HUR PÅVERKAS VÅR HÄLSA AV FLYGBULLER

BULLER, LJUDLANDSKAP OCH EKOLOKALISERING

SARA KULTURHUS OG WOOD HOTELL I SKELLEFTEÅ

# LJUdBLADET

EN MEDLEMSTIDNING FRÅN SVENSKA AKUSTISKA SÄLLSKAPET NR 1 2023

DAGA 2023 I HAMBURG

DJUNGELLEKAN-LJUDMILJÖPRISET 2022

MER LJUD PÅ KONTORET

REFERAT FRÅN DAS DANSK AKUSTISK SELSKAB AKUSTIKKENS DAG 2023 TEMA "BÆREDYGTIGHED & AKUSTIK"

THE EFFECT OF FURNITURE ON ROOM ACOUSTIC PARAMETERS AND ITS DEPENDENCE ON DIFFERENT SUSPENDED CEILINGS' SOUND ABSORPTIVE PROPERTIES

SVENSKA AKUSTISKA SÄLLSKAPETS ÅRSMÖTE - PRISUTDELNING - LJUDDAG 2023

EIAS 2023 CONFERENCE DEDICATED TO ROOM ACOUSTICS

ARBETET FORTSÄTTER I KOMMITTÉN FÖR BYGGAKUSTISK

# Innehåll i LJUdBLADET
NR 1 2023


3 Ledare
Hans Bodén, ordförande i SAS, berättar om de nytillkomna i styrelsen samt spännande framtidsplaner inom akustikforskningen i Sverige

5 Svenska Akustiska Sällskapets Årsmöte – Prisutdelning – Ljuddag 2023
Sammanfattning av de kanske viktigaste delarna av Ljuddagen

7 DAGA 2023 i Hamburg
Resereportage från stor internationell konferens i Tyskland

8 Arbetet fortsätter i kommittén för byggakustisk
Statusrapportering från arbetet med att modernisera de svenska ljudstandarderna

9 Referat från DAS Dansk Akustisk Selskab Akustikkens Dag 2023 tema ”bæredygtighed & akustik”
En inblick i vad som hände i grannlandets motsvarighet till Ljuddagen

11 Hur påverkas vår hälsa av flygbuller?
Översiktlig bild av kunskapsläget om flygbuller och hälsa

14 Djungellekan–Ljudmiljöpriset 2022
En lekplats som hyllas av många fler än de barn som leker där

16 Doktorsavhandlingar från Chalmers & KTH
32 Examensarbeten från KTH
39 Licentiatavhandlingar från KTH

19 Mer ljud på kontoret!
Alexander Kassberg berättar hur vi kan klara återgången till det ljudligare kontoret efter pandemin

21 The effect of furniture on room acoustic parameters and its dependence on different suspended ceilings' sound absorptive properties
A study to develope a more accurate calculation model and quantifiying method for absorption properties of furnitures

24 Svenska Akustiska Sällskapets årsmöte 2023
Protokoll, revisionsberättelse och ekonomisk rapport

29 SARA kulturhus og Wood hotell – Skellefteå
Utvalda delar om akustiken i det nya kulturhuset

37 Buller, ljudlandskap och ekolokalisering
Ljudpristagaren Mats E. Nilsson berättar om sin forskning kring ljud och buller

42 EIAS 2023 conference dedicated to room acoustics!
Sammandrag från Ecophons internationella konferens kring rumsakustik


## Svenska Akustiska Sällskapet

Ändamålet med Svenska Akustiska Sällskapet (SAS) att anordna föredrag, diskussioner samt att med andra åtgärder verka för akustikens utveckling. SAS bildades den 1 mars 1945 och har alltså långa traditioner att försvara.

SAS har för närvarande ca 250 medlemmar inklusive pensionärer, studenter och hedersmedlemmar. Vi arbetar nu målmedvetet på att höja ambitionsnivån för att dels få fler medlemmar och dels ge varje medlem mer valuta för medlemsavgiften.

**Medlemsavgifter 2023**

Ordinarie medlemsavgift inkl. LjudBladet (2 nr/år) och Acta Acustics on line: 500:-

Medlemsavgift för pensionär: 250:-

Studerande: gratis (LjudBladet endast i pdf-format)

Stödmedlemskap för företag: 3.500:-/år inkl. 1 st medlem

**Annonspriser 2023**

Hel sida färg: 5.500:-/nr

Halv sida färg: 3.500:-/nr

**Styrelse 2023**

Hans Bodén, Ordförande, *hansbod@kth.se*

Torbjörn Kloow, Kassör, *toby@nitk.se*

Claes Hedberg, *claes.hedberg@bth.se*

Emma Arvidsson, *emma.arvidsson@ecophon.se*

Karl Bolin, *kbolin@kth.se*

Krister Larsson, *krister.larsson@chalmers.se*

Monica Waaranperä, *monicaw@chalmers.se*

Rebecca Kolmodin, *rebecca.kolmodin@gmail.com*

**Valberedning 2023**

Anders Schönbeck & Mats Åbom

**Revisorer 2023**

Björn Tunemalm & Maria Pettersson

*Posten som revisorssuppleant är vakant*

**Svenska Akustiska Sällskapet**
**Plusgiro** 32 08 56 - 8
**Bankkonto Nordea** 3202-209 3739
**Organisationsnummer** 802464-7755
**IBAN** 29 3000 0000 0320 2209 3739
**SWIFT** NDEASESS

www.akustiska-sallskapet.org
@akustik_swe
company/svenska-akustiska-sallskapet
info@akustiska-sallskapet.org


**LJUdBLADET** NR 1 2023
**ISSN** 1403-2317
**Grafisk form** Christoffer Leijon, CC Design & Media
**Teknisk produktion** Allduplo Offsettryck AB
**Ansvarig utgivare** Hans Bodén *KTH, 100 44 Stockholm*

*Hans Bodén (KTH)*
*hansbod@kth.se*



Vårt årsmöte och ljuddag på Clarion Hotel Arlanda onsdag 22/3 blev en succé med över 80 deltagare och 12 utställare. En kort sammanfattning av Ljuddagen samt protokollet från årsmötet publiceras i detta nummer av Ljudbladet. Från årsmötet kan ett par punkter speciellt lyftas fram:

Två styrelsemedlemmar avgick vid årsmötet. Delphine Bard Hagberg och Maria Quinn. Jag vill tacka dem för deras insatser i styrelsen. Maria har också på ett utmärkt sätt fungerat som redaktör för LjudBladet de senaste åren.

Två nya styrelsemedlemmar tillträdde också vid årsmötet. Nedan återges en kort presentation av de nya medlemmarna från valberedningens förslag.

Rebecca Kolmodin: Civilingenjör Farkostteknik Kungliga Tekniska Högskolan 2019. Rebecca har arbetat på ACAD International AB som akustikkonsult i tre år och är sedan 2021 Bullerspecialist på Nacka kommun. Rebecca har en bred kunskap inom samhällsbuller, byggnadsakustik och markvibrationer. Hennes examensarbete ”A simplified model for the design of floor structures with vibrating sources for architectural applications” belönades år 2019 som bästa examensarbete av Svenska Akustiska Sällskapet!

Emma Arvidsson: Studerade till Civilingenjör, Väg- och vattenbyggnadsteknik, vid LTH i Lund. Under studietiden arbetade Emma som akustikkonsult på Sweco. Ett intresse för materialen och dess på verkan på akustik, och människor, gjorde att Emma 2013 började på Saint-Gobain Ecophon som utvecklingsingenjör inom R&D. Efter att ha inriktat sig forskning inom akustik började Emma 2018 som industridoktorand på LTH, inom Teknisk akustik. Våren 2022 disputerade hon med sin avhandling “Acoustic Design with Regard to Human Perception” där Emma hade studerat hur olika akustiska material kan användas för att påverka akustiken objektivt men också hur det påverkar människor. Idag arbetar Emma på Ecophon, fortfarande inom R&D, med att utveckla material och kunskap kring hur vi akustiskt kan påverka människors välbefinnande i miljöer som skolor, kontor och sjukvård.

Vid årsmötet beslutades även att vi ska undersöka möjligheten att ansöka om att organisera InterNoise 2027 i Sverige eller i ett annat nordiskt land i samarbete med våra grannar i Danmark och Norge. En arbetsgrupp bestående av Torbjörn Kloow och undertecknad kommer att arbeta med detta.

Det beslutades även att vi ska stå som arrangör för en online-konferens om akustikforskning i Sverige under hösten. Detta förslag kom från Örjan Johansson i Luleå och tanken är att fokus ska vara på vad som pågår inom Sveriges högskolor och universitet. Doktorander ges utrymme med 3 min förinspelade presentationer, och de övergripande frågarna blir:

- Vilka är vi?
- Var finns vi?
- Vad gör vi (fokus på doktorander)?

En diskussionsfråga kan även bli om (teknisk) akustik behövs som eget forskningsämne/område?

Som mångårig akademisk lärare händer det ju att man träffar på gamla studenter som arbetar inom akustik-området vilket alltid är trevligt. Det är ju antagligen tusentals studenter som man har träffat på i någon akustikkurs. För egen del hade jag besök hemma för någon månad sedan av två akustiker från Tyréns som har som uppdrag från Trafikverket att inventera fastigheter som kan vara i behov av bullerdämpningsåtgärder. Den ena av dessa var en gammal KTH-student. När det gäller själva sakfrågan tror jag inte att mitt hus behöver nya fönster eller bullerskärmar eftersom det, även om det ligger bara några meter från vägen, är placerat vid en bygata med lite trafik. Däremot tänkte jag att en diskussionsfråga vid online-konferensen också kan vara behovet av utbildning inom området.

**Hans Bodén**
*Ordförande i*
*Svenska Akustiska Sällskapet*
*hansbod@kth.se 070-694 49 62*

# FZH2M + Sylomer®

**Ett högpresterande flytande golvfäste** för när lågfrekvent strukturell isolering krävs.

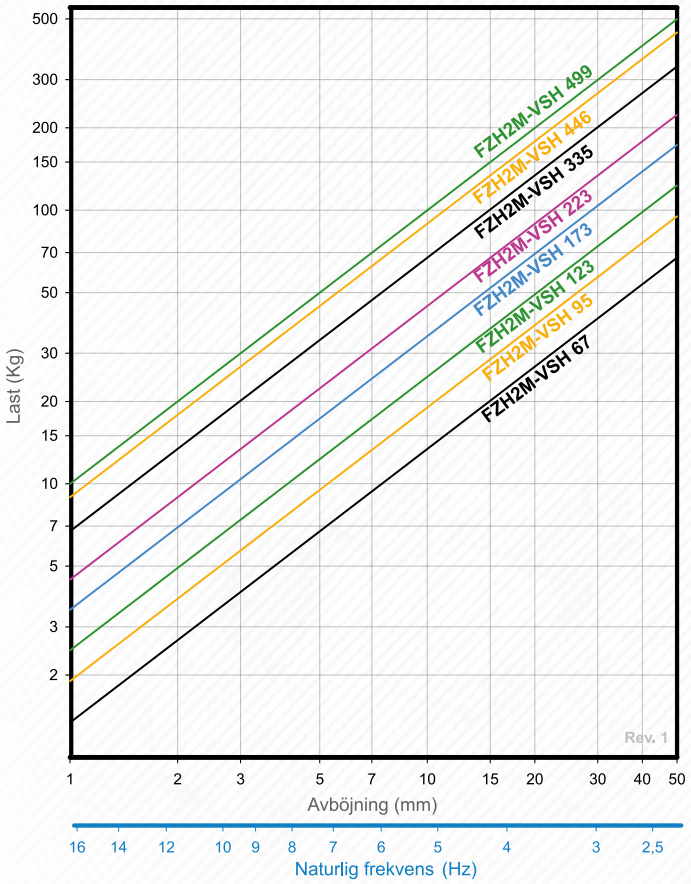
MECANOCAUCHO
SCANDINAVIEN
Tillverkningslösningar för arkitektonisk akustik och vibrationsproblem **sedan 1969**

- Ett inbäddat fjäderfäste i betong som ger upp till **50mm avböjning** och ner till **2.2Hz naturlig frekvens.**
- **Olika fjäderkombinationer kan väljas** för att finjustera systemet för att uppfylla kraven i varje projekt.

Video

Datablad

## PRESTANDA EGENSKAPER



**Flemming Bajlum**
Technical Sales Manager

+45 81730100
flemming@amcsa.dk
flemming@bajlum-consult.dk

Lauritz Sørensens Vej 25,409
DK-2000 Frederiksberg
www.mecanocaucho.com
www.akustik.com

MECANOCAUCHO

Hans Bodén (KTH)
hansbod@kth.se

# SVENSKA AKUSTISKA SÄLLSKAPETS ÅRSMÖTE – PRISUTDELNING – LJUDDAG 2023

**Svenska Akustiska Sällskapets årsmöte och Ljuddag på Clarion Hotel Arlanda 22 mars 2023 blev en succé med cirka 80 deltagare och 12 utställare. Protokollet från årsmötet publiceras på annat håll i detta nummer av LjudBladet.**

Ljuddagen började med utdelning av Ljudpriset till professor Mats Nilsson med följande motivering:

*"Svenska Akustiska Sällskapets Ljudpris 2022 tilldelas Professor Mats Nilsson, Psykologiska institutionen vid Stockholms universitet och Karolinska institutet - Institutet för Miljömedicin, för framstående insatser inom psykoakustik och epidemiologi med bullerinriktning inom ett flertal vetenskapliga områden och tillämpningar.*

*Mats Nilsson, har bidragit till att utveckla Gösta Ekman-laboratoriet för psykofysisk forskning på Stockholms universitet och har bland annat forskat om soundscapes, maskering av både trafikbuller och vindkraftsbuller, kognition av olika bullerkällor bland annat hur dessa förändras av bullerdämpande åtgärder såsom till exempel bullerplank. Han har även på senare år arbetat med ljudperception för blinda och hur personer med nedsatt syn använder sig av ekolokalisering genom klick-ljud."*

Mats höll sedan ett föredrag som bland annat behandlade fascinerande fakta om hur blinda personer kan öva upp sin hörsel och använda ekolokalisering till att navigera i okända miljöer.

Svenska Akustiska Sällskapets ordförande Hans Bodén delar ut Ljudpriset för 2022 till Mats Nilsson.

Ljudmiljöpriset för 2022 gick projektet lekplats Djungellekan i Helsingborg med följande motivering:

*"Svenska Akustiska Sällskapets Ljudmiljöpris 2022 tilldelas projekt Djungellekan i Helsingborg. I denna lekplats och park som invigdes 2022 har man, i närheten av färjeterminalen för Danmarksfärjan, skapat en grön oas som dämpar utifrån kommande bullerstörningar och erbjuder spännande och oväntade ljudupplevelser med djungeltema. Konceptet med djungeltema tillkom genom förslag från barn i Helsingborg och har blivit mycket uppskattat. Manne Friman och Martin Hallberg på Efterklang har stått för ljuddesignen och Krook och Tjäder har varit landskapsarkitekter."*

[Manne Friman och Martin Hallberg tar emot Ljudmiljöpriset för projekt Djungellekan och håller föredrag om projektets ljuddesign.]

Manne Friman och Martin Hallberg på Efterklang var på plats och tog emot priset och berättade om projektets ljuddesign. Djungellekan är placerad på en plats nära färjeterminalen och en större väg men har trots det blivit en väldigt lyckad och uppskattad lekpark. Helsingborg verkar över huvud taget vara en framsynt kommun när det gäller ljudmiljöfrågor.

Eftersom platsen för Ljuddagen var Arlanda flygplats var ett tema flygbuller. Huvudtalare var Charlotta Eriksson från Centrum för arbets- och miljömedicin och KI som talade under rubriken flygbuller och hälsa. Flygbuller är ju inte en dominerande källa till bullerproblem i samhället men när det förekommer så anses det vara mer störande än vägtrafikbuller och kan ge hälsoproblem kopplade till t.ex. sömnstörningar och hjärt-kärl-sjukdomar. Lisa Johansson från Naturvårdsverket berättade om en ny praxis för bullerisolering runt flygplatser som kan påverka tillståndsgivning för flygplatser. På KTH finns ett Centrum för Hållbar Luftfart (CSA) på KTH och Pernilla Ulfvengren som är föreståndare berättade om centrat och dess historia samt om pågående och avslutade projekt. Karl Bolin gav mer detaljer om ett av projekten inom CSA (ULLA) som syftar till att mäta flygljud kring Arlandas inflygningsrutter för att undersöka om olika meteorologiska förhållanden och flygoperativa handhavanden av flygplan kan minska bullerstörningar vid landningar. »

Charlotta Eriksson under sitt föredrag om flygbullers hälsoeffekter.

Pernilla Ulfvengren under sitt föredrag om aktiviteter inom Centrum för hållbar luftfart (CSA).

Magnus Lövdahl, Niklas Jacobsson och Bo Gärdhagen introducerar den nya ljudklassningsstandarden för verksamhetslokaler – SS25268.

Johan Sundberg som fick ljudpriset 2004 och som är Professor emeritus i musikakustik på KTH höll ett föredrag med titeln ”Näsans akustiska hyss”. Bland annat fick vi höra om hur Dr. Havels näsgröt kan användas för att täppa till öppningar när man ska undersöka hur olika kaviteter i näsområdet påverkar tal och sång.

Under eftermiddagens program fick vi höra Emma Newman och Olivier Fegeant från Sweco berätta om ett projekt för hållbara stationsmiljöer där man tittat på ett antal exempel på pendeltågs-stationer och hur väl de fungerar för personer med nedsatt syn, hörsel eller annan funktions-nedsättning. Vi fick även höra Alexander Kassberg från Efterklang berätta om hur man kan utforma kontor med öppen planlösning så att de kan fungera både för personer som behöver kunna arbeta ostört och för de som trivs med en mer livlig ljudmiljö.

Johan Sundberg berättar om näsans akustiska hyss.

Efter en välbehövlig kaffepaus och besök på utställningen fortsatte dagen med att Kjell Nordmark från Brekke & Strand berätta om de byggnadsakustiska utmaningarna vid konstruktionen av Sara kulturhus i Skellefteå. Huset är en träkonstruktion där en scen för teater och musikteater ligger vägg i vägg med ett hotell. Alf Berntsson höll ett föredrag om akustiken i Göteborgs konserthus. Artifon är tillsammans med Müller-BBM anlitade som akustikkonsulter för renovering, förbättring och tillbyggnad av Göteborgs konserthus

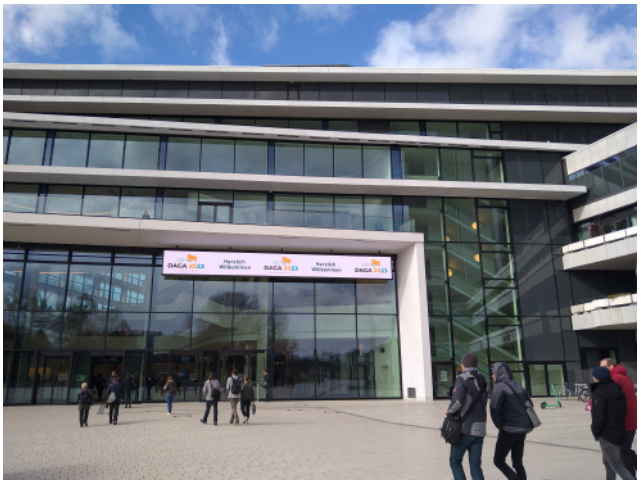
Eftermiddagens program blev som vanligt försenat men många kunde ändå stanna kvar fram till den sista punkten på programmet som var introduktionsföredrag samt paneldiskussion om den nya ljudklasstandarden för verksamhetslokaler - SS25268. Bo Gärdhagen, Magnus Lövdahl, Niklas Jacobsson och Jonas Christensson som har suttit i arbetsgruppen för revideringen berättade om vilka förändringarna är och svarade på frågor från publiken. Som jag förstår det kommer den nya standarden att medföra att både beställare och inblandade konsulter behöver lära sig ett nytt sätt att tänka. Den nya standarden utgår ifrån funktionen och användningen av lokalerna och inte från rummens benämning så att man t.ex. inte kan slå upp korridor och ta reda på vilka ljudisoleringskrav som ställs till och från angränsande lokaler utan det beror på om det enbart är ett utrymme där folk passerar eller om det finns sittplatser.

