

Indsatsområde: Intelligent lydopfattelse med AI: Fremtidens akustiske løsninger til et sundt og sikkert samfund Titel på Bedreinnovation.dk: Center for intelligent lydopfattelse	Indsatsområde: FT11
Indsatsen kort (resumé)	
Fra maskiners brummen til bip fra en hjertemonitor - hver lyd bærer en signatur, der giver vigtig information om vores omgivelser og produkter. Indsatsen vil udvikle AI-baserede services, der understøtter udviklingen af et sundt, sikkert og bæredygtigt samfund med afsæt i en model for menneskets lydopfattelse. Tre udviklingsspor vil danne rammen omkring udviklingen af serviceydelser: henholdsvis designlyd med formål at skabe specifikke brugeroplevelser- og reaktioner, driftslyd med formål at identificere specifikke lydkilder med henblik på monitorering, og udvikling af et lydhjul med beskrivende ord for produkt-, udstyrs-, maskin- m.v. lyde med henblik på objektiv måling og karakterisering af lyd. AI-modellen vil kontinuerligt blive trænet og forbedret med nye data, hvilket øger kvalitet og sikkerhed i de leverede ydelser.	
1. Målsætninger, nøgleaktiviteter og indikatorer	
Lydopfattelse er en af menneskets fundamentale overlevelsessanser og kan på et øjeblik omsætte detaljeret information til et handlingsmønster. Lyde findes overalt i det industrialiserede samfund - både som et uønsket sideprodukt og som et bevidst signal (menneske-maskine interaktion). Men alle lyde har en signatur, der kan bruges til at identificere og tilvejebringe viden om kilden. Dette gælder både indenfor overvågning af infrastruktur eller produktionsanlæg men også i sundhedssektoren, hvor patienter og fagpersonale skal reagere på signaler fra sundhedskritisk udstyr. Den samme relevans gør sig gældende hos forbrugeren, der kobler produktlyd og holdbarhed sammen gennem livslang erfaringsopbygning af, hvordan fx et blødt eller hårdt, tyndt eller tykt materiale lyder. Vision, målsætninger og teknologisk service Indsatsen vil være centreret omkring opbygning og anvendelse af en AI-model af menneskets lydopfattelse. Dette vil lede til helt nye akustiske serviceydelser, der understøtter omstillingen til et sundt, sikkert og bæredygtigt samfund hvor producenter, der udvikler klima- og ressourcebevidst produktdesign, kan få dokumenteret, om produktlyden bevares med anvendelse af nye materialer samt hvilken respons lyden giver i mennesker (fx beroligende, generende). I tråd med en nylig publiceret rapport om 'Megatrends in the sound industry'¹, er formålet med indsatsen at bidrage i den hastigt voksende udvikling af nye digitale ydelser baseret på AI og machine learning og sikre, at mindre danske virksomheder også har adgang til effektive ydelser og værktøjer baseret på AI. Danmark har lyd som en styrkeposition², med internationalt anerkendte kompetencer i virksomheder og uddannelsesmiljøer. Indenfor AI og machine learning er domæneviden (lyd) helt afgørende for at kunne lave succesfulde modeller til håndtering af komplekse lyddata. Brug af AI til beregninger og analyser sparer tid og vil gøre ydelser lettere tilgængelige for SMV'er, der i forbindelse med udviklingen af produkter og serviceydelser, kan få adgang til AI-trænede værktøjer. Indsatsen understøtter en hastigt accelereret grøn omstilling, hvor introduktionen af nye og mere bæredygtige	

¹ Danish Sound Cluster & Teknologisk Institut 'Megatrends in the Sound Industry', 2024

² ATV 'Verdens førende tech-regioner - Danmarks styrkepositioner i et globalt perspektiv', aug. 2020

eller genanvendte materialer og produkter kan udvikles med samme eller mere optimale akustiske egenskaber indenfor kort tid.

Modellen vil med dens grundtræning også danne grundlag for udviklingen af nye digitale ydelser indenfor avanceret monitorering af produktionsanlæg og infrastruktur. Her kan kildeidentifikation, baseret på opbygning af et bibliotek, der indeholder 'lyd footprints' også anvendes til at verificere simple overvågningsmodeller til brug i forbindelse med vedligeholdelse eller kildeopsporing. At kende lyden af 'normal drift' og kunne tilrettelægge og optimere vedligehold og service, når lyden bevæger sig udenfor en given toleranceværdi, giver mulighed for at forlænge komponenter og produkters levetid og derigennem understøtte en cirkulær økonomi. Lukkede produktionsmiljøer i bl.a. farmaindustrien er dyre at lukke ned, og intelligent monitorering kan potentielt spare nedlukninger, der skyldes nødvendige inspektionsrutiner i produktionen. Ydelserne giver også mulighed for intelligent monitorering af kritisk infrastruktur som fx detektion af undervandsstøj eller uønskede lyde i fx by- og boligmiljøer med mulighed for at sætte ind med forebyggende tiltag. Hvor der typisk i dag er manuelle processer forbundet med at gennemlytte støjovervågning for at frasortere baggrundslyde, kan den manuelle proces erstattes med en AI-trænede model, der kan sortere i lydene. Samme tilgang kan bruges indenfor produktlydsoptimering, hvor kendte lydkomponenter og -signaturer kan klassificeres via kunstig intelligens til at guide en iterativ udviklingsproces for at opnå en ønsket brugerrespons på lyden.

