

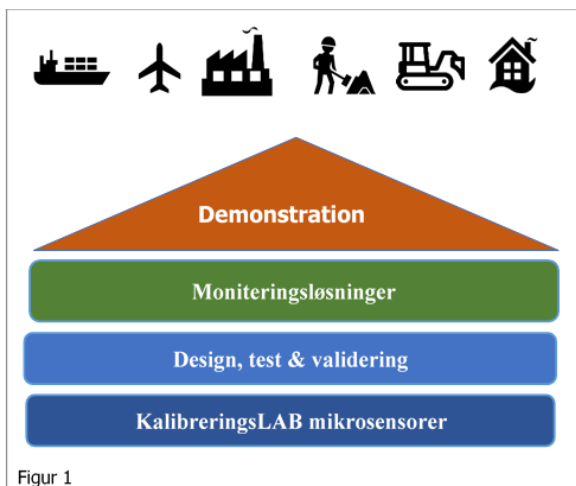
<b>Institut(ter):</b> FORCE Technology	<b>Aktivitetsplan (titel):</b> Sensorer og monitoring i fremtidens luftmiljø (AeroSense)  <b>Idéforslags titel på bedreinnovation.dk:</b> Fremtidens monitoring af luftmiljø (AeroSense)	<b>Aktivitetsplan nr.:</b> A01	FoU
---	---	--------------------------------	-----

### 1) Manchettekst (kort resumé – max 250 tegn)

Et kvantespring inden for mikrosensorer til måling af gasser og partikler giver mulighed for design af nye løsninger til dokumentation og monitoring af luftmiljø. Et stærkt udviklings- og testmiljø skal bane vejen.

### 2) Aktiviteten kort (resumé)

Med de senere års udvikling af mikrosensorer til måling af gasser og partikler er der åbnet en ny verden af spændende muligheder for introduktion af kosteffektive løsninger i renluftsektoren. Med aktiviteten ønsker vi at skabe et stærkt udviklings- og testmiljø for gas- og partikelsensorer, som virksomheder i den danske renluftsektor (målgruppen) kan få adgang til, når sensorer i nye måletekniske teknologier og løsninger skal testes og valideres. Med AeroSense vil vi udvikle og demonstrere nye teknologiske serviceydelser inden for:



Figur 1

- *Kalibrering* af sensorer og mikrosensorsystemer.
- *Design, test og validering* af sensorbaserede løsninger, herunder test i forhold til de forskellige miljøforhold, som systemerne skal operere under.
- *Monitoringsløsninger* mhp. kontinuerligt at kunne følge og overvåge udvikling og variationer i forureningsparametre.

Igennem en række *demonstrationsprojekter* vil vi synliggøre og demonstrere potentialerne ved brug af mikrosensorer til overvågning af luftmiljø.

### 3) Markedsbehov, erhvervs- og samfundsmæssige potentialer

Luftforurening har store konsekvenser for ikke blot sundhed og miljø, men også for produktion og velfærd. Iht. den seneste opgørelse fra Det Europæiske Miljøagentur var partikelforurening i 2014 skyld i 399.000 for tidlige dødsfald i EU-28, heraf 3.470 i Danmark<sup>1</sup>, og de samfundsøkonomiske omkostninger er betydelige. De blev i 2011 opgjort til 29 mia. kr. i helbredsomkostninger og 3,4 mio. sygedage i Danmark<sup>2</sup>. Luftforurening er et internationalt problem, der har medført et stigende behov for at forebygge, nedbringe og overvåge luftmiljøet og har skabt et voksende marked for teknologier og løsninger, der kan bidrage til 'ren luft'.

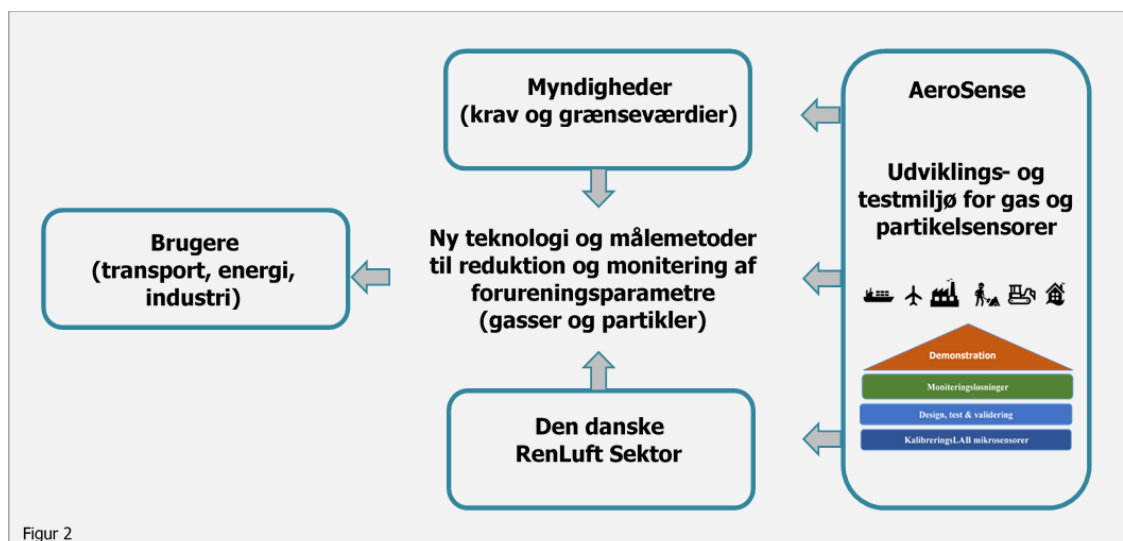
Danske virksomheder spiller en central rolle i udviklingen af renluftteknologier, og en række aktører inden for branchen er senest gået sammen omkring formulering af en fælles Luftvision med en overordnet målsætning om at fordoble eksporten af danske renluftløsninger inden 2030<sup>3</sup>. Visionen tager afsæt i de

