

Skema A1: Ansøgning om resultatkontraktmidler 2017-18 (aktivitetsplan)

Aktivitetsplan (titel):	Dronemetrologi	Aktivitetsplan nr.:	5
Resumé	Ansøgningen omfatter udvikling af nye ydelser og kompetencer, der kombinerer anvendelsen af droner med avanceret måleteknologi. Den kommercielle anvendelse af droner vokser i disse år eksponentielt og har en bred vifte af potentielle anvendelsesmuligheder. Droner udstyres allerede i dag med kameraer og sensorer til afbildning af og måling over store områder eller på svært tilgængelige steder. Disse observationer er dog oftest af visuel eller kvalitativ karakter uden dokumentation for pålidelighed eller angivelse af nøjagtighed. DFM vil udvikle kvantitative højteknologiske målemetoder baseret på en konventionel droneplatform samt etablere kalibreringsfaciliteter for dronebårne instrumenter og sensorer. Herved etableres helt nye droneapplikationer, som går langt udover nuværende konventionelle anvendelser. Danmark har en mulighed for at blive blandt de førende på området, idet feltet endnu ikke er etableret ved andre Nationale Metrologiinstitutioner (NMI'er). Nøjagtige og pålidelige dronebaserede målinger erstatter ikke kun tidskrævende manuel inspektion, men de kan også tilføre betydningsfuld ekstra værdi. Som eksempel kan der fås en troværdig værdi for omfanget af en skade på en konstruktion eller mængden af en given gas fra en skorsten. Troværdige og nøjagtige måleresultater er en afgørende forudsætning for at etablere et bedre grundlag for beslutningstagning, fx med henblik på forebyggende vedligehold. Kompetencer og ydelser er især rettet mod fremtidige behov hos højteknologiske SMV'er, der med fordel kan anvende metrologidroner i forbindelse med bl.a. inspektion, vedligehold, overvågning og opmåling.		
1) Relation til national strategi på området	Den primære kommercielle anvendelse af droner er i dag relateret til filmproduktion¹. Et mindre, men hastigt voksende segment, adresserer indsamling af data med henblik på beslutningstagning. Et eksempel herpå er billeder af skader på store bygningskonstruktioner, både on- og offshore, med henblik på vedligehold og reparation. De data, som i dag indsamles med droner, er overvejende af kvalitativ karakter. Der er et oplagt værdiskabende og innovativt perspektiv i at løfte denne dataindsamling til en mere systematisk udmåling. Denne forbedring sikres i dette projekt både gennem udvikling af nye måleteknikker, og ved at målingerne udtrykkes kvantitativt ved et egentligt måleresultat med en beregnet usikkerhed og en høj troværdighed sikret gennem sporbarhed til internationalt anerkendte referencer. Projektet adresserer således et særligt fokusområde i den nationale dronestrategi omkring løsninger og tjenesteydelser baseret på "downstream" aktiviteter med metoder til dataindsamling (måling af rådata), analyse (beregning af resultat på baggrund af kalibrering og rådata) samt sensorteknologi (nye højteknologiske måleteknikker). De ydelser og kompetencer, som udvikles gennem aktivitetsplanen, vil primært bidrage til værdiskabelse inden for områder som Kortlægning, Inspektion & overvågning, Miljø, Byggeri & Anlæg samt Offshore – områder, der alle adresseres i den nationale dronestrategi.		

¹ "Kortlægning af droner i Danmark", Teknologisk Institut (2016).

