndt at komme op og uddanne deres dronepiloter på skolen i henhold til danske regler, fordi de er langt mere avancerede.

Der er også en brancheforening for droner på vej, som også vil få til huse i Odense Lufthavn. På Syddansk Universitet har man etableret SDU Dronecenter, hvor visionen er, at centret i 2020 er anerkendt som førende inden for droneteknologi i forhold til uddannelse, forskning, innovation, samarbejde og overførsel af teknologi til gavn for samfundet. I den forbindelse har SDU Dronecenter fået 64 millioner til at samle landets forskningskræfter inden for droner, så alle arbejder mod det mål at gøre Danmark til en førende dronenation. Projektet skal forene landets forskningskræfter inden for droner. Forskere fra fem af landets universiteter vil samarbejde for at sikre Danmark en førerposition i udviklingen af droner.

Ifølge Michael fra DTU kan det være lidt svært at se, hvor væksten vil være inden for drone. Inden for forsvarsområdet, har man et dårligt forhold til droner efter det uheldige forløb der var omkring Tornfalken, der nu flyver i Canada. Det nye forsvarsforlig, der skal forhandles i år, kan måske ændre situationen. Fx har forsvaret brug for at vide hvad der sker i Grønland og Antarktis. I forhold til overvågning på Grønland, ser DTU en lagdelt model, hvor droner foretager overvågning i kombination med Satellitter, der opererer i det øverste lag, højtflyvende droner i det næste lag, og mindre, taktiske droner i det nederste lag. De vil tilsammen kunne give et realbillede af, hvad der sker lige nu i forhold til isbjerge, skibe og olieudslip. Dataene herfra vil have værdi lige nu men også i forhold til en efterfølgende forskning. DTU kalder det multiuse, fordi man har en teknologi, der kan anvendes både kommercielt, militært og civilt.

Der, hvor Danmark kan have nogle interessante muligheder i fremtiden, er i forhold til de ting, der kan facilitere droner, og hvordan vi får dronen integreret i vores infrastruktur. Hvad er det for nogle systemer der skal bygges op for at sørge for, at en drone fungerer effektivt, autonomt og i forhold til, at den kan understøtte det, vi gør nu, og at det foregår på en sikker måde. På engelsk findes begreberne safety og security. På dansk er safety det, at folk ikke får dronen i hovedet, og det er det, Trafikstyrelsen bekymrer sig om. Security drejer sig om at dronerne kan misbruges til kriminalitet og terrorisme. Det er politiets, efterretningstjenestens og forsvarets område. Fx er NAVI Air, der står for air traffic control, interesseret i et system, så man har et live overblik over, hvor dronerne er.

For nogle af producenterne, der er på det danske marked, er sikkerhed i højsædet.

Det gælder fx Scandinavian Avionics, der ved ansættelse af en ny medarbejder, ser på hvor tæt han er på B2 (en standard, der gælder for elektronikdelen af flymekanikeren), og så giver de ham det, der mangler.

Ifølge Søren Petersen fra Scandinavian Avionics skal vi i Danmark fortsat lave mennesker med brede kompetencer, da de mennesker, der skal beskæftige sig med droner, skal kunne forstå helheder og deres rolle.

I forhold til landmanden tror han, at dronen bliver traktoren, hvorpå han sætter forskellige redskaber, og at landmanden primært selv vil stå for inspektionen. Tror generelt, at dronen bliver et standard løfteapparat med forskelligt tilbehør, som kan klare forskellige opgaver.

Der er en generel enighed om, at der i Danmark vil komme små subkulturer af opfindere af droneløsninger.

Det er bare svært at se, hvordan de vil kunne klare sig på markedet.

Som inden for mange andre it-områder, findes der også en slags open source udgave af droner som fx 3DR, PX4 og Pixhawk. Softwaren til disse droner bygger på Dronecode projektet, der er et open source, samarbejdsprojekt, der samler eksisterende og fremtidige open source drone projekter under en nonprofit struktur, som er styret af Linux Foundation. Resultatet vil være en fælles, delt open source-plattform for ubemandede luftfartøjer.

Bl.a. Jesper fra senseable er dog skeptisk, da det er svært at overskue, hvis et produkt som 3DR skulle begynde at levere pakker til BVLOS (Beyond Visual Line Of Sight). Han ser her problemer med, hvordan certificeringsprocessen skulle foregå i forhold til, at den får lov til det. Ved DJI drone er kernen fuldstændig lukket af.

Som det fremgår under næste punkt **Anvendelsen af droner**, kan man opdele droneområder i 4 primære områder både anvendelsesmæssigt og til dels også udviklingsmæssigt. Fx vil det i forhold til det **private område** være meget begrænset, hvad der vil være af udviklingsopgaver i Danmark. Folk vil her primært købe en drone med et kamera. Løsningerne, der anvendes i forhold til det **militære område** og ved **forskning og udvikling**, er normalt meget specielle og dyre, og her er der ofte adgang til midler fra henholdsvis det offentlige eller EU. Her kan de danske virksomheder godt deltage, da Danmark har en stor viden og gode kompetencer her, og de danske lønninger er ikke så afgørende på dette område.

I forhold til det **professionelle område**, findes der både specialløsninger, som udvikles og produceres i Danmark og færdige løsninger fra udlandet som fx DJI, der kommer med en løsning til landbrugsområdet.

Som det fremgår af en rapport fra *Teknologisk Institut fra 2016*, var der i 2016 294 danske virksomheder, der enten anvender, sælger eller udvikler til droner. Heraf udgør anvendelsen af droner langt det største område.

## Anvendelse af droner/droneoperatører

Overordnet kan drone anvendelsen i følgende primære områder:

### 1. Militær anvendelse

Ud over den militære anvendelse af droner, dækker området også virksomheder, der producerer dronesystemer til militæret.

Der er stor fokus på sikkerhed, og sikkerhedskravene er de samme, som anvendes inden for luftfartsområdet. Der er derfor krav til sikkerhed under både konstruktionen, produktionen, før anvendelsen, under anvendelsen, efter anvendelsen, driften og vedligeholdelsen af dronerne.