På grund av den tidigare förseningen och det stora intresset för den sista punkten på programmet blev det inte mycket tid över för det avslutande minglet, men några hann ändå få i sig ett glas bubbel innan det var dags att ge sig av hemåt efter en fullmatad och lyckad dag.

**Hans Bodén**
*Ordförande i*
*Svenska Akustiska Sällskapet*
*hansbod@kth.se 070-694 49 62*

*Torbjörn Kloow (SAS)*
*toby@nitk.se*

# DAGA 2023 I HAMBURG



Fullt med folk vid DAGA 2023 på Hamburgs kongress centrum i tre plan.

**Sist jag var i Hamburg var 1996 i början på augusti efter att ha besökt InterNoise i Liverpool. På väg hem skulle vi ta båten från Felixtowe till Göteborg, men tyvärr räknade jag fel på tidsskillnaden, så vi missade båten. De sa att det skulle gå bra att ta båten dagen efter, men bilen, där var det två veckors väntetid på. Dagen efter fanns det emellertid plats till Hamburg och så Hamburg blev det…**

Nu 27 år senare på DAGA som förlagts till CCH Congress Center i hjärtat av Hamburg, var allting minst eller åtminstone kändes dubbelt så stort. Programmet sträckte sig från den 6:e till 9:e Mars och med mer än 550 föredrag för nästan alla akustikområden, allt från traditionell Byggnads/Rumsakustik till mycket specialiserad virtuell akustik. Föredragen var traditionellt arrangerade i ”keynotes” med till-hörande 13st parallella sessioner för de olika ämnesområdena. Dessutom en tillhörande utställning med ett 70-tal utställare samt en separat avdelning för posters. Jag fick just DAGA proceedings och de omfattade inte mindre än 1700 sidor!

I stort var allt mycket välorganiserat i det stora kongresscentret och det gick bra att hitta mellan olika salar även om det var fördelat över flera plan. Det fanns väl i stort sett bara en sak att klaga lite på och det var att det inte fanns mycket till caféer eller matställen. Spenderade även tid bland alla utställare och i bland posters och hittade bland annat en del ganska trevliga och roliga, t ex den som skulle kunna passa konsulter i fält som glömt sin akustiska kalibrator på kontoret - gå och köp en öl:

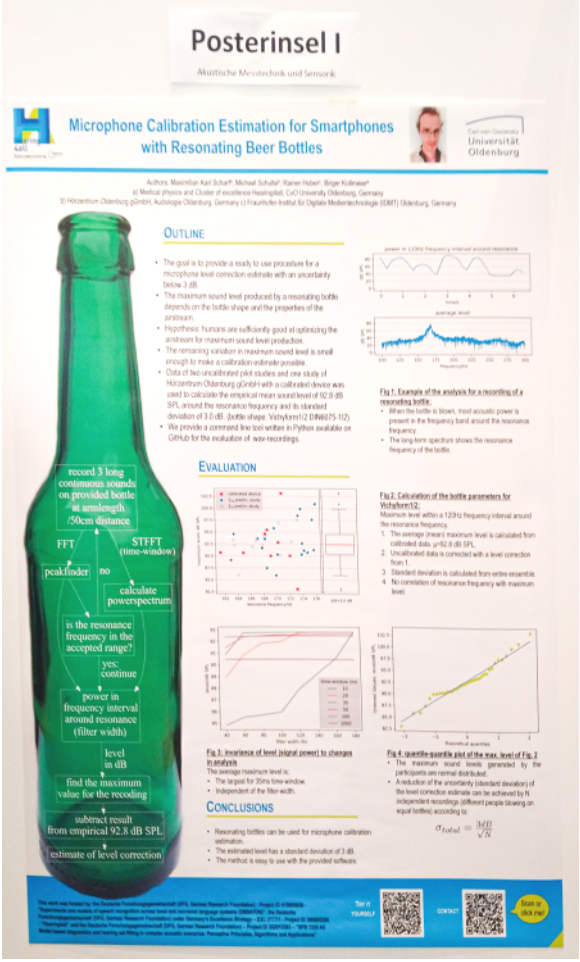
Procedur för akustisk kalibrering med ölflaska:

Använd en tom flaska (form: Vichyform ½ DIN6075-½)

- Blås och gör 3st relativt långa inspelningar på 50cm avstånd (en armlängds avstånd)
- Resonansfrekvens runt ca 170Hz
- Analysera ljudet med programvara skrivet i Python som finns tillgängligt på GitHub för *.wav filer => korrektion
- Ref 92,8dB med en standardavvikelse på 3dB

Dessutom får man nöjet att först dricka ur flaskan !

Hälsningar från Hamburg



Torbjörn Kloow
*Kassör i*
*Svenska Akustiska Sällskapet*
*toby@nitk.se*

# ARBETET FORTSÄTTER I KOMMITTÉN FÖR BYGGAKUSTISK

*Bo Gärdhagen (PE)*
*bo.gardhagen@pe.se*

Den nya ljudkravsstandarden för verksamhetslokaler -vårdlokaler, undervisningslokaler, kontor och hotell- har nu publicerats och är då gällande utgåva. Detta innebär att en hänvisning till SS 25268 automatiskt avser den nu gällande utgåvan. För att hänvisa till den gamla utgåvan så behöver man ange ”SS 25268:2007 + T1:2017”. För nya projekt rekommenderar jag alla att använda den nya standarden, då den på ett helt annat sätt stämmer överens med behoven av lämplig ljudmiljö i dagens lokaler. I LjudBladet i höstas gjordes en längre redovisning av de viktigaste nyheterna, men på detaljnivå har saker justerats sen dess. Jag vill här särskilt lyfta att rumsakustiken i komplexa utrymmen ska studeras i en särskild rumsakustisk utredning som ska utföras med ett resultat som kan förväntas av en fackman med flerårig kompetens inom det aktuella kompetensområdet, och att ingen skärpning ska göras av A-vägd ljudnivå på grund av tonalt ljud, då detta kan förvärra situationen.

En ny ljudklassningsstandard för bostäder är också på gång, förhoppningsvis klar innan årsskiftet. Den kommer ut på remiss innan sommaren. Där kan vi särskilt lyfta att kraven för luftljudsisolering och stegljudsnivå justeras ner lite grann i små sovrum då dagens krav föranleder särskilda åtgärder i dessa rum, samtidigt som mängden rapporterad störning är låg.

I övrigt ansluter remissen i hög grad till layout och disposition i den nya SS 25268 – tanken är att skillnader mellan standarderna ska vara orsakade av skillnader mellan de båda byggnadstyperna.

Vi kommer också att lägga ut en fråga remissinstanserna om att slopa ljudklass A och D även för bostäder och ersätta ljudklass B och C med Utökade krav och Grundläggande krav, på samma sätt som vi gjort med SS 25268. Anledningen är dels ytterst få använder ljudklass A och D och genom att då bara redovisa Utökade krav i tabellerna så blir dessa betydligt tydligare. Grundläggande krav hänvisas till tabellvärden i BBR och FoHMFS 2014:13.

Bo Gärdhagen
*Expert Byggnadsakustik*
*PE Teknik & Arkitektur AB*
*bo.gardhagen@pe.se*

FADE™ ACOUSTIC PLASTER
FLEXIBEL SKARVLÖS AKUSTIK

Fade™ akustikputs är ett högkvalitativt och flexibelt akustikputssystem som ger ett skarvlöst monolitiskt resultat. Läs mer på ecophon.se.

Ecophon SAINT-GOBAIN | fade™

Torbjörn Kloow (SAS)
toby@nitk.se

# REFERAT FRÅN DAS DANSK AKUSTISK SELSKAB AKUSTIKKENS DAG 2023

## TEMA ”BÆREDYGTIGHED & AKUSTIK”

**DAS hade ”Akustikkens Dag” med årsmöte den 15/3 och det var 102 anmälda deltagare som möttes av ett soligt Aarhus redan från tidiga morgonen. Arrangemanget blev genomfört hos ”Institut for Byggeri & Bygningsdesign” på Aarhus Universitet/Navitas i deras stora lokaler vid hamnen. Mötet arrangerades av DAS styrelsemedlemmar Anders Olsen och Rune Egedal.**

Mötet startade med en introduktion av ”Institut for Byggeri & Bygningsdesign” på Aarhus Universitet vice-institutleder Søren Wandahl, som bl.a. berättade att man i Aarhus nu är det ställe i Danmark var man utbildar flest byggnadsingenjörer. De var glada över att ha fått arrangera Akustiken dag för det man gärna vill utbyta kontakt med fackfolk och företag och önskade DAS goda ”vibrationer” för dagen och lång efterklang for besöket i Aarhus.

Därefter välkomnade DAS ordförande Lars Bramsløw med genomgång av dagens program och en första

keynote: ”Fremtidens bæredygtige byggeri + dets indflydelse på akustikken”, presenterat av Lars V. Andersen och Steffen Petersen båda från ”Institut for Byggeri & Bygningsdesign på Aarhus Universitet”. Den andra keynote: ”Bæredygtighedsagenda hos Bang & Olufsen” blev presenterad av Andreas S. Rasmussen. Därefter

presenterades föredrag från arbetsutskotten:

Keynote 1 Steffen Petersens inlägg handlade bl.a. om skillnader av relativ hållbarhet (två byggsystem) i förhållande till absolut hållbarhet - mätt i förhållande till den tilldelade andelen av markens bärförmåga. För akustiker betyder detta:

- minimera materialförbrukningen
- välj material med minimal/ingen/ negativ miljöpåverkan

Lars V. Andersen talade om ”Sick building syndrome” i form av vibroakustiska problem i träkonstruktioner och visade exempel på beräkningar och test av olika trädeck och underströk vikten av tidig värdering av vibrationsrisker – reagera hellre i god tid än var komplett precis! Värdera hela systemet, värdering av enstaka komponenter (t ex golv och väggar) är inte tillräckligt.

Keynote 2: ”Bæredygtighedsagenda hos Bang & Olufsen” blev presenterad av Andreas S. Rasmussen. Han beskrev B&O’s arbete om hållbarhet, livstid och möjlighet för reparation av produkterna och återanvändning av restmaterial och destruktion av rest materialet efter slutligt bruk. Speciellt batterier och möjlighet för utskiftning var en utmaning. Processen starter redan i designfasen for nya produkter, men hållbarhetsanalys handlar även om existerande produkter och möjlighet att använda dem en längre tid.

Därefter var det DAS ”ordinære Generalforsamling” och på eftermiddagen rapporterade arbetsutskotten:

### TK Miljøakustik

”DecoWind projektet” blev presenterat av Lars S. Søndergaard – Force Technology. Projektet är utfört i samarbete mellan DTU Vindenergi (projektledare), Force Technology, Siemens -Gamesa och EMD. Projektet har flera inriktningar som 5% optimering av produktion innanför gällande gränsvärden och utarbetande av ”WFOS” Wind Farm Oprating Strategy. Genomgång av gällande bullerregler: 44 dB(A) vid 8m/s och 42dB(A) vid 6m/s samt validering av bullermodeller. Utbredningsmätningar över land ca 1 km, navhöjd 109 m inkl. högtalare placerad vid nacellen. Man fann att bullerkällans centrum för den cirkulära ytan som täcks av vindkraftverksbladen är bättre representerat med 3 perifera punkter än med centrum vid nacelle-punkten. Man har fått goda erfarenheter från utredning av ny dekonvolutionsteknik för att hantera lågt S/N. Beräkningsmetoderna i ISO9613-2 / Nord2000 (ray-tracing)/Windstar (DTU) jämfördes. Medvind/sned sidvind? På nära håll är det inte så stor skillnad, men långt borta är det större skillnader. DK-regler, som alltid förutsätter medvind, är kanske för konservativa. Ljudutbredning över vatten blev kontrollerat i h=30, 50, 81 m och mikrofoner på 3, 5, 7 km avstånd samt kontrollmikrofon 2 m ifrån. Bullerreducerad drift? Omräknat till en världsomspännande skala kunde produktionen ökas med ca 1,5 miljard SEK, motsvarande ca 1 miljon människor skulle kunna försörjas med energi inom nuvarande bullergränser. Läs mer på InterNoise 2022 och sök under DecoWind.

### TK Elektroakustik

GN Audio Jabra’s inlägg ”Towards sustainable audio products” blev presenterat av Hannah Smith och Maurits Hekking. GN’s långa historia från 1867 uppvisar hållbarhet i mer än 150 år. De försöker lyssna på kundernas behov, och tar klimatutmaningar på allvar. De arbetar för 80% CO2-minskning till 2030. Utför livscykel-analyser och mäter CO2-fotavtryck. Vissa produkter har mest CO2-användning, andra under transport, men även råvaror räknas, därför arbetar vi med hållbara produkter, material och förpackningar – totalt 6 dimensioner inkl. reparationsbarhet »

och möjlighet till ett "andra liv för produkterna", men portabilitet får inte övertrumfa ljudkvalitet!

## TK Psykoakustik

Jeppe Høy Christensen från Eriksholm Research Centre, Oticon presenterade sitt inlägg om Hörselforskningen i den verkliga världen. Att upplevelse och erkännande inarbetas i produkterna har betydelse för hörapparater i den verkliga världen (laboratoriet vs. Ecologi). Visade även exempel på, att fiskars frekvensområden har be-tydelse för samexistens och följsamhet över människoskapt buller. Samma sak gäller piloter och ekologi avseende piloters hörsel, där det uppstår stress vid hög bullerexponering - dels vid direkt bullerpåverkan, dels via maskering. Loggning av ljud från hörapparat plus armband med puls samt frågeformulär visar att ljudtryck och S/N är viktiga parametrar. Studien visar ca 0,15% pulsökning per dB S/N med låg effekt under SPL 60 dB. Orsakssammanhang - Fysiologisk respons, Stressreaktion buller är mest stressande vid läsning och minst vid avslappning. Om man exponeras för buller som man inte kan påverka, faller stressen för att man så att säga ger upp.

## TK Maskinakustik

Hållbarhet & akustik vid pumputveckling blev presenterat av Jan Johansen och Patric Glibert från Grundfos. Ljudeffekten från pumpar stiger med 20 dB per dekad (LW vs Motoreff.). Sound & vibration lab skall vara med från produktens start i concept – design – verification. Där arbetas med modularisering och digitalisering för att kostoptimering. Energibesparing för att öka pumpens effektivitet. Regulerbara hastigheter (härmed kan resonanser undvikas). Decentralisering av pumpstationer. Reglering av pumpars motorer och ventiler buller optimeras. Kavitationsbuller kan vara problematiskt när man går från gas- och oljekällor till värmepumpar. Lägre temperaturer ger högre framledningshastigheter och därmed ökad risk för buller från både pump och från rörsystemen, som ofta skall optimeras till höga hastigheter. Materialvalet ska vara mer energieffektivt – neodynium till magnetkärnor är både sällsynt och inte så bärbart, Ferrit kan vara vägen framåt. Pumphöljet från Makralon PC över till BMC Bulkformmassa "resonans död" (höga förluster) men ömtålig vid stötar. TPU – Termoplastisk polyuretan: Kan göras tunn och fungerar som vibrationsdämpare, men deformeras för lätt. 3D-utskrift visar bra perspektiv... 3D-utskrifter har andra fysiska egenskaper än motsvarande gjutna material.

## TK Bioakustik

Inlägget Mänskligt undervattensljud – vad är problemet? Presenterades av Jakob Stougaard SDU.

Typiska exempel är: Fartygspropellrar, mycket frekventa, luftgevär för seismiska undersökningar och byggande av vindkraftverksfundament. Militära ekolod 230 dB re 1 uPa (10 kW/m2) och explosioner kan vara orsaken till att 12 valar strandade på Cypern. Vi arbetar med att kartlägga påverkan och definition av toleransgränser samt motåtgärder. Det är mer problematiskt att fastställa toleransgränser för djur än för människor på grund av de tiotusentals arterna. Enbart marina däggdjur, med 150 arter, har olika sensoriska system och frekvensområden. Försiktighetsprincip: Man kommer inte att se permanent hörselnedsättning hos djur. Kontrollerad med mätning av tillfällig hörselnedsättning. Montering av vindkraftverkens fundament rör med 6m i diameter låter så att delfiner flyr och deras akustiska aktivitet minskar – men som tur är kommer de tillbaka efter att nedslagningen är över. Man kan använda bubbelgardiner, fungerar väldigt bra och dämpar stötljud ner till bakgrundsljudet på 2 km avstånd. Modellering av fartygsbuller inkl. maskerings-effekter - i Engelska kanalen och vid Thy är det ganska mycket brus, men det finns zoner med en minskning på 30 dB under 200 Hz. Fartygsbuller kan reduceras med 8,5 dB genom att minska fartygets fart från 16–12 knop. Regionala handlingsplaner för undervattensbuller har antagits 2021 och frågor angående olägenheter från driften av havsbaserade vindkraftverk. Dessa är mycket mindre problematiska och innehåller bara buller från växlar mm. Det är fortfarande buller från fartyg som dominerar.

## TK Bygningsakustik

Framtidens biobaserade separation av våningar: Jan Christensen – Moe (nu Artelia) Hållbarhet i byggandet är mycket fokuserat på ett lågt CO2-fotavtryck. Visat resultat från projektet angående våningsavskiljningar - finansierade av Realdania C G Jensen, JaJa och Artelia. Refererade även till ett MiniCo2-projekt i Fredericia, där man arbetade med både däck och skiljeväggar. Behovet av massiv KLT diskuterades. Visade resultat från KLT till ribbade däck med synliga balkar. Syftet var att optimera golvbeläggningarnas klimatbelastning, deras akustiska och brandtekniska egenskaper samt ekonomin. Avseende brand klarade däcken testet i 90 min, dvs kan användas för byggnader som är upp till 12m över mark. Ingen betong användes i golvbeläggningarna, minimala mängder stål, vibrationsisolerande takbeslag för träläkt, minimal användning av mineralull (ersatt med lammull), fiberputs istället för vanlig puts. Man hade även testat en del "Phonestar-skivor" (sandfylld wellpapp), samt träfiberskivor som stegljudsdämpande underlag utöver nedhängda ljudisolerande innertak. Även pappersull som hålighetsdämpning och viktökning i form av sand och lera ingick i försöken. Totalt har mätningar utförts på 23 kombinationer av KLT och ribbadäck. Slutrapporten förväntas bli klar om en månad.

## Rundtur i Århus Ö och middag

Akustikens dag avrundades med en rundtur i de många spektakulära byggnaderna på Århus Ø – och avslutningsvis en mysig middag på Restaurang Substans.

Torbjörn Kloow
*Kassör i Svenska Akustiska Sällskapet*
*toby@nitk.se*

Charlotta Eriksson (CAMM/IMM)
charlotta.eriksson@ki.se

# HUR PÅVERKAS VÅR HÄLSA AV FLYGBULLER?

**Buller från flygtrafiken är tillsammans med väg- och spårtrafikbuller en vanlig miljöexponering i våra städer. Personer som bor nära en större flygplats riskerar en rad effekter som kan påverka hälsan negativt. I denna artikel ges en översiktlig bild av kunskapsläget om flygbuller och hälsa med särskilt fokus på allmän störning, sömnstörning, barns inlärning och prestation samt hjärt-kärlpåverkan.**

Foto: Joshua Kettle från Unsplash

Buller från transporter är vanligt förekommande i dagens samhälle och ett av våra större miljöhälsoproblem. Totalt beräknas att ca två miljoner människor i Sverige utsätts för någon form av transportbuller, det vill säga buller från väg-, spår- eller flygtrafik, som överstiger 55 dB dygnsekvivalent ljudnivå ($L_{Aeq,24h}$) i sin hemmiljö (1). Baserat på Världshälsoorganisationens (WHO) riktvärden (2), som generellt är strängare än de svenska riktvärdena, är dock andelen som utsätts betydligt högre. I Stockholms län beräknas då att cirka 42 procent av befolkningen utsätts för hälsoskadligt buller (3).

Sett till antalet personer som utsätts så är buller från vägtrafiken den dominerande källan. I Stockholms län utsätts cirka 660 000 personer (30 procent av befolkningen) för buller från vägtrafiken som överstiger WHO:s riktvärde. Cirka 180 000 personer (8 procent) utsätts för spårbuller och cirka 250 000 personer (11 procent) för buller från flygtrafik (3).

