

WHITEPAPER

Standardisering for lyd, lydopfattelse og akustik

Af Per Thåstrup Jensen, Senior Technology Specialist, FORCE Technology



Indhold

| | | |
|----|--|----|
| 1 | Forord | 3 |
| 2 | Resumé | 3 |
| 3 | Standardiseringsaktiviteter for lyd..... | 4 |
| 4 | Interessenter, myndigheder og standardiseringsparter | 6 |
| 5 | Akustisk støj | 8 |
| 6 | Bygningsakustik | 11 |
| 7 | Høreapparater og hørehjælpemidler | 12 |
| 8 | Lydopfattelse, SenseLab..... | 15 |
| 9 | Vidensfora | 19 |
| 10 | FORCE Technology participation in standardisation | 20 |

1 Forord

Denne rapport er udarbejdet som del af resultatkontrakten "Værdi igennem standarder og måleteknisk infrastruktur". Projektet støtter deltagelse i standardiseringsaktiviteter på en lang række af FORCE Technologys faglige områder, og dækker discipliner som eksempelvis lyd, akustisk støj, elektrisk test og godkendelse, svejseprocesser, kvalitet af vand og luft, 3D print, cybersecurity og kvalitetsstyring.

Denne rapport fokuserer på den aktuelle tilstand i standardiseringen af lydopfattelse, elektroakustik, bygningsakustik og akustisk støj.

Projektet er støttet af Uddannelses- og Forskningsstyrelsen under Uddannelses- og Forskningsministeriet.

→ bedreinnovation.dk/indsatsomrader/vaerdi-igennem-standarder-og-maleteknisk-infrastruktur/

2 Resumé

Fagområdet er "lyd", men er i berøring med rigtig mange aspekter af fænomenet, og vekselvirker med mange interessenter.

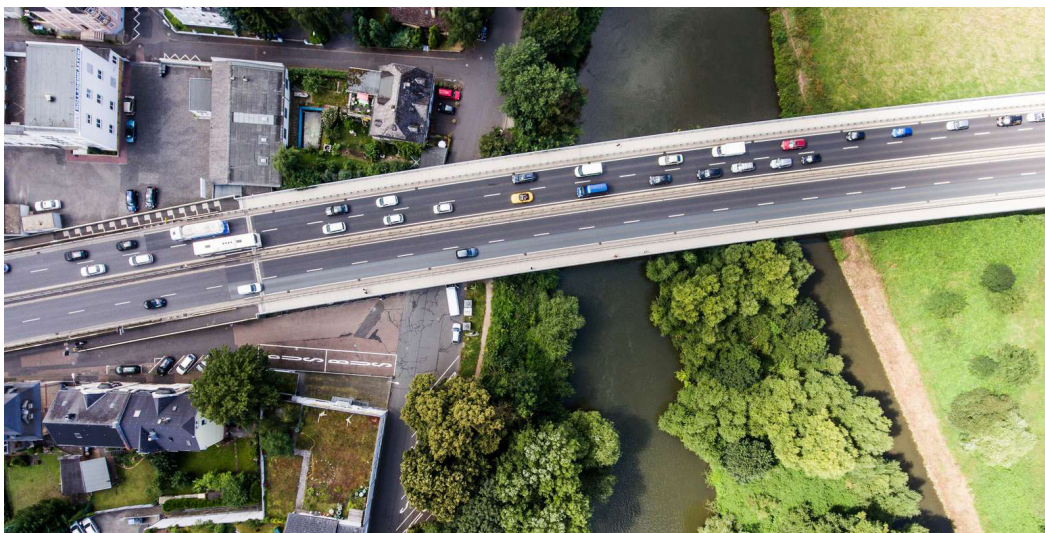
Der er berøring med opfattelse af lyd i form af både positiv oplevelse af lyd (høreomsorg, akustisk regulering af fx byggeri og optimering af lyd codecs til elektronisk transmission) og der er opfattelsen af lyd i form af uønsket støj fra fx industriinstallationer, vindmøller og transportveje.

Kontaktflader og interessenter for lydområdet er omfattende, og spænder fra myndigheder, styrelser og offentlige institutioner over store industrivirksomheder i Danmark og udlandet til laboratoriedrift og international standardisering af målemetoder og anvendelse af software.

FORCE Technology er akkrediteret til at udføre akustisk prøvning. Metodelisten omfatter 275 aktive standarder, der benyttes i det tekniske arbejde.

Standarderne er med i alle områderne, og er ofte det faste holdepunkt, der binder den enkelte støj- eller lydmåling fast til internationale normer og sporbarhed. Det gør det muligt at reproducere måleresultater i sammenligning med testlaboratorier verden over. Deltagelse i standardisering giver derudover en bred kontaktflade og sikrer, at dansk industri har tilgang til og medindflydelse på internationalt anerkendt viden på det akustiske område.

3 Standardiseringsaktiviteter for lyd



3.1 Standarders anvendelse

Lyd, støj, akustik og lydopfattelse er eksempler på menneskets interaktion med hørbare signaler båret gennem luften, og som oftest opfattet med menneskets høresans. Afhængig af konteksten opfattes et signal måske som lyd eller akustisk kommunikation – eller som uønsket støj, der kunne undværes.

Hvad angår den akustisk dæmpende virkning af fx døre, vinduer eller vægge, så kan de karakteriseres, uden at det menneskelige øre anvendes ved evalueringen. Målinger og resultater er fortsat tæt relateret til den måde, mennesket opfatter lyd eller støj på.

Målinger og standarder kommer også ind i billedet når lyd i form af tale overføres elektronisk via trådløs radiotransmission. Transmission og kodning bliver til stadighed udviklet til fordel for endnu mere effektive algoritmer, der kan spare båndbredde og sendeeffekt, eller som psykoakustisk giver den bedste oplevelse af den samlede og kodede lyd efter transmissionen.

I alle tilfælde udvikles hele tiden nye standarder, der benyttes til at udbrede en fælles opfattelse og forståelse af lyden og dens egenskaber. Karakteriseringen af lyd behandles i internationale standardiseringsfora, og stærke industrielle spillere arbejder både indenfor disse organisationer samt i industriorganisationer, der konstant tilpasser fokus til nye teknologier eller tekniske mål for brug af lyd og lydsignaler.