<sup>1</sup> EEA "Air Quality in Europe – 2017 Report", No. 13/2017

<sup>2</sup> "Luftforureningens indvirkning på sundheden i Danmark", DCE – Århus Universitet, 2014

<sup>3</sup> "Luftvisionen", DI, Danske Maritime, Danske Rederier, DAPO, DMT og Miljø- og Fødevarerministeriet

danske styrkepositioner inden for renluftløsninger til hhv. borgere i verdens hastigt voksende byer, den globale skibsfart og udledninger fra produktionen.



Myndighedskrav er en central driver for teknologiudvikling inden for luftområdet. Skærpede krav og emissionsgrænser vil i de kommende år give udfordringer, men også nye muligheder, for både udstyrsproducenter og brugere.

FORCE Technology er igennem en række fora (bl.a. RefLab, DMT, IGAS og IDA Kemi m.fl., se pkt. 4) i løbende dialog med Renluftklyngen<sup>4</sup>, der har udtrykt interesse for et stærkt udviklings- og testmiljø omkring anvendelse af gas og partikelsensorer. Behovet afspejles i de kommentarer, der er kommet på bedreinnovation.dk. Det gælder både kommentarer fra en række teknologiproducenter inden for renluftbranchen som fx SMV'erne Amminex Emissions Technology, Leapcraft, Infuser, Purefi, Instrumatic, C.K. Environment, Explicit, Pureteq, AirLabs, ECA Engineering og Green Instruments samt kommentarer fra store virksomheder som Alfa Laval, Movia, AP Møller-Maersk og MAN Diesel & Turbo. Green Instruments tilkendegiver for eksempel, at de *"Som global leverandør af emissionsmåleudstyr helt klart [vil] bakke op om et nationalt kalibreringscenter til sensorer for både gasser og partikler."*, **Poul Kodal Sørensen, Technical Advisor, Green Instruments**, og Instrumatic påpeger, at et udviklings- og testmiljø er vigtigt *"i forbindelse med udviklingsprojekter og godkendelser, hvor vi skal have valideret vores målesystemer"*, **Carsten Hansen, direktør, Instrumatic**. Også en lang række af de danske brugere, der anvender og er afhængige af renluftteknologier i deres virksomheder, har en stor interesse i udvikling af nye teknologier og metoder indenfor området. Det gælder bl.a. Vestforbrænding, ARC, Aarsleff, Krüger, Sund & Bælt, Niras og Københavns Lufthavne, der tilkendegiver, at de *"følger udviklingen i nye, små sensorer, og FORCEs projektforslag vil kunne bidrage væsentligt til at kunne afklare, om disse sensorer måler rigtigt"*, **Jesper Jacobsen, Senior Project Manager, CPH Lufthavne**

Med reference til Figur 2 har aktivitetsplanen to primære og en sekundær målgruppe. De primære målgrupper er:

#### Den danske renluftsektor

Den seneste opgørelse fra 2015 viser, at renluftsektoren i Danmark eksporterede teknologier og -løsninger

<sup>4</sup> Begrebet 'Renluftklyngen' anvendes om renluftsektoren (virksomheder, der enten udvikler, producerer, kontrollerer, sælger eller rådgiver omkring løsninger og produkter, der vedrører enten luftemissioner, udeluft eller indeluft), brugere af disse løsninger, myndigheder og forskningsinstitutioner.

for ca. 7,2 mia. kr. Sektoren omfatter en bred vifte af mere end 500 virksomheder, heraf hovedparten SMV'er, der sælger produkter og ydelser knyttet til en overordnet indsats for renere luft<sup>5</sup>. Projektets aktiviteter retter sig mod den del af sektoren, der udvikler og producerer teknologier til behandling (emissionsreduktion) samt måling, kontrol og analyse (monitering) af udstødningsgasser og udledningsluft.