Men hur påverkas vi då av att bo i en bullrig miljö? Det är en fråga som forskare vid Institutet för Miljömedicin, Karolinska Institutet, försöker att förstå. De senaste åren har kunskapen om de negativa effekterna av trafikbuller ökat markant. Vi vet idag att buller kan påverka oss både på kort och lång sikt. Vanliga besvär i bullerutsatta grupper är allmän störning, störning av återhämtning, vila och avkoppling, sömnproblem, försämrad taluppfattning och kommunikation, svårighet att vistas på uteplats och stressymptom, exempelvis trötthet, huvudvärk och irritation (4, 5).

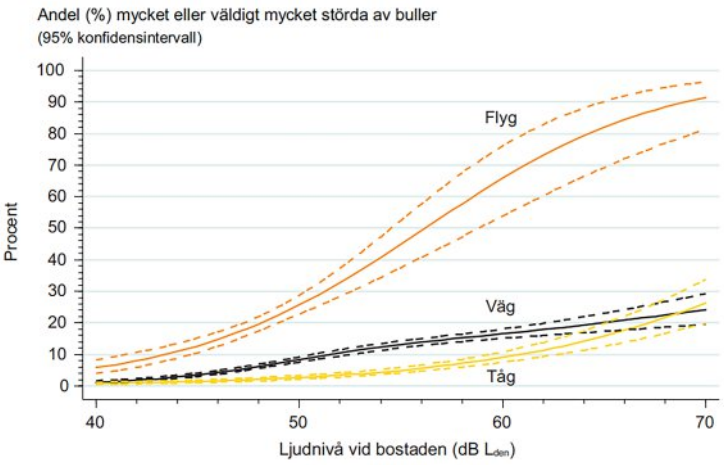
## Allmän störning

Allmän störning är en subjektiv upplevelse som karakteriseras av symptom såsom irritation, rastlöshet, trötthet och uppgivenhet (6). Besvären uppträder oftast vid ljud som är oönskade och svåra att undkomma. Hur mycket vi störs av ljud påverkas dock av ljudets karaktär, däribland styrka, frekvenssammansättning, variabilitet och varaktighet, men också av när på dygnet ljudet uppkommer och i vilken situation det uppträder. Andra faktorer som påverkar störningsgraden är personliga faktorer såsom ålder och ljudkänslighet, samt hur väl bostaden är isolerad mot ljudet.

I jämförelse med övriga trafikslag (väg- och spårtrafik) är flygbuller den bullerkälla som, vid samma ljudnivå, ger upphov till den högsta andelen bullerstörda i en population (7). Enligt WHO nås en kritisk effekt motsvarande 10 procent *mycket eller väldigt mycket störda* av buller vid cirka 53 dB $L_{den}$ för vägtrafik, vid 54 dB $L_{den}$ för spårtrafik men redan vid 45 dB $L_{den}$ för flygtrafik. Omräknat till dygnsekvivalent ljudnivå motsvarar det cirka 50, 48 respektive 45 dB $L_{Aeq,24h}$. Liknande skillnader har setts även i studier från Stockholms län, se Figur 1 (3). Exakt var skillnaden beror på är oklart men det har sannolikt att göra med flygbullrets intermittenta och oförutsägbara karaktär, men kan även bero på icke-akustiska faktorer såsom attityder till bullerkällan och rädsla för olyckor.

## Sömnpåverkan

Även vår sömn påverkas negativt av buller. Sömnen är avgörande för vår fysiska och mentala hälsa och många kroppsliga funktioner är beroende av en god sömn för att fungera som de ska (8). Normalt har vi en stabil sömnstruktur med olika sömnstadier där djupsömnen är viktig för återhämtning och minnesinlagring och den lättare drömsömnen till exempel tros vara bra för kreativiteten. Under natten avtar sömntrycket och vi sover allt lättare, något som gör att vi påverkas särskilt mycket av ljud i vår omgivning under morgontimmarna. »




Figur 1. Andel mycket störda av trafikbuller från väg-, spår- och flygtrafik baserat på svar från den nationella miljöhälsoenkäten 2015 i Stockholms län (3).

Det som händer när vi störs av buller nattetid är att bullret försvårar insomning, leder till uppvaknanden under natten och även till för tidigt uppvaknande morgonen efter. Därmed förkortas den totala sömntiden. Bullret kan även orsaka förändringar i sömnmönstret med fragmenterad och ytligare sömn som följd (9). I och med att hörselsinnet alltid är öppet och genom subkortikala kopplingar, dvs. nervkopplingar som inte styrs av viljan, kan bullret även påverka oss fysiologiskt. Bland annat har man i epidemiologiska fältstudier påvisat effekter på både stresshormoner, blodtryck och hjärtfrekvens i samband med flygbullerhändelser nattetid (10, 11). Att sova dåligt är dessutom ofta förknippat med trötthet, olustkänslor och nedsatt prestation dagen efter.

Även för sömn verkar flygbuller vara mer störande än övriga trafikslag. Baserat på WHO:s exponering-responskurvor är andelen allvarligt sömnstörda vid riktvärdet 40 dB $L_{night}$ 2,0 procent för vägtrafikbuller, 2,1 procent för spårbuller och 11,3 procent för flygbuller (12). Sett till sannolikhet för sömnstadieförändringar och ytterligare uppvakningar ses riskökningar från ljudnivåer inomhus i sovrummet på 33-38 dB $L_{AS,max}$, här ses dock ingen stor skillnad mellan trafikslagen.

## Barns inlärning och prestation

Flygbuller har även visat sig kunna påverka barns inlärning och prestation negativt. Troliga mekanismer är att bullret maskerar tal, distraherar, avbryter tankeprocesser och leder till trötthet. Barn är här en särskilt känslig grupp, bland annat då deras språkförmåga inte är fullt utvecklad vilket leder till att kognitiva processer lättare avbryts. I en av de hittills största studierna på området, den så kallade RANCH-studien, studerades 3000 barn från skolor nära tre storflygplatser (Heathrow, Schiphol och Barajas). I studien fann man samband mellan flygbuller och barnens läsinlärning motsvarande 1-2 månaders försening av läsinlärningen per 5 dB ökning (13). Andra undersökningar har även visat negativa effekter av flygbuller på barnens minne, motivation och olika standardiserade test (14, 15).

## Hjärt-kärlpåverkan och metabola effekter

Att utsättas för höga bullernivåer under flera års tid kan innebära ökad risk för hjärt-kärlsjukdom, såsom högt blodtryck, hjärtinfarkt och stroke, samt även sjukdomar kopplat till ämnesomsättningen, däribland övervikt, bukfetma och typ 2 diabetes (16). De främsta orsakerna bakom sambanden är att bullret orsakar stress och sömnstörningar som båda är starka riskfaktorer för dessa sjukdomstillstånd (17). Starkast evidens ses i dagsläget för vägtrafikbuller och ischemisk hjärtsjukdom (exempelvis hjärtinfarkt) där risken att drabbas ökar med cirka 8 procent per 10 dB stegring i ljudnivån från ca 50-55 dB $L_{den}$.

För flygbuller är dock det vetenskapliga underlaget begränsat och mer forskning behövs för att klarlägga sambanden i detalj. Nyare studier visar dock intressanta resultat med tydliga kärlskador och påverkan på hjärtfunktion i samband med flygbullerhändelser nattetid (18) och även samband mellan akut flygbullerexponering och risken att avlida i hjärt-kärlsjukdom (19).

Foto: Cytonn Photography från Unsplash

## Studien Flygbuller Bromma

Under Covid-19-pandemins första våg våren 2020 minskade flygtrafiken till och från Stockholm Bromma flygplats kraftigt. Det gav upphov till en unik möjlighet att studera hur invånarna runt Bromma upplevde och påverkades av den minskade bullerexponeringen. Centrum för arbets- och miljömedicin, Region Stockholm, tog vara på tillfället och skickade ut en enkät för att kartlägga hur minskningen av flygbuller runt Bromma påverkade stockholmarnas vardagliga aktiviteter, välmående och hälsa.

Resultaten av studien finns presenterade i rapporten "Flygbuller - Bromma Så påverkades stockholmarna av minskat flygbuller under Covid-19-pandemin" (regionstockholm.se) (5).

Totalt svarade 3 582 (35,8 procent) personer på undersökningen som innehåll frågor som relaterade dels till en normalsituation, det vill säga före pandemin, dels till situationen under pandemins första våg, mars-juni 2020, då bullret minskade kraftigt. Frågorna handlade framför allt om olika besvär kopplat till bullret, exempelvis allmänt hälsotillstånd, allmän störning, kommunikation och talförståelse, vila/avkoppling, svårighet att vistas på uteplats och stressrelaterade symptom.

Resultaten visade på två huvudsakliga trender: För det första att flygbuller i en normalsituation var associerat med flera negativa effekter på människors vardagliga aktiviteter, välmående och hälsa. Tydliga exponering-responssamband framträdde mellan flygbullernivån utomhus vid deltagarnas bostad och nära nog samtliga besvär som undersöktes. Sambanden kvarstod även efter att hänsyn tagits till olika störfaktorer, såsom kön, ålder, civilstånd, utbildning, bostadstyp, boendeform, byggnadsår och bulleråtgärder i bostaden.

För det andra visade undersökningen att förekomsten av besvär till följd av flygbuller minskade kraftigt under pandemins första våg. Till exempel minskade andelen som störs mycket eller väldigt mycket av flygbuller med mellan 63 och 77 procent i de olika exponeringsgrupperna. Ytterligare ett intressant fynd var att det självskattade hälsotillståndet, som generellt sett försämrades under pandemin, försämrades mindre i de exponerade grupperna än i referensgruppen. I den mest exponerade gruppen sågs till och med en tendens till förbättrat hälsotillstånd.

Sammantaget visar resultaten från studien att det finns vinster att göra med att minska stockholmarnas exponering för flygbuller; vinster i form av minskade bullerrelaterade besvär, ökat välbefinnande och förbättrad hälsa.

**$L_{Aeq,24h}$, ekvivalent ljudnivå**: Anger medelljudnivån under en viss tidsperiod, ofta ett dygn.

**$L_{den}$, dag-kväll-natt-nivå**: Anger medelljunivån under ett dygn där bullerhändelser kvälls- och nattetid viktats upp med 5 respektive 10 dB. Mått som används inom EU.

## Referenser


1. Naturvårdsverket 2014. Kartläggning av antalet överexponerade för buller. Sweco på uppdrag av Naturvårdsverket. Stockholm, 2014.
2. WHO 2018. WHO Environmental noise guidelines for the European Region. World Health Organization Regional Office for Europe. Köpenhamn, 2018.
3. CAMM 2020. Trafikbuller I befolkningen – Exponering, utsatta grupper och besvär. Centrum för arbets- och miljömedicin, Region Stockholm. Rapport 2020:03. Stockholm, 2020.
4. FoHM 2017. Miljöhälsorapport 2017. Folkhälsomyndigheten. Stockholm, 2017.
5. Eriksson C m.fl. Flygbuller Bromma – Så påverkades stockholmarna av minskat flygbuller under Covid-19-pandemin. Centrum för arbets- och miljömedicin, Region Stockholm. Rapport 2022:03. Stockholm, 2022.
6. FoHM 2019. Hälsoeffekter av buller och höga ljudnivåer. Folkhälsomyndigheten. Stockholm, 2019.
7. Guski R m.fl. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance. Int J Environ Res Public Health. 2017;14(12).
8. WHO 2009. Night Noise Guidelines for Europe. World Health Organization Regional Office for Europe. Köpenhamn, 2009.
9. Muzet A 2007. Environmental noise, sleep and health. Sleep Med Rev. 2007; 11(2):135-42.
10. Haralabidis AS m.fl. Acute effects of night-time noise exposure on blood pressure in populations living near airports. Eur Heat J. 2008; 29(5):658-64.
11. Selander J m.fl. Saliva cortisol and exposure to aircraft noise in six European countries. Environ Health Perspect. 2009; 117(11):1713-7.
12. Basner och McGuire 2018. WHO Environmental noise guidelines for the European Region: A systematic review on environmental noise and effects on sleep. Int J Environ Res Public Health. 2018; 15(3):519.
13. Clark C m.fl. 2006. Exposure-effect relations between aircraft and road traffic noise exposure at school and reading comprehension. The RANCH project. Am J Epi. 2006; 163:27-37.
14. Klatte M m.fl. Does noise affect learning? A short review on noise effects on cognitive performance in children. Fron Psychol. 2013; 4:578.
15. Bluhm G och Eriksson C. Flygbuller och barns hälsa. Institutet för Miljömedicin, Karolinska Institutet. Stockholm 2014.
16. Van Kempen m.fl. 2018. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary. Int J Environ Res Public Health. 2018 22;15(2):379.
17. WHO 2018. Biological Mechanisms related to cardiovascular and metabolic effects by environmental noise. World Health Organization Regional Office for Europe. Köpenhamn, 2018.
18. Schmidt FP m.fl. The impact of aircraft noise on vascular and cardiac function in relation to noise event number: a randomized trial. Cardiovascular Res. 2021. 117(5):1382-1390.
19. Saucy A m.fl. Does night-time aircraft noise trigger mortality? A case-crossover study on 24 886 cardiovascular deaths. Eur Heart J. 2021;42:835–843.


*CAMMs hemsida: Centrum för arbets- och miljömedicin (CAMM) | Region Stockholm*
*https://www.camm.regionstockholm.se/*

*IMMs hemsida: Institutet för miljömedicin (IMM) | Karolinska Institutet*
*https://ki.se/imm*

*Charlotta Eriksson är Epidemiolog vid Centrum för arbets- och miljömedicin, Region Stockholm, och aktiv som forskare vid Institutet för Miljömedicin (IMM) vid Karolinska Institutet. Charlotta disputerade år 2012 med en avhandling om hjärt-kärlpåverkan och metabola effekter av trafikbuller. Hon har sedan dess arbetat med både forskning och tillämpat arbete inom Region Stockholm och har även genomfört flera större riskbedömningsuppdrag om trafikbuller och hälsa åt flera av våra nationella myndigheter, däribland Naturvårdsverket, Trafikverket och Folkhälsomyndigheten.*


Charlotta Eriksson
*Med. Dr.*
*Centrum för arbets- och miljömedicin, Region Stockholm*
*Institutet för Miljömedicin, Karolinska Institutet*
*charlotta.eriksson@ki.se*


**Vill du som medlem dela med dig av något intressant, nytänkande eller något du vill ta upp för diskussion?**

LjudBladet vänder sig till akustiker inom ett brett spektrum av olika specialiteter. Tidningen når drygt 250 medlemmar och utkommer två gånger om året.
Skicka en artikel som du vill publicera till
*info@akustiska-sallskapet.org*

*Mer information om vad för material som önskas inför en publicering finns på sidan 40.*

# DJUNGELLEKAN
## LJUDMILJÖPRISET 2022

*Manne Friman (Efterklang)*
*manne.friman@efterklang.org*
*Martin Hallberg (Efterklang)*
*martin.hallberg@efterklang.org*

**Tänk dig att du sitter i en bil och sakta rullar fram längs rader av fordon, tunga som lätta, för att åka på en färja. Mullret från lastbilarna och den bullriga containerhanteringen i hamnen dånar när du vevar ner rutan. Bredvid ditt körfält ser en lekpark. Hur har man tänkt där egentligen? Ganska bra tydligen.**

Vinnaren av Svenska Akustiska Sällskapets Ljudmiljöpris för år 2022 är Djungellekan - en djungellekplats som med hjälp av akustisk design, bullerdämpning och ljuddesign skapat en lekfull miljö man trivs i - mitt i ett hamnområde i en gammal torrdocka.

För oss på Efterklang är detta ett bevis på att man kan använda positiva ljud för att skapa en ljudmiljö som man trivs att vara i även i mycket bullerutsatta områden. Genom att dämpa trafikbuller och öka mänskliga ljud och naturljud så upplever vi ljudmiljön bättre.

Efterklang fick i uppdrag av Helsingborgs Stad att formge och komponera ett ljudlandskap till djungellekplatsen. Ljudlandskapet skulle harmoniera med den visuella utformningen och inspirera till lek. Då Djungellekan ligger i ett bullerutsatt område, i nära anslutning till av- och påfart för färjetrafik över Öresund, påbörjades uppdraget med att skapa rätt akustiska förutsättningar för platsen. En bullerskyddsskärm har uppförts för att reducera trafik- och hamnbuller. Dämpningen är ca 10 dB då parken är något lägre än vägarna som trafiken går på. Det beräknade dygnsekvivalenta ljudnivån är lägre än 55 dBA i parken. På distans ser bullerskyddsskärmen ut som gamla containers för att anspela på områdets tidigare användningsområde och identitet.

Bakom bullerskyddsskärmen öppnar sig djungellandskapet som gestaltas av exotisk växtlighet och stora djur i vacker träkonstruktion. Lekplatsen involverar alla sinnen, där ljud är integrerat som en naturlig del av upplevelsen och leken. Naturens egen symfoni har varit inspirationskälla och för att återskapa en naturtrogen ljuddistribution har ett 12-kanaligt högtalarsystem använts. På så sätt kan olika ljud spelas på olika platser runtom i parken för att skapa en spännande ljudekologi.

Ljuddesignen består av ljudscener som spelas upp vid givna tider. Den innehåller överraskande element såväl som bekanta natur- och djurläten. Det kan vara apor, ett lejon som ryter eller en blåval som cirkulerar runt hela parken i det flerkanaliga systemet. Det är också djungelljud från vegetation och regnljud. Djungelljuden maskerar trafikbullret men hålls på en nivå som inte ska störa grannar. I utkanten av parken så har ett vattenfall byggts som skapar ett brusande ljud som maskerar stadens buller och skapar en lugnare oas för de som vill vistas i den omgivande parken för lugn och ro.

Utöver ljudscener som spelas upp, finns flera interaktionsljud installerade på djungellekplatsen och i parken. Interaktiva giraffhalsar berättar djurfakta till den som lägger örat mot de inbyggda högtalarna. Den stora gorillan kan ljudaktiveras genom att trycka på en knapp, och erbjuder därmed en multisensorisk lekupplevelse.

*Läs mer Djungellekan och hur besökarna upplever den på Efterklangs hemsida: https://efterklang.org/projects/djungellekan-playground-helsingborg/*

Martin Hallberg
*Akustikkonsult*
*Efterklang, AFRY AB*
*martin.hallberg@efterklang.org*

Manne Friman
*Akustikkonsult*
*Efterklang, AFRY AB*
*manne.friman@efterklang.org*

# IFALL DU INTE VISSTE DET:

# MED NYA B&K 2245-LJUDNIVÅMÄTAREN SÅ BLIR JOBBET GJORT PÅ NOLLTID

Oavsett om du mäter ljud på arbetsplatsen, kontrollerar bullerklagomål eller arbetar för ett företag som skapar ljud så finns det en gemensam nämnare – nämligen att du behöver utföra ljudmätningar och -analyser. Och även om detta ingår i ditt arbete så är det förmodligen inte något du gör varje dag. Så om du gillar tanken på att utföra arbetet snabbare, enklare och utan problem så är B&K 2245 den perfekta ljudnivåmätaren för dig.

**Hottinger Brüel & Kjær Sweden**
Sjöängsvägen 15, 192 72 Sollentuna, Sweden
Phone: +46 8 756 23 33
info.se@hbkworld.com

Brüel & Kjær
BEYOND MEASURE

# DOKTORSAVHANDLINGAR FRÅN CHALMERS & KTH

*Carl Andersson*
*Gothenburg, Sweden 2022*
*Architecture and Civil Engineering,*
*Applied Acoustics*

## Sound Field Design for Transducer Array-Based Acoustic Levitation

Acoustic levitation is a technique where sound waves are used to hold an object at a designated position, suspending it against other external forces and keeping it stable in the desired position. Transducer arrays are an arrangement of many loudspeaker elements, tuned such that the array creates a sound field that is too complicated for the individual elements to produce on their own. Sound field design refers to the process of prescribing some target criteria for a sound field, describing these criteria mathematically, and apply some method to produce a sound field with these criteria fulfilled.