2) Målgruppe og behov	Den primære målgruppe for projektet er på sigt serviceudbydere inden for ovennævnte områder. I en analyse fra Teknologisk Institut¹ er der identificeret 23 virksomheder inden for segmenterne Inspektion/monitoring og Geografisk mapping & landmålinger. Analysen identificerer yderligere 165 virksomheder med droneaktiviteter, men størstedelen af dem (137) er aktive inden for Fotografisk virksomhed/film og TV-produktion. Antallet af virksomheder i den primære målgruppe forventes at følge den generelle eksponentielle vækst² inden for droneaktiviteter. Ydelserne, der etableres via denne aktivitetsplan, er således 'på forkant' af et hastigt voksende marked. Udviklingen af ydelserne kræver desuden særlige metroligikompetencer, som normalt kun er tilstede ved de Nationale Metrologiinstitutter (NMI'er). Det kan derfor ikke forventes, at markedet af sig selv vil kunne udvikle og udbyde tilsvarende ydelser. Da den primære målgruppe endnu har et begrænset omfang, er det vigtigt at se på behovene hos aftagerne af fremtidens droneydelser. Feedback fra potentielle samarbejdspartnere og interessenter viser, at udviklingen af pålidelig kvantitativ dronebaseret måleteknologi ofte er en forudsætning for at disse vil skifte fra konventionelle til dronebaserede ydelser. Som eksempler kan nævnes DFM's dialog med følgende brancher og virksomheder: Landmåling/kortlægning: <i>LIFA A/S Landinspektører</i> er begyndt at benytte droner til opmåling af arealer, men de savner et større kendskab til nøjagtigheder og usikkerheder i de enkelte målinger. Der mangler i dag adgang til kalibrering af det samlede dronesystem med kamera, gps, orientering mm. Herudover påpeges, at dronebaseret fotogrammetri på glatte overflader er et generelt måleteknisk problem. <i>Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering</i> fortæller, at der er behov for udvikling af metoder til at sikre og dokumentere kvaliteten af data fra droner i forbindelse med kortlægning. <i>DTU Space</i> efterspørger ligeledes større fokus på kvaliteten af dronemålingerne ved landmålingsopgaver. Offshore branchen: Vindmølleejere såsom <i>E.ON</i> og <i>Vattenfall</i> benytter allerede droner til en kvalitativ inspektion af vindmøllevinger for at undersøge slid og erosion, men de savner kvantitative opmålinger af vingernes tilstand, som ikke er tilgængeligt på markedet i dag. <i>Offshoreenergy.dk</i> oplyser, at den årlige omkostning til drift og vedligehold inden for olie & gas i Danmark estimeret til ca. 7 mia. kr pr år, hvoraf ca. 200-250 mio. kroner går til korrosionsinspektion. Offshore branchen har derfor en stor interesse i at udvikle bedre metoder til kvantitativ korrosionsbestemmelse. Kalibreringslaboratorier: <i>Intertek Denmark A/S</i> er som eneste danske virksomhed akkrediteret til opmåling af store emner (opbevaringstanke op til 200 000 m³). I dag gennemføres kalibreringen i høj grad manuelt, og Intertek Denmark A/S ser et potentiale i anvendelse af droner til automatiseret opmåling. <i>LIFA A/S Landinspektører</i> peger ligeledes på et behov for udvikling af dronebaseret fotogrammetri eller lignende teknologi til opmåling af tanke. Rådgivende ingeniører: <i>NIRAS A/S</i> ønsker at bruge droner som platform for måling af metan fra lossepladser, men den eksisterende sensorteknologi har ikke tilstrækkelig opløsning eller pålidelighed. <i>NIRAS A/S</i> ser behov for udvikling af sensorteknologi til kvantitativ måling af gasser. Byggebranchen: Iværksættervirksomheden <i>Bygkontrol ApS</i> arbejder i det Innovationsfondsstøttede projekt "Drona" på at udvikle et dronesystem til
-------------------------------------	--

² <http://press.ihs.com/press-release/aerospace-defense-security/consistent-growth-uav-market-push-industry-above-10-billion>
<http://www.metronews.ca/news/canada/2015/12/22/exponential-growth-of-drones-prompts-federal-warnings.html>
<http://dronelife.com/2015/03/13/the-latest-business-insider-drone-market-forecasts-report-shows-exponential-growth/>

