

Skema A1: Resultatkontrakt 2016-18 (aktivitetsplan)

Aktivitet	Forskning og udvikling		
Aktivitetsplan (titel):	Metrologisk Forskning og Udvikling	Aktivitetsplan nr.:	1
Resumé	Ansøgningen omfatter udvikling af nye metrologiydelser og kompetencer, der forventes at blive kritiske for industrien i de kommende år. Alle ydelser vil have et højt videnniveau og være unikke i Danmark. En del ydelser vil også være unikke globalt, således at danske virksomheder styrkes i den internationale konkurrence. Der søges udviklet i alt 15 nye ydelser inden for fotonik, nanometrologi, elektrokemi og akustik. Udvikling af metrologiydelser kræver specialiserede kompetencer, som virksomheder kun vanskeligt eller slet ikke kan udvikle selv. Ydelserne efterspørges særligt af højteknologiske SMV'er og øvrige produktionsvirksomheder inden for bl.a. fremstillingsindustrien, instrumentfremstilling, lægemiddel- og medicoindustrien, samt vedvarende energi og miljø. En række af ydelserne efterspørges også af offentlige institutioner. Ydelserne er udvalgt i samarbejde med målgrupperne, der også i størst muligt omfang inddrages i forskningsaktiviteterne fx via etablering af følgegrupper eller indgåelse i projektsamarbejde.		
1) Målgruppe og behov	De primære målgrupper er højteknologiske SMV'er, andre produktionsvirksomheder og universiteter. Behovet for nye metrologiydelser øges for alle målgrupper, men mest markant hos virksomheder, der enten fremstiller højteknologiske produkter eller anvender højteknologi i deres produktion, herunder SMV'er. Sidstnævnte gruppe er oftest nødt til at have et fokus på udvikling af deres egen teknologi og er ikke selv i stand til at udvikle specialiserede metrologikompetencer. Dokumentation af nye produkters specifikationer og kvalitet er direkte afhængig af, at de tilhørende metrologiydelser er tilgængelige. Virksomhedernes adgang til globale markeder forudsætter oftest, at specifikationer baseres på internationalt anerkendte metrologiydelser. DFM's status som Danmarks nationale metrologiinstitut (NMI) bidrager til at sikre denne anerkendelse. For at opretholde NMI status stilles fra udlandet krav om bidrag til den internationale metrologiinfrastruktur gennem forskning og udvikling af nye ydelser. De udvalgte nye ydelser er identificeret gennem DFM's tætte daglige samarbejde med målgrupperne og via analyser foretaget af DFM og i de europæiske og globale metrologiorganisationer. Ydelserne er udvalgt i forhold til den værdiskabelse, de forventes at generere hos målgrupperne. De udvalgte ydelser støttes af 25 unikke eksterne kommentarer fra højteknologiske SMV'er på BedreInnovation.dk (47 i alt) – det højeste antal af alle GTS forslagene. Ansøgningen adresserer en række af de udfordringer, der prioriteres i INNO+ kataloget. Det gælder fx sensorer, industrial imaging, avancerede materialer, reduktion af støj og elektrificering af transportsektoren (batterier). I 2021 forventes ydelserne at have været anvendt af mindst 40 højteknologiske SMV'er, og kompetencerne forventes at indgå i projektsamarbejde, som fx Eurostars, med mere end 30 SMV'er. Endvidere vil ydelserne på længere sigt have en signifikant sekundær effekt, idet DFM etablerer ydelser på højeste nøjagtighedsniveau, som viderefremmes til hele samfundet via akkrediterede kalibreringslaboratorier. DFM har tæt samarbejde med danske universiteter, herunder formaliserede projektsamarbejder og gennem en række kommercielle opgaver. Universiteternes forskning i ny teknologi er afhængig af udvikling af nye målemetoder og -instrumenter, hvilket gør DFM til en attraktiv samarbejdspartner.		