### **Brugere af renluftløsninger inden for transport, energi og industri**

Inden for **søtransporten** træder nye globale svovlkrav i kraft i 2020, og som det fremgår af kommentarer på [bedreinnovation.dk](http://bedreinnovation.dk), samarbejder FORCE i dag med en række danske virksomheder omkring udvikling af scrubberteknologier og løsninger til monitering af de kommende svovlkrav. Black carbon (sodpartikler) fra skibe forventes at blive omfattet af IMO's regulering inden for en kort årrække, og det er forventeligt, at alle danske og internationale skibe vil blive omfattet af en kommende regulering for black carbon. Det skaber et potentielt meget stort marked for danske leverandører af rensningsudstyr og for leverandører af sensorer til kontrol og overvågning. Potentialet knytter sig ikke kun til rederibranchen i Danmark (703 skibe sejler i dag under dansk flag, og branchen har siden 2010 været i kraftig vækst både målt på antallet af skibe og brutto tonnage<sup>6</sup>) men også til hele den internationale rederibranche, idet alle vil blive underlagt internationale IMO-regler.

Inden for **industri- og energisektoren** bliver en række brancher omfattet af skærpet regulering som følge af den igangværende revision af BREF-dokumenterne, hvor nye BAT-teknologier skal være implementeret senest fire år efter revisionen. En stor del af energibranchen er desuden underlagt CO<sub>2</sub> kvoteloven, som pålægger anlæggene at indberette og afregne den del af deres emissioner, der stammer fra fossile kilder. Meget præcise metoder til bestemmelse af røggasflowet har i den forbindelse afgørende betydning for selve emissionsmålingen. Der findes i dag ingen danske udbydere af en tilstrækkelig præcis metode til flowkalibrering og vores dialog med danske affaldsanlæg har vist, at der er stor interesse for udvikling af en metode, der både kan nedbringe omkostninger og øge præcisionen. Som det udtrykkes af bl.a. ARC er *"opbygning af et center til test af instrumenter til bl.a. røggasmålinger, inklusive kalibrering af røggasflow, essentielt ifm. skatter og afgifter."*, **Kvalitetschef, Peter Blinksbjerg**. Vestforbrænding pointerer ligeledes, at *"korrekt måling af røggasflow...er vigtigt for os ifm. at minimere usikkerheden på vores årlige CO<sub>2</sub> opgørelser."*, **Miljøkoordinator Kim Crillesen**. Vi ønsker derfor at udvikle en ny sensorbaseret løsning til kosteffektiv flowkalibrering, der kan anvendes af affaldsanlæg og andre energianlæg, der er underlagt kvoteordningens særligt restriktive monitoringskrav.

En tredje – og ud fra et samfundsperspektiv vigtig – sekundær målgruppe er **myndigheder og interessenter inden for forskningsverdenen**, der har en stor interesse i udviklingen af monitoringsløsninger og dokumentation af helbredseffekter af luftforurening. Som det eksempelvis fremhæves på [bedreinnovation.dk](http://bedreinnovation.dk) af Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø *"er det meget vigtigt at måle kemiske eksponeringer, fordi den faktiske eksponering afhænger af mange faktorer som er svære at opfange på andre måder. Små, følsomme og billige sensorer er vigtige for at få data for personlig eksponering."*, **Professor Ulla Vogel, NFA**.

En fortsat vækst og øget eksport i renluftsektoren bygger på løbende udvikling og innovation i nye teknologier og løsninger indenfor området. Luftforurening er således også et prioriteret område i [FORSK 2025](#) både ud fra et ønske om 'grøn vækst' og en 'bedre sundhed'. FORSK 2025 peger på behovet for forskning inden for både inde- og udeluftområdet, herunder specifikt på luftforurening fra skibe, og på behovet for forskning i nye omkostningseffektive teknologier til partikelmåling og monitering af

<sup>5</sup> 'Opgørelse af den danske eksport fra renluftsektoren', Miljøstyrelsen, jan. 2017 & 'Kortlægning af danske renluftløsninger på det globale marked', Miljøstyrelsen, 2014

<sup>6</sup> "Danish Shipping – Facts and Figures", Danske Rederier, June 2018

luftforurening. I tråd hermed er god luftkvalitet ligeledes udpeget som et centralt indsatsområde ift. byer og lokalsamfund i FN's Verdensmål ([FN's Verdensmål 11.6](#)).