	kvalitetssikring af byggeprocessen. Gennem en løbende 3D opmåling af byggeriet kan afvigelser fra arkitekternes 3D model detekteres. Dette forudsætter dog udvikling af kalibreringsmetoder for dronesystemet.
3) Den nye teknologiske serviceydelse	Aktivitetsplanen fokuserer på udvikling af nye ydelser og kompetencer inden for dronemetrologi. Ydelserne er udvalgt på baggrund af interessenters feedback med henblik på at opnå størst mulig “impact” i form af vækst hos danske virksomheder. Ydelserne har et naturligt samspil på flere niveauer. Opmåling på lille skala, gasmonitering og korrosionsbestemmelse har særlig interesse i Offshore branchen. Nøjagtig opmåling på lille og stor skala er afhængig af faciliteter til geometrisk kalibrering af dronekameraer. Hyperspektrale kameraer kan potentielt anvendes til korrosionsbestemmelse, men skal i så fald kalibreres geometrisk og spektralt. Dronebaseret opmåling - lille skala Alle bygningers ydre forfalder med tiden og overfladerne får revner eller eroderer. Beslutningsgrundlaget for hvornår vedligeholdelse skal igangsættes er imidlertid ofte mangelfuldt særligt for store bygninger (højhuse og skorstene), kulturarv (fredede bygninger og fortidsminder³) og offshore konstruktioner (boreplatforme og vindmøller). Der udvikles et dronebaseret inspektionssystem til kortlægning af overfladeform. Skader og revners størrelse kvantificeres og konverteres til et økonomisk beslutningsgrundlag for, hvornår vedligeholdelse skal igangsættes. Dronebaseret opmåling - stor skala Nøjagtig geometrisk opmåling på stor skala er relevant inden for bl.a. opmåling af bygninger og konstruktioner, kalibrering af store tanke og 2D landmåling. Eksisterende metoder benytter oftest kamerabaseret fotogrammetri kombineret med viden om dronens position og orientering. Flere interessenter forklarer, at der ikke eksisterer viden om metodernes usikkerhed, hvilket begrænser anvendelsesmulighederne. Der opbygges kompetencer omkring dronebaseret opmåling med henblik på rådgivning af aktører om forskellige metoders tekniske begrænsninger, pålidelighed, måleusikkerhed og pris. Dronebaseret gasmonitering Nøjagtig gasmonitering er af voksende interesse, især på vanskeligt tilgængelige steder, områder med giftige gasser og større landområder, som ikke nemt kan dækkes af få sensorer. I forlængelse af DFM’s eksisterende aktiviteter inden for gasmonitering vil små sensorer tilpasset droner blive konstrueret for at adressere ovennævnte udfordringer. Der vil især være fokus på fotoakustiske gassensorer, som kan laves meget kompakte, og som fungerer uanset valg af bølgelængde. DFM kan fabrikere sådanne sensorer samt også kalibrere sensorer så absolut måling af gasmængde opnås. Dronebaseret korrosionsbestemmelse Inspektion af korrosion (rust) på høje eller afsidesliggende strukturer er arbejds- og tidskrævende, og i visse tilfælde forbundet med sikkerhedsmæssige risici. Dette gælder især offshore strukturer. Derfor er der en stigende interesse for at udføre disse opgaver vha. droner. På nuværende tidspunkt er inspektioner med droner hovedsageligt centreret omkring visuelle inspektioner, dvs. brug af kameraer. Udover kvantificering af de visuelle metoder som beskrevet ovenfor, vil vi også at udbygge funktionaliteten ved at bruge spektroskopi til at identificere og kvantificere rust. Raman spektroskopi har før vist sig særdeles egnet til identifikation af rust, men også andre spektroskopiske værktøjer evalueres på baggrund af eksisterende litteratur, fx THz spektroskopi, NIR spektroskopi, mikrobølgespektroskopi og afbildning med hyperspektralt kamera. Målet er at udvikle en målemetode og et instrument til

³ Vejledning i pleje af fortidsminder

http://www.kulturarv.dk/fileadmin/user_upload/kulturarv/publikationer/emneopdelt/arkaeologi/plejevejlf/fortidsminder_plejevejledning.pdf