På den regulatoriske side anvender myndigheder og akkrediteringsorganisationer standarder til at formulere og fastholde krav til testlaboratorier verden over, så test kan udføres globalt og med god overensstemmelse mellem landenes laboratorier. Det er vigtigt for at kunne understøtte nationale love, direktiver eller internationalt anerkendte krav.

Dette dokument beskriver de forskellige aspekter af lyd og lydopfattelse og disse parametres møde med krav, standarder og industriinteresser.

3.2 Udvalgte trends

Det fremgår af denne rapport, at der er rigtig mange tekniske aspekter af måling, digitalisering og transmission/lagring af digitale lydsignaler. Det er ikke nødvendigvis de tekniske fremskridt, der har den største indflydelse på anvendelsen af standarder og lyd. Fx er måling af vindmøllestøj ikke ekstremt teknisk krævende, men standardiseringsarbejdets interaktion med nationale og globale retningslinjer og lovkrav til vindmøller har stor indflydelse på mulighederne for grøn omstilling og udbredelse af vindenergi. Her har standarderne en stor opgave at løse med understøttelse af målemetoder og grænseværdier, der kan accepteres og anvendes som lovgrundlag for støj fra vindmølleparker. I det globale marked for vedvarende energi er internationalt anerkendte standarder afgørende.

De teknisk mest "avancerede" trends fokuserer på radiotransmission af lydsignaler, fx til anvendelse i personlige høre-hjælpemidler. Her transmitteres lyd som radiosignaler mellem høreapparater/hovedtelefoner i ørerne og måske andre enheder, der bæres på kroppen. Igen er standarderne essentielle, men ikke blot hvad angår den digitaliserede lyd. Aspekter som strømforbrug, radio-rækkevidde, brug af båndbredde i radiospektret, globale muligheder for radiogodkendelse og endelig oplevet lyd kvalitet har alle stor betydning for udviklingen af de bedst mulige audioprodukter. Med standarderne på plads vil specialiserede varianter af fx Bluetooth Low Energy (BLE) kunne erstatte "analoge broadcast-tjenester", som fx teleslynges, på offentlige steder.

En anden fremtrædende trend er, at produkterne bliver mere komplekse og fleksible, så alene funktionstest bliver mere kompliceret. Dels er alle de nye funktioner måske ikke understøttet af standarder endnu, dels optræder der så mange funktionaliteter, at test ikke kan udføres med testobjektet i hver eneste mulig mode. Samtidig bliver flere modes adaptive, så de tilpasser sig det lyttemønster, som brugeren befinder sig i. Endelig arbejdes der indenfor høreomsorgen mere med "bone conduction", hvor lyd ikke kun sendes videre til trommehinden i øret, men i stedet sendes til knoglestrukturer i det indre øre. Denne teknik anvendes i dag og behøver yderligere understøttelse fra teststandarder.

Standarderne forsøges tilpasset til at håndtere og kvantificere ny funktionalitet, så der stadig kan udføres retvisende test af fx indflydelse fra elektriske forstyrrelser fra brugsmiljøet. Der er dog en meget lang behandlingstid (for visse områder op mod 10 år) ved udvikling af standarder. Det betyder ofte, at helt nye tekniske trends først inddrages i standarder, når (og hvis) de manifesterer sig som "industristandarder". Det hænger sammen med, at der skal præsenteres evidens for, at de nye metoder vil give brugbare resultater, og denne "hønen-ægget-problemstilling" kan betyde, at nye testmetoder og principper enten kommer meget sent ind i standarder eller måske blokeres helt, fordi de allerede er ved at blive fortrængt af endnu nyere metoder og teknologier. Patenterede eller IP (Intellectual Property)-belagte metoder kan og må ikke inkluderes i standarder, da de giver enkeltproducenter af testudstyr en urimelig teknisk fordel på markedet. Dette er blevet indskærpet i fx IEC og CENELEC, hvor hvert standardiseringsmøde i dag skal begynde med en deklaration af, om nogen har tænkt sig at gøre IP gældende for inputs, de medbringer til mødet.

Organisationen 3GPP forventes at begynde specifikationsarbejde med helt nye codecs indenfor de kommende 1-2 år. Nye codecs vil behøve nye og opgraderede testkapabiliteter på både elektriske test og lyttetest.

→ [3GPPs work plan kan findes her: www.3gpp.org/ftp/Information/WORK_PLAN/](http://www.3gpp.org/ftp/Information/WORK_PLAN/)

Også organisationen MPEG forventes at videreudvikle codecs indenfor de kommende 1-3 år.

→ [Link til MPEG work programme: www.mpegstandards.org/](http://www.mpegstandards.org/)

Kunstig intelligens (AI) forventes at blive en større del af både udviklingen og testarbejdet med fremtidige kommunikationsprodukter. De bliver meget mere komplekse i funktion, formentlig mere og mere adaptive overfor brugsmønstret og dermed også voldsomt komplekse at teste. Her forventes AI at kunne bidrage med værktøjer til at kunne overskue, udvælge og teste relevant funktionalitet.

4 Interessenter, myndigheder og standardiseringsparter

4.1 Organisationer og forkortelser

| | |
|---------|---|
| IEC | International Electrotechnical Commission |
| IECEE | IEC System of Conformity Assessment Schemes for Electrotechnical Equipment and Components |
| IECRE | IEC System for Certification to Standards Relating to Equipment for Use in Renewable Energy Applications |
| MPEG | En arbejdsgruppe under IEC. Organisationen arbejder under ISO/IEC som joint komité/arbejdsgruppe JTC1 under IEC SC29. www.mpegstandards.org/structure/ |
| ITU | International Telecommunication Union, som hører under FN (UN) (ITU-T, Telecommunication Standardization Sector) (ITU-R, Radiocommunication Sector) (ITU-D, Telecommunication Development Sector) |
| 3GPP | International industrisammenslutning af organisationerne ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TSDSI, TTA, TTC der har som opgave at vedligeholde 3G cellulær kommunikation (især trådløs, men også trådet kommunikation). www.3gpp.org/about-3gpp/partners |
| ISO | International Organization for Standardization |
| ANSI | American National Standards Institute |
| ASTM | Oprindelig American Society for Testing and Materials, nu bare ASTM |
| EA | European Accreditation |
| ILAC | International Laboratory Accreditation Cooperation |
| EHIMA | European Hearing Instrument Manufacturers Association |
| 3GPP | 3rd Generation Partnership Project. Samarbejdsprojekt om telekommunikationsprotokoller så som 3G, 4G, GSM, GPRS, EDGE, UMTS, LTE, 5G. (ETSI (Europa og resten af verden), ATIS (USA), ARIB and TTC (Japan), TTA (Sydkorea), CCSA (Kina) og TSDSI (Indien)) |
| CEN | European Committee for Standardization |
| CENELEC | European Committee for Electrotechnical Standardization |
| ETSI | European Telecommunications Standards Institute |
| DS | Dansk Standard |
| DANAK | Den danske akkrediteringsfond |
| MST | Miljøstyrelsen |
| SIK | Sikkerhedsstyrelsen |
| SST | Sundhedsstyrelsen |
| LMST | Lægemiddelstyrelsen |
| TBST | Trafik & Boligstyrelsen |
| DHI | Deutsche Hörgeräte Institut |