Indsatsen tager afsæt i et mangeårigt veletableret fundament af dataindsamling hos FORCE Technology både i felten (miljøakustik) og i lab (forbrugerelektronik/bygningsakustik) med koblingen til menneskets lydopfattelse gennem de eksisterende internationalt anerkendte kompetencer indenfor lytteforsøg (lydkvalitet og støjgene). Styrken ved AI-teknologien er netop, at den kan trænes og dygtiggøres med løbende tilføjelse af nye data, der kan fødes ind fra fx monitoreringssystemer. Målet er derfor at opbygge en levende model, der kontinuerligt bliver klogere på at 'lytte', fordi den vil få data ind fra eksisterende samt nye ydelser. Resultatet vil være nye digitalt forankrede ydelser, der benytter de nyeste teknologiske muligheder indenfor AI til at understøtte den hastige udvikling i samfundet, hvor lyd er allestedsværende i produkter. Ydelserne vil blive udviklet i tæt samarbejde med målgruppen, og vi forventer at kunne levere de første nye serviceydelser løbende i perioden i takt med, at modellen trænes indenfor de specifikke domæner.

Målgruppe og effekter

Målgruppen for indsatsen er bred, herunder producenter af industrikomponenter (pumper, ventiler m.m.), byggematerialer og boligkomponenter, medico- og farmaindustrien (produkter og produktionsmiljøer), infrastruktur og -anlægsindustri (havne, energianlæg mm.) samt hele forbrugerproduktsegmentet i forhold til produktlyd og designet lyd (husholdningsapparater, forbrugerelektronik).

Effekten af indsatsområdet knytter sig til nye AI-baserede muligheder indenfor

- Risikominimering ved hjælp af intelligent monitorering i kritiske miljøer som fx produktion (farma-/biotek) og infrastruktur (fx havne, energiforsyning eller subsea). Farma- og biotekindustrien er en central dansk styrkeposition^{3 4}, hvor det er helt afgørende, at produktionsmiljøer holdes i stabil drift, og hvor lyd fra processer kan bruges som indikator for velkørende eller begyndende defekte

³ Erhvervsministeriet 'Life-science industriens økonomiske fodaftryk', sep. 2023

⁴ Patent og varemærkestyrelsen "Life Science", feb. 2024

komponenter. Når det gælder kritisk infrastruktur, kan muligheder indenfor akustisk overvågning ligeledes bidrage til hurtig klassificering af kilder. Det kan fx være i forbindelse med udvikling af detektionssystemer til undervandsstøj ved hjælp af kunstig intelligens kombineret med realtidsanalyse.

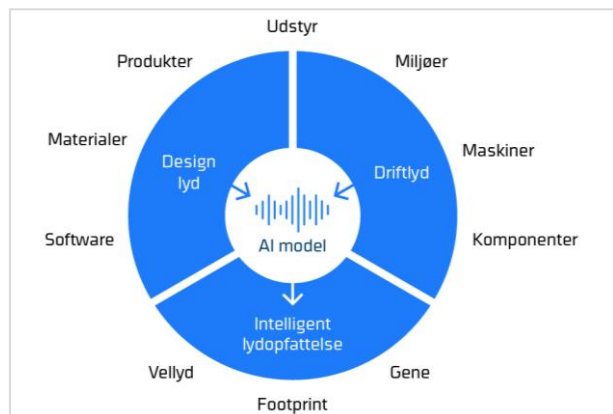
- Forbedret konkurrenceevne for producenter af udstyr og produkter, hvor lyd har en afgørende kommunikativ rolle. Her vil indsatsområdet give virksomheder værktøjer til at arbejde effektivt med et produktlyddesign under forskellige forhold (baggrundsstøjsmiljøer). De nye serviceydelser skal bidrage til, at virksomheder og lyddesignere kan få en relevant måling af opfattede lydkarakteristika samt om den tilsigtede information af lydene bliver forstået baseret på en trænet AI-model. I dag findes kun lignende værktøjer indenfor musikklassifikation, hvilket ikke egner sig til fx betjeningslyde til industriudstyr eller medical devices.
- Endelig vil der mere overordnet være en vigtig samfundseffekt, der knytter sig til mennesker og helbred. Det er velkendt, at støj påvirker menneskers helbred (forstyrret nattesøvn, stress m.v.) og 20 % af befolkningen i EU lever i områder, hvor støjniveauet har negative helbredseffekter⁵. Evnen til at foretage intelligent kildeidentifikation og monitorere væsentlige kilder, der er forbundet med helbredsmæssige genevirkninger, kan skabe mulighed for at sætte ind med forebyggende tiltag specifikt imod den generende kilde.

Væsentligste aktiviteter og forventet årlig fremdrift

Der vil blive arbejdet med tre centrale spor i aktiviteten:

Driftlyd

Der opbygges et bibliotek af lyde fra udstyr, komponenter og materialer, der anvendes til at kunne identificere kilder ved at træne AI-model og lokalisere dem via avanceret signalbehandling. Kildernes 'footprint' udtrækkes, så de kan anvendes til bl.a. at opstille overvågningssystemer af lukkede produktionsmiljøer eller udendørs infrastruktur, der identificerer og lokaliserer stationære og bevægelige kilder og beregner genevirkning eller drifttilstand (køleanlæg, skibstrafik, varmepumper m.v.). Modellen skal trænes i at frasortere andre lyde som fx naturlyde (vind, fugle, bølger).