	dronebaseret korrosionsbestemmelse. Kalibrering af dronebaserede måleinstrumenter Ovennævnte kompetencer og ydelser er alle afhængig af, at de dronebaserede måleinstrumenter kalibreres ved anerkendte metoder. Dette inkluderer sensorer udviklet under denne aktivitetsplan, men også eksisterende kommercielle droneinstrumenter og tilhørende software, som først kan udnyttes fuldt ud efter kalibrering. Alle kameraobjektiver giver anledning til geometriske fejl, hvilket fx resulterer i at billedet bliver "tøndeforment". Fejlene kan korrigeres under billedbehandlingen, men selve korrektionen vil have en usikkerhed. DFM vil udvikle nye avancerede ydelser inden for såkaldt "selv-kalibrering"⁴, der kan anvendes, uden at referenceemnet skal placeres nøjagtigt hver gang. Dermed vil man med en økonomisk overkommelig kalibrering kunne opnå høj ydelse selv med relativt billige og små objektiver. Både pris og vægt/størrelse er væsentlige parametre for dronekameraer. Multispektrale og hyperspektrale kameraer har en række potentielle anvendelser, bl.a. inden for landbrug til karakterisering af afgrøder og til kvantificering af nedbrydning af maling og tilstedeværelse af rust. For multi/hyperspektrale kameraer er der, udover udfordringen med de geometriske fejl, en udfordring i at kalibrere kameraets spektrale respons. DFM vil etablere en ydelse til kalibrering af avancerede multi-/hyperspektrale kameraer fra det synlige til det infrarøde område. DFM vil opbygge en ydelse til kalibrering af korrosionssensorer baseret på kvantitative referencemålinger ved hjælp af rust referencer – dvs. emner med et kendt eller fuldstændigt karakteriseret niveau af rust. Sensorer til gasmængdebestemmelse skal kalibreres for at sikre troværdige måleresultater. Der opbygges en kalibreringsfacilitet for dronesensorer til måling af metan og CO₂.
4) Aktiviteter	Aktiviteter inden for vidensamarbejde- og formidling er beskrevet i afsnit 5 & 6. Dronebaseret opmåling - lille skala Der udvikles et dronebaseret 3D stereokamerasystem, der kan kortlægge bygningers overfladeform med en nøjagtighed ned til en millimeter. Skader og revners størrelse kvantificeres i form af (ruheds)parametre, der kvantificerer skadens omfang samt størrelsen af revner. Målingerne relateres til placeringen af skaderne. I et samspil med brugere og deres erfaring skal parametre optimeres og justeres, så de kan bruges som et økonomisk beslutningsgrundlag for hvornår vedligeholdelse skal igangsættes. Dronebaseret opmåling - stor skala I det samlede dronesystem indvirker en lang række forhold på den endelige geometriske målenøjagtighed. DFM vil derfor udarbejde en <i>good practice guide</i>, som inddrager de forskellige usikkerhedsbidrag for den flyvende drone under påvirkning fra bl.a. vindforhold, belysning, og vibrationer. Forskellige positioneringsmetoders nøjagtighed evalueres ved at korrelere data fra forskellige systemer som fx GPS, differentiell GPS og laser tracking under droneflyvning i forskellige vejrforhold. Desuden sammenlignes data fra droneflyvning og laboratorietest med henblik på at kvantificere omgivelsernes bidrag til usikkerhed ved dronebaseret fotogrammetri. Dronebaseret gasmonitering Komprimerede fotoakustik-gassensorer tilpassede droner vil blive fremstillet. Følsomheden vil blive undersøgt og optimeret, og deres nøjagtighed og følsomhed ved måling af absolut mængde af materiale etableres. Sensorerne vil blive

⁴ Den grundlæggende teknologi er i litteraturen betegnet "selv-kalibrering", men betegnelsen er misvisende. Reelt dækker det over en teknik, som effektivt udnytter information i flere billeder af samme emne taget fra forskellige vinkler. Sporbarhed sikres stadig gennem en kalibreret referencenormal.

	påmonteret en drone og afprøvet over et større landområde med henblik på udmåling af mængden af CO₂ og CH₄, og hvis tiden tillader SO_x. De nævnte gasser er interessante i forbindelse med fx emission fra skibe henholdsvis lossepladser. Dronebaseret korrosionsbestemmelse Gennem et <i>Technology Review</i> identificeres krav til størrelse, vægt og følsomhed over for eksterne påvirkninger såsom vibrationer, og mulige detektionsteknologier (fx THz, mikrobølge, NIR, Raman, hyperspektral) evalueres. På baggrund af dette review udarbejdes et basisdesign på et fungerende instrument (spektrometer) til rustanalyse med et "footprint" på 25 cm x 25 cm og en vægt på max 1,5 kg. Eksperimentelle tests evaluerer instrumentets følsomhed og reproducerbarhed på kendte testemner, først under laboratorieforhold og dernæst i felten. Referencematerialer med kendt rustniveau er tilgængelige og vil blive anvendt til kalibrering af sensoren. Kalibrering af dronebaserede måleinstrumenter Algoritmer til "selv-kalibreringsmetoder" udvikles sammen med egnede referenceemner. Forbedring i usikkerhed på fotogrammetri med og uden selv-kalibrering evalueres gennem laboratorieforsøg på et "billigt" kameraobjektiv. Metoden "benchmarks" i forhold til brug af et state-of-the-art objektiv. Derudover evalueres performance i den typiske anvendelse under hensyn til bl.a. vibrationer og lysforhold. Kalibrering af multi/hyperspektrale kameraer etableres i det synlige til det infrarøde område. Da geometriske fejl er bølglængdefafhængige, undersøges muligheden for at kombinere spektral og geometrisk kalibrering. Faciliteter til kalibrering af dronebaserede gassensorer og rustsensorer etableres på baggrund af referencematerialer (gasblandinger og rustreferencer) og ved sammenligning med referencesensorer.
5) Viden-samarbejde og -hjemtagning	Der findes i dag ingen NMI'er, der har etableret kompetencer inden for dronemetrologi. Der er dog flere udenlandske metrologiinstitutioner, som har stærke kompetencer inden for de måleteknologier, som med fordel kan implementeres på dronebaserede platforme. Dette inkluderer bl.a. National Freeform Centre ved NPL (UK) med kompetencer inden for 3D opmåling. DFM samarbejder i dag med NPL om beslægtede emner inden for bl.a. EMPIR projektet MetHPM (Metrology for Highly Parallel Manufacturing). Inden for Raman spektroskopi har DFM allerede indgået et strategisk samarbejde med NPL, PTB (DE) og NIST (US) vedrørende videreudvikling af teknologi og deling af ny viden. DFM vil udnytte relationer til udenlandske metrologiinstitutioner for at hjemtage viden omkring relevante måleteknikker med henblik på tilpasning til droneplatforme. DTU Space har kompetencer inden for bl.a. GPS, positionering, orientering og flyvning med droner. Herudover kan DTU Space indbygge nye typer af sensorer. DTU Space er indstillet på at indgå i et samarbejde omkring dronemetrologi, hvor specielt ovennævnte kompetencer kan bidrage til gennemførelse af resultatkontrakten⁵. AAU besidder stor viden om droner og droneanvendelser og sigter mod en kraftig udvidelse af forskningsaktiviteterne på feltet. Institut for arkitektur og Medieteknologi forsker i billeddata og dannelse af 3D modeller, som er central for brug af droner til billedbaseret opmåling. DFM og AAU vil samarbejde om at sikre bedre pålidelighed af billeddata fra droner⁶. FORCE Technology har tilkendegivet, at DFM's kompetencer inden for kvantitativ