	Der udvikles i perioden 4 ydelser og tilhørende faciliteter rettet mod danske komponentproducenter; primært karakterisering af materialer og overflader. Herved opnår virksomheder adgang til 'state-of-the-art' instrumenter til karakterisering af avancerede materialer, som anbefalet i Inno+ kataloget. Der udvikles 3 ydelser til producenter af færdige instrumenter, primært til karakterisering og dokumentation af færdige produkters funktionalitet samt udvikling og validering af måleteknologi til nye typer måleinstrumenter. Der udvikles 3 ydelser rettet mod dokumentation af kvalitet i lægemiddelproduktion. Der udvikles 5 ydelser rettet mod nye sundhedsløsninger, fx sensorer, audiologi og audiometrisk udstyr. Ovenstående opdeling er ikke komplet, og adskillige af DFM's bredt anvendelige ydelser er rettet mod flere brancher.
2) Den nye teknologiske serviceydelse	Nedenstående metrologiydelser og -kompetencer omfatter alene aktiviteter på højeste faglige niveau, som det vil være meget vanskeligt at adressere for andre aktører i Danmark. De nye ydelser introduceres løbende som defineret i milepælene. Nanometrologi: DFM vil udvide eksisterende ydelser inden for tælling af luftbårne partikler i forbindelse med renrumsmonitoring til at inkludere information om partiklernes kemiske sammensætning. Det er særligt vigtigt for lægemiddelindustrien at kunne skelne mellem fx støvpartikler og biologisk levedygtige partikler¹. Kommercielle producenter er begyndt at markedsføre sådanne partikeltællere, men der findes endnu ingen internationalt anerkendte kalibreringsydelser eller -standarder. DFM vil arbejde mod international anerkendelse af den udviklede metode til <u>tælling af levedygtige partikler</u> samt søge indflydelse på standardiseringsarbejde. DFM vil desuden udvide aktiviteterne inden for partikeltælling til at inkludere nanopartikler i væske. Dette område er af stor betydning inden for bioteknologi, hvor der fx benyttes mikrofluidkanaler til partikelsortering, anvendelsen af nanopartikler i kommercielle produkter, samt ved karakterisering af vandkvalitet med anvendelser inden for lægemiddelindustrien. Produktionen af nanopartikler til kommercielle anvendelser forventes at stige markant med en 3-4 dobling i perioden 2010-2022², samtidig med at analysemetoder for nanomaterialer og den tilhørende lovmæssige regulering endnu ikke er afklaret³. DFM's ydelse er yderst vigtig for målgruppen i forbindelse med dokumentation af nye produkter til det globale marked. Specifikt udvikles en opstilling til tælling af nanopartikler, som efterfølgende <u>anvendes til kalibrering af partikeltællere til væske</u> samt karakterisering af væskers nanopartikelindhold. Det er ydelser, som i dag ikke tilbydes af akkrediterede kalibreringslaboratorier. Skatterometri er en optisk målemetode, der anvendes til hurtigt og robust at karakterisere nano-strukturerede overflader. Metoden er velegnet til implementering direkte i produktionslinjer inden for fx sprøjtestøbning og "roll-2-roll" produktion, hvilket ikke kan imødekommes med eksisterende kommercielle løsninger. Der er stor interesse fra danske produktionsvirksomheder, der nu begynder at fremstille strukturer med dimensioner mindre end en mikrometer; se kommentarerne på BedreInnovation.dk⁴. DFM vil udvikle en prototype af et skatterometer særlig velegnet i produktionsmiljøer baseret på en DFM patentansøgning indsendt i 2014. Systemet vil markant styrke DFM's <u>virksomhedsrådgivning omkring anvendelse af</u>

¹ Se kommentar fra Bavarian Nordic A/S på BedreInnovation.dk.

² Innovationsfremsyn *Avancerede materialer som KET (Key Enabling Technology) for vækst i fremtidens industri*, Januar 2014.

³ Miljøstyrelsens udbud omkring *Validering af analyser af nanomaterialer*, 2015-05-29, <http://mst.dk/service/om-miljoestyrelsen/udbud-og-e-fakturering/udbudsarkiv/2015/udbud-validering-af-analyser-af-nanomaterialer/>

⁴ Se kommentarer fra bl.a. NIL Technology ApS, Winther Mould Technology A/S, Toolpartners A/S, SMB ApS og Heliac ApS.

skatterometri i produktion. Herudover vil DFM etablere en facilitet til sporbar måling af materialeparametre (brydningsindeks og absorption som funktion af lysets bølgelængde). Dette er en forudsætning for at udnytte skatterometri til måling af nanostrukturer på fx plast og stål.

Karakterisering af avancerede materialer og overfladebelægninger er et prioriteret område. DFM vil udvikle ydelser til kvantificering af adhæsiionskræfter på nanometer-skala til anvendelser inden for fx sundhed og miljø; ydelser højteknologiske virksomheder er begyndt at efterspørge⁵. DFM vil udvikle metoder til måling af adhæsiionskræfter under 100 mN baseret på "Atomic Force Microscopy". Sammen med Bioneer etableres desuden metoder til karakterisering af celledyrkningsoverflader, hvilket efterspørges i forbindelse med masseproduktion af bio-funktionaliserede overflader.