I Danmark anvender militæret bl.a. dronerne til efterretninger om modstanderens aktiviteter i f.eks. Afghanistan, indsatsen mod pirater når det er aktuelt, og som mål drone når der gennemføres øvelseskampe med F16.

Dronetypen, der anvendes her, er normalt den fastvingede, og prismæssigt koster dronerne fra 60.000 kr. og opefter. Størrelsen kan svinge, med et vingefang på omkring 3 meter og opefter.

### 2. Forskning og projekter

Området dækker den forskning og de projekter, der foregår i regi af universiteter, og som er finansieret af midler fra det offentlige, Innovationsfonden eller fra EU. Det kan fx være anvendelse af droner til kortlægning af Grønland og til at indsamle data om isbjørne.

Der er normalt involveret private virksomheder til udvikling og produktion af droneløsninger, der kan løse de respektive opgaver.

Kravene til sikkerhed, varierer fra opgave til opgave.

Dronetypen, der anvendes her, er normalt den fastvingede, og prismæssigt koster dronerne fra 60.000 kr. og opefter. Dertil kommer de systemer, der kobles på dronen.

### 3. Professionel anvendelse

Området retter sig mod anvendelse af droner til bl.a. inspektion, overvågning, foto- og videoproduktion, geografisk mapping, landmåling, beredskab og landbrug.

Dronetypen, der anvendes her, kan både være den helikopterlignende og den fastvingede.

Sikkerhed kan her inddeles i produktsikkerhed, sikkerhed under anvendelsen af dronesystemet og sikkerhed i forhold til vedligeholdelse af dronesystemet.

I Danmark er der pt. kun lavet en lovgivning i forhold til anvendelsen af droner og til dels i forhold til produktet. I forhold til anvendelsen, er der en lovgivning med regler for flyvning af droner inden for bymæssig bebyggelse, og en anden for flyvning af droner uden for bymæssig bebyggelse. I forhold til produktet, gælder samme regler for CE-mærkning<sup>2</sup>, som anvendes for andre elektriske produkter.

Dansk Standard er dog i gang med at se på en CE-standard, der skal gælde for droneområdet.

---

<sup>2</sup> CE-mærket er en erklæring om, at produktet lever op til direktivernes og standardernes krav. CE-mærket er altså ikke et kvalitetsmærke. Men kravene i lovgivningen tager udgangspunkt i miljøhensyn og forbrugernes sikkerhed og sundhed. Her er det vigtigt at bemærke, at CE-mærkning ikke i alle tilfælde betyder, at produktet er blevet testet. For nogle produkter er der ikke krav om prøvning, mens der for andre produkter, fx farlige maskiner, er krav om, at de skal prøves af en uafhængig instans – en tredjepart.

Droneløsninger, der anvendes inden for dette område, ligger prismæssigt fra 10.000 kr. op til ca. 50.000 kr. Der findes dog specialløsninger, der er langt dyrere.

#### **4. Privat anvendelse**

Området retter sig mod den private anvendelse af droner. Ifølge dronebutikken.dk er der få, der flyver droner bare for sjov på samme måde, som andre flyver modelfly.

I forhold til sikkerhed er det samme situation, som er aktuel for den professionelle anvendelse.

Det er overvejende den helikopterlignende dronetype, der sælges her, og prismæssigt ligger de fra omkring 10.000 kr. og nedefter.

#### **Salg af droner og droneløsninger**

Salg af droner og droneløsninger fra 50.000 kr. og derunder varetages primært af online-butikker, fysiske butikker og leverandører, der sælger droner og droneløsninger til både professionel, offentlig og privat anvendelse.

Salg af droner og droneløsninger fra 50.000 kr. og derover varetages primært af producenter, der kan udvikle og producere specialløsninger i forhold til en given opgave.

*'Det er ikke et område, der er umiddelbart relevant i forhold til FKB 2252'.*

#### **Vedligeholdelse og service**

Vedligeholdelse dækker vedligeholdelse af og service på droner.

Hvis man skal se på baggrundskompetencerne i forhold til service, kan man sagtens trække en parallel til moderne biler, der er lige så komplekse. I gamle dage kunne man lukke motorhjelm op, og gå i gang med svensknøgle og en skruetrækker, da det var rent mekanisk. I dag er bilen langt mere elektronisk end den er mekanisk. Hvis det fx er en elbil som Tesla, er den i virkeligheden bare en kørende drone. Den er også selvkørende, og den kan køre autonomt. Der er derfor brug for en grundlæggende mekanisk, elektrisk, systemteknisk (integrationen) og sensorteknisk viden. Man kan derfor se på hvad det kræver at arbejde på et moderne bilværksted, og med udgangspunkt i de generelle kompetencer er det på samme måde som biler, hvor man specialiseres til nogle konkrete mærker.

En af de hyppigste årsager til, at der opstår fejl på en drone er, at dronen enten er faldet ned eller fløjet ind i fx en væg, eller at det er noget fysisk, der går i stykker. En anden hyppig årsag er batterierne, som kan være dårlige og lige pludselig falde sammen. DJI giver kun et 1/2 års garanti på batterierne, da de betragtes som en forbrugsvare.

Generelt er der, trods et stigende salg, ikke så mange droner, der går i stykker, som der har været. Ved de billigere droner, er det ofte billigere at købe en ny.

Som situationen er nu, er service på droner til både professionel og privat anvendelse af forskellige årsager meget begrænset i Danmark. Den ene årsag er, at prisen på en reparation hurtigt kan overstige prisen på en ny. En anden er, at lønningerne er høje i Danmark, hvorfor dronerne overvejende bliver sendt til et Europæisk servicecenter. Fx har DJI 2 servicecentre i Europa, et i Holland og et i Tyskland,

og selv om der er transportomkostninger, er det billigere at sende dronen til Holland, end selv at reparere den. Det koster kun 100 kr. hver vej. Hos Drone.dk har man fx kun 2 deltidsansatte medhjælpere til at udføre reparation og service. Hos dronebutikken.dk har man undersøgt grundlaget for et specialiseret DJI værksted, men fundet ud af, at det ikke kan betale sig. Man skulle anskaffe instrumenter for 500.000 kr., og ved de store droner skal motoren monteres i en bestemt vinkel, hvilket kræver, at man anskaffer specielle skabeloner.