4.2 Interessenter

Aktiviteter relateret til teknisk standardisering for lyd, lydmåling og akustik har for FORCE Technology berøring med ikke blot kommercielle industrikunder, men også kommuner og styrelser (se Myndigheder nedenfor).

Især støj fra vindmøller og trafikstøj fylder meget i aktiviteterne, men også maskinstøj og støj fra virksomheder og køretøjer har stort omfang.

Danske virksomheder er verdensledende hvad angår høreapparater, og de danske producenter har en stor og betydningsfuld rolle i den internationale standardisering. Også den internationale interesseorganisation EHIMA indgår i kredsen af interessenter på det akustiske område.

Standarder bringes i spil som grundlaget for både målinger og uddannelsesgrundlag for personcertificering af akustikere, der udfører "miljømåling" i form af målinger af ekstern støj og trafikstøj på opdrag fra kommuner eller myndigheder.

Dansk akkreditering (DANAK) er central som ansvarlig for akkreditering 100 (Acoustics, noise and vibrations).

4.3 Myndigheder

FORCE Technology samarbejder med og opererer under følgende danske myndigheder og styrelser indenfor det akustiske område:

- Sikkerhedsstyrelsen
- Miljøstyrelsen
- Trafikstyrelsen
- Lægemiddelstyrelsen
- Sundhedsstyrelsen
- Uddannelses- og Forskningsstyrelsen

4.4 Standardiseringsparter

Dansk Standard er det centrale kontaktpunkt for den tekniske standardisering via ISO, IEC, CEN og CENELEC. Organisationen ITU har danske styrelser og ministerier som medlemmer (SDFI - Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur) samt Energistyrelsen (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet)

Standarderne fra de nævnte organisationer samt fra amerikanske ANSI kan naturligvis købes og benyttes uafhængigt af medlemskab af organisationerne. I så fald opnås ingen indflydelse på det tekniske indhold, og det kan være sværere at få indsigt i fortolkninger og begrebshåndtering i standardernes indhold.

5 Akustisk støj



5.1 Støjmålinger og genevirkning

Målinger af akustisk støj er en meget stor aktivitet indenfor det akustiske område. Målingerne må oftest foretages på stedet, hvor støjilden findes, og under de omstændigheder, der er til stede. Målinger af trafikstøj fra veje eller jernbaner, måling af støj fra vindmøller og fra kraftværker eller industrianlæg kan ofte kun udføres nær disse anlæg. Måleudstyret skal være egnet til at måle under alle vejrforhold, og det personale, der udfører målinger, skal være uddannet til at kunne vurdere og minimere den uundgåelige forstyrrende indflydelse fra omgivelser, vind og vejr.

Standardiseringsorganisationerne IEC og ISO har udgivet standarder for instrumentering, målemetoder og prøvning på det akustiske område. Lignende standarder udgives af CEN/CENELEC, ANSI eller nationale myndigheder i lande udenfor Europa.

Brug af de internationale standarder er afgørende for virksomheder, der arbejder mod det globale marked (fx vindmølleindustrien), mens nationale bestemmelser (fra fx kommuner eller fra Miljøstyrelsen) er relevante for aktiviteter, der kun foregår indenfor Danmarks grænser.

Måling af støjens genevirkning ved socioakustiske undersøgelser udføres efter en international standard. FORCE har deltaget i opdatering af standarden og udført projekter med måling af genevirkningen af vejtrafikstøj med blandt andre Vejdirektoratet.

Lydvandringer er en yderligere metode til bedømmelse af støj. En standard for dette er undervejs og FORCE har foretaget lydvandringer i forbindelse med flere projekter for kommuner og Vejdirektoratet.

Skønt de tekniske målemetoder i det store hele er ens (de stammer fra samme internationale standarder), så arbejder FORCE Technology ofte op mod enten rent danske krav, mod andre nationale krav eller mod en blanding af kravene med sigte på at ramme "så globalt som muligt" med dokumentationen for målinger.

5.2 Støj fra vindmøller og forskning

Måling af akustisk støj fra vindmøller er en afgørende parameter for kvalifikation og godkendelse af møllen eller den vindmøllepark, den indgår i. Mulige støjgener for nærtliggende beboelse i omgivelserne er en af de mest betydningsfulde parametre for mølleparkens drift, og støjbilledet skal på forhånd vurderes med en undersøgelse af de mulige påvirkninger der kan ske af omgivelsernes støjmiljø (såkaldt VVM-undersøgelse).

Efterfølgende måles støjen efter standarden IEC 61400-11, der internationalt benyttes som testgrundlag for måling på vindmøller. Både DANAK-akkreditering og Referencelaboratorium er i spil ved disse målinger, der udføres ved nøje beskrevne driftsforhold (vindhastigheder). Derudover er det væsentligt, at testpersonalet har erfaring med at måle "i marken". Dette er væsentligt, da der arbejdes under de tilgængelige praktiske forhold på målestedet, herunder under indflydelse fra vind, vejr samt muligvis maskiner, trafik og andre forhold på målestedet.

FORCE Technology deltager i forskningsprojektet DecoWind, der forsker i opnåelse af størst mulig produceret effekt fra en vindmølle indenfor de eksisterende støjgrænser for møllerne.