Teknikker til optisk måling af objekter i 3 dimensioner er under hastig udvikling, og efterspørgslen fra danske produktionsvirksomheder er stigende. DFM har i forvejen ydelser til geometrisk udmåling af emner i nanometer og mikrometer området, og med dette tiltag udvides måleområdet op til 1 cm. Eksisterende teknikker til 3D opmåling er typisk baseret på koordinatmålemaskiner, CT scannere og laserscannersystemer. Optiske metoder har fordele med hensyn til hastighed, pris og kompleksitet, og de gør det muligt at tage måleudstyret med ud til kunden til måling på emner, der ikke kan flyttes til laboratoriet. De konkrete ydelser vil bestå af opmåling af strukturer med en størrelse på op til 1 cm med en usikkerhed bedre end 5 µm og med sporbarhed til primære længdenormaler.

DFM har stærke kompetencer inden for spektroskopi på gasfyldte hulkerne fibre og frekvensstabile lasere til bl.a. længdemetrologi. Disse kombineres til udvikling af en facilitet til absolut interferometrisk afstandsmåling med forventet måleområde op til 1 m og en relativ usikkerhed på ned til 10⁻⁶, hvilket normalt kun kan opnås ved måling af afstandsændringer. Sådant en opstilling har anvendelser inden for bl.a. kalibrering af længdemåleudstyr, bestemmelse af termisk udvidelseskoefficient og udmåling af 1D objekter. Det er områder, hvor DFM får regelmæssige henvendelser. Teknikken kan udvides til 3 dimensioner uden væsentlige ændringer i udstyr, og herved komplementeres optisk 3D metrologi.

Elektrokemi:

DFM vil i samarbejde med andre NMI'er søge at udvikle pålidelige metoder til Li-ion batteridiagnosticering. DFM vil anvende elektrokemisk impedansspektroskopi (EIS), først på enkeltceller og siden større moduler, med henblik på at udvikle metrologisk robuste og sporbare metoder til diagnosticering af batteriers ladningstilstand og restlevetid. EUDP har i 2014 udgivet en rapport⁶, der nævner bedre batteridiagnosticering som en del af den nødvendige F&U indsats indenfor energilagring.

Der etableres årlige forskningsmilepæle for aktiviteten, og det er målet fra 2021 at tilbyde kalibreringsydelser til udbydere af batteridiagnosticering. DFM's særlige metrologiindfaldsvinkel anbefales af flere aktører på BedreInnovation.dk.

DFM vil videreudvikle en metode, patenteret sammen med en dansk og to tyske partnere, til sammenligningsmåling af pH buffere med høj præcision. Målet er bl.a. at kunne opfylde de skærpede krav i den farmaceutiske sektor og i større omfang end nu, at kunne servicere fabrikanten af medicinsk udstyr. DFM vil i strategiperioden styrke sit serviceudbud ved at udbyde kalibrering af kunde-producerede buffere samt certificerede referencematerialer i form af sekundære buffere.

DFM's unikke primærnormal for ledningsevne til det traditionelle måleområde er udtjent. Der udvikles en ny primærnormal baseret på et nyt, mere robust koncept.

⁵ Se kommentarer fra bl.a. Inmold A/S, DTU Miljø, Image Metrology A/S og Coloplast A/S.

⁶ EUDP, Energinet.dk, DSF og ELFORSK *Status and recommendations for RD&D on energy storage technologies in a Danish context* (februar 2014).