⁵ Se vedlagt støttebrev fra DTU.

⁶ Se vedlagt støttebrev fra AAU.

	geometrisk 3D opmåling på længere sigt kan blive relevant i forbindelse med FORCE Technology's udvikling af næste generation af dronebaseret inspektion. DFM vil samarbejde med FORCE/AI og TI omkring en fælles koordinering af institutternes droneaktiviteter. Konkret samarbejdes med FORCE/AI omkring to fælles milepæle omkring afdækning af markedet for mikrosensorer til måling af gasser samt udvikling af en protokol for test af sådanne sensorer. Derudover undersøges mulighederne for samarbejde omkring kalibrering af gassensorer samt felttest af DFM's fotoakustiske sensor. Herved komplementeres DFM's aktiviteter omkring udvikling af en ny type gassensor og FORCE's aktiviteter omkring test og design baseret på eksisterende sensorløsninger. TI og DFM har begge et fokus på kamerateknologier. DFM har fokus på karakterisering og kalibrering af kameraer, mens TI primært arbejder med anvendelse af kameraer. TI og DFM vil bl.a. samarbejde omkring en evaluering af, hvilken betydning fejl i selve målesystemet/sensoren har på analyserede data og beslutningsgrundlag i en konkret case. Desuden samarbejdes omkring kalibrering af de systemer, TI anvender. DFM har ikke en indsats inden for lovgivning og standardisering i forbindelse med droneapplikationer. Der forventes et samarbejde omkring lovliggørelse af de platforme, som DFM er involveret i. Samarbejdet kan bl.a. bestå i sparring og rådgivning ift. risikovurdering, udveksling af erfaringer samt test op i mod gældende standarder DFM indgik i 2015 i et projektsamarbejde finansieret af EUDP med Power Curve ApS, AAU Institut for Arkitektur og Medieteknologi og DTU Vindenergi omkring kvantificering af overfladeruhed på vindmøllevinger (Leading Edge Roughness - LER). Formålet er at udvikle et kvantitativt, systematisk og statistisk baseret beslutningsstøtteværktøj rettet mod økonomisk begrundede beslutninger omkring vedligehold og reparation. Dronebaseret fotografisk afbildning er en af de teknikker, som kan anvendes i LER projektet. Dette samarbejde udvides i denne aktivitetsplan til at inkludere kvantificering af slid på andre objekter som fx kulturarv og fortidsminder samtidig med at DFM vil gå ind i arbejdet omkring metrologisk karakterisering og kalibrering af dronekameraer til 2D og 3D opmåling. Innovationsnetværket Offshoreenergy.dk og DFM har indgået et samarbejde omkring brug af droner til kvantitative målinger på offshore installationer. I den forbindelse er der søgt og bevilget forskningsmidler fra EU's Strukturfond til bl.a. udvikling af spektroskopiske teknikker til korrosionsbestemmelse, ligesom kompetencer fra LER projektet også vil indgå naturligt i samarbejdet. Projektet gennemføres som et forpligtende samarbejde med virksomhederne LICEngineering A/S (specialviden inden for inspektionsplanlægning og levetidsforlængelse af offshore strukturer udsat for korrosion), Svendborg Measurement Service (Offshore Ultrasonic Thickness Measurement & Inspektion) og ViaCopter (droneudvikler). Dette samarbejde inkluderes i nærværende aktivitetsplan, hvor DFM's engagement bl.a. udvides med et mere generelt 'Technology review' omkring 'remote' rustdetektion, større fokus på sporbarhed og kalibrering af dronebaserede Raman-spektrometre til korrosionsbestemmelse, samt med kvantitativ geometrisk karakterisering af defekter i offshore installationer. Den fælles ansøgning til EU's Strukturfond sikrer en parallel aktivitet i innovationsnetværksregi. Samarbejdet har et naturligt fokus på offshoreindustriens behov (rust og defekter i bl.a. offshore konstruktioner og vindmøller), men de ydelser og kompetencer, som udvikles ved DFM, har også et bredere anvendelsesområde som beskrevet ovenfor med relevans for innovationsnetværk som Robocluster, Vand i Byer, og InnoBYG. Der søges samarbejde med disse netværk i takt med at de nye kompetencer opbygges. Nærværende aktivitetsplan fokuserer primært på teknologier rettet mod droneapplikationer men involverer også flyvning og tests med droner. For at hjemtage den nødvendige viden om droner til gennemførelse af denne aktivitetsplan, vil DFM samarbejde med bl.a. DTU Space⁵, AAU⁶, Viacopter samt øvrige GTS
--	---