→ [Link vedr. DecoWind: forcetechnology.com/da/innovation/projekter/decowind-smart-regulering-vindmoellestoej-vindenergi](https://forcetechnology.com/da/innovation/projekter/decowind-smart-regulering-vindmoellestoej-vindenergi)

5.3 Maskinakustik

Der er udviklet standarder for, hvordan støj fra en maskine skal måles. Hvis maskinen ikke er meget stor, så kan støjen måles i et laboratorium, hvor omgivelserne kan styres bedst muligt. Standarderne dækker imidlertid også, hvordan man bedst opmåler og karakteriserer en støjkilde på maskinens opstillingssted. Målingerne kan omfatte både akustisk støj og vibrationsmålinger, hvoraf de sidste udføres med accelerometre, der monteres på maskinen eller dens omgivelser.

Det testudstyr, der benyttes til målinger, er i store træk identisk med det, der anvendes til at måle ekstern støj.

5.4 Digitalt simuleringsværktøj for lydudbredelse

I forbindelse med VVM-undersøgelser skal støjforholdene analyseres, allerede inden der er taget et eneste spadestik til byggeri. Det betyder, at data for kendte lignende støjkilder må benyttes som input til en støjmodel, der udover støjklidens data kan tilpasses med data fra topografiske forhold på opstillingsstedet.

FORCE Technology benytter modellen Nord2000, der på baggrund af modeller for støjkilde, terræforhold og vind kan udføre detaljerede beregninger af støjbelastning. Modellen er udviklet i et nordisk samarbejde mellem Danmark, Sverige og Finland frem til år 2001.

Modellen benyttes både ved vindmøllestøj, trafikstøj og støj fra andre større installationer.

For trafikstøj giver modellen generelt mere nøjagtige resultater end målinger, da der er store variationer i støjklidernes styrke støjens udbredelse. Dette gælder specielt for størrelsen Lden, som er årsmiddelværdien af støjniveauet under hensyntagen til meteorologiske variationer, som benyttes til at karakterisere trafikstøj.

→ [Link til info om Nord2000: forcetechnology.com/da/innovation/afsluttede-projekter/nord2000-stoejberegningsmetode-auralisering](https://forcetechnology.com/da/innovation/afsluttede-projekter/nord2000-stoejberegningsmetode-auralisering)

5.5 Auralisering som værktøj

Talmæssig karakterisering af støj baseret på beregninger og simuleringer kan være vanskelig at forholde sig til for ikke-fagfolk. FORCE Technology anvender en metode, der er udviklet til, at fx beboere og beslutningstagere kan få illustreret, hvordan støjniveauet vil være i en ikke-eksisterende situation. Det foregår ved simpelthen at høre og opleve en simuleret gengivelse af støjen på den påtænkte position. Beregninger af støjen og den udbredelse som ligger til grund for de auraliserede lyde udføres med NORD2000. Den simulerede støj kan høres på hovedtelefoner eller over højttalere.

→ [Link til info om auralisering: forcetechnology.com/da/artikler/auralisering-trafikstoej](https://forcetechnology.com/da/artikler/auralisering-trafikstoej)

5.6 Miljøstyrelsens referencelaboratorium

FORCE Technology har siden 1977 håndteret denne aktivitet, der opererer under Miljøstyrelsen, men er betjent af specialister fra FORCE Technology. Laboratoriefaciliteten har til opgave at være den højeste måletekniske sagkundskab indenfor akustisk måling, og udgiver orienteringer om måletekniske emner samt ændringer i retningslinjer.

Standarder for laboratorieaktivitet, måleudstyr og måleprocedurer udgør sammen med Miljøstyrelsens bekendtgørelser grundlaget for referencelaboratoriets aktiviteter.

Laboratoriet godkender derudover virksomheder, der kan udføre miljøvurderinger/VVM, ligesom det er ansvarligt for, at der afholdes sammenlignende støjmålinger.

→ [Referencelaboratoriet har sin egen hjemmeside: www.referencelaboratoriet.dk](http://www.referencelaboratoriet.dk)

5.7 Personcertificering af testpersonale

Enkeltpersoner kan som specialister i akustiske målinger blive certificeret til at udføre støjmålinger i felten (on-site målinger) af samme type som FORCE Technology selv udfører. Certificeringsordningen er akkrediteret af DANAK (akkrediteringsnummer 3003) i henhold til ISO 17024. FORCE Technology udfører uddannelsen af specialisterne, og ved godkendelse fungerer certifikatet i op til 3 år ad gangen.

Der kan personcertificeres i henhold til "Bekendtgørelse nr. 2362 af 26/11/2021" ("Analysekvalitetsbekendtgørelsen") og i henhold til udførelse af "Miljømåling - ekstern støj"/"Miljømåling - trafikstøj" inden for ekstern industristøj, trafikstøj (vej & jernbane), eksterne vibrationer samt kildestyrke af håndvåben. Sidstnævnte er måling fra skydevåben, hvor støjen fra skud er underlagt begrænsninger.

→ [Retningslinje RL20/96: Kvalitetskrav til "Miljømåling - ekstern støj"/"Miljømåling - trafikstøj" kan downloades på www.referencelaboratoriet.dk.](http://www.referencelaboratoriet.dk)

5.8 Forskning, DecoWind

Projektet gennemføres af et konsortium bestående af DTU Vindenergi, Siemens-Gamesa Renewable Energy, EMD International og FORCE Technology. Formålet er at udvikle et nyt værktøj til smart regulering af vindmøllestøj. Hovedspørgsmålet, som DecoWind skal komme med et svar på, er, hvordan man kan øge den årlige energiproduktion uden at øge støjen fra møllerne.