	Formålet er at genetablere direkte sporbarhed for DFM's kalibreringsydelser til en mere driftssikker primærnormal. Den nuværende model for ledningsevne måling er utilstrækkelig til at beskrive de faktiske målinger generelt, og en bedre systemforståelse er nødvendig for at øge pålideligheden og anvendelsesområdet for ledningsevne målinger. DFM vil undersøge indflydelsen af de elektriske måleparametre, interaktionen mellem elektrode og målemedie, indflydelsen af overfladeruheden af elektroderne o.a. Herigennem vil der blive opbygget grundlæggende viden, som vil blive brugt til at udvikle <u>mere robuste og generelt anvendelige metoder til måling af ledningsevne.</u> Akustik: Inden for audiometri og audiologi vil DFM udvikle de nødvendige <u>kalibreringsmetoder for de nye generationer af øresimulatorer og audiometriske koblere</u>, herunder simulatorer til benledende høreapparater. Området har betydning for udvikling af audiologisk udstyr og korrekt screening af spædbørn, børn og unges hørelse. DFM har i et europæisk projekt sammen med Brüel & Kjær medvirket til udvikling af en ny generation øresimulatorer, som dækker disse aldersgrupper. Ydelserne er efterspurgt jfr. kommentarer på BedreInnovation.dk⁷. Fotonik: DFM vil videreudvikle spektroskopiske teknologier, som kan bestemme mængden af materiale uden brug af referencematerialer og adressere molekyler af interesse for klima, miljø, sundhed og industri. Udviklingen vil inkludere <u>fotoakustiske sensorer til kvantitative sub-ppb⁸ gasmålinger</u> og fotoakustiske <u>sensorer til måling på væsker</u>. Dispersiv Fourier transformation (DFT) spektroskopi er en effektiv metode, som i modsætning til traditionel spektroskopi muliggør spektroskopiske målinger i realtid, fx til kvalitetssikring i produktion. DFT vil blive introduceret til <u>hurtig enkelt-puls målinger i forbindelse med optisk sensing</u>, spektroskopi og billeddannelse. DFM har allerede i dag opgaver for flere danske højteknologiske virksomheder, som vil introducere kommercielle sensorer baseret på teknologierne, og potentialet øges væsentligt med de nye aktiviteter⁹. Fotoakustisk billeddannelse er en ikke-invasiv "industrial imaging" teknologi, som tillader billeddannelse i bl.a. biologiske væv. Teknologien vinder hastigt indpas i medicinsk diagnostik, biokemi og i undersøgelse af strukturer i faste materialer. Metoden bygger på, at lys under visse omstændigheder konverteres til akustiske bølger, der kan måles med transducere udenfor emnet. Teknologien er relativ ny og yderst lovende. DFM vil i perioden påbegynde på <u>udvikling af kompetencer inden for fotoakustisk billeddannelse</u>, der kombinerer høj-kontrast billeddannelse og høj rumlig opløsning ved brug af laser spektroskopiske teknikker. Der forventes og arbejdes på ekstern finansiering for at fremskynde udviklingen. Anvendelserne inkluderer <i>in vivo</i> tumor monitoring og melanom diagnosticering, og er rettet mod virksomheder i medicosegmentet. Den opbyggede kompetence vil blive tilbudt dette segment; men da anvendelses-mulighederne er mangfoldige, vil også andre segmenter blive adresseret, herunder fødevarevirksomheder og bioteknologivirksomheder. En fuldt udviklet facilitet vil være unik blandt NMI'er i Europa, idet kun NIST har aktiviteter på området. DFM har aktiviteter inden for LED karakterisering og LED applikationer i det synlige område og i UV området. DFM arbejder sammen med DTU Fotonik inden for dette felt. DFM vil udnytte nye energieffektive UV LED'er til at <u>udvikle kalibreringsydelser for UV-kilder</u> til brug inden for dermatologi, desinficering og hærkning; anvendelser, hvor kendskab til lyskildens intensitet og bølgelængde er kritiske.
--	--

⁷ Se kommentarer fra Interacoustics A/S og Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S

⁸ Følsomhed bedre end 1 på 10⁹

⁹ Se kommentarer på BedreInnovation.dk fra COPAC ApS, PAJ sensor A/S, IRSee ApS og Haldor Topsøe A/S