This thesis is about combining these three concepts. The necessary criteria for levitation to take place are described, using radiation pressure from sound waves in air as the physical mechanism by which the levitation forces are produced. Ultrasonic transducer arrays are modeled using analytical descriptions for the wave propagation, as well as for the predictions of the radiation forces on spherical objects of various sizes. The sound fields required to successfully levitate objects are obtained by numerically optimizing the magnitudes and phases of the elements in the mono-frequent transducer arrays. This is achieved by deriving design criteria from intuitive considerations of the conditions needed for levitation, quantifying these criteria as a single valued cost function which is minimized with a Quasi-Newton method.

The thesis is focused on two main aspects: how to define a suitable cost function for a single levitation trap, and how to levitate multiple objects via mutual quiet zones. The design criteria for a trap are described using a vector field approach, representing properties of the force field with invariant quantities evaluated at the desired levitation position. These quantifiers are scaled by the characteristic quantities of the system and transformed to a satisficing cost function, which avoids over-optimization by reducing the prioritization of a particular criterion when closer to fulfilled. Multiple objects are levitated by superposing sound fields with mutual quiet zones, i.e. each sound field has a trap for one object and quiet zones where all the other objects will be. □

> two main aspects: how to define a suitable cost function for a single levitation trap, and how to levitate multiple objects via mutual quiet zones

---

*Jannik Theyssen*
*Gothenburg, Sweden 2022*
*Architecture and Civil Engineering,*
*Applied Acoustics*

## Simulating rolling noise on ballasted and slab tracks: vibration, radiation, and pass-by signals

Shifting to rail-bound freight and passenger traffic is key in Europe's strategy towards transport decarbonisation. However, increasing railway traffic can increase environmental noise pollution. Rolling noise is often the dominant noise source. It originates from the interaction of the rough running surfaces of wheel and rail. Predicting rolling noise and performing acoustic optimisation of existing and new tracks requires validated, flexible, and physics-based prediction tools. This is especially relevant for the different designs of ballastless tracks, which are increasingly used for high-speed lines. Therefore, this thesis aims to develop and implement a modelling approach for rolling noise in the time and frequency domain to increase understanding of sound radiation, investigate noise mitigation measures, and allow research of the perception of transients in rolling noise.

To achieve this, models for vibration in wheels and several types of ballasted and slab tracks have been implemented using the Waveguide Finite Element method. This method allows an efficient prediction of the track vibration up to high frequencies. Next, models for the sound radiation from wheel and track were implemented using adaptions of the Boundary Element method (BEM), such as the Fourier series BEM and the wavenumber domain BEM.The computational efficiency was addressed in multiple ways. Finally, an approach to simulate the sound produced at a stationary track-side receiver has been developed and implemented based on moving Green's functions. The simulations were largely implemented in in-house Python code. The ballasted and slab track dynamic models have been tuned and compared with measurements on full-scale tracks.

The developed models have been used to analyse the vibrations in track and wheel and the acoustic radiation from these vibrations. This allowed the investigation of noise mitigation measures. Further, the necessary complexity of the dynamic track model for predicting rolling noise in time domain was investigated. Two parameter studies were carried out with a focus on track design with lower noise emission. Slab tracks with booted sleepers showed a potential for noise reduction without increasing loads on the track structure. A continuous rail support lowered the radiated sound power at high frequencies. The contributions of different wheel modes to the radiated sound were investigated considering the directivity of each mode, and dominant modes were identified. The established models produce time signals usable for auralisation, which, among others, has the potential to research human perception of transients in rolling noise. □

> this thesis aims to develop and implement a modelling approach for rolling noise in the time and frequency domain

*Eva Lundberg*
*Stockholm, Sweden 2022*
*Vehicle and Maritime Engineering,*
*Vehicle Engineering Fluid Mechanics and Acoustics*

## Micro-structural based acoustic modelling of anisotropic open cell materials

A method for the calculation of the acoustic performance of open-cell foammaterials is discussed. From a known micro-structural geometry and the constituent material, the relevant acoustic properties are computed using apreviously published analytical method for the calculation of the dynamic drag impedance and a previously published method for the calculation of the elastic moduli. These have been combined and are here used to generate the necessary inputs to a fully anisotropic state space formulation of a TransferMatrix Method (TMM) based solution where only geometry and material properties need to be known. From the TMM solution, the sound absorption and sound transmission loss of multilayer panels including anisotropic opencell materials is estimated. It is shown that the proposed method may be used in an optimization of sound absorption in multi-layer porous materials, where the different layers can have different degrees of anisotropy in their acoustic and elastic properties. In the current work, the micro-geometry is based on the Kelvin cell which then is modified to achieve a controlled degree of anisotropy. The method has been validated by comparing the absorption and sound transmission loss for isotropic porous materials have been compared to equivalent structures computed with a commercial TMM mode, including a porous material which has been fully characterized with regard to previously published Johnson-Champoux-Allard parameters. In addition the calculated dynamic drag impedance has been compared to measurements conducted on a series of small samples with a defined 3D printed micro geometry for which the static flow resistivity has been measured. The method in general underestimates the dynamic drag impedance compared to the static flow resistivity due to not including the contributions to the losses from the constrictions between the struts close to the cell vertices. All verification show a good degree of agreement, confirming that for open-cell porous materials with reasonably high porosity the method may be used for design of novel acoustic treatments. □

> all verification show a good degree of agreement, confirming that the method may be used for design of novel acoustic treatments

---

*Asuka Gabriele Pietroniro*
*Stockholm, Sweden 2023*
*Engineering Mechanics,*
*Fluid Mechanics and Acoustics*

## Turbocharger Compressor Noise: a Numerical Study

Road transport is the primary means of conveyance of passengers and freight in the EU, accounting for 71% and 52% of the totals, respectively. At low speeds and in situations with frequent start-stops and accelerations, i.e., typical in downtowns and residential areas, the noise from the turbocharger compressor becomes a distinctive source of noise and an important contributor to road transport noise, affecting human health and wildlife, both inside and outside urban areas. To reach quieter operation, the reduction of the aerodynamic noise sources must be addressed; by investigating the noise mechanisms, it is possible to develop noise reduction technologies.

The thesis' aim is to be a systematic numerical study of the aerodynamically generated noise in turbocharger compressors. Several simulation techniques were employed in the search for a thorough understanding of the acoustic behaviour of such machines, spanning from the steady state Reynolds averaged Navier Stokes (RANS) with a quick turnaround to the scale-resolving detached eddy simulation (DES), allowing to retrieve information about the acoustic field by means of turbulence predictions and the direct noise computation (DNC) approach. The acoustic results, only describing source information thanks to the non-reflecting boundary conditions developed as part of the work, were verified against experimental data with satisfactory match. On data from such setups, decomposition techniques based on the momentum potential theory (MPT) and the dynamic mode decomposition (DMD) were implemented to gain further insight into the noise generation mechanisms and the locations of the fluctuations of main interest.

The study is a valuable base on which to develop further aerodynamic noise source investigations within rotating machines. □

> the study is a valuable base on which to develop further aerodynamic noise source investigations within rotating machines

# ACOUTRONIC

# Er partner inom Ljud och Vibrationer

## *Ljud- & Vibrationsmätare*

SVANTEK

## *Bullerövervakning*

SVANTEK

## *Portabla mätsystem*

SINUS Messtechnik GmbH

## *Byggnads- & rumsakustik*

## *Mätmikrofoner*

MICROTECH GEFELL

## *Akustisk Kamera*

gfai tech

acoustic camera

www.acoutronic.se ♦ +46 8 765 02 80 ♦ info@acoutronic.se

*Alexander Kassberg (Efterklang)*
*alexander.kassberg@efterklang.org*

# MER LJUD PÅ KONTORET!

**Många har nu återvänt till kontoret efter en längre period med hemarbete. Att komma tillbaka till den gemensamma arbetsplatsen innebär en stor omställning för många som har vant sig vid hemmets tysta ljudlandskap. Erfarenheterna av distansarbete har lett till nya krav på kontorsmiljöer, där de anställda förväntar sig att deras arbetsplats ska vara mer flexibel och tillmötesgående, och erbjuda både fokus och social samvaro. En genomtänkt ljudmiljö är helt central för att uppnå detta, och faktum är att vi ibland faktiskt behöver tillsätta ljud till kontoren.**

På arbetsplatser med öppna kontorslandskap är ljudmiljön en återkommande källa till klagomål, även innan pandemin fick oss att ställa om till distansarbete. Oregelbundet 'buller' från kollegors samtal, sorl och fotsteg gör det svårt att koncentrera sig och kan leda till stress och irritation. Därför är en bra ljudmiljö en fundamental aspekt för att både attrahera och behålla talanger på den konkurrensutsatta arbetsmarknaden. Många företag har påbörjat stora insatser för att anpassa sina kontor, och ljudmiljön är en integrerad del i arbetet.

## Balansen är utmaningen

En välplanerad ljudmiljö är en avgörande faktor för att uppnå en attraktiv och trivsam arbetsmiljö, men vad innebär det i praktiken?

På det stora hela handlar det om balans. När kontorsbyggnader och kontorslandskap planeras är det viktigt att eftersträva en god ljudmiljö som möjliggör kommunikation mellan kollegor utan att störa andra medarbetare. Samtidigt är det idag tydligare än någonsin att en arbetsplats inte bara är ett utrymme för koncentrerat soloarbete. Hänsyn måste också tas till att social samvaro är en av poängerna med kontoret och därmed behövs ytor för umgänge, prat och skratt. Det är en utmaning att balansera dessa olika behov och det ställer därför höga krav på utformningen av arbetsplatsen.

## Tystnad – trevligt eller terror?

Dagens öppna kontorslandskap byggs rejält dämpade och isolerade i tron om att en tyst arbetsplats innebär en arbetsmiljö där vi kan koncentrera oss. Vi möter ibland nybyggda kontor där bakgrundsbruset är så svagt som 20 dBA (!). Men ett alltför dämpat och välisolerat kontor kan leda till en spänd stämning där det blir svårt att koncentrera sig och svårt att slappna av. Om minsta lilla ljud hörs tydligt över hela kontoret så påverkar vi vårt beteende därefter, till exempel genom att sänka våra röster och röra oss försiktigt för att inte störa våra kollegor. Taluppfattbarheten blir helt enkelt för god. Tystnad är inte alltid eftersträvansvärt. En välfungerande ljudmiljö på kontoret handlar i stället om att hitta rätt balans mellan ljud och tystnad. Ibland behöver de anställda en tyst och lugn miljö för fokuserat arbete, ibland behöver de det motsatta – en medvetet livlig miljö för samarbete, möten och social samvaro. Ljudbehoven är också högst individuella: Vissa personer fungerar bäst i tyst och lugn, andra är som mest produktiva i livligare miljöer. En modern arbetsplats behöver erbjuda flera olika ljudmiljöer, där de anställdas olika behov och arbetsuppgifter tillgodoses. »

## Ett helhetsperspektiv

Men hur skapar man en välfungerande och dynamisk ljudmiljö på en arbetsplats? Det första steget för att skapa en god ljudmiljö är självklart att projektera den grundläggande akustiken, som luft- och stegljudsisolering, buller utifrån samt buller från diverse installationer. Därefter ska rumsakustiken optimeras genom val av ljuddämpande absorberande material eller diffusorer som sprider ljudet. Den akustiska lösningen handlar om samspelet mellan rummets storlek och funktion, ytor och inredning, antalet människor och vilket ljud det handlar om. Klassisk rumsakustik, med andra ord.

För att sedan hitta rätt balans mellan ljudliga och tysta miljöer krävs ett helhetsgrepp som sträcker sig utöver traditionella akustiktjänster. När den akustiska grunden är på plats kan man börja titta på hur miljöer kan "dekoreras" med ljud. Detta kan göras med hjälp av så kallad soundscaping, som innebär avsiktlig användning av ljud för att förbättra upplevelsen eller förtydliga funktionen av ett rum eller utrymme. För att bjuda in till socialt umgänge på en specifik yta kan man tillföra musik som bidrar till en uppsluppen stämning. Musik tycks fungera som ett socialt smörjmedel – vill vi umgås med vänner i en avslappnad miljö går vi trots allt

Och för att öppna upp för fokuserat arbete kan man, utöver att ha helt tysta rum, tillsätta ljud med maskerande funktion i kontorslandskap som annars skulle ha för svagt bakgrundsbrus. Telefonsamtalet i andra änden av kontorslandskapet blir inte längre lika störande när vi inte uppfattar vad som sägs. Naturljud som fågelkvitter och lövsus skapar en naturligt lugnande miljö, och forskning visar att vi återhämtar oss från stress snabbare om vi är omgivna av naturljud.[1]

Samspelet medan vad som hörs och syns på kontoret är också viktig. Att tillsätta ljudmaskerande miljöljud på ett kontor med utsikt mot en träddunge eller park gör att ljudet uppfattas som en naturlig del av miljön. På ett kontor med utsikt mot vatten kan inspelat vågbrus fylla samma funktion som lövsuset, och passa bättre in i miljön. För att förena ljudet med den visuella upplevelsen inomhus kan man till exempel skapa gröna ytor med växtväggar.

Genom att skapa ett aktivitetsbaserat ljudlandskap med möjlighet till både sociala ytor och utrymmen för fokuserat ensamarbete kan arbetsplatser tillgodose de anställdas olika behov, öka trivseln och effektiviteten, och dessutom förbättra den social samvaron.

[1] Nilsson, Wiens, Alvarsson (2010). *Stress Recovery during Exposure to Nature Sound and Environmental Noise.* International Journal of Environmental Research and Public Health

*Samtilga fotografier är tagna på Vasakronans coworking-kontor "Arena Magasin X" i Uppsala.*

Alexander Kassberg
*Sound Designer – Studio Manager*
*Efterklang, AFRY AB*
*alexander.kassberg@efterklang.org*

*Huong Nguyen (LU)*
*nguye32h@mtholyoke.edu*

# THE EFFECT OF FURNITURE ON ROOM ACOUSTIC PARAMETERS AND ITS DEPENDENCE ON DIFFERENT SUSPENDED CEILINGS' SOUND ABSORPTIVE PROPERTIES

## Introduction

The most common room acoustics solution in the design of ordinary rooms is a suspended absorbent ceiling. In rooms with furniture, the absorption of the sound scattered energy will depend on the absorbing efficiency of the suspended ceiling which is not accounted for in classical diffuse field models such as Sabine's formulation. Existing standard EN 12354-6:2003 introduces several calculation methods to estimate the reverberation time in furnished rooms based on Sabine's formulation [1]. In the new Swedish standard SS 25268:2023, it is recommended to exclude the effect of furniture if the space is not specifically designed as an open office landscape [2]. This is due to uncertainties in results that can be attributed to the lack of a suitable calculation method for a non-diffuse room with absorbent ceilings as well as reliable input data on furniture acoustical properties. Therefore, the contribution of furniture is of particular interest and shall be studied further to develop a more accurate calculation model and quantifying method for absorption properties. The content of this paper is part of an ongoing master thesis project at Lund University in collaboration with Saint-Gobain Ecophon AB.

## Methodology

To evaluate the effect of furniture on different types of suspended ceilings, a series of measurements were conducted with varying degrees of furnishing. In this study, 5 ceiling materials ranging from highly reflective (Gyptone Base) to highly absorptive (Master A) were mounted in 7 different configurations. Furniture consisting of 3 tables, 6 chairs, 4 upholstered chairs as well as 6 vertical diffusers arranged into 5 configurations were measured for every configuration of suspended ceilings in the reverberant room. For the measurements of reverberation time $T_{20}$ and speech clarity $C_{50}$, an exponential sweep signal was sent to an omnidirectional loudspeaker and the room's impulse response was recorded by a free-field microphone. A total of six microphone positions were measured for two sound source positions. To generate a steady state in the room for the measurements of sound strength G, a calibrated sound source with known sound power was used. The room's impulse response was then recorded at the same source and microphone positions as in the previous measurements.

## The effect of furniture on room acoustic parameters

To assess the calculation method described in EN 12354-6:2003, the expected reverberation time $T_{20}$ of the room with and without furniture for two ceiling configurations, Gyptone Quattro and Master A, is estimated using Sabine's formulation. The furniture configuration consists of 3 tables and 6 chairs, and the equivalent absorption area of the furniture is obtained from measurement data. The expected reverberation time $T_{20}$ is presented together with measurement data for each ceiling configuration in Figure 2 and Figure 3.

The difference between the estimated reverberation time for a room with and without furniture is negligible as illustrated in Figure 2 and Figure 3. This is because the equivalent absorption area of the furniture estimated with Sabine's formulation is significantly less than that of the absorptive ceiling. However, measurement data demonstrate that the effect of furniture is most prominent between 500-1000 Hz with a reduction of more than 1 s at 500 Hz for both ceiling configurations. The contribution of furniture can be said to be both absorption and scattering, of which scattering refers to the splitting up of grazing waves travelling almost parallel to the ceiling surface. »

Figure 1. Measurement setup with 3 tables and 6 chairs (left) and 3 tables, 4 upholstered chairs and 6 vertical diffusers (right).

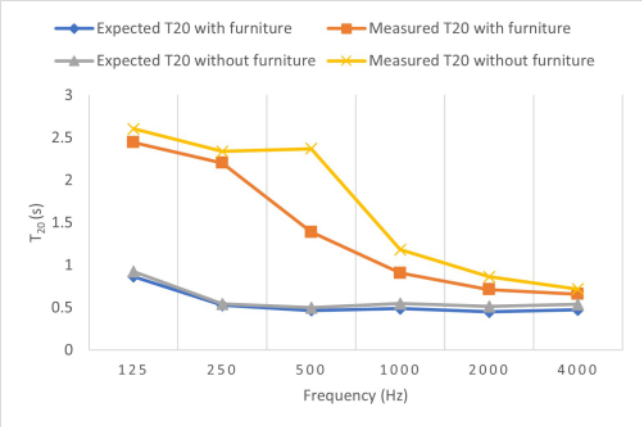



Figure 2. Expected $T_{20}$ and measured $T_{20}$ with and without furniture for Gyptone Quattro.

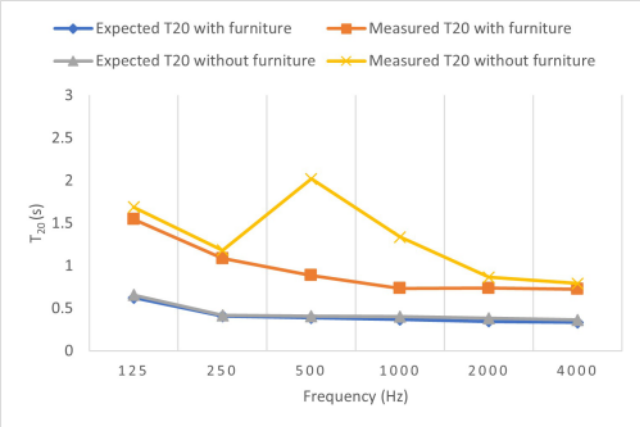



Figure 3. Expected $T_{20}$ and measured $T_{20}$ with and without furniture for Master A.

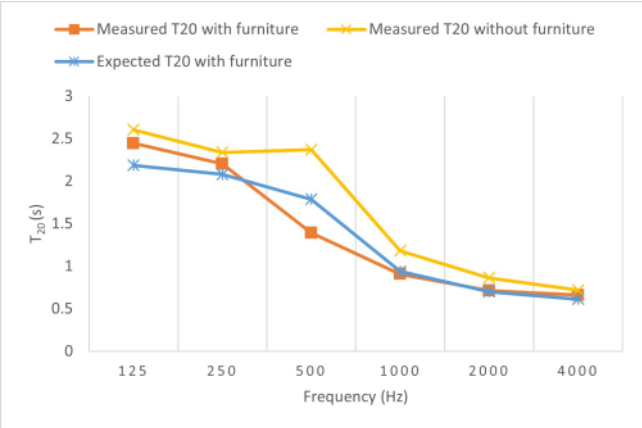



Figure 4. Comparison of expected $T_{20}$ and measured $T_{20}$ for a room with Gyptone Quattro.