Af disse grunde, sender både droner.dk og dronebutikken.dk den overvejende del af reparationerne til Holland. For et år siden reparerede droner.dk fx det hele selv, men i dag sender de 80% til servicecentret i Holland. De reparationer, der så er, er primært på de ældre modeller, dvs. dem der er 2 år gammel. Det er nemmere her, da der er færre komponenter i, og de er nemmere at udskifte, da de ikke er så integreret i platformen. I nogle af de nye modeller, er delene limet sammen.

En typisk reparation på en drone herhjemme, består i at udskifte en hel flydel som fx en del af chassiset, en motor, et batteri eller et helt print. Der opleves også optiske fejl pga. at dronen har landet hårdt. Her kan man fx se komponenter, der sidder løse på printet. Den væsentligste form for fejl på elektronikken er fartkontrollerne, der leverer strøm til motorene. De går typisk i stykker pga. slitage grundet store strømme eller fordi motoren har været blokeret i forbindelse med et styrt. Mekanisk slitagedelen er motorens lejer.

Service på droner og dronesystemer drejer sig ikke kun om elektriske eller mekaniske fejl, det kan også være en sensorkalibrering, hvis systemet ikke fungerer optimalt, eller at dronen ikke er optimalt konfigureret i forhold til en opgave. Der skal derfor ændres i opsætningen. Processen er her lidt som når man skal finde ud af, hvordan man får et computersystem til at fungere bedst muligt i forhold til en given opgave. Her ændres der så på nogle parametre, nogle opsætningsdata, og man skal så kunne læse og forstå de diagnostikdata, der kommer ud af det, hvorfor er det, at det ikke virker så godt, som vi vil have det til at virke. Systemet er som sådan ikke gået i stykker, men det kører bare ikke optimalt.

Ved service og vedligehold af droner til militær anvendelse, er der en række krav, der skal overholdes. Dette arbejde varetages normalt af flymekanikere, hvor der stilles krav om en B2 certificering. Kravet her er bl.a. at når der udskiftes en del på et fly/en drone, er hver del tracet med et løbenummer, så når man skifter delen, skal man sikre sig, at den nye del har samme specifikationer og er mindst så god som den, der skal udskiftes. Ellers putter man et svagt led ind i kæden, hvilket kan medføre, at der sker et uheld.

Spørgsmålet er, hvordan kravene fremover bliver på andre områder. Her kunne man på sigt tænke en specialiseret flymekaniker, der er dronespecialist.

*'Da serviceområdet er så begrænset i Danmark, er det ikke relevant at udarbejde et uddannelsesmål her.'*

*'I forhold til vedligehold, kan det på sigt blive aktuelt at der skal udarbejdes et uddannelsesmål. Dette grundet i, at de fremtidige krav til sikkerhed, kan indbefatte krav omkring vedligehold.'*

## **Rådgivning og konsulentbistand**

Rådgivning og konsulentbistand dækker de virksomheder, der beskæftiger sig med rådgivning og konsulentvirksomhed, og som fx primært hjælper virksomheder, der har brug for at udføre specialoperationer med droner. Det kan også være virksomheder, der både kan rådgive og er i stand til at udføre deciderede opgaver med droner for kunden, som fx kortlægning.

*'Det er ikke et område, der er umiddelbart relevant i forhold til FKB 2252'.*

## **Udvikling af løsninger**

I Danmark er der kun én producent af droner (SkyWatch), så udvikling ligger primært i forhold til de ekstra systemer, der monteres på eller i dronen. Det kan være systemer, der arbejder uafhængigt af dronen, og der kan være systemer, der arbejder sammen med dronen. Et eksempel på uafhængig system kan være et system, der skal registrere, hvor der er levende væsener inden for et givent område. Systemet består fx af et infrarødt kamera og en GPS. Når kameraet registrerer et objekt, tages der et billede, som gemmes sammen med den givne GPS-lokation. Hvis systemet arbejder sammen med dronen, ville lokationen kunne hentes fra dronens indbyggede GPS. Denne kommunikation foregår via en seriel forbindelse i dronen.

Nogle af producenterne udvikler også komponenter, der helt eller delvist integreret med dronen, og som øger dronens funktionalitet. Der er også producenter i Danmark, der producerer komponenter til droneproducenter i udlandet (Fx Danish Aviation Systems, der leverer komponenter til den sveiziske droneproducent senseFly).

Flere af producenterne samarbejder med universiteter i forhold til udvikling af specialløsninger. Det kan fx være et dronesystem, der skal anvendes til at måle ændringer i isen på land og til havs i Nordgrønland. Udviklingen er her primært finansieret af det offentlige, Innovationsfonden, andre fonde og EU.

## **Sensorer og sensorløsninger**

Sensorer og sensorløsninger til droner dækker et meget bredt område, hvortil der løbende udvikles nye muligheder. Man kan opdele anvendelsen af sensorer, til sensorer, der er en del af dronens drift og sikkerhed, og sensorer, der indgår i forhold til den opgave, som dronen skal udføre under en mission.

I forhold til dronens drift, indeholder dronen typisk sensorer som GPS-sensor til måling af aktuel lokation, gyroskop til orientering i forhold til tyngdekraft, accelerometer til måling af accelerationen, barometer til højdemåling, magnetometer, som fungerer som kompas og sonar til måling af afstand.

Nogle droner har integrerede kameraer, som kan anvendes til automatisk at kunne følge et objekt som fx en bil, eller til at genkende objekter. Genkendelse af objekter kan bl.a. anvendes til at sikre dronen hvis den fx er på vej mod en gren, hvor dronens automationssystem så vil bremse den ned, og dermed afværge en kollision. Selv når dronen flyver op til 70 km i timen, kan den på 50m afstand bremse ned, så den ikke flyver ind i grenen.

Både på billige og dyrere droner anvendes der automatiske sikkerhedssystemer der ved hjælp af sensorer, kan beskytte dronen.