	Lys udsendt af LED lyskilder beskrives ved hjælp af lumen og farvetemperatur, og i enkelte tilfælde også farvegengivelsesindeks. Endnu er der ingen lyskilder, der karakteriseres ved deres fysiologiske påvirkning, hvilket i mange tilfælde kan have stor betydning for velvære og sundhed. DFM vil udvikle <u>modelleringsværktøj og kalibreringsteknikker relateret til bestemmelse af fysiologisk respons fra lyskilder</u> især med fokus på døgnrytmelys (cirkadisk lys). Herved får danske belysningsvirksomheder nye muligheder inden for design af aktivt lys.¹⁰ De fleste af DFM's fotonikaktiviteter er baseret på anvendelse af tunbare lyskilder med lille linjebredde, og industrien efterspørger i stigende grad sådanne lyskilder.¹¹ DFM vil videreudvikle den unikke kompetence, der er opbygget inden for lyskilder baseret på Optiske Parametriske Oscillatorer (OPO'er) og <u>udvikle OPO'er til specifikke applikationer inden for kvantitativ spektroskopi (især det midt- og nær-infrarøde område)</u>. Der vil blive udviklet OPO'er med høj effekt og tunbarhed over et bredt spektralområde, karakteristika, som er krævet til bl.a. fotoakustisk spektroskopi. Indsatsen er rettet mod udvidelse af DFM's fotonikfaciliteter og -kompetencer samt anvendelse i projekter. DFM's OPO'er indgår allerede i nogle af projekterne listet i afsnit 9. Måling ved hjælp af fiberoptiske sensorer er en hurtigt voksende teknologi, som i de senere år er blevet betydningsfuld i forbindelse med overvågning såvel i industrien som ved miljøovervågning. Herudover vinder sensorer også stigende indpas ved medicinske, biokemiske og fødevarerrelaterede målinger samt i forbindelse med terrorbekæmpelse. Den brede anvendelse af sensorer er også erkendt i INNO+ kataloget (kap. 2, 3, 4 og 5). Markedet for fiberoptiske sensorer forventes i 2018 at være USD 1,5 Mia, hvoraf systemer til måling på gas og væske udgør en væsentlig og stigende del. Fiberoptiske sensorer kan blandt andet anvendes ved målinger af reaktive og giftige gasser i områder, hvor der er begrænset plads, og hvor høj følsomhed er påkrævet; i forbindelse med <i>in vivo</i> undersøgelser og diagnostik; ved måling af sporstoffer i fødevarer og miljøet; ved undersøgelser af kemiske, og biokemiske reaktioner. <u>Der igangsættes en aktivitet omhandlende fiberoptiske sensorer til kvantitativ måling af materialer på gas- og væskeform.</u>
3) Aktiviteter	Udvikling af metrologi på et højt fagligt niveau forudsætter meget specialiserede kompetencer og faciliteter, og der er således væsentlige synergieffekter ved at udviklingen af nye metrologiydelser på mange forskellige faglige områder varetages af det nationale metrologiinstitut. DFM's aktiviteter er i høj grad tværfaglige, hvilket bidrager til at løse de metrologiudfordringer, industrien har og forventes at få i fremtiden. Eksempler herpå er skatterometriydelser, 3D optisk metrologi og LED teknologi, der alle baseres på viden inden for både nanometrologi og fotonik. Tilsvarende vil overfladekarakterisering af elektroder til ledningsevne måling gøre brug af kompetencer inden for nanometrologi, og fotoakustisk spektroskopi anvender både fotonik og akustik. De aktiviteter, der indgår i udviklingen af planlagte nye ydelser, bygger videre på DFM's eksisterende kompetencer og faciliteter. En række aktiviteter indebærer udvikling af nye måleopstillinger. Dette inkluderer aktiviteter inden for partikelmetrologi, absolut interferometrisk afstandsmåling, fotoakustisk spektroskopi, fotoakustisk billeddannelse, OPO udvikling til specifikke anvendelser, ledningsevne, og pH. Andre aktiviteter er i højere grad baseret på implementering og tilpasning af kommercielt udstyr, hvor den væsentligste indsats ligger inden for udvikling af nye målemetoder, forståelse af materialeegenskaber samt dataanalyse. Dette inkluderer aktiviteter inden for 3D optisk metrologi, avancerede materials adhæsion, LED karakteriseringsudstyr og batterier. Aktiviteterne til realisering af de nye ydelser er nærmere beskrevet i DFM's strategiplan.