#### 4) Videnspredning og inddragelse

FORCE har en tæt kontakt til hele den danske Renluftklynge igennem en række veletablerede faglige netværksfora, herunder teknologiproducenter og -brugere, myndigheder og forskningsinstitutioner. En række danske virksomheder vil blive direkte inddraget i de konkrete aktiviteter som samarbejds- og sparringspartnere. Her tænkes primært på mindre virksomheder inden for renluftsektoren, der særligt vil drage nytte af ydelserne ifm. design og udvikling af nye sensorsystemer. Desuden vil brugerne af de ydelser, der udvikles, blive inddraget, så vi sikrer, at målsætninger og kravspecifikationer afspejler brugernes behov og ønsker.

Løbende dialog med og formidling til de danske virksomheder varetages igennem en række **faglige netværk**, som FORCE er særdeles aktive i, herunder:

- Det Nationale Referencelaboratorium for Emissioner til Luften (RefLab), som er blevet varetaget og ledet af FORCE siden Miljøstyrelsen etablerede det danske referencelaboratorie for luftmiljø i 1997 for ([www.ref-lab.dk](http://www.ref-lab.dk)).
- Brancheorganisationen Dansk Miljøteknologi (DMT), hvor FORCE er en aktiv deltager i bestyrelsen og de faglige aktiviteter (<http://danskmiljøteknologi.dk/>).
- IGAS (dansk Interessegruppe for Gasanalyse), som FORCE er medstifter af, og hvor vi deltager i bestyrelsen ([www.igas.dk](http://www.igas.dk)).
- IDA Kemi, hvor FORCE er aktiv i bestyrelsen (<https://universe.ida.dk/netvaerk/industri/ida-kemi/>).

Formidling vil ske i tæt dialog med de relevante **innovationsnetværk**. FORCE sidder i styregruppen i både INNO-MT (miljøteknologi) og TINV (transport) og vil i perioden 2019-20 varetage posten som overordnet fagansvarlig for arbejdet med luftområdet i INNO-MT, hvor godt en tredjedel af netværkets 364 medlemmer er registreret under fokusområdet Renluftteknologi. Vi vil således spille tæt sammen med Inno-MT ifm. de planlagte aktiviteter i netværket knyttet til matchmaking, videnformidling og udvikling, og vi vil på tilsvarende vis samarbejde med TINV inden for deres fokusområde omkring emissionsteknologier, herunder den planlagte styregruppe for køretøjs- og skibsteknologi. Vi planlægger at afholde en til to temadage/workshops pr. år i samarbejde med INNO-MT/TINV.

Med en toårig aktivitetsperiode lægger vi vægt på at anvende eksisterende netværk og fora til at få input og drøfte planlagte aktiviteter og resultater – en **'netværksbaseret følgegruppe'** model. Det indebærer, at vi ifm. netværksmøder, temadage o.l. vil sætte specifikke temaer på dagsordenen mhp. input og sparring med målgruppen. Erfaringsmæssigt er det værdifuldt at drøfte ønsker, udfordringer og muligheder med virksomheder, der aktivt deltager i faglige arrangementer, fordi de er engagerede i de *specifikke* delområder under aktivitetsplanen, snarere end at samle en gruppe virksomheder alene med aktivitetsplanen for øje.

Aktiviteten er blevet afstemt med Teknologisk Instituts aktivitetsplan 'Udvikling af Fremtidens Renluft Teknologier' for at sikre, at der ikke er overlap mellem aktiviteterne, og formidlingsaktiviteter vil blive koordineret på et årligt formidlingsmøde samt igennem relevante netværk og fora. FORCE vil i sin aktivitetsplan have fokus på områder indenfor brancherne søtransport, energi- og forsyning og industrien.

Ovenstående vil blive suppleret og samtænkt med **videnspredningsaktiviteter** i form af 2-3 artikler i fagblade som fx Magasinet Dansk Miljøteknologi, der sendes ud til 1.500 interessenter, Dansk Kemi m.fl.

og nyhedsbreve (RefLab nyhedsbrev: 170 abonnenter, DMTs nyhedsbrev: 253 abonnenter, IGAS nyhedsbrev: 80 modtagere, Inno-MTs nyhedsbrev: 732 modtagere m.fl.).

Ny viden og erfaringer vil blive implementeret i eksisterende undervisningsmateriale målrettet energi- og industrianlæg, og nye former for formidling som fx webinarer eller videodemonstration vil eventuelt blive anvendt, såfremt det kan bidrage til at understøtte vidensspredning på en bedre måde. Endelig vil vi gøre brug af en række formidlingskanaler, herunder LinkedIn, hjemmesider mv. mhp. at nå bredt ud til målgruppen og andre interessenter.

Samlet set forventer vi, at ca. 300-400 danske virksomheder inden for målgruppen vil få del i den nye viden via workshops, temadage og undervisning samt formidling omkring projektets resultater via en række forskellige kanaler.