Designlyd

Der udvikles målemetoder til objektivt at karakterisere produktlyde ud fra designkrav om at opnå en ønsket respons hos brugeren (sense of urgency eller opfattet kvalitet). Ydelserne vil både være facilitetsbundne (lyttetests i kontrollerede lytterum) og være digitale via AI-analyseplatform. Herunder etableres også brobygning til lyddesign-industrien, der med de nye ydelser kan koble uvildig validering af opfattelsen af lyddesign fra målgrupper ind i deres proces for at opnå et bedre produkt.

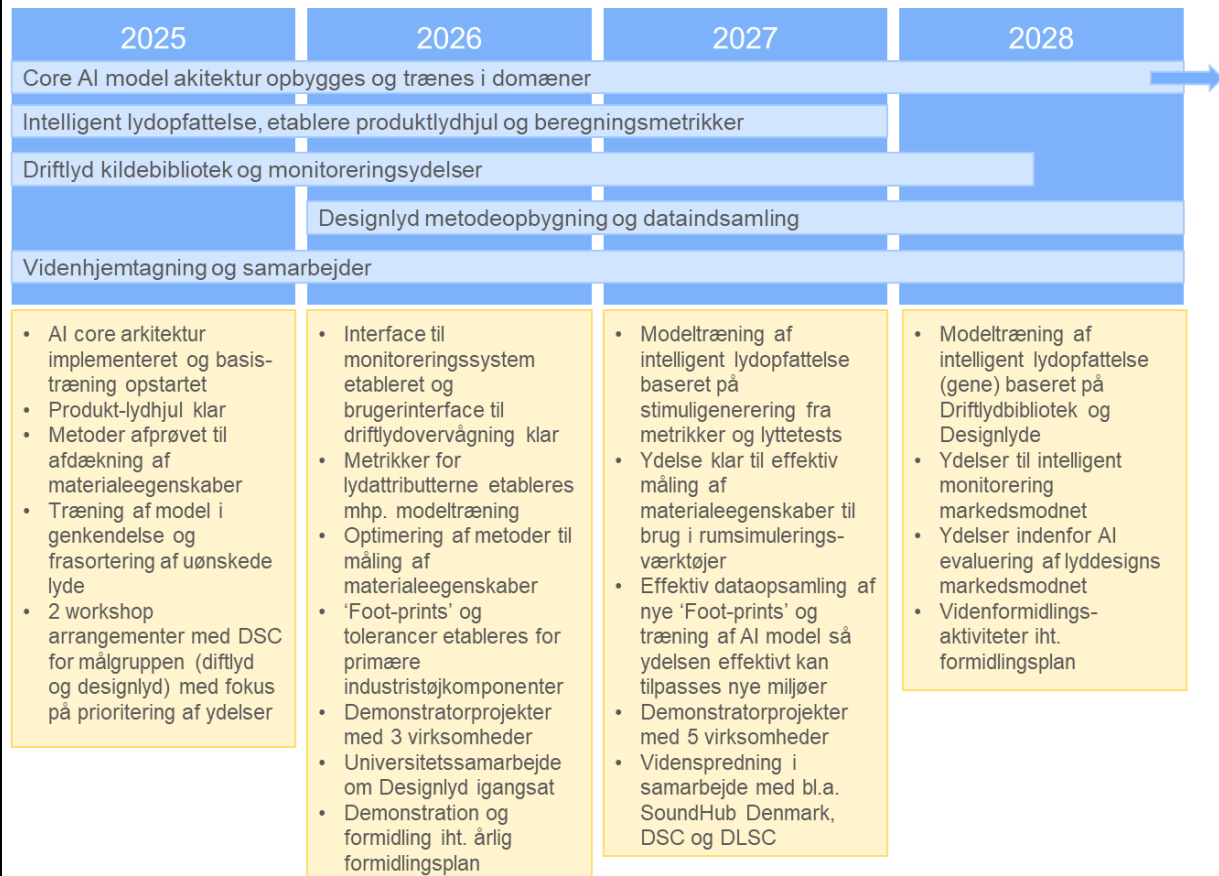
Intelligent lydopfattelse

Opbygning af kompetencer indenfor objektiv måling og karakterisering af produktlyd og udvikling af

⁵ EEA Report no.21/2019 'Healthy environment, healthy lives: How the environment influences health and well-being in Europe'

grundmetrikker, der indgår i kvalificeret træning af AI-modellen. Et lyd hjul med beskrivende ord for produkt-, udstyr- og materialelyde vil blive udviklet, og på baggrund af dette kan data for lyd karakterisering af både design- og driftslyd genereres som input til AI-modellen.

Samarbejde med industrien, demonstrationscases og videnspredning vil være gennemgående aktiviteter under indsatsen. Fremdrift og årlige delmål er illustreret i figuren nedenfor:



Indledningsvis vil fokus være rettet mod at etablere arkitekturen og grundmodellen til AI-modelleringen. Her har FORCE Technology eksisterende domæneviden at bygge på, der vil blive tilpasset indsatsområdet. Samtidig vil den indledende fokus være på at få indsamlet og struktureret eksisterende viden om karakterisering af produktlyd og supplere med ny viden gennem inddragelse af repræsentanter fra industrien til workshops om behov og prioritering af ydelser. Arbejdet vil danne grundlaget for at styre træningen af AI-modellen, så den 'lytter' efter de domænerelevante karakteristika (fx kan skelne en blød fra en hård lyd, skurende fra glat lyd, osv.). Dette arbejde leder til et såkaldt Produktlydhjul, der er et kendt arbejdsredskab indenfor sensoriske bedømmelser (kaffehjul, vinhjul, m.v.). Når modellen kan lytte efter de primære karakteristika, er det herefter målet at etablere en sammenhæng til gene eller andre emotionelle responser (beroligende, aktiverende, ubehagelig, m.v.).