	institutter. Herudover vil DFM deltage i relevante dronenetværk som fx. UAS Denmark. Testflyvninger til demonstration af teknologier udviklet under denne aktivitetsplan gennemføres med samarbejdspartnere.
6) Inddragelse og videnspredning	En følgegruppe med mindst 6 interessenter fra bl.a. Universiteter, Offshore branchen og droneoperatører søges etableret i begyndelsen af projektet. Følgegruppen vil have fokus på aktiviteterne omkring kvantificering af rust, idet dette område kun i begrænset omfang adresseres gennem samarbejdet med FORCE/AI og TI. Følgegruppen vil bidrage til at projektets fokus og specifikationer for udviklede ydelser tilpasses markedets fremtidige behov. I samarbejde med FORCE/AI, TI samt innovationsnetværkene RoboCluster og Inno-Pro etableres en ny fælles hjemmeside for bevilgede droneprojekter. Siden vil indeholde information omkring faglige aktiviteter, arrangementer, nyheder mv. Siden vedligeholdes af innovationsnetværkene med input fra GTS partnerne Viden om dronebaserede opmålingsteknologiers anvendelsesområde, begrænsninger og nøjagtighed formidles gennem en <i>Good practice guide</i>. Der vil blive afholdt videnspredningsarrangementer for danske virksomheder og universiteter med interesse i professionel anvendelse af droner. Arrangementerne afholdes i samarbejde med Innovationsnetværk (RoboCluster, Inno-Pro og muligvis OffshoreEnergy.dk), som vil stå for koordinering, planlægning og afholdelse af arrangementerne. DFM vil sammen med FORCE/AI og TI bidrage til faglig planlægning samt levere fagligt input til arrangementerne. I forbindelse med videnspredningsarrangementer vil også universiteter (Drone Research Laboratory ved AAU⁶ og DTU Space⁵) blive kontaktet med henblik på samarbejde. Offshoreenergy.dk er indstillet på at indgå i et forpligtende samarbejde med DFM omkring dronemetrologi, specielt omkring formidling af kontakter mellem DFM og interessenter i industrien samt bidrag til ovennævnte fælles videnspredningsarrangementer⁷. DFM vil søge at etablere et EMPIR projekt om dronemetrologi i samarbejde med europæiske NMI'er. EMPIR kaldet i 2017 har et tema rettet mod industriel metrologi, hvor et projekt om dronemetrologi vil have gode muligheder for at blive finansieret. I EMPIR projekter går ca 30 % af EU midlerne til ikke-NMI'er, og DFM vil aktivt søge at få andre danske aktører ind i et projektsamarbejde. DFM har desuden gode erfaringer med inddragelse af virksomheder gennem 7 Eurostars projekter. Muligheder inden for dronemetrologi vil blive forfulgt i dette regi. DFM har et tæt samarbejde med Erhvervsakademier i hele Danmark gennem RK projektet 'Undervisning i metrologi'. Såfremt der er interesse fra underviserne, vil vi udarbejde et undervisningsmodul med praktiske øvelser omkring 'Dronemetrologi'. Aktiviteten har en høj videnskabelig nyhedsværdi, og det forventes at mindst 4 artikler publiceres i internationalt anerkendte tidsskrifter, ligesom der planlægges deltagelse i mindst 2 internationale konferencer.
7) Sammenhæng med institut-strategi	Det indgår i DFM's overordnede strategi, at <i>DFM skal udvide og styrke sine aktiviteter inden for metrologien</i>. Desuden er det en del af DFM's vision, at <i>DFM skal etablere den metrologiinfrastruktur danske virksomheder skal basere sig på i fremtiden</i>. Med den generelle eksponentielle vækst inden for droneaktiviteter forventes dronebaserede metrologiydelser at få afgørende betydning på en række områder.