## 5) Konkrete aktiviteter

Formålet med aktiviteten er helt overordnet at etablere et udviklings- og testmiljø omkring anvendelsen af gas- og partikelsensorer til måling og monitorering af luftforurening. Med reference til Figur 1 vil vi udvikle og demonstrere nye metoder indenfor udvalgte områder, hvor der er et behov og potentiale for udvikling af nye løsninger:

### **A: Kortlægning af ultrafine partikler (UFP) i udeluft og arbejdsmiljø ved hjælp af små sensorer**

Der er i dag ikke nogen grænseværdier for ultrafine partikler i udeluften og i arbejdsmiljøet, men som konsekvens af de senere års fokus på sundhedsskadelige effekter af UFP (der måles ved Partikelantal, PN), efterspørger virksomheder i stigende grad måling af ultrafine partikler, når der forekommer udslip til arbejdsmiljøet fra fx dieselmaskiner eller fly. Målesystemer til UFP er i dag dyre at anskaffe, og vi ønsker at give danske virksomheder mulighed for test og validering af mere kosteffektive mikrosensorer til UFP måling kombineret med cloud-baseret dataopsamling, der gør det muligt online at følge koncentrationen af UFP i et netværk af sensorer og modtage alarmer i tilfælde af kritiske koncentrationer.

Måling af partikelantal i arbejdsmiljø vil blive koordineret med de aktiviteter, der foregår i aktivitetsplanen DigiMON. DigiMON fokuserer ikke på sensorer til måling af partikelantal (PN), men derimod på partikelmasse (PM), da dette er omfattet af gældende regulering. Da ultrafine partikler, som er særligt sundhedsskadelige og forventes omfattet af en kommende regulering, i praksis ikke kan kvantificeres ud fra partikelmasse, men derimod ud fra partikelantal, er der behov for at udvikle testsystemer til overvågning af partikelantallet i arbejdsmiljøet. AeroSense-aktiviteten vedr. sensorer til partikelantal vil således komplementere DigiMON med sigte på de kommende grænseværdier for partikelantal i arbejdsmiljøet.

### **B: Kontrol med udslippet af black carbon (BC) fra skibe**

BC-emissioner (sodpartikler) fra skibe forventes at blive omfattet af IMO's regulering inden for en kort årrække og den ansvarlige arbejdsgruppe i IMO, som FORCE deltager i sammen med Miljø- og Søfartsstyrelsen<sup>7</sup>, har foreløbig udpeget en række referencemetoder til måling af black carbon, som den fremtidige regulering skal bygge på. Vi ønsker at udvikle sensorsystemer, der kan anvendes til kontrol og håndhævelse af den fremtidige regulering af BC fra skibe. Aktiviteten vil bl.a. bygge videre på aktivitetsplanen 2016-18 *Droner på nye missioner – materialer og miljø*, der har fokus på dronebaserede målinger af gasser og partikler fra bl.a. skibe, samt aktivitetsplanen 2016-18 *Den Danske Renluftsektor*, der har fokus på udvikling af målemetoder til producenter af rensningsudstyr til bl.a. skibe. I førstnævnte

<sup>7</sup> International Maritime Organization, Sub-Committee on Pollution Prevention and Response (PPR)

droneaktivitet har vi udviklet og testet BC-sensorer til måling i røgfanen på et skib via en drone eller helikopter. I AeroSense ønsker vi at videreudvikle sensorteknologien, så den vil kunne anvendes direkte (onboard) til måling af BC i skorstenen. Denne nye applikation stiller krav til væsentlige ændringer i sensorsystemet som følge af højere koncentrationer af partikler i røggassen. Aktiviteten skaber grundlag for, at virksomheder, der ønsker at indbygge kosteffektive mikrosensorer til BC i deres produkter, kan teste og validere løsninger. Det gælder ikke kun ifm. røggas fra skibe, men også anvendelsen af BC sensorer i arbejdsmiljø og udeluft.

### **C: Kosteffektiv metode til flowkalibrering på energi- og industrianlæg**

Korrekt bestemmelse af røggasflow er af helt afgørende betydning for korrekt måling af emissioner fra industri- og forbrændingsanlæg. For anlæg, der er underlagt CO<sub>2</sub>-kvoteloven, er det nødvendigt at få gennemført meget præcise flowkalibreringer for at kunne overholde kravene til usikkerhed på de lovpligtige årlige CO<sub>2</sub> opgørelser. Vi ønsker at udvikle nye, mere nøjagtige og effektive metoder baseret på sensorer og sporgasteknikker til beregning af flow ifm. emissionsmålinger. En ydelse, som ingen danske virksomheder i dag tilbyder, og som kun tilbydes i udlandet med anvendelse af radioaktive isotoper som sporgas. Metoden vil kunne anvendes af alle energiproducerende anlæg, hvor opgørelser af drivhusgasser baseres og kontrolleres ud fra emissionsmålinger. En ny sensorbaseret metode vil blive udviklet med udgangspunkt i en ny teknik baseret på en ikke-radioaktiv sporgas. Metoden forventes at kunne leve op til målgruppens krav til både præcision og kosteffektivitet og vil bidrage med ny viden omkring sporgas baserede målemetoder.