I starten af aktiviteten vil der også være fokus på at opbygge et bibliotek af lydkilder (fra fx industrimaskiner) fra 'drift-miljøer' som modellen sideløbende kan trænes i at genkende. Dette arbejde indebærer optagelser af lydkilder og etablering af 'footprints' og deres tolerancer bl.a. med brug af augmentering af originallydene (syntetiske data). På den måde sikres, at nært beslægtede lydkilder ikke forveksles med hinanden, og at lydkilder, der ændrer lyd karakter vil blive opdaget, så der kan

handles. Der kan være tale om at definere et antal 'godkendte' lydkilder i et miljø, og så snart andre lydkilder optræder, eller lydkilderne ikke længere identificeres som værende i drift, vil det blive notificeret. Herunder ligger også arbejde med at identificere og frasortere kendte uønskede lydkilder som fx naturlyde (fugle, bølger, vind, m.m.). Trouble shooting/fejlkludedetektering kan også potentielt indgå som et mål for træningen. Senere i indsatsen vil 'designlyde' blive trænet i AI-modellen med basis i de opbyggede karakteristika fra det etablerede Produktlydhjul. Det kan både være lyddesign af interaktion med materialer (tryk, drejelyde) og fra lydgivere, der afspiller en designet lyd (klik, bip, tale, m.m.).

Samlet for perioden vil indsatsområdet have følgende indikatorer for værdi og succes

- 20 samarbejdsrelationer. Indsatsområdet vil etablere og løbende udvide økosystemet med samarbejdsrelationer til danske og internationale videnmiljøer og organisationer.
- 8 mio. kr. FoU omsætning ansøgt. Indsatsområdet vil, for at styrke økosystemet og samarbejdsrelationerne, sikre en øget FoU-indsats igennem ansøgning af minimum fire FoU-projekter i partnerskaber omkring indsatsområdet. Budgettet angiver FORCE Technologys andel heraf.
- 650 aktive virksomhedsrelationer. Indsatsen vil, baseret på en samlet vidensspredningsplatform, have et højt ambitionsniveau for aktiv deltagelse fra erhvervslivet (fx følgegrupper, demonstrationsprojekter, deltagelse i arrangementer, klubber og netværk, webinarer m.m.). Dertil en omfattende øvrig vidensspredning (artikler, webtrafik, SoMe m.m.)

2. Relevans og potentiale

"AI er den nye revolution inden for lyd. Vi er allerede begyndt at se effekten af AI på billed- og tekstområdet, og har endnu til gode at opleve den på lyd", Augmented Hearing ApS, Bedreinnovation.dk. Artificial Intelligence (AI) er under hastig udvikling som et værktøj til at effektivisere processer og analysere komplekse og store datamængder fra fx sensorer som mikrofoner. Potentialerne for anvendelse af AI er høje. Det understreges bl.a. i regeringens digitaliseringsstrategi, hvor AI (sammen med digitale kompetencer og grøn omstilling) er udvalgt som tre strategiske prioriteter, der skal styrkes i de kommende år. Strategien peger på betydningen af, at Danmark går forrest med at udnytte de muligheder, der følger af kunstig intelligens og pointerer samtidig nødvendigheden af at skabe rammerne for en ansvarlig udvikling og anvendelse af teknologien⁶. Det gælder også for lydbranchen, hvor bl.a. AI er udpeget til at være den væsentligste megatrend i de kommende år for branchen⁷.

At kunstig intelligens er afgørende for udviklingen af danske virksomheders konkurrenceevne i fremtiden, fremhæves også af DI⁸. Analysen peger bl.a. på, at særligt SMV'er kommer til at halte efter de store virksomheder i brugen af AI, hvis de ikke formår at udnytte potentialerne. Som det fremhæves af B&O på Bedreinnovation.dk vil *"Specielt SMV'er med begrænset viden om AI have gavn af et center for lydopfattelse, da centrets udviklede modeller vil være umiddelbart tilgængelige. Den kompetence, der etableres i centret vil måske være af endnu større værdi, da udviklingen inden for AI sker med en hastighed, der kræver løbende opdatering af viden og modeller, hvis kundernes konkurrence evne skal vedligeholdes"*, Forskningsdirektør B&O, Bedreinnovation.dk

⁶ Regeringen 'Danmarks Digitaliseringsstrategi', nov. 2023

⁷ DSC og Teknologisk Institut 'Megatrends in the sound industry', 2024

⁸ DI analyse 'Kunstig Intelligens er afgørende for danske virksomheders konkurrenceevne i fremtiden', jun. 2023

Det at arbejde med AI kræver udvikling og træning af komplekse algoritmer og er tidskrævende og kostbart, og det kræver gode data, hardware og kompetencer, herunder domænekompetencer - i dette tilfælde indenfor akustik og signalbehandling. Komplexiteten eksemplificeres bl.a. af kommentar på Bedreinnovation.dk *"Traditionelle audiobehandlingsmetoder baserer sig oftest på lineær signalbehandling. AI-baserede metoder er ofte mere komplekse og kan indebære ulineære komponenter, hvilket udfordrer de basale antagelser, vi er vant til at arbejde med. Dette kræver fordybelse og investering i metodikkerne"*, Augmented Hearing ApS, Bedreinnovation.dk

For producenter uden egen lydkompetence, forener indsatsen et dybt domænekendskab indenfor lyd og gene, specialiserede testfaciliteter, udstyr og akustikkompetencer med viden om AI, materialer og de medier, som lyden bevæger sig i. Et udviklingsmiljø, der med afsæt i uvildighed kan understøtte udviklingen af nye intelligente akustiske løsninger. *"De ideer, der præsenteres her, kan hjælpe med evalueringen af de produkter, vi skaber i Danmark, og være et nyttigt værktøj til at bevæge udviklingen i den rigtige retning"*, Auricle, Bedreinnovation.dk.