¹⁰ Se kommentarer på BedreInnovation.dk fra Chromaviso ApS og Coloplast A/S

¹¹ Se kommentarer på BedreInnovation.dk fra Norlase ApS

	DFM har opbygget de nødvendige kompetencer, netværk og ressourcer til fuldt ud at implementere nærværende ansøgning. Forskningsaktiviteter indebærer en risiko for, at det viser sig teknisk umuligt at gennemføre en planlagt idé. Da alle aktiviteter ligger inden for DFM's generelle kompetenceområder, vurderes risikoen herfor at være lille. På de mest kritiske aktiviteter indføres go/no-go milepæle tidligt i forløbet, således at ressourcer kan re-allokeres og aktiviteter om nødvendigt kan lukkes ned. Risikoen ved at miste nøglemedarbejdere er reduceret de seneste år, i takt med at DFM's vækst har betydet større faglige teams og bedre kompetenceoverlap. DFM's markedskendskab sikres gennem inddragelse af virksomheder og løbende monitoring af målgruppens behov fx i følgegrupper. Derfor vurderes risikoen, for at ydelserne ikke vil blive attraktive for målgruppen, ligeledes at være lille.
4) Viden-samarbejde og -hjemtagning	DFM er en integreret del af det globale netværk, der er opbygget inden for metrologien gennem mange år, og DFM indgår i tæt samarbejde med mange nationale metrologiinstitutter (NMI'er). Dette globale samarbejde er grundlæggende for de nationale metrologiinstitutters aktiviteter, og <u>alle</u> DFM's forskningsaktiviteter udføres i større eller mindre grad i samarbejde med udenlandske NMI'er. Det kan fx være i form af forskningssamarbejde under EMPIR eller DFM's deltagelse i internationale komiteer på de forskellige faglige felter. DFM vil arbejde for, at flere forskere udstationeres i kortere eller længere perioder hos andre NMI'er med henblik på øget videnhjemtagning. I 2014 var 36 % af DFM's videnskabelige publikationer udarbejdet i samarbejde udenlandske videninstitutioner (NMI'er og universiteter). Gennem samarbejdet med NMI'er bidrager DFM til en global bytteøkonomi, der kendetegner det internationale metrologisamarbejde på højeste niveau. Herved sikres dansk industri adgang til primærnormaler inden for områder, som ikke udbydes i Danmark. DFM indgår endvidere i et tæt samarbejde med danske universiteter, hvor DFM bidrager med kompetencer omkring måleteknologi. De primære universitetspartnere, samarbejdsområder samt relaterede FoU projekter (jfr afsnit 9 & 10) er: DTU Fotonik (stabile lasere, LED radiometri; Qtea, LEDMET, BIOFORS), DTU Nanotech (avancerede materialer; Polynano), DTU Mekanik (avancerede materialer; SETNanoMetro, Polynano), AAU (optisk 3D metrologi; LER), KU-NBI (stabile lasere), AU (stabile lasere); se detaljer i DFM's strategiplan afsnit 8.2. I 2014 var 50 % af DFM's videnskabelige publikationer udarbejdet i samarbejde med danske universiteter. DFM har saminvesteret i udstyr med flere DTU institutter lokaliseret ved DFM i Lyngby og forventer at fortsætte hermed i den kommende periode. Desuden vil DFM i samarbejde med danske universiteter uddanne 2 PhD'ere. Følgende projektsamarbejder med andre GTS-institutter fortsættes i kommende periode: TI (nanoteknologi i SETNanoMetro samt innovationskonsortiet BIOFORS), DELTA (LED teknologi i innovationskonsortiet LEDMET), DBI (interferometrisk detektion af brand i FireDetect). Desuden samarbejdes med FORCE og TI i <i>Centre of Excellence for Particle Metrology</i>, og der planlægges samarbejde med Bioneer omkring karakterisering af celledyrkningsoverflader. Samarbejdet med udenlandske universiteter gennem EU og EMPIR projekter fortsættes bl.a. inden for skatterometri, måling på avancerede materialer, nanopartikler, gasfyldte hulkernefibre, laser spektroskopi (klima- og miljømolekyler, udåndingsluft), batterier og ledningsevne. DFM hjemtager endvidere viden fra udenlandske virksomheder igennem projektdeltagelse, fx deltager DFM i 4 Eurostars projekter sammen med i alt 4 udenlandske virksomheder, hvor der hjemtages viden inden for 3D skatterometri, adhæsion, pulserede OPO'er og sensorer. Nærværende aktivitetsplan suppleres alene med FoU projekter, som bidrager til at opnå RK milepæle og udbrede de opbyggede kompetencer til danske virksomheder.