→ [Link til info: forcetechnology.com/da/innovation/projekter/decowind-smart-regulering-vindmoel-lestoej-vindenergi](https://forcetechnology.com/da/innovation/projekter/decowind-smart-regulering-vindmoel-lestoej-vindenergi)

6 Bygningsakustik



6.1 Laboratorieaktiviteter

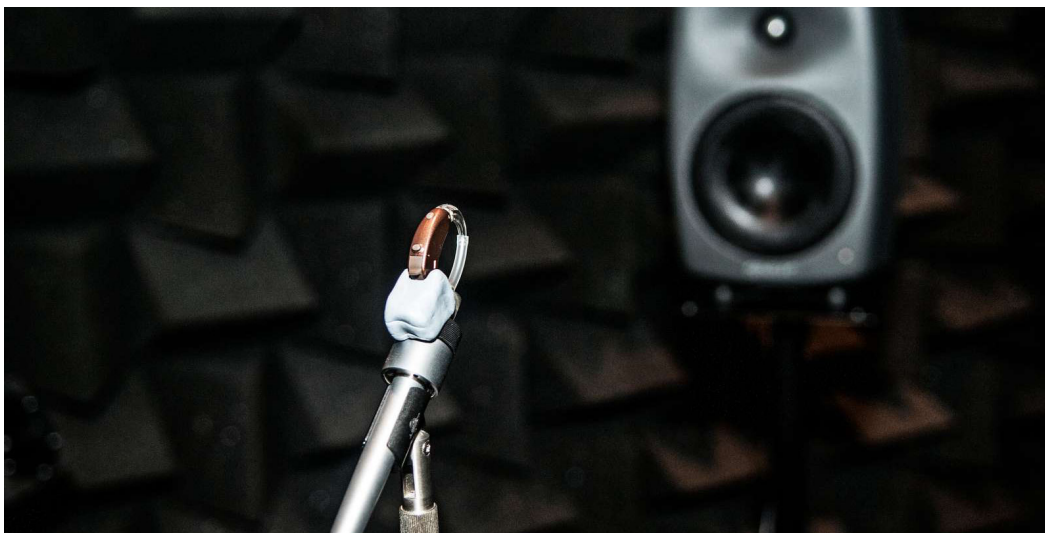
En særlig variant af de akustiske målinger er de bygningsakustiske test, der udføres på fx vinduer, døre, gulve og bygningsselementer.

Denne type målinger benytter standardiserede påvirkninger med lyd eller mekanisk påvirkning (fx på den ene side af en væg eller et vindue) og samtidig måling af det transmitterede lydtryk på den anden side af vinduet eller væggen. For at undgå indflydelse fra omgivelserne, og for at lyden ikke blot transmitteres "rundt om" siderne på et vindue, så indbygges vinduet i en større betonvæg, der er forberedt til formålet. De bygningstekniske laboratorier består derfor af mindst 2 sammenhørende laboratorier (rum) med en fælles væg, hvor testemnet kan monteres. FORCE Technology råder over flere sådanne faciliteter og har yderligere samarbejde om adgang til laboratorier hos kunder og hos universiteterne.

Målemetoderne for bygningsakustik er beskrevet i standarder udgivet af både ISO og CEN. CENELEC er ikke relevant, da der ikke er tale om elektriske egenskaber eller produkter.

→ [Link til laboratorier: forcetechnology.com/da/alle-faciliteter/bygningsakustiske-laboratorier](https://forcetechnology.com/da/alle-faciliteter/bygningsakustiske-laboratorier)

7 Høreapparater og hørehjælpemidler



7.1 Høj prioritet i sundhedsvæsenet

Danmark har stort fokus på afhjælpning af hørenedsættelse. Siden år 2000 har det været muligt at opnå offentlig støtte til anskaffelse af høreapparater, og sundhedssystemets håndtering af behandling med høreapparater foregår under retningslinjer fra sundhedsstyrelsen.

Danmark huser også nogle af verdens førende producenter af høreapparater, og det tekniske niveau af apparaterne er meget højt, også set i internationalt perspektiv.

Den høje prioritet har også haft indflydelse på standardisering, hvor Danmark gennem FORCE Technology i mere end 10 år har besiddet formandskabet i den tekniske komité IEC TC29. Dette gælder også for IEC TC29/WG13, hvor Danmark har beklædt Convenor-posten (formandsposten) gennem en årrække. De danske producenter af høreapparater deltager i standardiseringen, og har gennem egne produktudviklingsprogrammer været med til at drive udviklingen af nye og stadig mere omfattende standarder.

7.2 Danske laboratorieaktiviteter

Test og prøvning af høreapparater er i FORCE Technology samlet i laboratoriet i Odense. I moderne omgivelser midt i Odense Centrum er der indrettet test- og kontorfaciliteter til at håndtere de specialiserede test, der både omfatter lyd-mæssige karakteriseringer af høreapparaterne, elektromagnetiske påvirkninger og test af batterilevetid. Samtidig er kontoret centrum for en omfattende tilsynsvirksomhed med danske hørklinikker (se senere).

De lyddøde rum er centrum for de funktionelle afprøvninger af høreapparater. Apparaterne skal overholde en række akustiske krav, der udmåles i henhold til internationale standarder fra IEC. Her er det især serien af produktfamiliestandarder IEC 60118-x, der benyttes. Målingerne i forbindelse

med test er blevet stadig mere omfattende, efterhånden som apparaterne nu indeholder den "almindelige" akustisk forstærkende funktion men også induktive modtagefunktioner fra teleslynger og trådløs radiobaseret lydoverførsel fra telefoner, radiomodtagere og andre elektroniske kilder for lyd. Aktiviteterne er underlagt akkreditering og auditeres af DANAK.

Samme akkrediteringsomfang gælder test med elektromagnetiske forstyrrelser fra omgivelserne. Danmark var meget tidligt ude med krav om, at høreapparater skal fungere uforstyrret, selv når en mobiltelefon holdes mod øret, og feltstyrken fra telefonen kan nå i nærheden af 100 V/m. Høreapparatet skal stadig kunne udføre sin funktion og være til hjælp for brugeren. Test i specialudformet GTEM-testcelle sikrer, at dette er muligt. Igen er det især standarder fra IEC 60118-x-familien, der benyttes, men også amerikanske ANSI-standarder anvendes af og til. Testrapporter fra laboratoriet udgives elektronisk, er internationalt anerkendt på grund af DANAK/ILAC-akkrediteringen og overføres til kunder overalt i verden.

Høreapparaternes beskedne størrelse betyder, at det er muligt at huse også det elektromagnetiske testlaboratorium i små lokaler. Når der skal testes større produkter end i-øret-apparater, kan der trækkes på 10 m EMC-testkamre i Hørsholm og Aarhus.