Indsatsen har en bred målgruppe, herunder producenter af industrikomponenter (pumper, ventiler m.m.), byggematerialer og bygningskomponenter, medico- og farmaindustrien (produkter og produktionsmiljøer), infrastruktur og anlægsindustri (havne, energianlæg m.m.) samt hele forbrugerproduktsegmentet i forhold til produktlyd og designet lyd.⁹ Der vil være et særligt fokus på at skabe brobygning mellem det kreative SMV-segment af lyddesignere og industrielle designeres behov for målbare valideringer i forbindelse med de brancher, som de udvikler produkter og løsninger til. Værktøjer til kvantitativt at definere kravspecifikation og efterfølgende kunne dokumentere opnåede lyddesigns kan effektivisere udviklingsprocesserne og højne kvaliteten til gavn for konkurrenceevnen.

Behovet for test og validering af lyddesign fremhæves af bl.a. SMV'en Sonic Minds, der ser *".... en øget efterspørgsel efter udvikling af meningsfuldt lyddesign og UI-lyde til produkter som både styrker UX men også brandoplevelse. Forbrugerne bliver i dag omgivet af, og bombarderet med flere og flere produktlyde bestående af interaktionslyde og notifikationslyde.... Vi ser derfor et øget behov for test af lyddesign og funktionalitet til produkter og apps m.m., således at lyddesignet skaber intuitiv forståelse og samtidigt understøtter design, formsprog og æstetik."*, Sonic Minds ApS, Bedreinnovation.dk. At lyd hos forbrugerne får stigende betydning, fremgår bl.a. af en global undersøgelse med 7.000 respondenter, hvor topkvalitet når det gælder lydoplevelser er i fokus for lyttere og hvor 73% tilkendegiver, at lyd kvaliteten på deres enheder bliver bedre og bedre med hvert køb¹⁰.

Intelligent monitorering har målgrupper som havne, byggepladser, lufthavne, militæranlæg, produktionsmiljøer, byggeri/boligblokke m.m. hvor det i dag er tidskrævende at overvåge målinger for at sikre, hvad der måles på. Det er manuelt og tidskrævende at sikre, at der ikke er andre støjklender, der generer målingerne idet optagelser efterfølgende skal lyttes igennem. Dertil kommer at der, når det gælder miljøstøj, er et stort gab mellem geneoplevelsen og dokumentationsmuligheder i nuværende løsninger på markedet. I dag findes en række kommercielle løsninger til uovervågede målinger, men de er svære at træffe beslutninger på basis af (hvor kom støjen fra? Hvad er det, der giver gene?) Ved hjælp af AI vil vi kunne kildebestemme med præcision og forudsige helbredseffekter på de mennesker, der oplever støjen. Selve lydniveaumålingerne vil blive foretaget i samarbejde med

⁹ ATV 'Strategiske teknologier for Danmark', nov. 2023; IRISGroup 'Analyse af megatrends og deres betydning for danske SMV'er', feb. 2023; Danmarks Erhvervsfremmebestyrelse "Analyse af forsknings- og teknologiområder", maj 2023; Erhvervsministeriet "Life science industriens økonomiske fodaftryk", sep. 2023.

¹⁰ Qualcomm 'The State of Sound 2023 Report – a global analysis of audio consumer behaviour and desires', 2023

forskellige leverandører af tilgængelige kommercielle løsninger, og fokus i projektet vil være på at teste forskellige løsninger og træne AI-modeller i at bruge stadigt færre inputdata i forbindelse med støjovervågning og vurdering af gene. Det skal bidrage til at udvikling af teknologisk service, der kan løfte tilgængelige løsninger til et nyt niveau, hvor det bliver muligt at gå fra målinger til beslutningsdygtige værdier.

Kan dette gøres intelligent, vil der kunne kostoimeres og problematikker omkring privacy og GDPR undgås, da optagelser ikke gemmes med henblik på efterbehandling, men analyserne vil køre live. Værdien fremhæves bl.a. af Københavns Kommune, Teknik- og miljøforvaltningen, der årligt behandler *"...en hel del henvendelser fra borgere vedrørende støjgener fra restaurationer, udendørs servering, bygge- og anlægsaktiviteter og musikarrangementer/koncerter i det åbne rum udendørs. Der ses derfor et stort behov for udvikling af et intelligent støjsystem med integreret monitorering."* Billund lufthavn ser ligeledes potentialer i forhold til støjmonitoring... *"herunder udvikling af kildeidentifikation i form af et lydbibliotek [der] kan bidrage til og hjælpe med at identificere forskellige støjkilder"* (Bedreinnovation.dk). Og i forbindelse med produktionsmiljøer nævnes konkret relevans i forhold til fx *"måling af vibrationer og/eller lydspektre på gearsystemer og motorer samt tilhørende analyseværktøjer til overvågning af installerede produkter, enten kontinuert eller i forbindelse med vedligehold"* (Terma A/S, Bedreinnovation.dk). Utsigtede drifts-produktionsstop kan løbe op i flere hundrede tusinde kr. om dagen for virksomheder, og lydovervågning er særligt egnet til større produktionsområder, hvor mange komponenter kan overvåges samtidigt af få sensorer (mikrofoner). Potentialer og behov indenfor et nicheområde under infrastruktur som undervandsakustik er også nævnt.