⁷ Se vedlagt støttebrev fra Offshoreenergy.dk.

	Initiativerne i nærværende aktivitetsplan bygger videre på de metrologikompetencer, som allerede eksisterer ved DFM, eller som udvikles under igangværende resultatkontrakter og projekter. DFM's eksisterende resultatkontrakter indeholder aktiviteter omkring 3D mikroskopi. Disse aktiviteter inkluderer både kalibrering og validering af mikroskoper samt databehandling og –analyse i forbindelse med 3D teknikker som stereografi og focus stacking. Det er tilsvarende metoder og teknikker, der i nærværende forslag vil blive anvendt på kameraer til brug på droner. Sammenlignet med laboratoriemikroskoperne har dronekameraerne væsentlig mindre forstørrelse, større 'field of view', lavere kvalitet pga. kompakthed ligesom miljøet ikke er kontrolleret i samme grad (specielt vibrationer og positionering). Ramanspektroskopi udvikles som en kvantitativ teknik i DFM's igangværende resultatkontrakt "Anvendt Ramanspektroskopi". I nærværende forslag videreudvikles dette arbejde med henblik på at udvikle en Raman sensor med både størrelse, vægt og pris så lav, at den opfylder krav til en drones "payload". Herudover adresseres en række praktiske forhold ved brug af Raman spektroskopi i et drone-miljø ligesom der ses på konkrete anvendelser inden for bl.a. kvantificering af rust. Udover relationerne til eksisterende resultatkontrakter, så indgår dronemetrologi i det EUDP finansierede LER projekt i samarbejde med AAU, DTU og Powercurve ApS samt i den bevilgede ansøgning til EU's Strukturfond koordineret af Offshoreenergy.dk, se også afsnit 5. Relationerne til eksisterende aktiviteter sikrer, at DFM har de faglige kompetencer, ressourcer og faciliteter til at kunne gennemføre nærværende projekt.																																	
8) Milepæle år 1	Milepæletyper: Vidensamarbejde, -hjemtagning og kompetenceopbygning (KOM), Udvikling af teknologisk serviceydelse (YDE), Inddragelse og vidensspredning (VID) og Andet (A). <table><tr><th></th><th>Specifikation</th><th>Type</th></tr><tr><td>1</td><td>3D stereokamerasystem opbygget og testet på kalibreringsemner.</td><td>KOM</td></tr><tr><td>2</td><td>"Technology review" (rapport) over mulige spektroskopiske metoder til kvantificering af rust.</td><td>KOM</td></tr><tr><td>3</td><td>Ny ydelse: Kalibrering af dronekameraer med en usikkerhed på ±1 kamerapixel.</td><td>YDE</td></tr><tr><td>4</td><td>Afdækning af markedet for mikrosensorer til måling af gasser (fælles for DFM & FORCE/AI).</td><td>KOM</td></tr><tr><td>5</td><td>Udvikling af testprotokol for test af mikrosensorer til måling af gasser (fælles for DFM & FORCE/AI).</td><td>KOM</td></tr><tr><td>6</td><td>Design af gassensor til droneanvendelse færdiggjort.</td><td>KOM</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>7</td><td>Én projektansøgning om dronemetrologi med dansk SMV partner.</td><td>VID</td></tr><tr><td>8</td><td>Etablering af følgegruppe med mindst 6 interessenter</td><td>VID</td></tr><tr><td>9</td><td>I samarbejde med innovationsnetværkene Inno-Pro og RoboCluster er der planlagt og afviklet et antal større arrangementer.</td><td>VID</td></tr></table>		Specifikation	Type	1	3D stereokamerasystem opbygget og testet på kalibreringsemner.	KOM	2	"Technology review" (rapport) over mulige spektroskopiske metoder til kvantificering af rust.	KOM	3	Ny ydelse: Kalibrering af dronekameraer med en usikkerhed på ±1 kamerapixel.	YDE	4	Afdækning af markedet for mikrosensorer til måling af gasser (fælles for DFM & FORCE/AI).	KOM	5	Udvikling af testprotokol for test af mikrosensorer til måling af gasser (fælles for DFM & FORCE/AI).	KOM	6	Design af gassensor til droneanvendelse færdiggjort.	KOM				7	Én projektansøgning om dronemetrologi med dansk SMV partner.	VID	8	Etablering af følgegruppe med mindst 6 interessenter	VID	9	I samarbejde med innovationsnetværkene Inno-Pro og RoboCluster er der planlagt og afviklet et antal større arrangementer.	VID
	Specifikation	Type																																
1	3D stereokamerasystem opbygget og testet på kalibreringsemner.	KOM																																
2	"Technology review" (rapport) over mulige spektroskopiske metoder til kvantificering af rust.	KOM																																
3	Ny ydelse: Kalibrering af dronekameraer med en usikkerhed på ±1 kamerapixel.	YDE																																
4	Afdækning af markedet for mikrosensorer til måling af gasser (fælles for DFM & FORCE/AI).	KOM																																
5	Udvikling af testprotokol for test af mikrosensorer til måling af gasser (fælles for DFM & FORCE/AI).	KOM																																
6	Design af gassensor til droneanvendelse færdiggjort.	KOM																																
7	Én projektansøgning om dronemetrologi med dansk SMV partner.	VID																																
8	Etablering af følgegruppe med mindst 6 interessenter	VID																																
9	I samarbejde med innovationsnetværkene Inno-Pro og RoboCluster er der planlagt og afviklet et antal større arrangementer.	VID																																