7.3 Tilsynsaktiviteter

Den akustiske faglighed benyttes ikke alene i laboratoriet. Fagligheden kommer også i spil i form af formidling mod en stor brugergruppe: offentlige høreklivikker. FORCE Technology er fagligt ansvarlig for korrekt uddannelse af personale, og har teknisk tilsyn med de mange klinikker, der formidler høreapparater til borgerne som led i den offentlige sygesikring. Aktiviteten er ikke udelukkende laboratorie- eller skrivebordsarbejde, men foregår i klinikkerne sammen med de enkelte klinikkers personale. En faglig FORCE Technology-medarbejder er til stede på klinikens adresse og udfører træning og instruktion. Formålet er at sikre, at Danske Regioner benytter de økonomiske tilskudsmidler til høreomsorg for borgerne på et hørefagligt forsvarligt grundlag. Klinikernes uddannelse og udstyr skal være velfungerende og opfylde visse fastlagte kvalitetskrav.

7.4 Standardisering

Standardiseringsaktiviteterne knyttet til høreapparater og elektroakustik omfatter blandt andet instrumentering til optagelse og gengivelse af lyd, dvs. mikrofoner, filtre, simulatorer for menneskelig mund, ører og torso, testsignaler og kalibreringsmetoder samt meget mere. Også audiometre (instrumenter der benyttes af ørelæger til karakterisering af patienters høreevne/-tab) behandles af dedikerede og stærkt specialiserede tekniske standarder.

Et indtryk af aktiviteterne kan findes på websiderne nedenfor.

Udviklingen i de digitale funktioner i høreapparater foregår så hurtigt, at det er en udfordring at få standarderne til at passe til den nye funktionalitet. Høreapparater er i dag spækket med funktioner, der varetager lydopfattelse bedst muligt, men fx også sikrer trådløs kommunikation mellem apparaterne på begge sider af brugerens hoved. Det er vigtigt for optimal lydopfattelse af omgivelserne, og sikrer samtidig bedst mulig lyd fra elektroniske kilder som telefon, musik-/podcastafspiller og trådløse tjenester, der er på vej ind som afløser for de helt analoge teleslynger, der traditionelt har været installeret i kirker og i visse offentlige og private bygninger. Teleslyngernes signal er ofte forstyrret af mange andre magnetiske signaler fra lys, ventilation og andet elektrisk og elektronisk udstyr. Dette undgås med radiobaserede trådløse services, der til gengæld må deles om begrænset tilgængelig radio-båndbredde.

- DS: www.ds.dk/da/udvalg/kategorier/maskiner-og-mekanik/elektroakustik
 - CENELEC: https://standards.cencenelec.eu/dyn/www/f?p=305:22:0:::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:1257963,25&cs=1B1F300E0D53F89A32D0BECAA8405599B
 - ID:1257963,25&cs=1B1F300E0D53F89A32D0BECAA8405599B
 - IEC: https://www.iec.ch/ords/f?p=103:23:712413041693815:::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:1301,25
 - ISO: Generel webside: www.iso.org/home.html
 - Eksempel på sensoriske test: www.iso.org/standard/76666.html
 - ITU/R (Radiokommunikation): www.itu.int/en/ITU-R/information/Pages/default.aspx
 - ITU/T (Telekommunikation): www.itu.int/en/ITU-T/Pages/default.aspx
-

7.5 Forskning og nye standarder

Forsknings samarbejdet BEAR mellem FORCE Technology, danske universiteter, universitetshospitaler og danske producenter af høreapparater har som vision at forbedre høreomsorgen både i Danmark og i resten af verden gennem evidensbaseret forbedring og tilpasning af klinisk praksis for høreomsorg og behandling af nedsat hørelse.

Gennem 8 delaktiviteter har projektet siden 2016 arbejdet med at opbygge en centraliseret database, der indeholder data for en række tilfælde af høretabslidelser, dokumentationen for disse samt erfaringerne fra kliniske undersøgelser gennem en række behandlingstiltag. Dette skal danne grundlag for analyse af de behandlingstiltag, der udføres som forskningsarbejde. Forskningsarbejdet arbejder med at frembringe nye tilpasningsstrategier for hørehjælpemidler, så audiogrammet ikke er det eneste strukturerede værktøj for tilpasningen af hjælpemidler til den enkeltes hørehandicap. Evalueringen af nye og bedre værktøjer for tilpasning beskrives i projektet og munder ud i forslag til nye standarder på det høretekniske område.

Der er mere information om BEAR-projektet på linket nedenfor.

- BEAR project: bear-hearing.dk/

8 Lydopfattelse, SenseLab



8.1 Opfattelse af lyden

Målinger af lyd udgøres i meget stort omfang af teknisk baserede målinger af lydtryk, spektralanalyse, tidsmæssig karakterisering af lyd, frekvensindhold og vægtede udtryk for genevirkning af lyden.

Især genevirkningerne er baseret på efterligninger af høresansen og forsøg på matematisk at karakterisere, hvordan lyden vil blive opfattet. Høresansen er dog unik med hensyn til, hvordan lyden opfattes, og ultimativt er det den sensoriske opfattelse hos mennesker, der afgør, om lyden opfattes tydelig, forvrænget, forstyrrende eller behagelig. Både ørets opbygning og hjernens behandling af lydsignalerne medvirker til opfattelsen af lyden.

Elektronisk overførsel af lyd kan ske med bedst muligt optage-, transmissions- og afspilningsudstyr, men skal stadig opfanges af øret og behandles, før mennesker danner deres opfattelse.

SenseLab fokuserer på netop de psykoakustiske aspekter af lydopfattelse, og arbejder både med digital signalbehandling og referencegrupper i form af lyttepaneler med virkelige mennesker trænet til at bruge deres høresans.

8.2 Codecs og digitalisering af lyd

Rå digitaliseret lyd er i princippet enkel at opsamle og behandle, men har den datamæssige ulempe, at datafiler hurtigt bliver store (GB-størrelse), og kræver en stor båndbredde at overføre digitalt.