Udover dialogen på Bedreinnovation.dk har FORCE Technology løbende dialog med branchen omkring behov og muligheder. Senest i forbindelse med lanceringen af DSC's rapport omkring megatrends i lydindustrien i juni 2024, hvor branchen var samlet omkring udfordringer og muligheder indenfor AI. Indsatsområdet fokus på produktlyd har været forelagt og drøftet med danske lydteknologiske virksomheder, der er blandt verdens førende med indsigt i både markedsforhold og forskning inden for lyd og AI, som har påpeget værdien af indsatsområdet for branchen.

3. Markedssvigt og konkurrencesituation

AI er i hastig vækst, og anvendelsesområderne er brede. At udvikle og træne AI-algoritmer er en kompleks, tidskrævende og bekostelig affære, der kræver data, hardware og kompetencer. Det er derfor også en spillebane for de store virksomheder¹¹. Pålideligheden af AI-modeller er samtidig stærkt varierende, og grundforudsætningen for at lykkes er særligt adgang til gode (og mange) data samt domænekendskab til de data, der skal modelleres med AI. Dertil kommer at AI-modeller typisk er meget lukkede i forhold til afgrænsninger og deres træningsdata, hvilket gør det risikofyldt for virksomheder at benytte modeller (asymmetrisk information). Skal der træffes beslutninger med store økonomiske konsekvenser, er det helt afgørende, at der er tillid til det output, som modellen leverer. Ved at være åbne om udviklingen af AI-modeller, skaber vi et transparent værktøj, der kan bidrage til at nedbringe de barrierer, der ofte er forbundet med at benytte AI modeller.

Indsatsområdet tager sit udgangspunkt i lydopfattelse, hvor FORCE Technology besidder en stor viden om effektiv dataindsamling og har eksisterende ydelser indenfor bl.a. lyttetest i et ikke-

¹¹ DSC & Teknologisk Institut 'Megatrends in the Sound Industry', 2024

konkurrencepræget marked. Indsamling af gode subjektive data kræver domæneviden og faciliteter (lytterum, udstyr m.v.) og det er en høj barriere rent investeringsmæssigt for private virksomheder at træde ind i, medmindre der er tale om de helt store producenter som fx B&O, GN, Demant m.fl., der anvender teknologien indenfor egne produktområder. Men også i forhold til sidstnævnte har det betydning af have adgang til uvildige ydelser. Baggrundsstøj er eksempelvis en af hovedårsagerne til problemer med taleopfattelse hos høreapparatbrugere og *"metoder til [at] karakterisere støj kilders produktlyd er derfor yders relevant for GN, og specielt nye virkelighedsnære metoder"* (GN Hearing, BI). Opbygningen af et lydhjul vil også *"kunne supportere træning af medarbejdere, så de hurtigere når et højere erfarings-niveau med et fælles præcist sprog."*, Grundfos, Bedreinnovation.dk

Services og værktøjer til kildeidentifikation samt karakterisering og evaluering af produktlyd og lyddesign er i dag et umodent marked i Danmark. Modellen, der bliver udviklet gennem aktiviteten, skal modnes i samarbejde med industrien, så den kan skabe positive eksternaliteter og anvendes af SMV'er til udvikling af egne unikke ydelser, der er funderet i kunstig høreelse. Samarbejde med producenter af udstyr til monitorering af støj, vil ligeledes indgå i udviklingen af serviceydelser.

Gennem etablering og inddragelse af en følgegruppe og dialog med virksomheder og myndigheder, vil vi løbende sikre markedsovervågning og evaluere, hvordan ydelserne opnår succes hos målgrupperne.

4. Videnspredning og inddragelse i indsatsområdet

Aktiviteterne under indsatsområdet vil blive gennemført i samarbejde med både virksomheder og universiteter. Lyd er et centralt og voksende nicheområde i Danmark med store og forgrenede potentialer indenfor en række forskellige applikationsområder. Samarbejde og videndeling har, og vil fremover også være, en central aktivitet i det danske lydmiljø og være med til at styrke, ikke bare lydindustrien, men også en lang række andre brancher og industrier (indsatsområdets målgrupper), hvor det at anvende intelligente lydmodeller kan tilføre værdi. Virksomheder vil blive inddraget i de demonstrationscases, der gennemføres i perioden, og der vil som noget nyt blive etableret et netværk målrettet de ofte mindre virksomheder, der arbejder indenfor lyddesign med henblik på videndeling og dialog med afsæt i deres specifikke behov.

En årlig formidlingsplan vil være omdrejningspunkt for årets formidlingsaktiviteter, der vil blive gennemført i samarbejde med bl.a. klyngerne Danish Sound Cluster (DSC) og Danish Life Science Cluster (DLSC). Videndeling indenfor domænespecifikke områder kan også give anledning til oplæg, og videndeling målrettet brancher som fx medicoindustrien, kosmetik- og hygiejnebranchen, legetøjsindustrien m.fl. (produktlyd), DI Produktion, maritim industri, rådgiverbranchen m.fl. (driftslyd). Formidlingsaktiviteter vil omfatte bl.a. arrangementer og temadage, audio-visuelle illustrationer, open lab-arrangementer med afsæt i egne og/eller samarbejdspartneres faciliteter m.v., og igennem samarbejde med universiteter skabes mulighed for studenterprojekter.