Af sensortyper som indgår i forhold til givne opgaver, kan fx fremhæves:

- Kameraer af forskellige kvaliteter afhængig af opgaven. Dyrere kameraer medfører også øget vægt for dronen, og dermed også kortere flyvetid. Droner i 10.000 kr. klassen indeholder typisk kameraer der kan optage i 4k.
- Infrarødt kamera, så brandvæsenet lettere kan søge efter mennesker, der enten er gemt bag bygninger eller ligger i vandet.
- Termokamera, som bl.a. kan anvendes til at måle utætheder på fjernvarmerør.
- Ultralydssensorer, som bl.a. anvendes til at måle afstand.
- Multi-spektrale kameraer med 4 'øjne' med forskellige frekvensfiltre, så der samtidigt kan måles forskellige typer af data som fx reflekteret lys fra planter i forskellige frekvensbånd, så der på den måde kan gives en karakteristik af klorofylindholdet, som på den baggrund fortælle noget om planters helbredstilstand.
- LIDAR (Light Detection and Ranging), som er en metode til at måle afstande mellem bestemte punkter ved hjælp af laserlys
- RADAR, som er en sensorteknologi, der kan bruges til at opfange og detektere objekter ved hjælp af radiobølger
- Kemiske gassensorer, der kan detektere og giver information om luftens kemiske sammensætning.

Sensorer, der anvendes i og til dronerne, bliver primært produceret i Kina, hvor der i Danmark kun er et par enkelte firmaer, der producerer specialsensorer, som fx Terma, Copenhagen Sensor Technology A/S, der producerer kameraløsninger og Weibel Scientific, som er en af de bedste i verden til radarsystemer.

Tilbagemeldingen fra de interviewede personer er, at Danmarks styrke ikke er at udvikle og producere sensorer, men at vi har gode kompetencer, når det drejer sig om at anvende sensorer til konkrete opgaver og til at koble forskellige sensorer sammen, så de kan understøtte hinanden og fungere som en samlet løsning. Michael fra DPU mener ikke, at det er sensoren i sig selv, der er interessant at kikke på, men kombinationen af sensorerne i forhold til en konkret opgave. Hvis man fx kombinerer et kamera med en radar eller en LIDAR radar, hvordan kan man så få det optimalt sat sammen, så man kan løse opgaven bedst muligt, og opnå de bedst mulige data. Der er mange kombinationer og kombinationsmuligheder.

Jesper fra senseable ser heller ikke Danmark som en sensorproducent, da de masseproduceres til lave priser i Kina. Det er i stedet det at anvende dem på en drone, hvor de kan kombineres med fx en GPS. Her er opgaven at få dem kalibreret sammen, og måske sætte en form for tragt på der gør, at der er et konstant flow hen over den. Så har man fx en løsning, der kan anvendes til at finde ud af, hvor der damper metan op af jorden på en gammel losseplads.



Interessen for at producere sensorer, der er direkte rettet mod droneområdet, er voksende. Fx har Intel udviklet RealSense, som er tre kameraer, der fungerer som ét (et 1080p HD-kamera, et IR-kamera og en IR-laserprojektor), der tilsammen fungerer lidt som det menneskelige øje i forhold til at kunne bedømme dybde og følge bevægelser. Sony, der laver specielle kameraer rettet mod anvendelse på droner.

*'Der ses her et behov for folk, der har en generel viden om forskellige sensortyper, der kan anvendes til droner og deres anvendelsesmuligheder'.*

### **Systemintegration og embedded softwareudvikling**

Mange droneløsninger består af selve dronen som transportmidlet, hvorpå der monteres en eller flere sensorer alt afhængig af hvilken opgave, der skal udføres. Dronerne kan også købes med et integreret kamera, som i forhold til opgaven kan anvendes til at tage billeder ud fra en fastlagt rute. Denne rute kan ofte lægges ind via en tilsluttet tablet fx en iPad, og man kan efterfølgende hente billederne trådløst ned på tabletten (fx DJI Phantom).

Selv billigere droner til omkring 10.000 kr. indeholder en seriel forbindelse, hvorigennem man i et eller andet omfang kan kommunikere med dronen udefra fra et eksternt mikroprocessor baseret system med sensorer.

Til større droner fra omkring 25.000 kr. har producenten ofte udvidet mulighederne, både i form af mere avancerede interfaces, men også i forhold til API løsninger (Application Programming Interface) hvorigennem man kan kommunikere med dronens software, og på nogle droner endda overtage funktioner fra dronen. Derudover er der producenter, der tilbyder en SDK (Software Developer Kit), som kan anvendes i forbindelse med softwareudviklingen.

Generelt ses der en bevæge sig fra, at systemet med sensorerne anvendes som et særskilt system i forhold til dronen, til at systemet kommunikerer med dronen og anvender faciliteter her, eller at systemet kobles sammen med dronens interne system, så det samlede dronesystem kan gøres mere avanceret og intelligent.

Der er producenter i Danmark, der arbejder med løsninger, som kan kobles sammen med dronens autopilot, så den fx kan flyve mere sikkert. Fx har Scandinavian Avionics udviklet et supplerende system, så hvis 2 droner styrer med modsatte eller næsten modsatte kurser, og der er fare for sammenstød, ændres deres styrede kurs til højre.

Generelt for de tilkoblede løsninger er, at dronens eget sikkerheds og styresystem altid vil ligge i baggrunden, og tager over, hvis der opstår problemer.

*'Der ses her et behov for folk, der kan udvikle software til embeddede systemer. Derudover, skal de have kendskab til typiske dronerelaterede interface typer som fx RS232, RS434, UART, I<sup>2</sup>C, CAN bus, og USB, samt viden inden for relevant API og SDK løsning.'*

### **Standardsoftware til billed- og databehandling**

En af de primære opgaver, som droner anvendes til, er at opsamle data. Ofte skal disse data efterbehandles, og det kan enten foregå ved at udvikle en softwareløsning, der er dedikeret til den konkrete analyseopgave, eller ved at anvende en af de kommercielle standard softwarepakker, der findes på markedet.