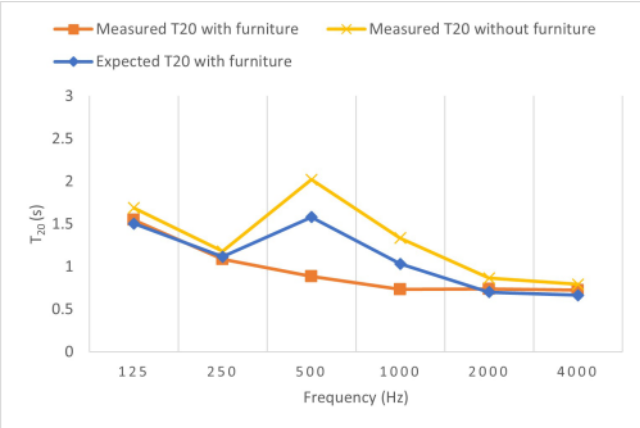



Figure 5. Comparison of expected $T_{20}$ and measured $T_{20}$ for a room with Master A.

If the reverberation time in the unfurnished room with ceiling treatment is known, the total equivalent absorption area for the room surfaces $A_{surface}$ can be derived using Sabine's formulation. By combining $A_{surface}$ with the equivalent absorption area of furniture $A_{furniture}$ obtained from measurement, the expected reverberation time $T_{20}$ when the room is furnished with 3 tables and 6 chairs can be calculated. Comparisons between measured $T_{20}$ and expected $T_{20}$ for Gyptone Quattro and Master A are presented in Figure 4 and Figure 5.

The estimated reverberation time is approximately 0,4 s longer than measurement data at 500 Hz with Gyptone Quattro and 0,7 s longer with Master A for the same frequency band. The disparity is due to the diffuse model employed in calculating the equivalent absorption area of furniture $A_{furn}$ which does not encompass the scattering effect mentioned above. Furthermore, it is evident that the scattering effect of furniture depends on the absorptive properties of the ceiling treatment. Therefore, a novel method for the quantification of furniture is needed to include both absorption and scattering effects of furniture on reverberation time and its dependence on the suspended ceilings' absorptive properties.

The effect of furniture on speech clarity $C_{50}$ and sound strength G is most significant between 500-2000 Hz for all ceiling configurations when adding furniture with textile such as chairs and upholstered chairs. This is consistent with findings from previous research [3][4]. A more detailed analysis can be found in the master thesis available in June.

## Conclusion

Previous studies have demonstrated the influence of furniture on room acoustic parameters reverberation time $T_{20}$, speech clarity $C_{50}$, and sound strength G specifically between 500-2000 Hz. The absorptive and scattering effects of furniture depend, however, on the absorptive properties of the suspended ceilings. Thus, without a suitable quantifying method for the effect of furniture, recommendation to not include furniture in the Sabine's formulation according to SS 25268:2023 is well motivated.

## References

[1] EN 12354-6: Building Acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements – Part 6: Sound absorption in enclosed spaces; European Committee for Standardization: Brussels, Belgium, 2003.

[2] SS 25268:2023, Byggnadsakustik – Ljudkrav för utrymmen i byggnader – Vårdlokaler, undervisningslokaler, förskolor och fritidshem, kontor, hotell och restauranger; SIS: Sweden, 2023.

[3] Arvidsson, E.; Nilsson, E.; Bard Hagberg, D.; Karlsson, O.J.I. Quantification of the Absorption and Scattering Effects of Diffusers in a Room with Absorbent Ceiling. Buildings 2021, 11, 612.

[4] Arvidsson, E.; Nilsson, E.; Bard Hagberg, D.; Karlsson, O.J.I. The effect on room acoustical parameters using a combination of absorbers and diffusers—An experimental study in a classroom. Acoustics 2020, 2, 505–523.

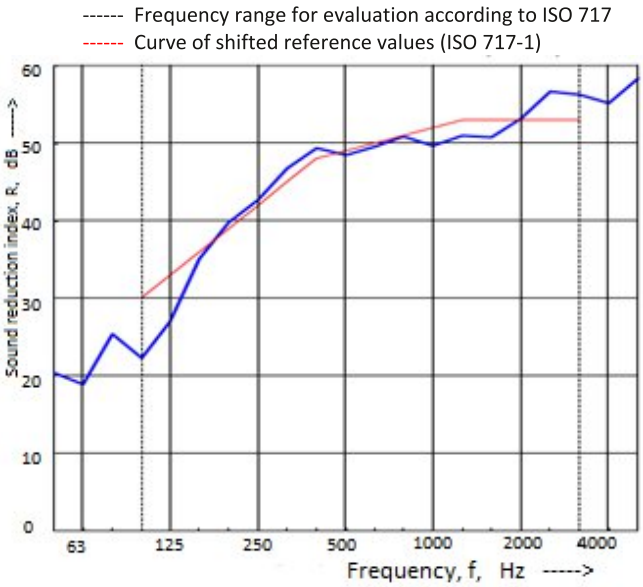
Houng Nguyen
*Faculty of Engineering LTH*
*Lund University*
*nguye32h@mtholyoke.edu*

# HEDEMORADÖRREN

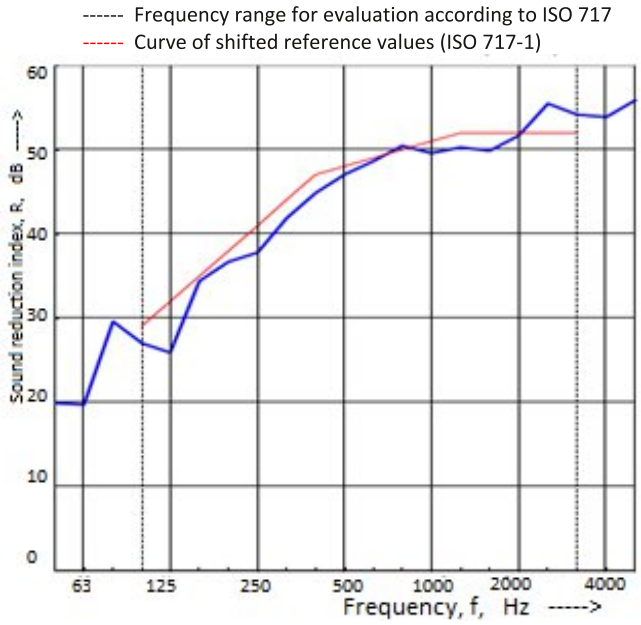
Är helt utvecklad och tillverkad i Sverige och kan fås både som stål- och trädörr.
Trädörrarna har nyligen uppgraderats och blivit ommätta hos RISE, Borås.
I tät utförande mäter standardträdörren $R_w$ 49 dB, med glasning G01 uppnås $R_w$ 48 dB.

För mer information, se www.hedemoradorren.se

| Frequency f [Hz] | R 1/3 OB [dB] |
|---|---|
| 50 | 20.4 |
| 63 | 18.9 |
| 80 | 25.4 |
| 100 | 22.3 |
| 125 | 27.0 |
| 160 | 35.1 |
| 200 | 39.8 |
| 250 | 42.7 |
| 315 | 46.8 |
| 400 | 49.4 |
| 500 | 48.5 |
| 630 | 49.6 |
| 800 | 50.9 |
| 1000 | 49.7 |
| 1250 | 51.0 |
| 1600 | 50.8 |
| 2000 | 53.2 |
| 2500 | 56.7 |
| 3150 | 56.3 |
| 4000 | 55.2 |
| 5000 | 58.4 |



| Frequency f [Hz] | R 1/3 OB [dB] |
|---|---|
| 50 | 19.9 |
| 63 | 19.7 |
| 80 | 29.6 |
| 100 | 27.0 |
| 125 | 25.9 |
| 160 | 34.4 |
| 200 | 36.7 |
| 250 | 37.8 |
| 315 | 41.9 |
| 400 | 44.9 |
| 500 | 47.1 |
| 630 | 48.7 |
| 800 | 50.5 |
| 1000 | 49.6 |
| 1250 | 50.3 |
| 1600 | 49.9 |
| 2000 | 51.7 |
| 2500 | 55.5 |
| 3150 | 54.2 |
| 4000 | 53.9 |
| 5000 | 55.9 |




*HIAK har mer än 70 års samlad kompetens, erfarenhet och kunskap som gör att vi idag är experter på ljuddämpning. Vi är din självklara partner gällande akustiska utmaningar och innovationer. HIAKs ingenjörer består av Sveriges främsta experter inom ljuddämpande lösningar och konstruktioner.*

HIAK
CUSTOMIZED NOISE REDUCTION

# Protokoll från Svenska Akustiska Sällskapets årsmöte tisdagen den 22 mars 2023

SAS Årsmöte hölls på Hotel Clarion, Arlanda den 22 mars 2023 kl 09:15-10:00.

## Punkter:

**1. Öppnande av årsmöte**

Ordföranden Hans Bodén förklarade årsmötet öppnat.

**2. Val av ordförande och sekreterare samt två justeringsmän för mötet**

Till mötets ordförande valdes: Hans Bodén
Till mötets sekreterare valdes: Karl Bolin
Till mötets justeringsmän valdes: Lars Kjellström och Torbjörn Kloow

**3. Godkännande av dagordning**

Dagordningen godkändes.

**4. Kallelse till årsmötet**

Kallelse till årsmötet var utskickad i tid och godkändes.

**5. Styrelsens verksamhetsberättelse för 2022**

Hans Bodén föredrog verksamhetsberättelse för 2022:
- SAS har nu ca 235 medlemmar inkl. pensionärer, studenter och hedersmedlemmar
- Styrelsen har haft 8 st möten
- Ljuddagen ordnades den 22 mars i Lund.
- Ljudbladet har utkommit med 2 st nummer

**6. Kassörens rapport om föreningens ekonomi**

Kassören Torbjörn Kloow föredrog 2022 års resultat- och balansräkning. Föreningen har god ekonomi och ett fritt eget kapital på 669742,44. Årets vinst blev 120986,50. Det goda resultatet för 2022 beror till övervägande del på att kostnaderna för Ljuddagen 2022 efterskänktes av Lunds tekniska högskola och att layoutkostnaden för LjudBladet blev lägre än budgeterat.

**7. Revisionsberättelse**

Revisorn Björn Tunemalm föredrog den inkomna revisionsberättelsen.

**8. Föreningsstyrelsens ansvarsfrihet för verksamhetsåret 1 jan till 31 dec 2022.**

De närvarande föreningsmedlemmarna beviljade SAS styrelse ansvarsfrihet för verksamhetsåret 2022.

**9. Val av funktionärer**

Nedanstående funktionärer valdes att ingå i styrelsen för SAS:
Ordförande: Hans Bodén (beslut togs i slutet av årsmötet ca 09:58)
Kassör: Torbjörn Kloow
Övriga styrelsemedlemmar:
Valdes 2022: Krister Larsson, Karl Bolin, Claes Hedberg, Monica Waaranperä.
Nyval: Emma Arvidsson, Rebecca Kolmodin
Valberedning: Anders Schönbeck, Mats Åbom
Revisorer: Björn Tunemalm, Maria Pettersson
Revisorssuppleant: Vakant

Föreningen tecknas av Ordförande eller Kassör var för sig. Det diskuterades vidare om det är "årsvis" eller "dagen för inval" som gäller styrelsen, att diskuteras vidare på nästa möte. Enligt stadgarna ska det finnas en revisorssuppleant (fn vakant) som bör tillsättas snarast.

## 10. Medlemsavgifter

Styrelsen föreslog oförändrade avgifter, studerande gratis utan tidsgräns
– vilket årsmötet godkände:
Ordinarie medlemsavgift: 500:-
Pensionär: 250:-
Studerande: gratis
Stödmedlemmar inkl 1st medlemsavgift: 3500:-

## 11. Ljudpriset 2021

Årets Ljudpris gick till Mats Nilsson, professor vid Stockholms universitet/Gösta Ekman laboratoriet och Karolinska institutet/Institutet för Miljömedicin. Mats var inbjuden gästtalare vid Ljuddagen. Priset, en skulptur "Musicerande Ängel" av Carl Milles, delades ut med tillhörande diplom.

## 12. Ljudmiljöpriset

Årets Ljudmiljöpris gick till Efterklang, för sitt arbete med lekplatsen Djungellekan i Helsingborg representerad av Manne Friman och Martin Hallberg som var inbjuda gästtalare vid Ljuddagen.

## 13. Pris för bästa examensarbete

Priset för bästa examensarbete delades inte ut pga av att inga nomineringar kommit in. Det diskuterades vad som skulle göras för att få in nomineringar.

## 14. Online-möte för doktorander

Ett initiativ från Örjan Johansson, professor vid Luleå Tekniska universitet om att SAS anordnar en Mikrokonferens om akustikforskningen i Sverige godkändes.

## 15. Propå från I-INCE om förslag att organisera INTER-NOISE 2027

Torbjörn Kloow redogjorde för en propå från I-INCE om att organisera Inter-Noise 2027. Planeringen sker i samarbete med Norges och Danmarks Akustiska sällskap och de närvarande föreningsmedlemmarna gav styrelsen mandat att fortsätta sondera samarbete med Norge och Danmark för en ansökan.

## Övrigt & Avslutning

BNAM kommer 2024 att hållas i Helsingfors och de sökte medlemmar som vill medverka i den tekniska kommittén. Eventuella intresserade medlemmar kan vända sig till Hans Bodén eller Torbjörn Kloow.

Vid protokollet, Arlanda 22.03.2023

Karl Bolin

Justeras

Lars Kjellström

Torbjörn Kloow

# Revisionsberättelse 2023

## Till årsmötet i Svenska Akustiska Sällskapet
**Org.nr: 802464-7755**

### Rapport om årsredovisningen

Vi har granskat årsredovisningen för *Svenska Akustiska Sällskapet*

*Styrelsens ansvar för årsredovisningen*
Det är styrelsen som har ansvaret för att upprätta en årsredovisning som ger en rättvisande bild enligt årsredovisningslagen och för den interna kontroll som styrelsen bedömer är nödvändig för att upprätta en årsredovisning som inte innehåller väsentliga felaktigheter, vare sig de beror på oegentligheter eller på fel.

*Revisorns ansvar*
Vårt ansvar är att uttala oss om årsredovisningen på grundval av vår revision. Vi har utfört revisionen enligt god revisionssed i Sverige. Vi har planerat och utfört revisionen för att uppnå rimlig säkerhet att årsredovisningen inte innehåller väsentliga felaktigheter.

En revision innefattar att genom olika åtgärder inhämta revisionsbevis om belopp och annan information i årsredovisningen. Revisorn väljer vilka åtgärder som ska utföras, bland annat genom att bedöma riskerna för väsentliga felaktigheter i årsredovisningen, vare sig dessa beror på oegentligheter eller på fel. Vid denna riskbedömning beaktar revisorn de delar av den interna kontrollen som är relevanta för hur föreningen upprättar årsredovisningen för att ge en rättvisande bild i syfte att utforma granskningsåtgärder som är ändamålsenliga med hänsyn till omständigheterna, men inte i syfte att göra ett uttalande om effektiviteten i föreningens interna kontroll. En revision innefattar också en utvärdering av ändamålsenligheten i de redovisningsprinciper som har använts och av rimligheten i styrelsens uppskattningar i redovisningen, liksom en utvärdering av den övergripande presentationen i årsredovisningen.

Vi anser att de revisionsbevis som vi inhämtat är tillräckliga och ändamålsenliga som grund för våra uttalanden.

*Uttalanden*
Enligt vår uppfattning har årsredovisningen upprättats i enlighet med årsredovisningslagen och ger en i alla väsentliga avseenden rättvisande bild av föreningens finansiella ställning per den 31 december 2022 och av dess finansiella resultat för året enligt årsredovisningslagen. Förvaltningsberättelsen är förenlig med årsredovisningens övriga delar.

Vi tillstyrker därför att årsmötet fastställer resultat- och balansräkningen.

### Rapport om förvaltning enligt stadgar

Utöver vår revision av årsredovisningen har vi även reviderat styrelsens förvaltning för Svenska Akustiska Sällskapet för räkenskapsåret 2022-01-01 - 2022-12-31.

*Styrelsens ansvar*
Det är styrelsen som har ansvaret för förvaltningen.

*Revisorns ansvar*
Vårt ansvar är att med rimlig säkerhet uttala oss om förvaltningen på grundval av vår revision. Vi har utfört revisionen enligt god revisionssed i Sverige.

Som underlag för vårt uttalande om ansvarsfrihet har vi utöver vår revision av årsredovisningen granskat väsentliga beslut, åtgärder och förhållanden i föreningen för att kunna bedöma om någon styrelseledamot har företagit någon åtgärd eller gjort sig skyldig till försummelse som kan föranleda ersättningsskyldighet.

Vi anser att de revisionsbevis vi har inhämtat är tillräckliga och ändamålsenliga som grund för vårt uttalande.

### Utlåtande

Styrelsens ledamöter har enligt vår uppfattning inte handlat i strid med föreningens stadgar. Vi tillstyrker att föreningens årsmöte beviljar styrelsens ledamöter ansvarsfrihet för räkenskapsåret 2022.

Umeå 2023-03-17

Björn Tunemalm

Karlskrona 2023-03-17

Peter Petterson

# RESULTATRAPPORT BAS96 BFL

Svenska Akustiska Sällskapet

Utskriftsdatum: 23-02-14 10:08 /Maria Kloow
Räkenskapsår: 2201 - 2212
Period: 22-01 - 22-12
Resultatrapp BAS96 BFL

Sida 1

| Konto | Namn | Per 22-12 | % | Period fg år | Uppn | Ack År | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RÖRELSENS INTÄKTER | | | | | | | |
| Försäljning | | | | | | | |
| 3000 | Medlemsavgift FÅ/okänd Sverige | 250,00 | 0 | 0,00 | 0 | 250,00 | 0 |
| 3010 | Medlemsavgift Sverige | 96 500,00 | 39 | 91 000,00 | 106 | 96 500,00 | 39 |
| 3011 | Medlemsavgift EU | 500,00 | 0 | 500,00 | 100 | 500,00 | 0 |
| 3012 | Medlemsavgift Export | 500,00 | 0 | 500,00 | 100 | 500,00 | 0 |
| 3020 | Medlemsavgift Pensionär Sverige | 5 500,00 | 2 | 5 000,00 | 110 | 5 500,00 | 2 |
| 3030 | Utställningsavgift Sverige | 36 000,00 | 15 | 35 000,00 | 103 | 36 000,00 | 15 |
| 3050 | Annonsintäkt Sverige | 45 500,00 | 18 | 40 000,00 | 114 | 45 500,00 | 18 |
| 3051 | Annonsintäkt EU | 11 000,00 | 4 | 15 950,00 | 69 | 11 000,00 | 4 |
| 3060 | Stödmedlemskap Sverige | 51 000,00 | 21 | 51 000,00 | 100 | 51 000,00 | 21 |
| Summa försäljning | | 246 750,00 | 100 | 238 950,00 | 103 | 246 750,00 | 100 |
| SUMMA RÖRELSEINTÄKTER | | 246 750,00 | 100 | 238 950,00 | 103 | 246 750,00 | 100 |
| Material och varor | | | | | | | |
| 4000 | SAS Ljudbladet Layout | 16 500,00 | 7 | 0,00 | 0 | 16 500,00 | 7 |
| 4010 | SAS Ljudbladet Tryckning | -40 795,00 | -17 | -38 417,00 | 106 | -40 795,00 | -17 |
| 4020 | Styrelse-Årsmöten | -1 328,90 | -1 | 0,00 | 0 | -1 328,90 | -1 |
| 4100 | Konferenskostnad | -379,42 | -0 | -65 482,00 | 1 | -379,42 | -0 |
| 4101 | Konferenskostnad EU | 0,00 | 0 | -2 881,28 | 0 | 0,00 | 0 |
| Summa material och varor | | -26 003,32 | -11 | -106 780,28 | 24 | -26 003,32 | -11 |
| BRUTTOVINST | | 220 746,68 | 89 | 132 169,72 | 167 | 220 746,68 | 89 |
| Arbetskraft | | | | | | | |
| 5510 | Resekostnader | -1 000,00 | -0 | 0,00 | 0 | -1 000,00 | -0 |
| Summa arbetskraft | | -1 000,00 | -0 | 0,00 | 0 | -1 000,00 | -0 |
| Övriga kostnader | | | | | | | |
| 6450 | Medlemskap NAA | -3 252,21 | -1 | -3 060,00 | 106 | -3 252,21 | -1 |
| 6451 | Medlemskap INCE | -6 300,00 | -3 | -6 138,12 | 103 | -6 300,00 | -3 |
| 6452 | Medlemskap EAA | -24 433,50 | -10 | -23 663,26 | 103 | -24 433,50 | -10 |
| 6453 | Medlemskap ICA | -6 367,14 | -3 | -6 090,00 | 105 | -6 367,14 | -3 |
| 6700 | Ekonomifunktion | -45 000,00 | -18 | -37 500,00 | 120 | -45 000,00 | -18 |
| 6760 | Ljudpriset | -8 000,00 | -3 | -6 000,00 | 133 | -8 000,00 | -3 |
| 6830 | Internet, Hemsida mm | -2 255,83 | -1 | -2 197,55 | 103 | -2 255,83 | -1 |
| 6850 | Porto, kontorsmateriel mm | -1 686,50 | -1 | -1 330,00 | 127 | -1 686,50 | -1 |
| 7660 | Bankkostnader mm | -1 379,10 | -1 | -1 325,50 | 104 | -1 379,10 | -1 |
| 7690 | Övriga kostnader | -0,50 | -0 | 0,00 | 0 | -0,50 | -0 |
| Summa övriga kostnader | | -98 674,78 | -40 | -87 304,43 | 113 | -98 674,78 | -40 |
| RÖRELSENS KOSTNADER | | -125 678,10 | -51 | -194 084,71 | 65 | -125 678,10 | -51 |
| RESULTAT FÖRE AVSKR | | 121 071,90 | 49 | 44 865,29 | 270 | 121 071,90 | 49 |
| Finansiella intäkter/kostn | | | | | | | |
| 8050 | Ränteintäkter kundfordringar | 397,81 | 0 | 0,00 | 0 | 397,81 | 0 |