Luftforurening er et område der primært er drevet af international og national lovgivning suppleret med strategier og handlingsplaner på nationalt, regionalt og lokalt niveau. Forsinkelser eller ændringer i lovgivning er et rammevilkår, der påvirker såvel udviklere som brugere af renluftteknologier. Denne risiko er kendt af branchen og indregnet af de virksomheder, der arbejder med teknologiudvikling. Risikoen vurderes at være meget lille ift. gennemførelsen af de foreslåede aktiviteter under A (kortlægning af UFP), idet grænseværdier for ultrafine partikler af Arbejdstilsynet forventes fastsat inden for kort tid.

Det samme gælder for aktivitet B (BC fra skibe), hvor IMO p.t. arbejder på en regulering af BC fra skibe. For aktivitet C (flowkalibrering) gælder det, at reguleringen allerede er på plads (afregning af CO<sub>2</sub> emissioner iht. ETS (Emission Trading Systemet), og risikoen er derfor meget lille.

## **6) Nyhedsværdi og ambitionsniveau**

Aktiviteten skal gøre det muligt for teknologiproducenter og brugere at udvikle og udnytte nye kosteffektive løsninger baseret på små, billige mikrosensorer og nye sporgasteknikker. Det kræver opbygning af faciliteter og kompetencer, der kan sikre korrekte og validerede målinger.

Med aktivitetsplanen vil vi opbygge et **nyt kalibreringslaboratorium**. Virksomheder, der udvikler eller anvender sensorer og systemer til monitorering af gasser og partikler, har i dag meget begrænsede muligheder for at udføre performancetest på systemerne. FORCE vil med aktiviteten opbygge et kalibreringslaboratorium, der gør det muligt ikke blot at udføre linearitets- og responstidstest, men også at teste og korrigere for sensorspecifik krydsinterferens fra et større antal gasser samt målestøj fra variationer i vandindhold, temperatur mv. Denne form for performancetest vil i fremtiden blive helt afgørende for salg af og kontrol med små, billige mikrosensorer. De tre udviklings- og demonstrationscases (A, B og C, jf. pkt. 5) vil være omdrejningspunkt for opbygningen af det nye kalibreringslaboratorium.

### **Design, test og validering af sensorbaserede løsninger**

Med de nye muligheder inden for sensorbaseret dokumentation og overvågning af emissioner vil vi

opbygge ydelser og demonstrere potentialer inden for anvendelse af sensorer i forskellige måletekniske løsninger. Pris, kvalitet og muligheder hænger sammen. En af de store udfordringer ifm. måling af ultrafine partikler (UFP) har været, at prisen på sensorer til måling af partikelantal i luften er relativt høj. Det betyder, at det kan være meget dyrt at anvende et større antal partikelsensorer til dokumentations- og monitoringsopgaver. Med aktiviteten vil vi hjælpe danske teknologileverandører og brugere med at udvikle designs, der kombinerer low cost sensorer med måletekniske løsninger, som testes og valideres. Case A og B (jf. pkt. 5) vil blive brugt til at udvikle og demonstrere nye muligheder for anvendelse af prisbillige sensorer til måling af partikler (BC og UFP).

### **Moniteringsløsninger**

Der udbydes i dag kommercielle, IoT-baserede gassensorsystemer, men datakæden (inkl. beregningsalgoritmer) kendes kun af udbyderen, og det målte resultat kan variere alt efter den aktuelle version af algoritmen. Denne situation gør det vanskeligt for brugeren at dokumentere validiteten af de målte data. FORCE ønsker at kunne tilbyde et system, hvor *alle* led i datakæden er sporbare og kan dokumenteres/valideres. Case A og B vil blive brugt til at udvikle og demonstrere sporbare monitoringsløsninger.

Med afsæt i de tre demonstrationsprojekter forventer vi at kunne markedsmodne de udviklede ydelser. Dermed vil vi i forlængelse af aktivitetsplanen kunne tilbyde danske virksomheder serviceydelser ifm.:

- Kortlægning af ultrafine partikler (UFP) i udeluft og arbejdsmiljø ved hjælp af små mikro-sensorer
- Kontrol med udslippet af black carbon (BC) fra skibe
- Kosteffektiv metode til flowkalibrering på energi- og industrianlæg

Med aktiviteten vil vi kunne tilbyde en række nye serviceydelser, der ikke findes på markedet i dag og én samlet indgang - via kalibreringslaboratoriet - til udvikling, test og validering af gas- og partikelsensorer. Low cost sensorer er i disse år under udvikling indenfor nye områder, og test og validering af sensorerne har afgørende betydning for deres anvendelsesmuligheder. Som GTS-institut med dybe og specialiserede kompetencer indenfor måleteknologi og måletekniske løsninger, kan vi sikre den nødvendige uvildighed og tilbyde en række nye teknologiske serviceydelser, der kan understøtte implementeringen af nye kosteffektive metoder i renluftsektoren.