Af standard softwarepakker findes bl.a.:

- **EasyInspect** er et dataanalyse- og rapporteringsværktøj, der kan analysere billeder fra dronen. Der er udviklet branchespecifikke moduler til EasyInspect, så programmet automatisk kan genkende skader, fejl og mangler, og tilføjer dem i en rapport. Det kan fx være vindmølleinspektion.
- **pix4D** er et mapping software, der ud fra et antal 2D billeder bl.a. kan fremstille 3D visualiseringer af området.  
Anvender man fx pix4D sammen med en DJI-drone, kan man via en APP på fx en iPad indtegne det område, hvor dronen skal tage billeder, og overføre rute mv. til dronen. Dronen vil så gennemføre ruten og tage de aktuelle billeder med information om den lokation og højde, hvor de enkelte billeder bliver taget.  
Når dronen er færdig med missionen, overflyttes billederne til en computerversion af pix4D, hvor billederne stiches sammen, og da dronen under flyvningen får billeder af bygningerne fra forskellige vinkler, kan pix4D skabe en 3D visualisering ud fra billederne. Pix4D kan efterfølgende uploade visualiseringerne til Skyen, hvorfra andre kan have adgang til denne.
- **DroneDeploy** er et mapping software som pix4D, hvor man bl.a. kan kortlægge et område, lave volumenberegninger, lave terrænmodeller, lave simple visualiseringer af afgrøders sundhed ved hjælp af 5 algoritmer, og lave 3D-modeller.
- **OpenDroneMap** er et open source værktøj til at efterbehandle billeder fra dronen til geografiske data.

*'Der ses her et behov for folk, der på en hensigtsmæssig måde kan forstå og anvende softwarepakker, rettet mod dronerelaterede opgaver. Det kan fx være softwarepakke til fotogrammetri, hvor man optager billeder og herudfra kan bygge en 3D terrænmodel. Det kan også være software, der kan analysere hyper- eller multispektrale data fra optagelser, der er hentet fra en flyvning hen over en mark, og hvor analysesoftware kan identificere afgrødernes tilstand ved at kikke på, hvilket vandindhold er der i afgrøderne, hvad de har brug for afgødning mv.'*

### **Live data fra dronen**

Adgangen til de billeder, video mv., som optages med dronen, er indtil nu primært foregået ved at overføre dataene fra dronen til fx en computer lige efter endt flyvning.

Udviklingen går dog mod, at data kan hentes trådløst ned fra dronen enten som live stream (fx video), eller lige efter en optagelse.

Behovet for live streaming kan variere alt afhængig af opgaven. Er det fx en inspektion af en defekt vindmølle, kan der være behov for at få live informationer, så der hurtigt kan sættes gang i en reparation. Er det data fra en mark, kan man godt vente, til dronen kommer ned igen.

Michael fra Integra fortalte, at hvis der skal køres Search and Rescue på Grønland, og der sidder en mand, som skal se alle live billederne igennem fra dronen, bliver han hurtigt uopmærksom, og ser ikke det, han skal se. Hvis man i stedet kan udpege de billeder, hvorpå der er noget, som udsender varme, altså et menneske eller et dyr, så kan han hurtigt identificere hvor der er en 'missing person'. Her arbejder de på et projekt, hvor et infrarødt kamera sender et lille 'blip', når der registreres noget infrarødt på billedet.

Registreringen går ind igennem en mikroprocessor, der stempler positionen, henter det normale tilhørende billede fra et normalt kamera, og sender position og billede tilbage til jorden. Så kan manden på jorden sidde og se, 'hov det var en moskusokse, lige meget med den'. Så får han måske 10 min. efter et billede, hvor den mand, han leder efter, er på.

På den måde flyttes en del af databehandlingen op i dronen, således at man ikke får milliarder af data ned, som man ofte gør i dag.

### **Udvikling af software til billedanalyse og -behandling**

Dronen kan på mange måder gøre inspektionsarbejde mv. lettere og billigere. Man slipper fx for at skulle have en dyr lift eller kran ud ved inspektion af højspændingsnettet, inden man kan planlægge eventuelle reparationsarbejdet. Til gengæld producerer dronen ekstremt mange billeder, når den flyver langs med ledningsnettet, hvilket betyder at man efterfølgende skal bruge meget tid på at gå den store mængde af billeder igennem, for at undersøge evt. fejl på ledningerne. Det kan betyde, at det, man sparer ved at anvende dronen, hurtigt bliver brugt på at en eller flere skal gennemgå billederne for eventuelle fejl på ledningsnettet.

Dette eksempel er meget generelt for anvendelse af dronen til inspektion, overvågning mv. Problemet løses i dag på to forskellige måder, hvor den ene er, at de billeder, som hentes ud af dronen efter flyvningen, sendes igennem noget specialudviklet software på en server, som automatisk gennemgår og undersøger billederne ud fra "referencebilleder på fejl", og herudfra sorterer de billeder ud, hvor der er fejl på ledningerne.

Den anden løsning er at flytte dette arbejde op i dronesystemet, så systemet automatisk kun gemmer de billeder, hvor der er fejl på ledningsnettet. Denne løsning er først nu for alvor ved at vinde ind. I begge tilfælde gemmes billederne sammen med en GPS-lokation.

Flytningen af billedanalyse og -behandlingen fra en serverbaseret løsning til en løsning i dronesystemet vil vokse de kommende år. Det skyldes bl.a. udviklingen inden for processorer, der gør dem i stand til at arbejde hurtigt ved et lavere strømforbrug. Samtidig slipper man for at skulle arbejde med unødvendigt store datamængder. Det er fx af stor betydning når dataene skal streames eller downloades trådløst fra dronen, grundet begrænset båndbredde.

Michael fra DTU kunne sagtens forestille sig, at der er virksomheder, der vil finde nicher inden for bestemte områder af den slags onboard processing, fordi efterhånden som systemerne bliver mere ydedygtige, vil der blive større behov for, at systemerne er mere autonome. At det kun er, når der et behov for, at man skal træffe en beslutning, fx at man skal afbryde en aktivitet eller der opstår en uventet situation, at man det er nødvendigt med ekstern hjælp, men at systemet ellers selv er i stand til at prioritere hvilke data, der er vigtige. Det er her, man begynder at tale om kunstig intelligens og selvlærende systemer. Det mener Michael, at man er i stand til i Danmark, da vi netop har nogle kloge hoveder, som sagtens kunne opbygge nogle nicher her.