Resultatrapp BAS96 BFL

Sida 2

| Konto | Namn | Per 22-12 | % | Period fg år | Uppn | Ack År | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8080 | Valutakursvinster | 0,00 | 0 | 18,56 | 0 | 0,00 | 0 |
| 8090 | Övriga finansiella intäkter | 34,85 | 0 | 0,00 | 0 | 34,85 | 0 |
| 8180 | Valutakursförluster | -518,06 | -0 | -120,60 | 430 | -518,06 | -0 |
| Summa finans intäkter/kostn | | -85,40 | -0 | -102,04 | 84 | -85,40 | -0 |
| RESULTAT FÖRE SKATT | | 120 986,50 | 49 | 44 763,25 | 270 | 120 986,50 | 49 |
| Årets resultat | | | | | | | |
| 8999 | Årets resultat | 0,00 | 0 | -44 763,25 | 0 | 0,00 | 0 |
| Summa årets resultat | | 0,00 | 0 | -44 763,25 | 0 | 0,00 | 0 |
| BERÄKNAT RESULTAT | | 120 986,50 | 49 | 0,00 | 0 | 120 986,50 | 49 |

# BALANSRAPPORT BAS96 BFL

Svenska Akustiska Sällskapet

Utskriftsdatum: 23-03-14 09:09 /Maria Kloow
Räkenskapsår: 2201 - 2212
Period: 22-01 - 22-12
Balansrapp BAS96 BFL

Sida 1

| Konto | Namn | IB År | Ing saldo 22-01 | Förändring | UB 22-12 |
|---|---|---|---|---|---|
| TILLGÅNGAR | | | | | |
| Omsättningstillgångar | | | | | |
| 1020 | Plusgiro NORDEA | 434 702,66 | 434 702,66 | 7 619,07 | 442 321,73 |
| 1040 | Sparkonto NORDEA | 202 509,28 | 202 509,28 | 30 417,26 | 232 926,54 |
| 1210 | Kundfordringar | 6 000,00 | 6 000,00 | -500,00 | 5 500,00 |
| Summa omsättningstillgångar | | 643 211,94 | 643 211,94 | 37 536,33 | 680 748,27 |
| SUMMA TILLGÅNGAR | | 643 211,94 | 643 211,94 | 37 536,33 | 680 748,27 |
| SKULDER OCH EGET KAPITAL | | | | | |
| Kortfristiga skulder | | | | | |
| 2300 | Interrimsskulder | -94 456,00 | -94 456,00 | 83 450,17 | -11 005,83 |
| Summa kortfristiga skulder | | -94 456,00 | -94 456,00 | 83 450,17 | -11 005,83 |
| SUMMA SKULDER | | -94 456,00 | -94 456,00 | 83 450,17 | -11 005,83 |
| Eget kapital | | | | | |
| 2997 | Balanserad vinst el. förlust | -503 992,69 | -503 992,69 | -44 763,25 | -548 755,94 |
| 2999 | Årets resultat | -44 763,25 | -44 763,25 | 44 763,25 | 0,00 |
| Summa eget kapital | | -548 755,94 | -548 755,94 | 0,00 | -548 755,94 |
| SUMMA SKULDER O EGET KAPITAL | | -643 211,94 | -643 211,94 | 83 450,17 | -559 761,77 |
| ÄNNU EJ BOKFÖRT RESULTAT | | 0,00 | 0,00 | -120 986,50 | -120 986,50 |

efterklang:
PART OF AFRY

## DAGS FÖR FÖRÄNDRING?

Vi letar alltid efter modiga, hängivna lagspelare till vårt team. Besök vår karriärportal för att hitta ditt nästa jobb.

## VI ÄR EFTERKLANG

Vi är ett team ingenjörer, designers och tekniska specialister som har levererat prisvinnande projekt inom akustik, buller, vibrationer och ljuddesign sedan 1956. Vi skapar ljudmiljöer och löser vibrationsfrågor, i alla skalor och inom alla sektorer.

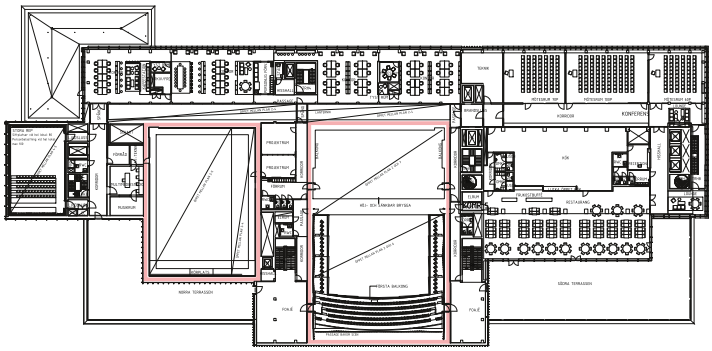
**www.efterklang.org**

*Kjell Nordmark (Brekke & Strand Akustikk)*
*kno@brekkestrand.no*

# SARA KULTURHUS OG WOOD HOTELL – SKELLEFTEÅ

**Brekke & Strand Akustikk i Norge har tillsammans med White arkitekter och entreprenör HENT utvecklat, projekterat och byggt SARA kulturhus och Wood hotell i Skellefteå. Bygget är på ca 30.000 m² och med 20 plan till toppen av hotellet byggt i KLT – trä (Konstruktivt Limmat Trä). Lars Strand och Kjell Nordmark var akustiske rådgivare i fas 2 ochg byggning.**

SARA Kulturhus i Skellefteå, ritat av White Arkitekter.



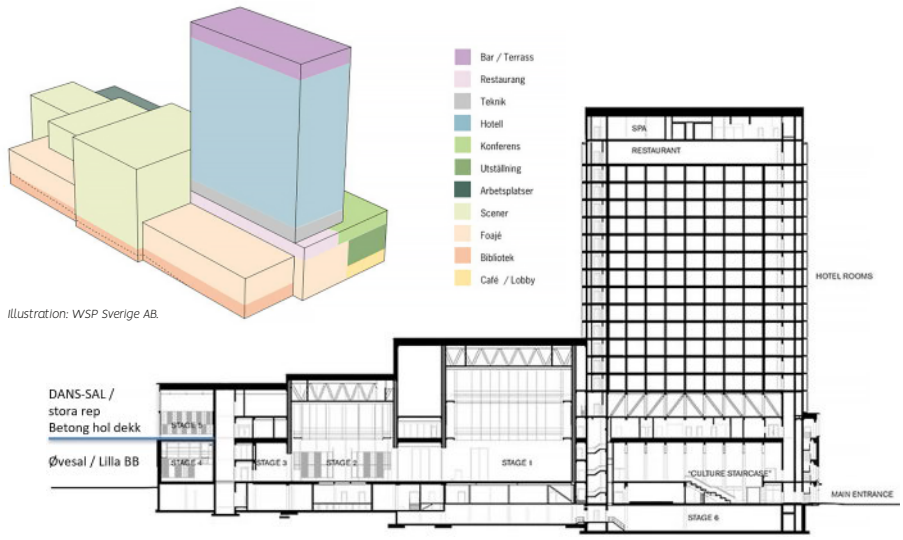
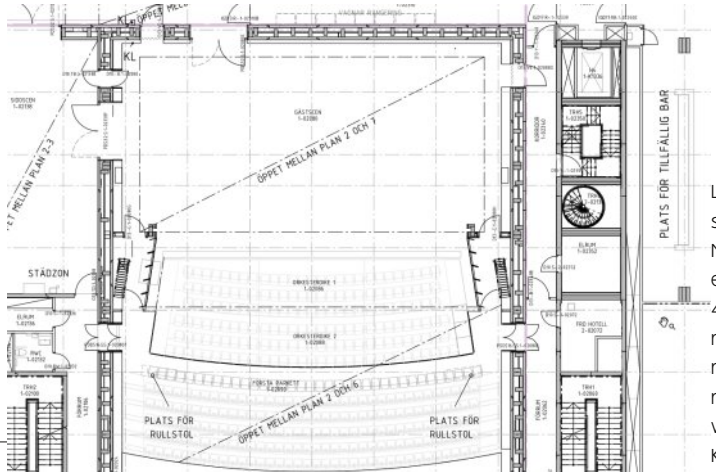


Illustration: WSP Sverige AB.



Lite mer detaljerat ser det ut i plan. Mellan KLT-elementen är det 400mm hålrum med 150mm mineralull som måste hängas in vid monteringen av KLT elementen.

## LJUDISOLERING KULTURDEL

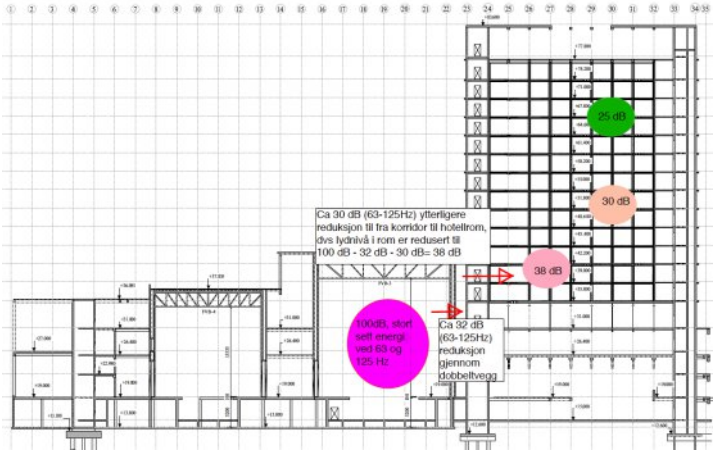
Bygget innehåller flera saler och scener inne imellan andra aktiviteter som bibliotek och konferans, museum, repsalar och ljudstudios. Alla konstruktionsdelar är i trä undantaget golv i danssalen som är i betong for få tillräcklig massa. For att säkra en god ljudisolering runt huvudsalen «Gästscen» är det etablerat en ljudfog genom bygget. Denna blev inarbetad tidigt i projektet for att kunna genomföras konstruktivt.

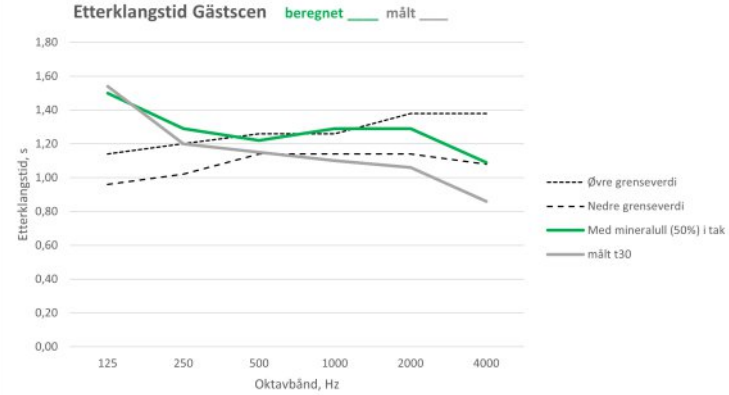
Runt salen gästscen (stage 1) och store blackboks (stage 2) är det dubbla KLT element med mineralull mellan i hålrummet. Elementen i Gästscen er 22 m höga och är konstruerade med 140 mm tjocka KLT skivor med pålimmade pelare. Varje sida står på sitt eget stödsystem ner till betongbotten plattan. »

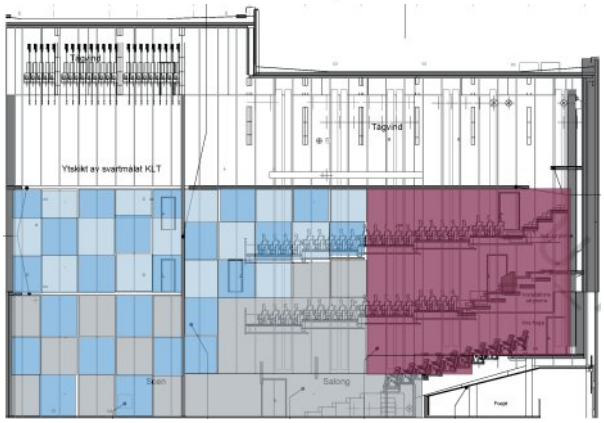
Det höga hotellet måste stöttas på den yttre väggsidan och takkonstruktionen i Gästscenen för att få tillräcklig vindstabilitet. Kopplingen är dimensionerad elastisk och vi har beräknat att de nedre delerna av hotellet kunde få lite höga ljudnivåer under konsert, men att från hotellplan 5 och uppöver, blir det möjligt att sova med konsert i salen.

## RUMSAKUSTIK GÄSTSCEN

Gästscenen är dimentionerad till och vara en teatersal med möjlighet för att öka efterklangstiden med en efterklangsanläggning. ACAD-International AB var rådgivera för det akustiska programmet och hade satt önskad efterklangstid $T_{30}$ till 1.2 s for teater och med efterklangstillägg $T_{30}$ på 1.4–1.6 s. Brekke och Strand Akustikk och White Arkitekter har beräknat och föreslått material och det är uppmätt efteråt.

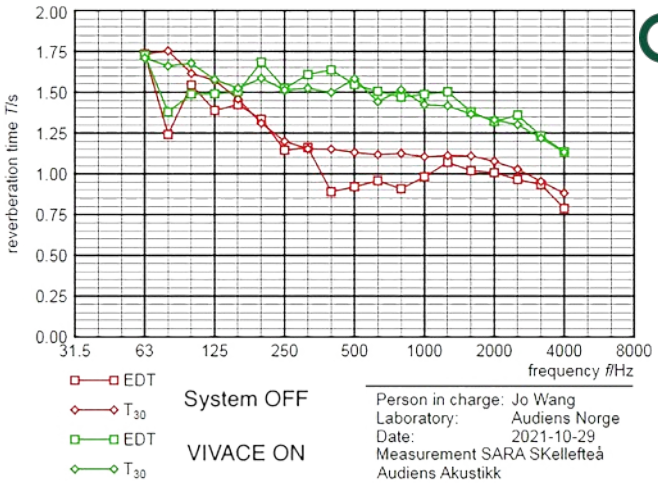


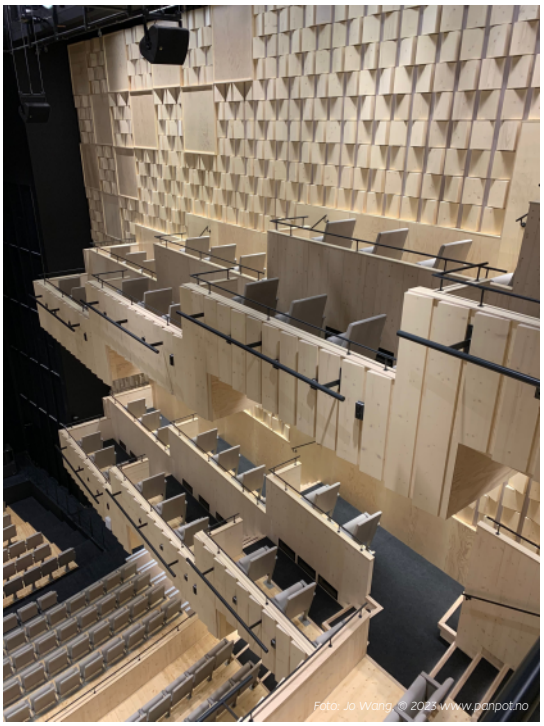




Lösningen med olika absorbenter och diffusorer är beräknat i Odeon.

- Bredbånd
- Bassabsorbent
- Diffusor
- Reflektor



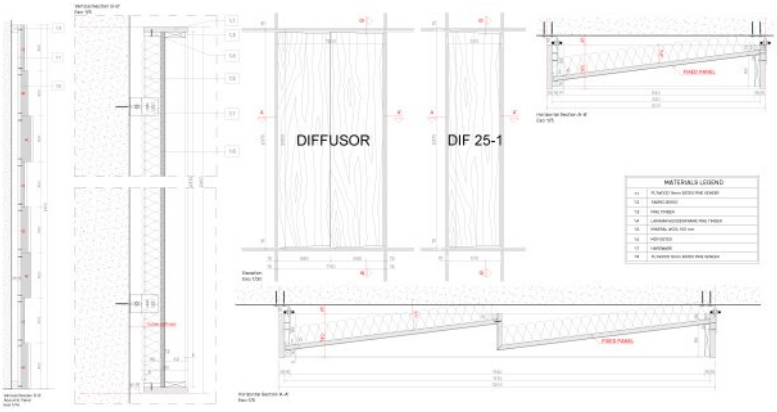

Med efterklangs-anläggningen i drift får man längre efterklangstid (mätning utfört av Audiens Norge).



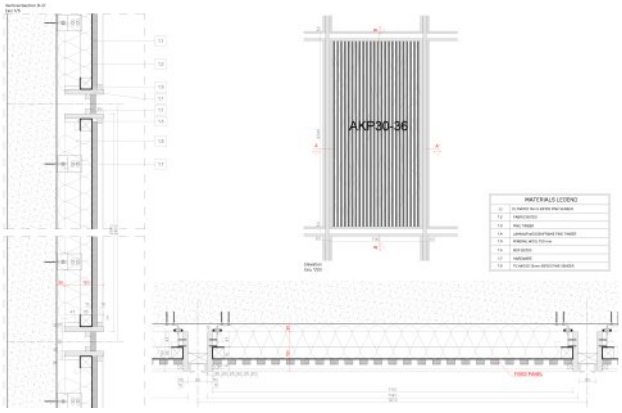
Lösningen med olika element är visat i foto från SARA Kulturhus och Audiens visar på hemsidan.
Här gömmer sig även ett Müller-BBM Viviance 64 room acoustic enhancement system med 83 høyttaler og 38 mikrofoner.

Gästscenen är rumsakustiskt utformad:

- Diffuserande element i vägg
- Bredbands absorbenter



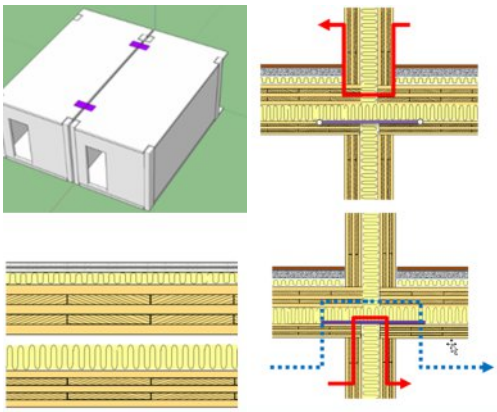

Diffuserande element i vägg.