		Innovationsnetværkene står for den overordnede koordinering. Instituttet bidrager til den faglige planlægning og leverer faglige bidrag til arrangementerne. Aktiviteten aftales i koordineringsgruppen jf. MP11.	
	10	Input til fælles ny hjemmeside for de bevilgede drone-aktiviteter er givet, mhp. information omkring faglige aktiviteter, arrangementer, nyheder mv. Siden vedligeholdes af innovationsnetværkene med input fra GTS partnerne. Input aftales i koordineringsgruppen jf. MP11.	VID
	11	Der etableres en koordineringsgruppe bestående af projektlederne fra DFM, TI, FORCE/AI samt innovationsnetværkene Inno-Pro og RoboCluster. Koordineringsgruppen mødes min. 2 gange årligt.	VID
Milepæle år 2			
		Specifikation	Type
	1	Ny ydelse: Opmåling af revner/skader med en usikkerhed på 1 mm med 3D stereokamerasystem.	YDE
	2	<i>Good practice guide</i> til dronebaseret opmåling på stor skala.	VID
	3	Karakterisering af udviklet korrosionssensor med hensyn til følsomhed, reproducerbarhed, størrelse og strømforbrug.	KOM
	4	Ny ydelse: Udmåling af metanemission over lossepladser med en usikkerhed på $\pm 5\%$.	YDE
	5	Ny ydelse: Udmåling af rust på offshore metaloverflader med en usikkerhed på $\pm 5\%$.	YDE
	6	Ny ydelse: Kalibrering af multispektrale kameraer i området 400 nm til 1000 nm med en spektral usikkerhed på 10 nm.	YDE
	7	Én projektansøgning om dronemetrologi med SMV partner.	VID
	8	I samarbejde med innovationsnetværkene Inno-Pro og RoboCluster er der planlagt og afviklet et antal større arrangementer. Innovationsnetværkene står for den overordnede koordinering. Instituttet bidrager til den faglige planlægning og leverer faglige bidrag til arrangementerne. Aktiviteten aftales i koordineringsgruppen jf. MP11, 2017.	VID
	9	Input til fælles ny hjemmeside for de bevilgede drone-aktiviteter er givet, mhp. information omkring faglige aktiviteter, arrangementer, nyheder mv. Siden vedligeholdes af innovationsnetværkene med input fra GTS partnerne. Input aftales i koordineringsgruppen jf. MP11, 2017.	VID
	10	Koordineringsgruppen mødes min. 2 gange årligt. (fortsat fra MP11, 2017)	VID