	Projekterne søges medfinansieret af resultatkontrakten. Den hjemtagne viden anvendes i DFM's forskningsaktiviteter og forankres som beskrevet i DFM's RK ansøgning "Metrologisk infrastruktur".	
5) Inddragelse og videnspredning	DFM har omfattende samarbejde med danske virksomheder igennem fælles forskningsprojekter. Deltagende virksomheder får adgang til viden via projektmøder, workshops og publikationer. Eksisterende projekter har deltagelse af 25 danske virksomheder, og der planlægges projektansøgninger med 30 danske virksomheder. Der formidles viden til målgruppen gennem videnskabelige publikationer i internationale censurerede tidsskrifter og indlæg på internationale konferencer, hvor DFM i den kommende treårige periode vil øge antallet af publikationer til 40 og antallet af konferenceindlæg til 90. Aktiviteterne vil endvidere resultere i opbygning af 9 kalibreringsydelser, hvormed DFM vil formidle sporbarhed til internationalt anerkendte målestørrelser og således udbrede kompetencer til målgrupperne. Dette sikrer en betydelig samfundsmæssig værdiskabelse via multiplikatoreffekten. DFM vil formidle viden om sine aktiviteter via faglige netværk. Der planlægges deltagelse i bl.a. Eurolab Danmark, Dansk Optisk Selskab, Dansk Elektrokemisk Forening, Dansk Batteriselskab, Miljøstyrelsens nano-netværk, Foreningen for Værkstedsmetrologi, Plastnet, Lydteknisk Netværk og BioPeople. Netværksdeltagelsen styrkes, bl.a. gennem deltagelse i ATV SEMAP og deltagelse i yderligere 3 innovationsnetværk inden for de brancher med størst potentiale for anvendelse af DFM's ydelser. Herved styrkes videnspredning, ny viden om metrologibehov indhentes og kontaktholdningen til danske virksomheder øges. Et øget antal møder med potentielle kunder vil ligeledes styrke kendskabet til DFM's kompetencer. DFM vil etablere en følgegruppe for udvikling af nye ydelser inden for partikelmetrologi. Gruppen vil bestå af repræsentanter fra lægemiddelproducenter, producenter af produkter indeholdende nanopartikler, producenter inden for nanoteknologi, universiteter, referencelaboratorier under Miljøstyrelsen og/eller Naturstyrelsen og myndigheder som fx Miljøstyrelsen. Kompetencer opbygget via denne aktivitetsplan formidles gennem aktivitetsplanerne "Metrologisk Infrastruktur" og "Undervisning i Metrologi". Dette omfatter gæsteforelæsninger på universiteter, undervisning rettet mod bl.a. erhvervsakademier og professionshøjskoler samt seminarer/kurser udarbejdet i samarbejde med virksomheder, foreninger og institutioner. Antallet af virksomheder, som direkte får del i den nye viden via videnspredningsaktiviteter, anslås at være større end 200.	
6) Sammenhæng med institut-strategi	DFM's forslag til resultatkontrakter "Metrologisk Forskning og Udvikling" og "Metrologisk Infrastruktur" er tæt forbundne og sikrer samlet opfyldelsen af de krav, der stilles til nationer under "Meterkonventionen". Forskningsresultater fra den førstnævnte forankres permanent i sidstnævnte og sikrer danske virksomheder adgang til de avancerede metrologiydelser, der i stigende grad efterspørges. Alle nye ydelser forventes at bidrage til væksten i DFM's kommercielle omsætning. De to ansøgninger udgør således basis for opretholdelsen af et nationalt metrologiinstitut. Særlige strategiske aktiviteter indgår i to separate ansøgninger; "Anvendt Ramanspektroskopi" samt "Undervisning i Metrologi". Gennemførelse af planerne vil sikre, at DFM kan opfylde sine 5 centrale strategiske målsætninger for 2016 – 2018 med det strategiske fokus beskrevet i strategiplanens afsnit 3.2.3.	
7) Milepæle år 1	Milepæletyper: Vidensamarbejde, -hjemtagning og kompetenceopbygning (KOM), Udvikling af teknologisk serviceydelse (YDE), Inddragelse og videnspredning (VID) og Andet (A).	
	Specifikation Nano: Etablering af følgegruppe til partikelmetrologi med deltagelse af mindst 7 danske virksomheder/institutioner.	Type VID