I praksis har den digitale lydbehandling gennem årene udviklet sig voldsomt gennem især digitale lydmedier som CD-ROM og DAT-afspillere og de efterfølgende MP3-afspillere. Der findes i dag et utal af digitale formater for digitalisering af lyd. Disse er optimeret med vægt på forskellige karakteristika af den lyd, der digitaliseres, og benyttes både til lagring af data og til transmission af lyd, fx i mobiltelefoner, IP-telefoni, videomøder, radio- og TV broadcast mv. Trods genoplussen af interessen for analoge vinylplader, så er der nærmest ingen fuldt analoge services tilbage, der anvender analog transmission af lyd. Lyd digitaliseres og pakkes i henhold til såkaldte codecs, der beskriver hvordan

lydsignalet behandles ved digitaliseringen og ved udpakningen igen ved afspilning efter transmission eller lagring. Den internationale organisation ITU (se links i afsnit 7.4) er en vigtig og stor spiller i udviklingen og anvendelsen af codecs.

Til transmission gennem fx mobiltelefoni og bluetooth er det vigtigt, at der kun anvendes den nødvendige databåndbredde, og en stor del af lydsignalets indhold nedprioriteres derfor i digitaliseringen. Processen designes, så de dele af lyden, der ikke er ret vigtige for lydopfattelsen, fjernes eller nedprioriteres, og kun vigtige dele af lydsignalet transmitteres. Pakningsprocessen har den ulempe, at den er mere eller mindre hørbar for forskellige lyttere, og den afhænger også af karakteren af den lyd, der overføres. Hvis kun få procent af lydsignalet anvendes, vil mange kunne høre, at digitaliseringen har påvirket lyden. Til fx digital telefoni vil imidlertid selv en kraftig kompression af datamængden kunne accepteres. Menneskets lydopfattelse er god til at uddrage de relevante dele af den oprindelige lyd eller tale, selv om "store dele" af lyden er fjernet.

Der findes et overdådigt udvalg af paknings-/komprimeringsalgoritmer for lyd, hvor den ret gamle MP3 blot er en meget tidlig og ikke længere tidssvarende codec.

Den menneskelige opfattelse af lyden kan vurderes ved at anvende et antal virkelige mennesker til at vurdere lyden og dermed kvaliteterne af de lyd-codecs, der skal analyseres. Et lyttepanel kan anvendes til en sådan vurdering.

8.3 Lyttepanel med virkelige personer

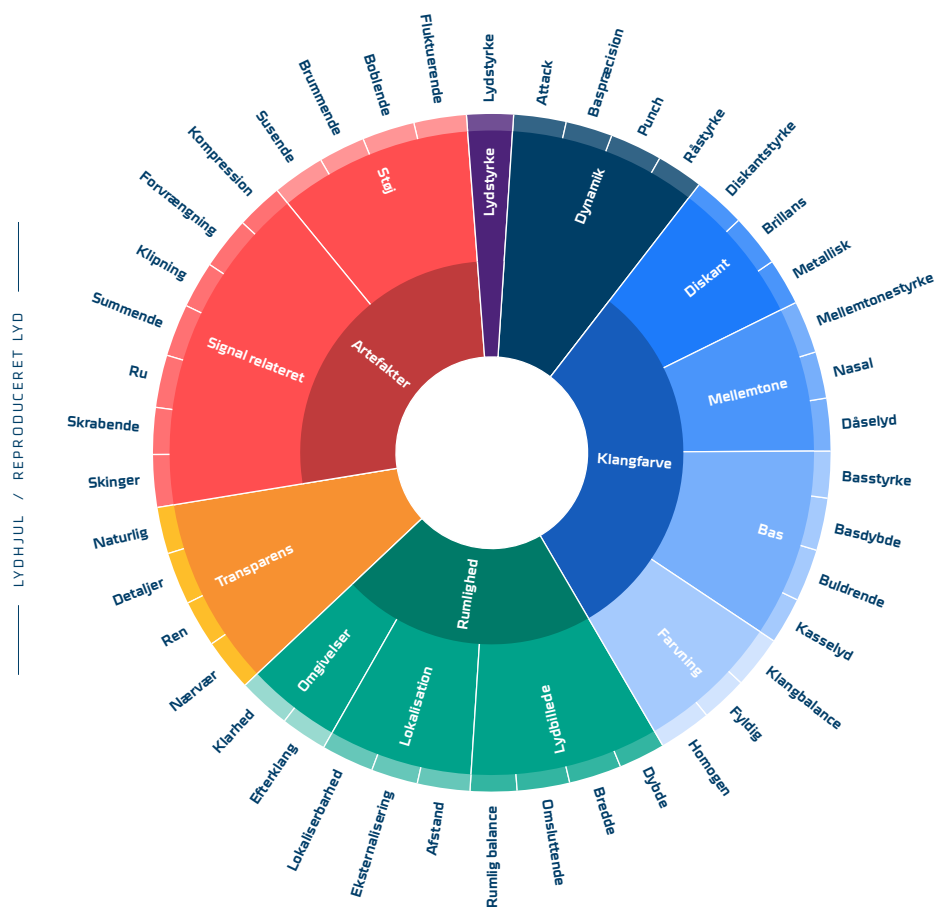
FORCE Technology råder over lyttepaneler med flere forskellige egenskaber. Der er grupperinger af normalthørende, der kan inviteres til at udføre lytteforsøg. Forsøgene vurderes efter en lang række kriterier, og lyttepanelernes deltagere kan sammensættes, således at det er trænede ekspertlyttere, der vurderer helt specifikke egenskaber. Der kan også sammensættes paneler af "tilfældige" frivillige (et "forbrugerpanel"), der kun screenes for visse basale høretekniske egenskaber.

FORCE Technology har til specielle opgaver sammensat lyttepaneler med hørehandicap, som er relevante for målgruppen af hørehjælpemidler. Hjælpemidlerne ville vanskeligt kunne vurderes af normalthørende, der ville blive udsat for et for dem meget usædvanligt lydbillede.

→ [Lyttepaneler beskrives her: forcetechnology.com/en/all-industry-facilities/senselab-listening-test-sensory-evaluation/senselab-listener-panels](https://forcetechnology.com/en/all-industry-facilities/senselab-listening-test-sensory-evaluation/senselab-listener-panels)

For at kunne udføre testopgaverne på reproducerbar vis, er lyttepanelerne instrueret i de termer, der benyttes for forskellige aspekter af lyden, som for eksempel indhold af høje eller lave frekvenser, hvæsen, forvrængning eller nasal lyd. Hvis dele af panelisterne misforstår eller forveksler betegnelser for lydens aspekter, vil resultaterne vise stor spredning og ikke kunne bruges til sammenligninger. Der benyttes blindteststrategier for at reducere usikkerheden i de udførte test, ligesom panelernes resultater vurderes statistisk, så stærkt afvigende eller usikre resultater kan identificeres og elimineres i undersøgelserne.