## **7) Vidensamarbejde og -hjemtagning**

Aktiviteten vil blive gennemført via samarbejde med både danske og udenlandske universiteter og videnmiljøer samt myndigheder inden for de relevante områder.

### **Danske forskningsinstitutioner og videnmiljøer**

Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø (NFA) blive inddraget ifm. aktiviteter omkring sensorer og løsninger til måling af UFP.

Professor Ole John Nielsen, KU og Professor Charlotte Scheutz, DTU har begge fremhævet behovet for opbygning af testfaciliteter, der kan benyttes til at teste og validere de nye små billige sensorer. Som det fremhæves af **Ole John Nielsen på [bedreinnovation.dk](http://bedreinnovation.dk)** ”er det nødvendigt at kunne validere sensorerne under kontrollerede betingelser i laboratoriet....hvis sensorerne skal finde praktisk anvendelse til f.eks. overvågning i inde/udeluft eller industrien”. Vi vil samarbejde med KU bl.a. omkring mulighederne for uddannelse af master studerende ifm. test af små sensorer.

### **Udenlandske forskningsinstitutioner og videncenter**

Vi forventer at hjemtage viden fra Tampere University Finland og Lund Universitet samt udviklingsafdelingen i virksomheden Dekati ifm. udviklingen af sensorsystemer til måling af partikelantal.

Vedr. BC-sensorer til skibe forventes et samarbejde med videncenteret omkring Berkeley, University of California samt med udviklingsafdelingen i virksomheden Aerosol s.a.a. i Slovenien omkring måling af BC i udstødningen fra skibsmotorer.

Desuden planlægges et samarbejde med bl.a. udviklingsafdelingen hos en større engelsk energiproducent mhp. hjemtagning af viden omkring røggaskalibreringsmetoder og overførsel af disse til danske forhold. Udviklingsafdelingen i den engelske virksomhed har testet ikke-radioaktive sporgasser, og man har fået gode resultater via felttests på store kraftværker i England.

### **Danske myndigheder**

Der vil blive samarbejdet med Arbejdstilsynet omkring de kommende grænseværdier for ultrafine partikler (som forventes angivet i partikelantal pr. cm<sup>3</sup>). Timingen for fastsættelsen af grænseværdien vil være af stor vigtighed for aktivitetsplanen ift. de udviklede ydelser.

Der vil blive samarbejdet med Miljøstyrelsen og Søfartsstyrelsen vedr. black carbon fra skibe med fokus på de kommende IMO-regler og de igangværende internationale forhandling i IMO/PPR regi. FORCE deltager i den nationale følgegruppe, der støtter Miljøstyrelsen og Søfartsstyrelsen i forbindelse med de årlige IMO/PPR møder i London. Det er et ønske, at udviklingen omkring det kommende regelsæt for black carbon fra skibe følges meget tæt, og at vi får mulighed for at give input til IMO/PPR omkring muligheden for en fremtidig low cost BC-sensor til skibe.

Der vil eventuelt være mulighed for at koordinere aktiviteterne omkring BC til skibe med et igangværende innovationsprojekt 'Project Rosso'. I Project Rosso assisterer FORCE to SMV'er med test og validering af løsninger ifm. udvikling af et kosteffektivt sensorsystem til måling af gasser ifm. de nye svovlkrav, der træder i kraft i 2020. Da kunde- og markedssegmentet er overlappende, vil vi undersøge muligheden for at udnytte set-up i Project Rosso til felttest af BC-sensorer. Det vil gøre det væsentligt billigere at gennemføre felttests af BC-sensorer.

## **8) Sammenhæng med instituttets strategi og afsæt i instituttets ressourcer**

FORCE har, med årtiers erfaring inden for emission (udledning), immission (koncentration af stoffer i luften) og renluftteknologier, et solidt afsæt for udvikling af nye metoder og teknologier, der imødekommer markedets behov. Efter fusionen med DELTA kan vi på luftområdet langt bedre udnytte nogle af de muligheder, der ligger for test og validering af sensorer i en række forskellige miljøer via IoT-testfaciliteter indenfor vibration, temperatur, luftfugtighed mv. Noget der har særlig betydning ift. funktionaliteten af de nye, små og prisbillige sensorer, der kan være meget følsomme overfor de miljøer, de skal indgå i – maritime såvel som landbaserede. Det gælder også mulighederne for at understøtte virksomheder i udviklingen af cloudbaserede monitoringsløsninger.