Der nedsættes en følgegruppe med repræsentanter indenfor industristøj, produktlyddesign og uddannelsesinstitutioner, der vil blive inddraget i prioritering og drøftelse af aktiviteter under indsatsen. Der lægges op til samarbejde omkring demonstratorprojekter for at sikre relevansen af de ydelser, der udvikles og drøftelser omkring prismodeller af de AI-baserede ydelser.

Følgegruppen har ved indsatsens start følgende sammensætning

· Grundfos, Christian Claumarch, Sound & Vibration Engineer · WS Audiology Denmark, Morten Løve Jepsen · Sonic Minds, Karsten Kjems · Billund Lufthavn, Mette B. Askholm	· SDU, Inst. of Mechanical and Electrical Engineering · Vejdirektoratet, Oliver Niebuhr · AAU, Inst. for Elektroniske Systemer, Flemming Christensen · Dewesoft, Søren Linnet Gjelstrup · Københavns Kommune, Carsten Rosenørn-Due	· Vejplan og Miljø, Kristine Hillig, Civilingeniør · AAU, Inst. For Elektroniske Systemer, Jesper Rindom Jensen · B&O, Søren Bech, Director Research
--	--	--

5. Nyhedsværdi og ambitionsniveau

Danmark er anerkendt på verdensplan indenfor lyd- og akustikkompetencer. Vi har stærke globale spillere indenfor brancher som medical devices (fx Demant, WSA, GN, Radiometer og Ambu), materialer (fx Rockwool og Coloplast) og industrikomponenter (fx Danfoss og Grundfos), hvor lyd indgår som et væsentligt parameter i specifikation af produktets virkemåde eller kvalitet. Udvikling og dokumentation af de akustiske egenskaber foregår typisk via laboratoriemålinger eller ved ekspertlytning. Førstnævnte forudsætter typisk større investeringer i testfaciliteter (akustiske målerum og måleudstyr), mens ekspertlytning forudsætter domænekendskab og ekspertise opbygget over en årrække, hvilket kræver adgang til specialiseret arbejdskraft, der kan være svær at finde.

Indsatsområdet har til formål at udvikle services, der kombinerer fordelene fra begge verdener gennem brug af AI. Laboratoriemålinger er typisk tidskrævende men robuste over tid, mens ekspertlytning er hurtig, men forbundet med risiko for personlige variationer i lydbedømmelser og vanskeligt at overføre til andre (skalere). *”Vi har IKKE den samme subjektive mening om god eller foretrukket lyd kvalitet. Avancerede metoder, såsom AI, rummer potentiale til at modellere denne variabilitet i sammenhæng med andre omstændigheder, såsom demografi, miljø og korrelation til andre sanseopfattelser”*, WS Audiology, oversat fra Bedreinnovation.dk

Indsatsområdet arbejder på forkant af et marked, hvor anvendelse af AI som generisk teknologi er i rivende udvikling men hvor adgang til data, domænekendskab og koblingen til den menneskelige lydopfattelse har helt afgørende betydning for udvikling af pålidelige analytiske og prædiktive AI-modeller. Produktlyd er et særligt nicheområde, og førende danske lydteknologiske virksomheder har tilkendegivet, at FORCE Technology med indsatsområdet vil kunne understøtte en udvikling og levere løsninger til danske virksomheder, som de i dag ikke har adgang til internationalt. Indenfor produktlyd, hvor branchen i Danmark er domineret af SMV’er, er de økonomiske, ressource- og kompetencemæssige barrierer for udvikling af AI-baserede løsninger markante.

Ydelserne i denne aktivitet vil basere sig på en model af hørelsen opbygget som egenfinansieret aktivitet, der kan trænes i at screene lyde i forhold til relevante lydkomponenter/karakteristika og give retvisende pejlinger i løbet af udviklingsforløbet. Det kan reducere behovet for at lave unødvendige laboratoriemålinger, hvis modellen finder problematiske afvigelser i screeningfasen, hvis et mere robust datagrundlag fra AI-modellen understøtter/bekræfter ekspertlytterens vurdering eller kan gennemføres helt uden den medarbejderressource (fx maskinrum, hygiejnisk kritiske produktionsmiljøer, monitorering af kritisk infrastruktur). I forhold til støjmonitorering vil AI-modellen bane vejen for ydelser, hvor måling af de nuværende støjniveauer fra fx lufthavne, byggepladser og

trafik erstattes af genebaserede beregninger, hvor de psykoakustiske aspekter af hvad der er behagelig og ubehagelig lyd kan indgå.

Brug af AI og machine learning er, på trods af en voldsom acceleration i tilgængelighed, stadig et værktøj, der skal mestres for at skabe værdi. Udfordringen med brug af AI er, at det kræver dygtige faglige kompetencer indenfor både programmering, data science og faglig domæneviden indenfor det felt, som AI-modellen skal virke i for at lykkes¹². Der er risiko for upålidelige modeller, hvis kompetencerne og datagrundlaget ikke er tunge nok. Derfor vil en del af indsatsens fokus også være på at sikre indsamling af pålidelige data til den indledende træning af grundmodellen. Herefter validering af modellen gennem afprøvninger med målgruppen og på sigt etablering af en kontinuerlig dataindsamling fra de services, der baserer sig på at bruge modellen til analyser.