Der findes standard softwareløsninger til billedanalyse og -behandling, men der er ofte behov for specialløsninger, hvortil der skal udvikles individuelle softwareløsninger. Der er gode traditioner for softwareudvikling i Danmark, men der er her behov for flere softwareudviklere, der også har forstand på billedanalyse og -behandling. Skal dronen fx anvendes til overvågningen af trafikken i et vejkryds, og her fx finde ud af hvor mange biler, der kører i de forskellige retninger, hvor hurtigt de kører mv., skal dronens optagelser efterbehandles i en software. Softwaren skal først og fremmest kunne udskille bilerne fra andre objekter i optagelserne, så registreringerne kun foretages på dem. Denne form for genkendelses- og analyseproces kan ofte kobles sammen med et Machine Learning værktøj, som fx Microsoft Azur Machine Learning Studio. Det er et skybaseret værktøj, der indlejres i den software, der udvikles. Værktøjet indeholder en lang række Best Practice algoritmer, som sammensættes via visuelt-baserede guides. Dette kan gøres uden det helt store kendskab til algoritmer og programmering.

*'Der ses her et behov for folk, der kan udvikle billedbehandlings- og billedgenkendelsessoftware til både serverbaserede og dronesystembaserede løsninger. Ved dronesystembaserede løsninger, udvikles det til embeddede systemer.'*

### **Behandling af data og distribution af resultater**

Et andet område, hvor der sker en løbende udvikling, er rettet mod distributionen af resultaterne fra en databehandling, så slutbrugeren som fx landmanden nemt og hurtigt kan tilgå dem i en anvendelig form.

Databehandlingen dækker det, der sker i den software, der anvendes til billedanalyse, billedbehandling eller behandling af de data, der kommer fra forskellige sensortyper.

Nogle af disse softwarepakker indeholder en direkte upload facilitet, som gør det muligt at uploade resultaterne til en skyløsning, hvor relevante brugere så kan tilgå resultaterne.

## Sikkerhed

Som tidligere beskrevet, er der i dag kun opsat sikkerhedskrav i forhold til det at flyve med dronen, og i forhold til selve dronen er der kun det krav, at den skal være CE-mærket. Militæret adskiller sig dog her, da de stiller samme krav, som der er ved civil flyvning.

Ved store droner har man normalt en vedligeholdelsesplan, så man ved, hvornår de enkelte komponenter blev skiftet, det har man ikke ved små droner. Her kunne man på sigt forestille sig, at virksomheder, beredskabstjenesten mv., der anskaffer sig et antal droner, også indfører en vedligeholdelsesplan for deres droner, så de altid fungerer. Problemet kan her være at vide, hvor længe fx en motor kan holde, da de kinesiske producenter ikke oplyser, hvor længe delene kan holde, eller MTFB (Mean time between failures).

Når der sælges en drone i Danmark, skal kunden oplyses om de regler, der er.

Bl.a. hos dronebutikken.dk sælges dronerne med det forbehold, at kunden sætter sig ind i dronereglerne, og de bliver via en etiket henvist til **droneregler.dk**. Fra det øjeblik kunden modtager dronen, er det kundens ansvar. Ved droner er det som ved køb af en knallert, forårsager kunden en skader på andre, er det kundens ansvar.

## Drone-kompetenceområder

I forbindelse med interviewene, blev der spurgt bredt ind til hvilke kompetencer, virksomhederne og universiteterne ser, der er behov for i relation til droneområdet i Danmark.

Nedenstående oversigt viser landkortet over de indspil på kompetencebehov, der er fremkommet under interviewene. Som det kan ses, bevæger behovene sig meget bredt mellem områder som bl.a. elektronik, mekanik, software, systemkendskab, applikationsløsninger, sikkerhed, vedligehold, droneflyvning og holdninger.

Debugning og diagnosticering

## Konklusioner og anbefalinger

Kernepunktet for undersøgelsen har været at analysere efteruddannelsesbehovet inden for elektronikbranchen rettet mod udvikling, produktion, service og anvendelse af droner. Dette afsnit indeholder en opsamling af kompetenceområderne, med en vurdering af hvilke af områderne, der er relevante i forhold til FKB 2252 "Elektronik- og svagstrømsteknisk område". Der gives også overordnede forslag til titler på uddannelsesmål rettet mod området, samt en vurdering af eventuelle justeringsbehov for FKB 2252.

### Vurdering af relevante kompetenceområder i forhold til FKB 2252

Kompetenceområde	Overordnet mål rettet mod droner	Kompetenceelementer	Konklusion i forhold til FKB 2252
Dronen	<ul style="list-style-type: none"><li>• At have viden om hvad en drone er, samt en generel systemforståelse.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dronens bestanddele og systemintegration</li><li>• Reguleringsteknik</li><li>• Frekvenser der anvendes</li></ul>	Relevant som et grundlæggende kompetenceområde, som kan give grundforståelsen til de øvrige kompetenceområder. Nuværende FKB kan dække området.
Droneflyvning	<ul style="list-style-type: none"><li>• At have viden og færdigheder i at kunne anvende dronen til specielle opgaver.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Betjeningen</li><li>• At få dronen til at flyve på en fornuftig måde</li></ul>	Kan være relevant som en delkompetence i de øvrige kompetenceområder.