	Nano: Evalueringsrapport udarbejdet om interferometri til partikeltælling i væske. Go/no-go beslutning for videre forløb på basis af rapporten.	KOM	
	Nano: Evalueringsrapport udarbejdet om ”focus stacking” og stereografi til optisk 3D metrologi.	KOM	
	Nano: Evalueringsrapport udarbejdet om af gasfyldte hulkernefibre til absolut afstandsmåling. Go/no-go beslutning for videre forløb.	KOM	
	Nano: Ny ydelse til skatterometri; bestemmelse af brydningsindeks for ikke-transparent plastik med reflektivitet > 10%, usikkerhed < 5%.	YDE	
	Elektrokemi: Ny primærnormal for ledningsevne etableret.	YDE	
	Elektrokemi: Fastlæggelse af måleparametre for pålidelige EIS målinger på Li-ion celler.	KOM	
	Fotonik: Ny ydelse i form af en fotoakustisk sensor til kvantitative sub-ppb målinger, demonstreret på CH ₄ og CO ₂ .	YDE	
	Fotonik: Udviklet en OPO til kvantitativ sub-ppm spektroskopi på NO ₂ ved 3,45 µm.	KOM	
	Fotonik: Evalueringsrapport udarbejdet omkring fiberoptiske sensorer til kvantitativ måling af materialer på gas- og væskeform.	KOM	
	Inddragelse af mindst 6 danske virksomheder i nye projekter.	VID	
	Mindst 13 publikationer med international bedømmelse.	VID	
Milepæle år 2	Specifikation	Type	
	Nano: Validering af partikeltælling i prototype-partikeltæller med identifikation af biologiske partikler ved brug af referencemateriale.	KOM	
	Nano: Ny ydelse, billeddannende skatterometer til strukturer med højde over 150 nm og periode 600 nm – 1200 nm, usikkerhed < 10 %. Ydelsen demonstreret og verificeret hos virksomhed.	YDE	
	Nano: Ny ydelse til måling af adhæsiionskræfter mellem to uorganiske overflader (10 µN - 100 mN, usikkerhed < 25 %, demonstreret på 3 typer materialer).	YDE	
	Elektrokemi: Ny ydelse til kalibrering af kunde-producerede vandige buffere i området pH 4 til pH 10. Target usikkerhed $U(\text{pH}) = 0,005$.	YDE	
	Elektrokemi: Igangsat langtidstest (cyklisk op- og afladning kombineret med EIS-måling) af 3x4 Li-ion celler.	KOM	
	Akustik: Nyt kalibreringssystem til bestemmelse af overføringsimpedans af den ny generation øresimulatorer i frekvens området 100 Hz – 12 kHz med en usikkerhed $\leq 0,3$ dB.	YDE	
	Fotonik: Ny ydelse i form af en fotoakustisk sensor til måling af glukose i vand og blod med følsomhed på under 100 ppm.	YDE	
	Fotonik: Udviklet en OPO til radiometriske målinger, til dækning af en del af UV-A området (315-400 nm).	KOM	
	Fotonik: Ny kalibreringsydelse til effektmåling af høj-effekt LED UV-kilder; op til 20 W med en usikkerhed $\leq 1,5$ %.	YDE	
	Fotonik: Udviklet modelleringssoftware til bestemmelse af fysiologisk respons fra lyskilder med fokus på døgnrytmelys (cirkadisk lys).	KOM	
	Inddragelse af mindst 6 danske virksomheder i nye projekter.	VID	
	Mindst 13 publikationer med international bedømmelse.	VID	
Milepæle år 3	Specifikation	Type	
	Nano: Ny ydelse til kalibrering af partikeltællere med detektion af biologisk levedygtige partikler. Usikkerhed ≤ 5 % i området 0,5 µm til 5 µm.	YDE	
	Nano: Ny ydelse til afstandsmåling med absolut interferometri. Relativ usikkerhed bedre end 10^{-5} .	YDE	
	Nano: Ny ydelse til 3D opmåling af strukturer op til 1 cm med usikkerhed	YDE	

	< 10 μm .	
	Elektrokemi: Evaluering af mulighed for testmetoder for SoC/SoH af batterier baseret på resultater af den fortsatte langtidstest. Go/no-go.	KOM
	Elektrokemi: Ny ydelse, forbedret måleevne på ledningsevne i UPW, U_{rel} < 0,3 %.	YDE
	Fotonik: Udviklet en hurtig enkelt-puls måleteknik til <i>in-situ</i> optisk monitorering, spektroskopi og billeddannelse ved hjælp af DFT teknologi.	KOM
	Fotonik: Udviklet kompetencer inden for fotoakustisk <i>in vivo</i> billeddannelse, demonstreret på biomarkører indlejret i forskellig dybde.	KOM
	Fotonik: Ny ydelse til kalibrering af effekt (< 15 W) og måling af farvekoordinater (x,y,Y) for filtreret LED belysning med usikkerheder < 0,3%.	YDE
	Fotonik: Ny ydelse, fiberoptisk sensor til kvantitativ måling af urenheder i vand demonstreret ved måling af opløsningsmidler med en følsomhed $\leq$ 100 ppm.	YDE
	Fotonik: Udviklet fiberoptisk sensor til kvantitativ måling af metangas med en koncentration $\leq$ 5 %, svarende til laveste eksplosionsgrænse.	KOM
	Inddragelse af mindst 6 danske virksomheder i nye projekter.	VID
	Mindst 14 publikationer med international bedømmelse.	VID
Titel ved præsentation på BedreInnovation.dk	Metrologisk Forskning og Udvikling	