Bredbands absorbenter.

## LJUDISOLERING HOTELLRUM

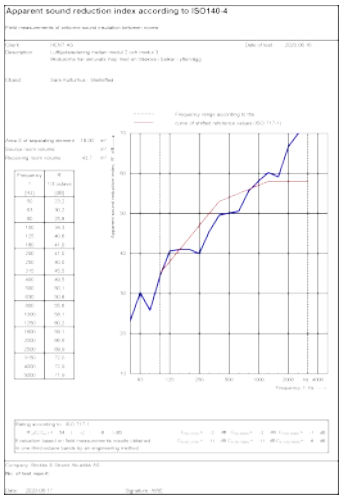
Hotellrummen är byggda av KLT element som är sammansatta som «boxar» och färdigmonterade och utrustade till byggplatsen. Då var duschutrymmen monterade inne i hotellmodulen. Vertikale krafter tas ned i varje hörn och horisontala laster via en elastisk koppling mellan elementen. Det beräknades ljudisolering med flanktransmittion mellan elementen.



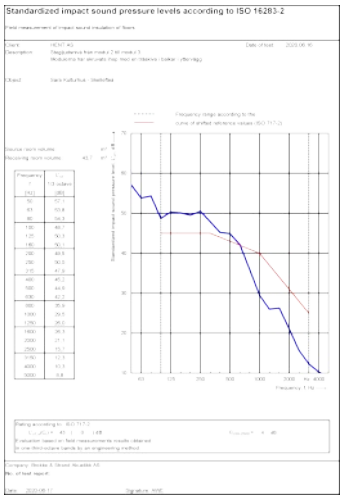
I den färdiga byggnaden har det utförts mätningar för Skellefteå kommun och resultaten har blivit som föräntade. Det är uppmätt extra god ljudisolering från korridor och diagonalt upp/ ned till hotell-rum. Resultatet för korridor är tillräckligt bra för att korridorer är utfört med golv av KLT elementer som är upplagrade på hotellboxarna med elastisk kopling.

I tillegg innehåller projektet mer vanliga akustiska rom som utställning för konst och bibliotek. Det är också restauranger och träningsrum samt konferansavdeling. Avslutningsvis är det en värmeanläggning med värmepump i undervåningen.

Gästscen sett från scen.




$R'_w$ = 54 dB, krav ≥ 52 dB horisontalt.




$L'_{nTw}$ = 43 dB, krav ≤ 60/56 dB horisontalt.

**Kjell Nordmark**
*Sivilingeniør, Seniorrådgiver*
*Brekke & Strand Akustikk AS*
*Norge, Trondheim*
*kno@brekkestrand.no*

# EXAMENSARBETEN FRÅN KTH

*Frida Thörn*
*Stockholm, Sweden 2022*
*Engineering Sciences,*
*Mathematics (Dept. & Div.),*
*Computational Mathematics*

## Computation of Acoustic Wave Propagation Under Water

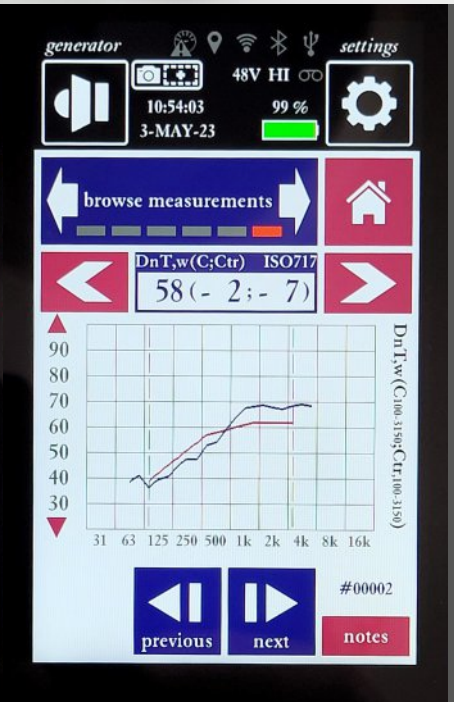
In this thesis we look at acoustic wave propagation under water. We look in particular at waves generated by a point source and what happens with the propagation when we model the bottom as flat or as curvilinear. We assume the source to be working at a certain frequency and therefore we model this problem by solving the Helmholtz equation. Since Helmholtz equation has some unwanted numerical properties we are interested in finding new numerical methods that could accelerate the solver. In this thesis we use the Waveholtz iteration, which solves Helmholtz equation by connecting it to the time-dependent wave equation. We use finite differences and the SBP-SAT method to approximate the spatial problem numerically and for modelling the sea bottom we use curvilinear coordinates.

To compare the Waveholtz iteration we also solve Helmholtz equation with a naive solver. The naive solver consists of approximating the equation with finite differences and then solving the linear system of equation by some iterative solver, which for our tests will be GMRES.

The results show that the Waveholtz iteration converges in less iterations than our naive solver. It also shows that the number of iterations stays unchanged when changing our discretization, which otherwise is a big problem for our naive solver. This allows us to increase the accuracy of our numerical solution without changing the computation time too much.

We show that the number of iterations increases according to theory for an increasing frequency, and that for open problems we even see a smaller increase. For certain resonant frequencies in Helmholtz equation we do not expect the Waveholtz iteration to converge. In the neighbourhood of these frequencies the convergence becomes slow and we need many iterations for a solution of a certain accuracy. By reformulating the Waveholtz iteration as a Krylov solution we can see that resonances in Helmholtz equation have a smaller impact of the convergence. □

> by reformulating the Waveholtz iteration as a Krylov solution we can see that resonances in Helmholtz equation have a smaller impact of the convergence




Byggakustik direkt på skärmen
STIPA och Full STI direkt metod
RTA tersband och oktavband
Efterklangstid RT60
Statistik (L10, L90 osv.)
FFT
Integrerad signal generator
Röstanteckningar med headset
Inbyggd laddningsbar batteri
Och mycket mer!

**Bedrock Audio**
**AM100**

**TYPE 1 ACOUSTIC ANALYSER**
LUFT– OCH STEGLJUDISOLERING
DIREKT I INSTRUMENTET!

FULL STI och STIPA med direkt metoden

STOR, FÄRG PEKSKÄRM

LÄTT ATT ANVÄNDA

Springwell Audio AB
Kronåsvägen 13, 756 51, Uppsala
info@springwellaudio.se
www.springwellaudio.se

Springwell Audio AB

*Viktor Dahl & Maja Dyrsmeds*
*Stockholm, Sweden 2022*
*Vehicle Engineering,*
*Technical Acoustics*

## Accuracy verification of GT-Power model and reduction of computational time

The noise produced by any new vehicles is tightly regulated by the European Union which have developed a standardised method for measuring the emitted noise of new vehicles. The method involves a vehicle driving past carefully positioned microphones at a specific range of engine speeds. Doing actual tests is time consuming and cost inefficient, thus, it would be beneficial to minimise the number of tests performed during development. There are multiple different noise sources contributing to the total noise levels emitted by a truck such as, aerodynamic noise, road noise, exhaust noise etc. In this project solely the exhaust noise will be investigated. There are existing models that can simulate the exhaust noise by using the source characteristics of the engine. The accuracy of the models that can calculate the source data is uncertain and they are often computationally heavy. Therefore, the purpose of this project is to verify the accuracy of the source acoustics of the engine for one such model and try to minimise the calculation times. To verify the accuracy of existing models a test is constructed that will be performed both by measurements and simulations in GT-Power. The aim is to use both methods to predict the source pressure and impedance, then compare the results and analyse any similarities. The test setup works as the guide for how to design the simulation model. This is mainly due to the difficulty to procure the necessary equipment needed to perform the test. Thus, the simulation models had to be adapted to match the layout of the test to the extent it is possible. The data obtained through testing needs to be post processed by performing an averaging to reduce the noise and use the two microphone method to calculate the source pressure. The data from simulation is also processed through a Multi-Load method to estimate the source pressure. The sound pressure level is then calculated for each method and the total SPL for each method is compared over the entire rev range. However, the resulting total SPL from each of the two approaches are different to each other. This suggests that the simulations should be used with caution when analysing acoustics.

> the purpose of this project is to verify the accuracy of the source acoustics of the engine for one such model and try to minimise the calculation times

To try and reduce the computational time, one method is to reduce the size of the input data. This can be done in two different ways, either by reducing the number of engine speeds investigated or by reducing the number of frequencies analysed for each engine speed. Reducing speeds might not always be possible, thus, reducing the number of frequencies for each speed will be investigated. Analysing the pressure signal in the frequency domain show that the frequencies linked to the engine orders contain significantly larger pressures than the rest of the frequencies. Thus, solely these frequencies could be used to reduce the computational time but still give a representative result. In order to analyse the affect of removing frequencies the total acoustic energy is calculated for each engine speed and is compared with the acoustic energy of the frequencies belonging to the five first engine orders for the same speeds.

These calculations of the sound energy show that the five first engine orders contain above 95% of the total sound energy for each engine speed. This suggests that it might be viable to use solely the pressure produced by the engine orders and still produce representative simulations. Thus, reduce the calculation time without affecting the results substantially. □

---

*Paul Wall*
*Stockholm, Sweden 2022*
*Electrical Engineering and Computer Sciense,*
*Computer Sciences*

## Computation of Underwater Acoustic Wave Propagation Using the WaveHoltz Iteration Method

In this thesis, we explore a novel approach to solving the Helmholtz equation, the WaveHolz iteration method. This method aims to overcome some of the difficulties with solving the Helmholtz equation by providing a highly parallelizable iterative method based on solving the time-dependent Wave equation. If this method proves reliable and computationally feasible it would have great value for future application. Therefore, it is of interest to evaluate the performance and properties of this method. To fully evaluate this method, the method was implemented and conclusions were based on results from simulations of the method. The method was able to solve problems in three dimensions and it seems that the method is very well suited for parallelized computations. To replicate real-world scenarios simulations of problems in infinite and curvilinear domains were conducted. Based on the result presented here it is possible to further refine the method, especially regarding the setup of the domain and the implementation of boundary conditions for infinite domains. □

*Elina Arvidsson*
*Stockholm, Sweden 2022*
*Industrial Engineering and Management, Engineering and Technology*

## Empirical Verification of an Acoustic Estimation of a Rocket Engine: A Comparison Between Estimated and Measured Noise of a Rocket Engine

The noise of a rocket engine is a complex and complicated phenomenon which has been studied for more than half a century [1]. There are many sources to this noise, but due to its great potential impact to the surrounding structures, including the vehicle itself, it is important to have a model to estimate the acoustic environment the engine produces. This estimation can be used for the design of a launch pad or a flame deflector. Such a model was developed and then tested, by measuring the noise levels with six microphones at Rocket Factory Augsburg's Vertical Test Stand at Esrange Space Centre. Three out of six microphones yielded valuable data. A comparison between the estimated and measured noise was then conducted which showed similar trends. The peak frequency in the estimation was in the order of 1 kHz. A sensitivity study was made to investigate the difference in Sound Power Level (SPL) when the engine and test stand parameters were adjusted. The parameters with the greatest effect on the SPL are the Mach number, thrust, potential core length, and impingement distance. The difference in SPL between the estimation and measured noise is 0-20 dB with a lower difference at lower frequencies and a higher difference at higher frequencies. The difference was higher when comparing the estimation to the test with an overpowered engine, with differences of up to 20 dB higher than the estimation in the upper frequencies. Differences with nominal engine data was up to 15 dB higher than the estimation, constrained to lower frequencies. Above 30% of the peak frequency, the noise was consistently lower than the estimation. The estimation can be concluded to likely be conservative at higher frequencies, further testing or a new estimation is necessary with accurate engine data. ▫

*Martin Persson*
*Stockholm, Sweden 2022*
*Engineering Sciences, Engineering Mechanics, Engineering and Technology*

## Hydroacoustic Modelling of Podded Propulsion System: Underwater Radiated Noise Prediction Using ANSYS

Ocean noise pollution is an invisible but growing threat. There are many sources of sound in the ocean but human underwater radiated noise, in particular from shipping is one of the most prominent one. Ocean noise pollution can interfere or sometimes even directly harm marine life.

This thesis is in collaboration with Kongsberg Maritime which aims to develop an underwater radiated noise prediction method for the ELegance pod system. In particular, the focus is on the noise generated as a direct effect of the permanent magnet motor vibrations. Kongsberg wants to be able to calculate the underwater radiated noise for different pod geometries and engine configurations in order to find an optimal operating speed of the electric motor.

The underwater radiated noise prediction is carried out using two methods. The first one is a 2-way coupled fluid-structure interaction harmonic response model, dealing with the vibrations. In addition, the flow induced noise is evaluated using CFD combined with Ffowcs-Williams Hawkings acoustic analogy.

The harmonic response model is used to calculate the sound in terms of a frequency response, which can be translated to revolutions per minute of the rotor. This allows Kongsberg to identify rotor speeds where the operation may or may not be optimal. The flow induced noise is investigated for a typical transit speed. The results show this noise is multiple orders of magnitude smaller than the sound caused by the vibrations. This together with the fact that the computational cost of CFD is large suggests that the flow induced noise is not something Kongsberg needs to consider at an early design stage.

Neither the propeller nor cavitation is considered in this thesis, due to the limited computational resources but also that Kongsberg designs propellers that are vessel specific. These sources of sound become important when considering the full acoustic profile of a propulsion unit of this type. ▫

*Oscar Lundin*
*Stockholm, Sweden 2022*
*Engineering Sciences, Engineering Mechanics, Fluid Mechanics and Engineering Acoustics, Technical Acoustics, Vehicle Engineering*

## Predicting eigenvalues and eigenmodes in non-rectangular rooms with machine learning techniques

Knowing the eigenfrequencies and eigenmodes is of great importance to interior design and a common acoustic engineering problem. Challenges in noise control makes knowing the lower eigenfrequencies particularly important. Analytical solutions exist for simple room shapes while methods such as the finite element method (FEM) provide a more general numerical solution to the problem. This thesis outlines the process of generating a dataset of 2D images representing pseudorandom rooms and calculating the eigenfrequencies and eigenmodes using FEM with COMSOL. A machine learning model is presented based on convolutional neural networks (CNN) that predicts the first ten eigenfrequencies from an image input of the room's shape with a normalized surface area. To estimate the mode shapes a plane wave decomposition is presented and evaluated comparing the resulting sound field of the FEM calculated eigenfrequencies and the eigenfrequencies from the machine learning model. The thesis presents a proof-of-concept which predicts the eigenfrequencies with a resulting error between -4 and +6 percent for 90 % of the test set. Furthermore, the potential for predicting eigenmodes is demonstrated. ▫

> the thesis presents a proof-of-concept which predicts the eigenfrequencies with a resulting error between -4 and +6 percent for 90 % of the test set

*Anujit Dafle*
*Stockholm, Sweden 2022*
*Industrial Engineering and Management,*
*Machine Design (Dept.),*
*Engineering and Technology*

## NVH analysis and optimization of electric powertrain

With increasing focus on electromobility many companies are developing vehicles powered by an electric energy source. Previously, engines used to be the most prominent source of noise in a traditional Internal Combustion Engine (ICE) vehicle. Although engines are optimized to produce lower noise levels, the wide frequency range of an engine makes the sound generated by them more acceptable and less annoying when compared to narrow frequency tonal noise exhibited by electric transmission systems. Moreover, structural vibrations and whine noise from electric powertrain is more prominent in absence of the masking effect from engines. Hence, Noise Vibration and Harshness (NVH) study of electric powertrain assembly is of paramount importance even though electric vehicles are quieter than their ICE counterparts.

In this thesis, the electric powertrain used for running hydraulic systems in an excavator is analysed in order to study its vibro-acoustic characteristics and optimize the gear design for improved NVH performance. The main objective of this project is to simulate the vibrations generated by motor and gear transmission error excitations, and consequently propose optimization methods to reduce the gear whine noise.

The powertrain has been analysed using Romax 2020.1, a drivetrain analysis software. Ansys 2020 R2 has been used as a meshing tool for generating FE mesh of gearbox and motor components. The motor excitation forces are calculated in Ansys Maxwell as a separate student thesis. These forces are then imported into Romax to study the behaviour of the powertrain due to motor excitation forces.

Vibration analysis is carried out on the powertrain to understand the effects of various forces on its dynamic response. Further, design of experiments is carried out based on which micro geometry modifications of gear tooth are recommended to optimize the vibration response of the powertrain. □

---

*Julia Grut*
*Stockholm, Sweden 2022*
*Industrial Engineering and Management,*
*Learning,*
*Civil Engineering, Learning*

## Challenges and Solutions in Design and Construction of Multi-storey Wooden Houses

The construction and real estate industry accounts for a large share of carbon dioxide emissions in Sweden, about 21% of greenhouse gas emissions. This is a problem that needs to be solved because in 2017 Sweden adopted a climate policy framework with the goal that by 2045 there will be no net emissions of greenhouse gases into the atmosphere. Increased construction in wood is an important part of the solution to achieve the goal of climate neutrality. A real estate company that is building its first wooden office building is Vasakronan, which is called Magasin X.

There are several challenges with building multi-storey houses in wood, these include moisture problems and acoustic problems. One factor is the risk of moisture as wood is a moisture-sensitive material and if the building is damaged by moisture, there is an increased risk of mold, which can lead to health problems for future users of the building. If the light density of the material is not considered, it might be inefficiently soundproof.

This master thesis was carried out in collaboration with Vasakronan and aims to identify the driving forces in building multi-storey buildings in wood, identify lack of knowledge within building of multi-storey buildings in wood and identify and investigate solutions to solve issues with moisture and acoustics in the construction of multi-storey buildings in wood.

In this thesis, interviews and observation were used as a method. The observation was carried out at an experience meeting regarding the construction project Magazine X. At the experience meeting, challenges and solutions that arose during the project were discussed. The thematic analysis was also used as a method for analyzing the interviews in order to answer the research questions.

> identify the -driving forces, -lack of knowledge, -solutions to solve issues with moisture and acoustics in the construction of multi-storey buildings in wood

The following have been identified as driving forces for building multi-storey wooden buildings. First, it is a material that leads to lower carbon dioxide emissions compared to building in concrete. Secondly, it is a material that is suitable for industrial construction, which means that it is easy to manufacture building components in a factory. Thirdly, it is a material that contributes to a better working environment for those who work with the construction of the building compared to when constructing a building of concrete and steel. Fourth, it is a material that is easy to combine with other materials and use in extensions due to its low density.

The main reason for lack of knowledge is lack of experience in building multi-storey wooden buildings. Suggestions for solutions to knowledge gaps are to use activities such as seminars to spread knowledge in the subject.

Solutions to fix moisture problems are to use weather protection on the building, wet guard and tape on the framing of joists and soak up water in the risk of rain. Solutions to acoustic problems are to install installation floors or install a heavier top floor with either concrete casting or putty with sound insulation mat.