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Specialflyvning, som fx ved inspektion af vindmøller</li> </ul>	Nuværende FKB kan ikke dække området.
Elektronik	<p>5. At have viden og færdigheder inden for elektronik, layout og design af print samt loddeteknik.</p> <p>6. At have viden om forskellige sensortyper, der kan anvendes til droner og deres anvendelsesmuligheder.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlæggende elektronik</li> <li>• Sensorteknik</li> <li>• Layout og design af print</li> <li>• Loddeteknik</li> </ul>	<p>Relevant område i forhold til denne FKB.</p> <p>Nuværende FKB kan dække området.</p>
Interfaceteknik og protokoller	<p>7. At have viden om forskellige interfaceteknikker og transformationsformer.</p> <p>8. At have viden om grundlæggende kommunikationsteknologi.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Serielt interface (RS232, RS485, UART, USB, I2C, SPI, CAN bus, aktuelle busser)</li> <li>• WiFi</li> <li>• Radiokommunikation</li> <li>• Streaming</li> </ul>	<p>Meget relevant område i forhold til denne FKB.</p> <p>Nuværende FKB kan dække området.</p>
Embedded	<p>9. At kunne udvikle software til embeddede processorer, og her anvende relevante programmeringssprog, samt debugning og diagnosticering.</p> <p>10. At kunne udvikle til FPGA-baserede systemer.</p> <p>11. At kunne anvende relevante udviklingskit (SDK) og software interfaces (API), i forbindelse med softwareudvikling til droner.</p> <p>12. At kunne anvende objektorienteret programmering til embeddede systemer.</p> <p>13. At kunne anvende et Embedded styresystem, fx Linux</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Udvikling til embedded processor som fx ARM</li> <li>• Udvikling til FPGA</li> <li>• Udviklingskit (SDK) og software interface (API)</li> <li>• Programmeringssprog (C og C++/C#) og objektorienteret til embedded</li> <li>• Embedded styresystem, fx Linux</li> <li>• Debugning og diagnosticering</li> </ul>	<p>Relevant område i forhold til denne FKB.</p> <p>Nuværende FKB kan dække området.</p>

<b>Kompetenceområde</b>	<b>Overordnet mål rettet mod droner</b>	<b>Kompetenceelementer</b>	<b>Konklusion i forhold til FKB 2252</b>
Reparation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• At kende reglerne for korrekt håndtering af reparation i forhold til gældende standarder.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anvende godkendte komponenter</li> </ul>	Relevant område i forhold til denne FKB. Nuværende FKB kan dække området.
Vedligeholdelse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• At have viden om procedurer for vedligehold af dronesystemer og at kunne håndtere vedligehold ud fra fastlagte procedurerne.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedurer for systematisk vedligehold</li> <li>• Logning: Flyvetid, batteri, propeller mv.</li> <li>• Følge logningen fra dronen</li> </ul>	Relevant område i forhold til denne FKB. Nuværende FKB kan dække området.
Softwareudvikling	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. At kunne udvikle software til billedanalyse/behandling af billeder/video fra dronen på pc-baserede systemer</li> <li>2. At kunne udvikle software til databehandling af billeder/video fra dronen på pc-baserede systemer</li> <li>3. At kunne udvikle APP, ud fra udviklingskit (SDK)</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Billedanalyse og -behandling (On-board/Off bord)</li> <li>• Databehandling / Machine Learning</li> <li>• Distribuerede systemer (Fx data i Skyen)</li> <li>• APP udvikling</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Relevant område men niveauet er for højt i forhold til FKB</li> <li>2. x</li> <li>3. Relevant område men niveauet er for højt i forhold til FKB</li> </ol> <p>Nuværende FKB kan ikke dække området.</p>
Mekanik	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. At have viden om aerodynamikkens, vægtens, balancens og tyngdepunktets betydning for dronen.</li> <li>5. At kunne designe og fremstille mindre skjolde til eksterne dronekomponenter.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aerodynamik</li> <li>• Vægt, balance og tyngdepunkt</li> <li>• CAD design</li> <li>• Prototyping</li> <li>• 3D print</li> </ul>	Relevant område i forhold til denne FKB.  Nuværende FKB kan ikke dække området.
Softwarepakker	<ul style="list-style-type: none"> <li>• At kunne anvende en dedikeret softwarepakke, der kan behandle de data og billeder, som kommer fra dronen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anvende softwarepakker, der behandler data og billeder fra dronen, som fx pix4D</li> <li>• Fotogrammetri</li> </ul>	Relevant område i forhold til denne FKB. Nuværende FKB kan ikke dække området.
Sikkerhed og test	<ul style="list-style-type: none"> <li>• At have grundlæggende kendskab til og forståelse for de forskellige sikkerhedsaspekter der er i</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flysikkerhed</li> <li>• Roller i sikkerhed</li> </ul>	Relevant område i forhold til denne FKB.



	forbindelse med service, reparation, vedligehold og produktion i forhold til droner. <ul style="list-style-type: none"> <li>• At have grundlæggende kendskab til softwaresikkerhed.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Holdninger</li> <li>• Softwaresikkerhed</li> </ul>	Nuværende FKB kan til dels dække området.
Anvendelsesmuligheder med dronen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• At have indsigt i forskellige anvendelsesmuligheder for dronen.</li> <li>• At forstå, hvad man kan bruge dataene fra dronen til.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Case eksempler</li> <li>• Til inspektion, fx byggefirma</li> <li>• Til opmåling, fx landmåler</li> <li>• Til landbrug, fx landmanden</li> </ul>	Relevant område, men ikke aktuel i forhold til denne FKB. Nuværende FKB kan ikke dække området.
Customisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• At kunne foretage mekaniske tilpasninger, påbygge nye faciliteter og foretage mindre tilpasninger af systemer på dronen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mekanisk tilpasning til sensorer</li> <li>• Påbygning af nye features</li> <li>• Mindre tilpasninger på produktet</li> </ul>	Relevant område i forhold til denne FKB. Nuværende FKB kan dække området.
Organisation Learning	<ul style="list-style-type: none"> <li>• At alle berørte i en organisation ser mulighederne frem for barriererne når dronen erstatter de manuelle metoder.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hvordan vil en organisation håndtere, at der nu skal anvendes droner som erstatning for manuelle metoder?</li> </ul>	Relevant område, men det er et organisationsområde, og derfor ikke aktuelt i forhold til denne FKB.

### Samlet vurdering af, om der er grundlag for justeringer i FKB 2252

Som det fremgår under vurderingen af kompetenceområderne i forhold til FKB 2252, er der flere af kompetenceområderne, der er relevante, men FKB'en dækker TAK-mæssigt ikke alle kompetenceområderne. Det kunne derfor give god mening at udvide FKB'en med en TAK rettet mod droneområdet.