Aktivitetsplanen tager afsæt i FORCEs strategiske fokus på *digitalisering* med ambitionen om at bane vejen for industriens anvendelse af nye prisbillige sensorer. Et solidt afsæt i et stærkt tværfagligt udviklings- og testmiljø, der kombinerer viden om sensorer, luftforurening og måleteknologi, skal gøre danske renluftvirksomheder i stand til konkurrere internationalt med valide løsninger baseret på prisbillige sensorer og give danske brugere adgang til nye prisbillige løsninger.



Aktivitetsplanen reflekterer også ambitionerne i FORCEs strategiplan på en række andre områder. Det gælder både ift. *samarbejde* med udenlandske og danske universiteter og videnmiljøer, der er højt prioriteret i aktivitetsplanen ifm. hjemtagning af ny viden, men også ift. at kanalisere viden omkring små sensorer ind i uddannelsessystemet fx via Masterstuderende. Endelig kan nævnes at aktivitetsplanen med sin *målgruppe* ønsker at styrke den danske Renluftklynge (jf. note 4). Klyngen er i en proces med at definere sig selv på tværs af producenter, brugere, videninstitutioner og myndigheder, hvilket bl.a. er kommet til udtryk igennem analyser af klyngen og den nyligt formulerede fælles Luftvision.

Med reference til FORCEs strategiplan har aktivitetsplanen primært fokus på områderne *Design & Udvikling* samt *Drift & Vedligehold*.

## 9) Tidsplan og milepæle

### År 1

#### Vidensamarbejde, hjemtagning og kompetenceopbygning

- 1.1 Viden hjemtaget via samarbejde med nationale og særligt internationale videnmiljøer (jf. pkt. 8) inden for:
  - Mikrosensorer til måling af ultrafine partikler (PN) i udeluft og arbejdsmiljø.
  - Sensorer og prøvetagningssystemer til måling af black carbon (BC) i røggas.
  - Kosteffektiv og præcis metode til flowkalibrering vha. sensorer og sporgas teknikker.
- 1.2 Dialog med danske myndigheder omkring grænseværdier og målemetoder (Arbejdstilsynet, Miljø- og Søfartsstyrelsen).

#### Udvikling af teknologisk service

- 1.3 Kravspecifikationer for mikrosensorer til måling af UFP (PN) i udeluft og arbejdsmiljø opstillet.
- 1.4 Relevant(e) mikrosensorer til måling af UFP indkøbt, og 1 demonstrationscase (sensorsystem inklusive cloud baseret dataopkobling) opbygget og funktionstestet.
- 1.5 Kravspecifikationer for sampling system til måling af BC i røggas vha. mikrosensorsystem opstillet og sampling system til BC-måling i røggas designet.
- 1.6 Kravspecifikationer til metode for kalibrering af røggasflowmålere på affaldsforbrændings-/ energianlæg opstillet samt usikkerhedsbudget. Instrumentering til dosering og analyse af sporgas specificeret.
- 1.7 Faciliteter til hurtig og kosteffektiv test og validering af sensorer med fokus på krydsinterferens ved måling af gasser i lave koncentrationer designet.

#### Vidensspredningsaktiviteter

- 1.8 1-2 workshops/temadage om mikrosensorer til partikel/gasmåling afholdt i samarbejde med bl.a. innovationsnetværk.
- 1.9 Afholdelse af koordineringsmøde med Teknologisk Institut vedr. aktivitetsplanen *Udvikling af fremtidens Renluft Teknologier*.

### År 2

#### Vidensamarbejde, hjemtagning og kompetenceopbygning

- 2.1 Kompetencer til hurtig og kosteffektiv test og validering af sensorer opbygget med fokus på test for danske SMV'er, der udvikler sensorsystemer.

### **Udvikling af teknologisk service**

- 2.2 Sampling system til måling af BC i røggas vha. mikrosensor system opbygget og funktionstestet i demonstrationscase. Resultater evalueret og nødvendige modifikationer foretaget.
- 2.3 Laboratoriefaciliteter til samtidig dosering af vand og organiske/uorganiske gasser demonstreret i samarbejde med SMV mhp. validering af danske renluftvirksomheders egenudviklede systemer til monitorering.
- 2.4 System til overvågning af ultrafine partikler i arbejdsmiljø/udeluft testet i samarbejde med danske interessenter/brugere.
- 2.5 Prototype på system til dosering og analyse af sporgas opbygget og testet i samarbejde med dansk affaldsforbrændings-/energianlæg (demonstrationscase).

### **Videnspredningsaktiviteter**

- 2.6 Udviklede ydelser samt resultater af laboratorie- og felttests præsenteret på 1-2 workshops/temadage / konferencer i samarbejde med innovationsnetværk.
- 2.7 Ny flowkalibreringsmetode præsenteret på workshop over for danske affaldsforbrændings-/energianlæg
- 2.8 1 artikel udgivet i dansk fagtidsskrift.
- 2.9 Afholdelse af koordineringsmøde med Teknologisk Institut vedr. aktivitetsplanen *Udvikling af fremtidens Renluft Teknologier*.