FORCE Technology har opbygget viden og erfaring med en AI-model indenfor estimering af lyd kvalitet (musik) gennem egenfinansieret udvikling, og denne erfaring vil sikre, at de første ydelser indenfor simple frekvens-domæne identificeringer af driftlyd allerede kan være klar i løbet af de første to år af aktiviteten. Grundtræningen vil basere sig på opbygningen af et struktureret lydhjul for, hvordan produktlyd karakteriseres med udgangspunkt i menneskets hørelse og relevans for senere i projektet at kunne agere input til estimering af støjgene.

6. Kobling til forsknings- innovations- og erhvervsfremmesystemerne

I Danmark er der tradition for et stærkt økosystem indenfor akustik og lyd. Det er sikret gennem internationalt anerkendte uddannelser indenfor Akustik og lyddesign. Aktiviteten vil sikre, at den nyeste viden fra universiteter inddrages og videreudvikles under indsatsområdet og i projekter, så virksomheder kan få gavn af let tilgængelige digitale ydelser og services.

- SDU, Institut for Mekanik og Elektronik har unikke kompetencer indenfor vibrations- og luftbåren støjmåling samt psykoakustik og har stærke forbindelser til både danske og tyske industripartnere. Samarbejde omkring studieprojekter, der understøtter udvikling af relevante psykoakustiske metrikker er oplagt.
- AAU, Department of Architecture, Design and Media Technology er internationalt kendt for deres forskning indenfor interaktionsdesign, hvori lydforskning indgår. Samarbejde omkring studieprojekter er ligeledes oplagt.
- SoundHub Denmark er et innovationsmiljø for især SMV'er, der har lyd som en del af deres produkt. FORCE Technology har et formaliseret samarbejde med SoundHub Denmark, hvor bl.a. SMV'er vil kunne inddrages i afprøvning af værktøjer med henblik på innovative løsninger indenfor produktlydmåling og lyddesign.
- Sonic College uddanner lyddesignere i Danmark og er derfor en interessant samarbejdspartner i forhold til videndeling om produktlyd og evalueringsmetoder.

De kommende klynger, herunder særligt:

- Danish Life Science Cluster (DLSC), der har et stort netværk af virksomheder i Danmark med produktionsmiljøer. Demonstratorprojekter med akustisk overvågning vil være et væsentligt omdrejningspunkt for samarbejdet.
- Danish Sound Cluster (DSC) favner et bredt netværk af virksomheder i Danmark, der arbejder med lyd. Medlemmerne spænder fra veletablerede producenter af medicinsk udstyr, til

¹² Marcus Bengtsson, Robert Pettersson, San Giliyana, Antti Salonen 'The Importance of Using Domain Knowledge When Designing and Implementing Data-Driven Decision Models for Maintenance: Insights from Industrial Cases', International Congress and Workshop on Industrial AI and eMaintenance 2023

enkeltmandsvirksomheder indenfor lyddesign. Her vil bl.a. videnformidlingsaktiviteter og demonstratorprojekter med virksomheder indenfor designevalueringer af produktlyd være omdrejningspunkt for samarbejde.

Samarbejde med internationale videnmiljøer som fx Delft University of Technology, Holland vil også blive prioriteret, hvor der er aktiviteter indenfor forskning i product sound designs.

7. Sammenhæng med instituttets strategi og afsæt i instituttets ressourcer

FORCE Technologys strategi placerer digitale teknologier og data centralt i de måletekniske områder, og akustik- og lydområdet er centralt for vores indsats for grøn og digital omstilling, herunder de definerede markedsstrategier for life science og infrastruktur. Domæneviden indenfor lyd er forankret hos FORCE Technology gennem årtier og understøttet af, at vi er Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Akustik. Indsatsområdet har betydning for en række af FORCE Technologys udviklings- og forretningsområder samt strategiske indsatser. Det gælder fx ift. udviklingen af mere bæredygtige produkter, hvor lyden af materialer i forbindelse med fx introduktion af mere bæredygtige alternativer kan have stor betydning for den oplevede kvalitet. Akustisk monitorering af driftslyd er et nyt udviklingsområde med relevans for bl.a. life science-industrien. Der er koblinger til indsatsen 'Smart og bæredygtig produktion - modstandsdygtighed og konkurrenceevne', hvor der også arbejdes med AI men baseret på andre teknologier og typer af data. Endelig kan nævnes infrastruktur, hvor det at kunne monitorere kritisk infrastruktur, både over og under vand baseret på kildeidentifikation med AI, er et spændende nyt udviklingsområde, der understøtter FORCE Technologys strategi indenfor intelligent vedligehold og har tematisk kobling til indsatsområdet 'Vejen til smart, sikker og bæredygtig infrastruktur'.

8. Konkrete aktiviteter i år 1

Indsatsområdet opstartes med følgende aktiviteter, der påbegyndes i år 1

- Opstart af følgegruppe og planlagte samarbejdsrelationer.
- Videnhjemtagning med henblik på kategorisering af psykoakustisk relevante lydkomponenter indenfor drift- og designlyd og metoder til måling af materialeegenskaber.
- Behovsanalyse og prioritering af indsatser gennem dialog med følgegruppe og gennemførelse af 2 workshops.
- Udvikling af Produktlydhjul til karakterisering af drift- og design-lyde.
- AI-core arkitektur implementeret og basis-træning opstartet.
- Attributter til Produktlydhjul med karakteristika af lyd fra fysiske/mekaniske systemer.
- Metoder afprøvet til afdækning af materialeegenskaber.
- Træning af model i genkendelse og frasortering af uønskede lyde.
- Udarbejdelse årlig formidlingsplan og gennemførelse af planlagte aktiviteter, herunder årlig konference (SenseCamp) med op til 60 deltagere og 2-3 konference papers inkl. præsentation.