### Forslag til nye arbejdsmarkedsmål

- Droneteknologi: Systemforståelse
- Droneteknologi: Sensorteknologier til droner
- Droneteknologi: Dronesystem med standardsoftware (her kan der være problemer i forhold til FKB)

## Bilag

### Kort om de virksomheder og videninstitutioner der har været gennemført interview med

Sky Level, Odense <i>Interview med Michael Bødker Justesen og Jonas Cort Pedersen</i>	Sky Level arbejder med udviklingen af skræddersyede droneløsninger. Sky Level har derfor erfaring med at tage et givent projekt fra konceptuel fase til færdigt implementerbart produkt. Sky Level består af et team af ingeniører, piloter og advokater, som alle sammen drømmer om at udforske morgendagens droneteknologi.
Sky-Watch A/S, Støvring <i>Interview med Michael Messersmidt</i>	Virksomheden Sky-Watch udvikler og producerer droner og dronesystemer til alsidige opgaver. Dronerne udstyres med den nyeste teknologi, eksempelvis kameraer, der muliggør streaming af liveoptagelser eller løsning af fotoopgaver i høj opløsning. Sky-Watch samarbejder med forsvaret, brand og redning samt politiet.
Atea A/S, Ballerup <i>Interview med Casper Duus Christensen</i>	Atea er leverandør af it-produkter og -løsninger, og kan hjælpe med design, udvikling, produktforbedring og vedligehold. Atea sælger også droner og droneløsninger.
Scandinavian Avionics A/S, Billund <i>Interview med Søren Petersen</i>	Scandinavian Avionics udbyder flyelektroniske installationer, certificeringer, design, vedligeholdelse, produktudvikling, support, uddannelse og rådgivning med de vigtigste business platforme til større helikoptere, dronesystemer, business jets, regionale flyselskaber og forsvars elektronik. Desuden er Scandinavian Avionics forhandler og servicecenter for de fleste af de civile flyelektronik fabrikanter og har handelsaftaler med militære producenter.
Dronebutikken.dk, København <i>Interview med Fritz Feichtinger</i>	Dronebutikken er en webshop med salg af droner fra DJI til både hobby og professionelt brug. Dronebutikken har også et værksted og servicecenter til reparation af droner og udstyr.
senseable.dk, København <i>Interview med Jesper Andersen</i>	Senseable er et enmandsfirma, der udvikler sensorbaserede teknologier specielt til droner. Jesper arbejder med forskellige dronerelaterede projekter, og har i en periode også arbejdet sammen med NASA.
Droner.dk, København	Droner.dk har både en webshop og en forretning med salg af droner fra DJI til både hobby og professionelt brug

<i>Interview med Toke Kristian Suhr og Mads Jørgensen</i>	Droner.dk har også et drone-værksted og servicecenter, hvor de reparerer droner og udstyr. Droner.dk har også en droneskole hvor man kan blive certificeret til at flyve med droner.
Danish Aviation Systems ApS, Brøndby <i>Interview med Steven Friberg</i>	Danish Aviation Systems har arbejdet med innovative luftfarts- og teknologiløsninger siden 2009. Virksomheden har indgået partnerskaber med nogle af de mest professionelle og største aktører i verden, hvorfor Danish Aviation System også har en unik adgang til teknologi, viden og produktionsfaciliteter.
Integra Consult A/S, Vedbæk <i>Interview med Michael Niels Thorsen</i>	Integra er en konsulentvirksomhed, der primært beskæftiger sig med luftfart. Integra arbejder med at opbygge viden om jernbane og shippingbranchen samtidig med, at den generelle udvikling i luftfartsbranchen monitoreres nøje. Integra har i over 20 år bevist sig som én af luftfartsindustriens mest innovative virksomheder.
Aalborg Universitet, Aalborg <i>Interview med Anders la Cour-Harbo</i>	Anders la Cour-Harbo er leder af Drone Research Lab under Institut for Elektroniske Systemer på Aalborg Universitet. Anders la Cour-Harbo er lektor, og har forsket i droner og vejledt studerende i drone-projekter de seneste 15 år.
DTU Space, Lyngby <i>Interview med Michael Linden-Vørnle</i>	Michael Linden-Vørnle er leder af DTU Space DroneCenter. Michael Linden-Vørnle er Astrofysiker og chefkonsulent.

### **Links og litteraturhenvisning**

Regler for flyvning i bymæssig bebyggelse og uden for bymæssig bebyggelse	<a href="http://www.droneregler.dk">http://www.droneregler.dk</a>
Software til mapping og 3D mapping	<a href="https://pix4d.com/">https://pix4d.com/</a>
Software til mapping, som findes i en fri udgave med begrænsninger	<a href="https://www.dronedeploy.com/">https://www.dronedeploy.com/</a>
Eksempel på, hvordan man kan bruge droner til arkæologi	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=bKhiAYBmN0U">https://www.youtube.com/watch?v=bKhiAYBmN0U</a>

Danske firmaer får grønt lys til selvstyrende drone

[http://www.energy-supply.dk/article/view/309822/danske\\_firmaer\\_far\\_gront\\_lys\\_til\\_selvstyrende\\_drone#](http://www.energy-supply.dk/article/view/309822/danske_firmaer_far_gront_lys_til_selvstyrende_drone#)

Aarhus Universitet klar med første drone til klimaopgaver tæt på Nordpolen

<http://scitech.au.dk/om-science-and-technology/aktuelt/nyheder/vis/artikel/aarhus-universitet-klar-med-foerste-drone-til-klimaopgaver-taet-paa-nordpolen/>

TOP20 Drone Company Ranking 2016

<https://www.droneii.com/top20-drone-company-ranking-q3-2016>

Civilian Use of Drones in the EU

Rapport  
Authority of the House of Lords, 5. marts 2015

Droner – en vækstbranche?

Analyse af jobpotentialet ved ubemandede fly i Danmark  
Oxford Research, april 2015

Civile droner i Danmark  
-potentialer, udfordringer og anbefalinger

Rapport fra Teknologi Rådet  
Udarbejdet for Uddannelses- og Forskningsministeriet Juni 2014

Kortlægning af droner i Danmark

Rapport 1 fra Teknologisk Institut  
2016

Global drone teknologi

Rapport 2 fra Teknologisk Institut  
2016

Fremtidens regulering af civile droner

Rapport fra en tværministeriel arbejdsgruppe, marts 2015