Lydhjulet angiver de mange aspekter der anvendes ved karakterisering af lydopfattelsen:



Copyright 2020 © FORCE Technology

8.4 Særlige lytterum

Deltagere i lyttepanel skal kunne arbejde på et ensartet og beskrevet grundlag, hvilket stiller krav til de omgivelser, hvor panelisterne udfører lyttetest.

Nogle test udføres i meget små akustisk dæmpede kabiner, hvor deltagerne benytter specifikke hovedtelefoner. Den akustiske dæmpning fjerner forstyrrende og distraherende lyde fra ventilation og omgivelser. Selve lyd kvaliteten afhænger dels af hovedtelefonerne og afspilningsudstyret, men naturligvis primært af de akustiske lydsekvenser, der skal lyttes på. De forskellige lydsekvenser afspilles fra en software-brugerflade, hvor de er arrangeret og afspilles i sekvens, og hvor panelisten afgiver sit vurderingsresultat.

Der udføres også test i et større særligt tilpasset rum, hvor panelisten sidder i en stol blandt et antal højttalere (fra 2 til mere end 20 stk.), og hvor panelisten benytter samme software-brugerflade til at afvikle og bedømme de forskellige lydklip. Her er det lyden opfattet uden hovedtelefoner, der bedømmes, og den lytteposition benyttes fx ved sammenligning af lyd fra forskellige højttalersystemer. For at sikre lavest mulig usikkerhed ved testene, kan højttalerne udskiftes ved hjælp af en lydløs drejeplatform bag et forhæng. Der er ingen forstyrrende mekaniske snurre- eller motorlyde mellem hvert skift, og lytteren kan ikke se, hvilke højttalere, der giver hvilket lydbillede. Ydermere forbliver højttalerpositionen korrekt og ens for alle de højttalere, der sammenlignes.

→ [Lytterum beskrives blandt andet på dette link: forcetechnology.com/en/all-industry-facilities/acoustics-noise-sound-quality-laboratories/senselab-sound-quality-laboratories](https://forcetechnology.com/en/all-industry-facilities/acoustics-noise-sound-quality-laboratories/senselab-sound-quality-laboratories)

8.5 Digitalt testværktøj

En stor udfordring ved lyttetest er den logistiske proces med at invitere testpersoner og fysisk afvikle tests.

Gennem langvarigt udviklingsarbejde har SenseLab opnået at kunne gennemføre lyttetest hos testpersoner, der sidder hos sig selv og afvikler tests via et internetværktøj. SenseLabOnline™ er udviklet til at kunne udføre test hos klienten selv, og kan afvikles enten fra en internetserver eller fra kundens egen interne server. Afvikling fra egen server er dyrere i brugerlicens, men giver maksimal diskretion med hensyn til de test, der gennemføres. Til gengæld behøves grundig indføring og rutine i afvikling af tests, og der opnås ikke 3. parts-testresultater, som ellers kan være attraktive i en kunderelation.

Brugen af SenseLabOnline™ som testværktøj er blevet aktualiseret under COVID-19-pandemien, hvor det har været vanskeligt eller umuligt at samle testpersoner i laboratoriet. Her er online-testværktøjet en stærk mulighed, der blot kræver, at en pakke med udstyr til lydafspilning sendes til deltageren i lyttepanelet. Instruktion kan derefter gives via videokonference.

→ [Link til beskrivelse af SenseLabOnline™: forcetechnology.com/en/services/acoustics-noise-sound-quality/senselabonline](https://forcetechnology.com/en/services/acoustics-noise-sound-quality/senselabonline)

9 Vidensfora



9.1 Dansk Audio Klub

Klubben fungerer som vidensudveksling indenfor metoder og 'good practices', både indenfor lyttetest og elektro-akustiske målinger. Deltagerne i netværket er virksomheder og personer, som arbejder professionelt med reproduceret lyd, dvs. lyd fra højttalere, hovedtelefoner, høreapparater, telefoner m.v.

Faglige emner for klubbens møder kan være målemetoder, sensoriske evalueringsmetoder, testpersoner, træning, datakvalitet, statistik, audio-optage- og reproduktionsteknikker og akustiske rum.

Fokus er på uformel fælles erfaringsudveksling og praktiske arrangementer efter medlemmernes ønsker.

→ [Link til info: forcetechnology.com/da/netvaerk-og-klubber/dansk-audioklub](https://forcetechnology.com/da/netvaerk-og-klubber/dansk-audioklub)

10 FORCE Technology participation in standardisation

CEN/CENELEC CLC/_?_ via DS S-115
www.ds.dk/da/udvalg/kategorier/maskiner-og-mekanik/akustik

CENELEC TC88 Wind Turbines via DS S-588
www.ds.dk/da/udvalg/kategorier/elektroteknik/vindenergisystemer

CEN/TC 226 Road equipment via DS S-349
www.ds.dk/S-349

ETSI Membership as National Committee via DS-S804
www.etsi.org/

IEC IEC TC29 Elektroakustik via DS S-529
www.ds.dk/da/udvalg/kategorier/maskiner-og-mekanik/elektroakustik

IEC TC88 Wind energy generation systems via DS S-588
www.ds.dk/da/udvalg/kategorier/elektroteknik/vindenergisystemer

IECRE Wind energy IECRE Sector via DS S-498/U-07
www.iecre.org/dyn/www/f?p=110:11:::P11_SECTOR:WE

ISO Akustiske signalgivere mv. via DS S-115
ISO/TC 43/SC 1/WG 45

ANSI Ikke direkte dansk medlemskab

ITU Medlemskab af ITU foregår via disse danske styrelser og ministerier:
SDFI - Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur samt Energistyrelsen (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet)

Læs mere om akustik, støj og lyd kvalitet

→ forcetechnology.com/da/tydelser/akustik-stoej-lydkvalitet

FORCE Technology
Park Allé 345
2605 Brøndby
Danmark
+45 43 25 00 00
info@forcetechnology.com
forcetechnology.com