If possible, weather protection is the most effective measure to reduce the risk of moisture, but it is an expensive solution. However, there are other measures that are not as effective but cheaper, such as using wet guard, tarpaulins and scaffolding and tape to cover framing of joists. It has not been possible to determine which acoustic solution is preferable. A driving force for building multi-storey wooden buildings is to reduce the climate impact, but in order to maintain sustainable forestry, it is important not to cut down too many trees. Thus, a hybrid frame can be a good alternative for the future. □

*Viktor Söderlund*
*Stockholm, Sweden 2023*
*Engineering Sciences, Engineering Mechanics, Fluid Mechanics and Engineering Acoustics, Technical Acoustics, Vehicle Engineering*

## Prediction of Reverberation Time in Office Spaces by Investigation of the Scattering Factor in Odeon

Accurate estimations of the reverberation time of furnished office spacesis essential as an acoustic consultant. A time efficient way to predict thefurniture's effect is to investigate it by software modelling. The room acousticsoftware Odeon is suitable for doing this. In today's geometrical room acousticmodellers (such as Odeon) a parameter called the scattering factor was usedwhich was of large importance in this thesis. This thesis set out to investigatehow well Odeon predicts the reverberation time in smaller and larger officespaces given that the correct scattering factor for each type of furniturecould be established. The method for the investigation was to perform fieldmeasurements in two office spaces of different sizes and geometry. Thenuse different setups of furniture to examine the furniture's effect on thereverberation time connected to their sound scattering properties. The modelwas designed with 2D objects in SketchUp and exported to Odeon. A referencevalue for a pair of measurement setups was obtained by using the ratio of thetotal reverberation time (octave bands 125 Hz to 4 kHz) of the rooms. Thisratio was used as a target in Odeon for the same simulated pair of room setups.The scattering factor was adjusted in increments of the specific furniture usedin the setup until an optimized fit was reached. These steps were carried outfor each combination of setups. Afterwards the simulations were comparedto the measured and calculated reverberation times using Sabine's formulaand Arau-Puchades formula. It was possible to establish specific scatteringfactors for the furniture types within Odeon although their accuracy was hardto determine. The resulting reverberation times from the Odeon simulationsof the large and small spaces were not closer to the measured reverberationtime than the calculated ones to any distinct degree. It's worth noting that allof these calculations are dependant on ideally diffuse circumstances which theactual rooms rarely are. This is why they tend to underestimate the room'sreverberation time. The main goal of this thesis is to an extent fulfilled,although maybe not with as great future utility as hoped. The scattering factorscorrespond to each other independently of what room was being modelled. Inan isolated framework of Odeon, the attained scattering factors may be of use,especially if the measured room can be assumed ideally diffuse. ▫

# Artifon söker erfaren akustiker

Artifon söker ytterligare en erfaren akustiker som vill vara med på vår tillväxtresa.

Vi är i dagsläget 10 st medarbetare med hög ambitionsnivå och med flera spännande projekt på gång. Du kommer att bli en viktig del av vårt team och du kommer att ha stora möjligheter att påverka ditt arbete. Vi ser gärna att du har tio års erfarenhet eller mer.

Artifon är specialiserade på hus för scenkonst, men din yrkeserfarenhet kan du ha inom till exempel byggnadsakustik eller elektroakustik. Viktigast för oss är att du är engagerad, nyfiken och är intresserad av att jobba inom vårt område.

Läs mer på www.artifon.se/platsannons

*Artifon, som nyligen firade 20-årsjubileum, är ett konsultföretag inom akustik, AV-teknik, scenljus- och scenteknik. Vår specialitet är hus för scenkonst där vi är ledande i Norden.*

*Några av våra projekt är Kungliga Operan i Stockholm, Göteborgs konserthus, Sara kulturhus, Malmö Live och operan i Oslo.*

artifon
www.artifon.se
Tel 031-761 88 10
info@artifon.se

*Mats E. Nilsson (SU)*
*mats.nilsson@psychology.su.se*

# BULLER, LJUDLANDSKAP OCH EKOLOKALISERING

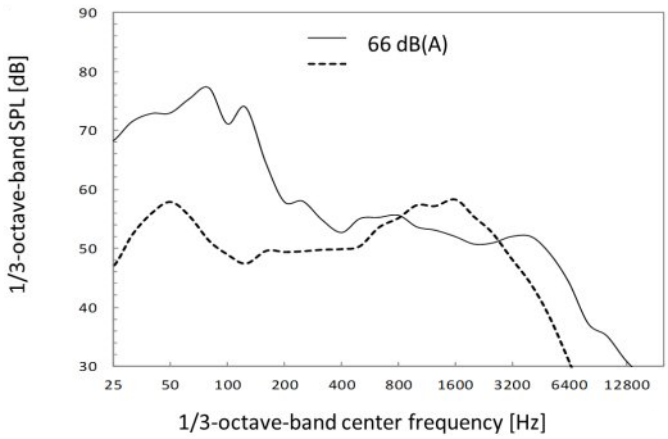
**Det var med största glädje, stolthet och tacksamhet som jag tog emot Svenska Akustiska Sällskapets Ljudpris för 2022. Tacksamhet till Sällskapet för att de valt att uppmärksammat min snart 30-åriga forskargärning kring ljud och buller. Och tacksamhet gentemot alla kollegor för goda samarbeten och bidrag i våra gemensamma forskningsprojekt.**

Det hela började med att professor Birgitta Berglund (Ljudpristagare 2012!) erbjöd mig doktorandanställning i hennes forskargrupp vid Stockholms universitet. Jag fick välja mellan att doktorera om ljudmiljö eller kronisk smärta; det förra lät trevligare och samma dag fick jag som första arbetsuppgift korrekturläsa Världshälsoorganisations skrift om riktlinjer för omgivningsbuller, för vilken Birgitta var redaktör. Men buller är inte allt, något även bullerforskare började inse mot slutet av 1990-talet, då forskning kring goda ljudmiljöer eller ljudlandskap tog fart, i Sverige inte minst genom det multidisciplinära forskningsprogrammet *Ljudlandskap för bättre hälsa* (Ljudpristagare 2008!) där jag var aktiv, först som doktorand och senare som forskare [1]. Senare kom jag att samarbeta med docent Bo Schenkman, som hade och fortfarande har ett brinnande intresse för blindas förmåga att navigera i miljön med hjälp av ekolokalisering. Hans entusiasm smittade av sig och vi kom att tillsammans genomföra flera forskningsprojekt kring blindas ekolokalisering, vilket, i sin tur, triggade min alltjämt pågående fascination av hörselsinnets behandling av information i ljudreflexer, den så kallade precedenseffekten. Detta var kortversionen av mitt liv som ljudforskare. Nedan lite mer detaljer från ett axplock av studier inom forskningsområden som intresserat mig.

Glad mottagare av Svenska Akustiska Sällskapets Ljudpris för 2022.

En given frågeställning för en psykoakustiker med intresse för ljudmiljö är hur väl det allestädes närvarande dBA-måttet speglar hur ljud egentligen upplevs. A-vägningen togs en gång i tiden fram för att kompensera för örats varierande känslighet i olika frekvensområden, och har sedan dess kritiserats för att överkompensera för ljud vid låga frekvenser. Men spelar det någon roll vid bedömning av trafikbuller? Jag valde det svåra sättet att undersöka saken på: Timmar av binaurala inspelningar längs trafikerade vägar redigerades till 27,000 potentiella experimentljud, av vilka jag valde ut ett antal med stor variation i lågfrekvensinnehåll [2].

Resultaten var tydliga, lågfrekventa trafikljud upplevdes som ljudstarkare och mer störande än trafikljud med mindre lågfrekvensinnehåll, som mest en skillnad motsvarade sex decibel, alltså ungefär effekten av en ordinär bullerskärm! Och på tal om skärmar, i en senare studie jämförde vi binaurala inspelningar gjorda bakom en fyra meter hög bullerskärm med inspelningar med samma A-vägda ljudnivå gjorda längre bort från vägen men utan bullerskärm, de förra med högre andel lågfrekvensinnehåll, och fann en skillnad i skattad störning som motsvarade ungefär tre decibel [3]. I andra (ej publicerade) studier med lägre skärmar var skillnaden i lågfrekvensinnehåll förstås mindre med och utan bullerskärm, och så även skillnaden i upplevd störning, så kanske är måttet inte fullt så dåligt som jag ibland velat tro. Problemet med dBA-måttet är nog inte att det är uselt, utan att det inte är tillräckligt uselt. Bara lite sämre, och vi hade istället använt ett bättre mått, till exempel något mått baserat på Zwickers gamla hörstyrkemodell. »



Figur 2. Samma A-vägda ljudtrycksnivå, olika upplevda ljudstyrka. Det svagare ljudet (streckad linje) måste höjas med sex decibel för att upplevas som lika ljudstarkt som det starkare ljudet (heldragen linje). Spektra för två experimentljud från en lyssningsstudie om upplevd ljudstyrka och störgrad hos vägtrafikbuller [2].

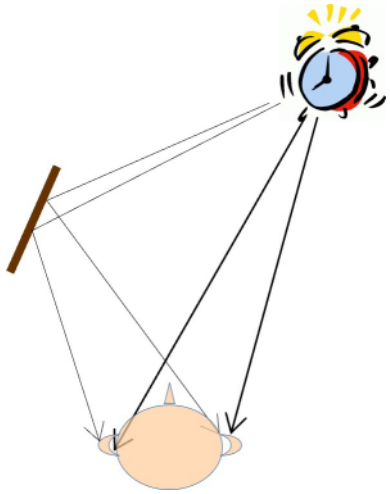
Figur 1. Binaurala inspelningar med konsthuvud, i fält och i labb (foto: Mats Nilsson).

Allt som låter är inte buller. Hur ska vi karaktärisera en rogivande ljudmiljön i en lugn stadspark eller en spännande ljudmiljö i en stadskärnas torghandel? Det tycks svårt, kanske omöjligt, att finna akustiska mätetal som fångar sådana positiva ljudegenskaper. Men perceptuellt är de lätta att karaktärisera, åtminstone på ett övergripande plan. Min första doktorand, Östen Axelsson, gav ett avgörande bidrag till ljudlandskapsforskningen genom att empiriskt visa att ljudlandskap kan förstås som en kombination av två grundläggande upplevelsedimensioner, grad av behaglighet och händelserikedom [4]. Exempelvis kan ett behagligt ljudlandskap uppfattas som rogivande eller spännande beroende på om det är händelsefattigt (lugn parkmiljö) eller händelserikt (torghandel), och på motsvarande sätt kan en mindre behaglig ljudmiljö uppfattas som störande (hårt trafikerad väg) eller monoton (svagt ventilationsbuller) beroende på hur händelserik den upplevs. Detta arbete kom att ligga till grund för de metoder som idag används internationellt för perceptuell utvärdering av ljudmiljöer [5].

Trafikbuller i bondemiljö tycks medföra en förhöjd risk för hjärtkärlrelaterad ohälsa. Riskerna är inte stora, men eftersom väldigt många är exponerade är den samhällsekonomiska kostnaden troligen betydande. Det finns flera sätt på vilka buller kan orsaka ohälsa, exempelvis genom att störande ljud triggar fysiologiska stressreaktioner eller genom att buller försvårar god sömn. I ett experiment testade vi en tredje mekanism, nämligen att buller försvårar återhämtning efter stress. Min dåvarande doktorand Jesper Alvarsson fick nöjet att utsätta våra försöksdeltagare för en stressig uppgift, och sedan mätte vi hur fysiologiska stressmått klingade av medan deltagarna återhämtade sig till ljudet av olika ljudmiljöer [6]. Fysiologisk återhämtning tog längst tid under exponering för starkt trafikbuller och kortast tid under exponering för en behaglig ljudmiljö komponerad av fågelkvitter och ljud från porlande vatten. Återhämtningen var också snabbare under denna exponering än under två kontrollbetingelser med svagt buller av samma eller till och med lägre ljudnivå än naturljuden. Man kan inte dra alltför stora växlar på denna lilla studie, som började som en enkel masteruppsats. Men studien var först med att ställa frågan om ljudmiljö kan påverka fysiologisk återhämtning, och har därför blivit flitigt citerad, ett exempel på att frågan kan var väl så betydelsefull som svaret. Förhoppningsvis kommer framtida forskning att kunna visa på hälsofrämjande effekter av goda ljudmiljöer och därmed ge vetenskapligt stöd för ett bostadsbyggande som ger de boende tillgång till bullerskyddade sidor, det som en gång i tiden var den bärande tanken bakom forskningsprogrammet *Ljudlandskap för bättre hälsa*. Punkthus i all ära, men de tenderar att sakna en tyst sida.

Ansenlig tid har jag spenderat i fält, utrustad med konsthuvud för att samla in binaurala inspelningar av ljudmiljöer, inspelningar som sedan redigerats och presenterats i vårt ljudlabb för tålmodiga försöksdeltagare. Denna fältverksamhet uppmärksammas av kollegor, eftersom det är svårt att dölja ett konsthuvud som kånkas ut och in på kontoret. En av de uppmärksamma var docent Bo Schenkman, som en dag frågade mig om konsthuvudena inte kunde användas till något, i hans tycke, mer meningsfullt, nämligen att spela in ljud för experiment om ekolokalisering. Bosse hade studerat hur blinda personer navigerar i omgivningen genom att utnyttja informationen i ljudreflexer. Han bad sina blinda försöksdeltagare att med hjälp av egenproducerade ljud avgöra om det fanns en reflekterande skiva framför dem. En mycket realistisk experimentuppsättning, men också tidskrävande; det tar tid att flytta en skiva till olika avstånd mellan varje svar. Mångfalt fler stimuli skulle kunna presenteras om de vore förinspelade och kunde presenteras i hörlurar. Sagt och gjort, vi försåg vårt konsthuvud med en högtalare på bröstet och spelade in det högtalargenererade ljudet när det reflekterades från en skiva som vi hängt upp på olika avstånd till konsthuvudet. I våra första studier jämförde vi en grupp blinda personer med en grupp seende, och fann att såväl blinda som seende med hörseln kunde upptäcka den reflekterande skivan på avstånd upp till drygt en meter. På avstånd kring två meter presterade de flesta blinda betydligt bättre än de flesta seende, och på längre avstånd hade båda grupperna svårt att prestera bättre än slumpen. Ett uppmärksammat fynd var att blinda i mycket högre utsträckning än seende tycks kunna utnyttja den perceptuella ledtråd ("repetition pitch") som uppstår när direktljud blandas med reflekterat ljudet [7]. Möjligen är detta en hörselförmåga som tränas upp av blinda genom att de i betydligt större omfattning än seende måste förlita sig på hörseln för att navigera i omgivningen.

Forskning kring mänsklig ekolokalisering har i huvudsak studerat förmågan att upptäcka föremål med hjälp av ljudreflexer, det vill säga ekodetektion snarare än ekolokalisering. Men lokalisering är naturligtvis lika viktigt; för att undvika kollision är det ju bra att kunna avgöra om det objekt man upptäckt befinner sig till höger eller vänster. En komplikation i sammanhanget är den så kallade precedenseffekten, alltså hörselsinnets tendens att undertrycka spatial information i ljudreflexer, till förmån för spatial information i direktljudet.



Figur 3. Precedenseffekten: Väckarklockans ljud når lyssnaren direkt och indirekt, via den reflekterande ytan. Lyssnaren hör väckarklockan som ett ljud, vilket lokaliseras till höger, eftersom ljudlokalisering helt domineras av direktljudet. Det reflekterade ljudet förmedlar den motsatta spatiala informationen, interaurala skillnader i nivå och tid pekar mot vänster, men denna information undertrycks av hörselsinnet vilket gör det svårt att lokalisera den reflekterande ytan.

Precedenseffekten hjälper oss att lokalisera ljudkällor i miljöer med reflekterande ytor. För ekolokaliserare är dock detta inte till hjälp, tvärtom, eftersom ljudreflexens position är just vad man vill komma åt. Vi var bland de första att uppmärksamma och studera denna potentiella konflikt mellan precedenseffekten och mänsklig ekolokalisering. I experiment med klickljud fann vi att de flesta blinda deltagarna hade en betydligt bättre förmåga än seende deltagare att lokalisera en simulerad ljudreflex, särskilt när den spatiala informationen utgjordes av en ljudnivåskillnad mellan öronen [8]. Detta tyder på att många blinda tränat upp sin förmåga att lokalisera ljudreflexer genom att uppfatta små ljudnivåskillnader mellan öronen i det reflekterade ljudet. Detta reser också nya frågor om precedenseffekten, som tidigare forskning betraktat som resultat av

”hårdvirade” mekanismer i hörselsystemets periferi (inneröra, hjärnstam) som inte borde kunna tränas upp.

I min pågående forskning studerar jag precedenseffekten hos seende personer, men med ekolokaliseringsförmåga som inspiration. Frågeställningen gäller under vilka omständigheter det är möjligt att lokalisera ljudreflexer och om denna förmåga kan tränas upp. Hittills har denna forskning visat att många lyssnare har svårt att lokalisera inte bara tidiga reflexer, utan också reflexer som kommer senare än de 10 millisekunder som tidigare forskning har hävdat som gräns för precedenseffekten [9, 10]. Våra lyssnare är alla unga med normala audiogram, men trots det ser vi förvånansvärt stora individskillnaderna. Det återstår att visa varför vissa personer tycks ha en naturlig förmåga att lokalisera ljudreflexer, medan andra inte kan det trots att de klart och tydligt kan höra ljudreflexen. Som tur är verkar dock denna förmåga gå att träna upp. Lyssnare som vi testade dagligen i trettio dagar förbättrade sin prestation avsevärt. På lång sikt kanske dessa resultat kan hjälpa till i utveckling av träningsprogram för personer som nyss förlorat synen och vill träna upp sin ekolokaliseringsförmåga.

Var forskningen för mig härnäst återstår att se. Hårt och enträget arbete krävs och orken är kanske inte densamma som när jag började min bana. Men med ljudpriset som vitamininjektion känner jag förnyade forskarkrafter och hoppas kunna fortsätta ytterligare 30 år eller så. Stort tack för det!

Mats E. Nilsson
*Professor, studierektor*
*Gösta Ekmans Laboratorium,*
*Psykologiska institutionen, Stockholms universitet*
*mats.nilsson@psychology.su.se*

## Referenser

[1] Gidlöf-Gunnarsson, A., Öhrström, E., Berglund, B., Kropp, W., Kihlman, T., Nilsson, M.E., & Forssén J. (2008). *Ljudlandskap för bättre hälsa. Resultat och slutsatser från ett multidisciplinärt forskningsprogram.* Göteborg: Göteborgs universitet.

[2] Nilsson, M.E. (2007). *A-weighted sound pressure level as an indicator of short-term loudness or annoyance of road-traffic sound.* Journal of Sound and Vibration, 302(1-2), 197-207.

[3] Nilsson, M.E., Andéhn, M., & Leśna, P. (2008). *Evaluating roadside noise barriers using an annoyance-reduction criterion.* The Journal of the Acoustical Society of America, 124(6), 3561-3567.

[4] Axelsson, Ö., Nilsson, M.E., & Berglund, B. (2010). *A principal components model of soundscape perception.* The Journal of the Acoustical Society of America, 128, 2836–2846.

[5] International Organization for Standardization. (2018). *ISO/TS 12913-2: 2018 acoustics—soundscape—part 2: data collection and reporting requirements.* ISO, Geneva.

[6] Alvarsson, J. J., Wiens, S., & Nilsson, M.E. (2010). *Stress recovery during exposure to nature sound and environmental noise.* International Journal of Environmental Research and Public Health, 7(3), 1036-1046.

[7] Schenkman, B.N., & Nilsson, M.E. (2011). *Human Echolocation: Pitch versus loudness information.* Perception, 40, 840-852.

[8] Nilsson, M.E., & Schenkman, B.N. (2016). *Blind people are more sensitive than sighted people to binaural sound-location cues, particularly inter-aural level differences.* Hearing Research, 332, 223-232.

[9] Nilsson, M.E., Tirado, C., & Szychowska, M. (2019). *Psychoacoustic evidence for stronger discrimination suppression of spatial information conveyed by lag-click interaural time than interaural level differences.* The Journal of the Acoustical Society of America, 145, 512-524.

[10] Tirado, C., Gerdfeldter, B., & Nilsson, M.E. (2021). *Individual differences in the ability to access spatial information in lag-clicks.* The Journal of the Acoustical Society of America, 149, 2963-2975.

# LICENTIATAVHANDLINGAR FRÅN KTH

*Shail A. Shah*
*Stockholm, Sweden 2022*
*Engineering Sciences, Engineering Mechanics, Fluid Mechanics and Engineering Acoustics*
*Fluid Mechanics and Acoustics*

## Experimental Investigation of the Acoustic Properties of Perforate using Acoustic Three-Ports

This thesis discusses the aero-acoustic characterisation of a perforate sample using a three-port technique. A rectangular T-junction with a flush mounted perforated sample at the intersection form the acoustical three-port. Under acoustic excitation from three different directions a direct method of impedance determination is incorporated to experimentally determine the passive acoustic properties of the perforate. The three-port scattering matrix and the normalised transfer impedance are calculated in the presence of grazing flow and for high-level excitation and the behaviour of these characteristics is studied. Validation of the determined results in the linear range is carried out by comparing it with existing models. Moreover, based on the experimental results for low grazing flow velocities the dependence of the real part of the transfer impedance on the grazing flow parameters as well as dimensionless numbers is described, and a semi-empirical model quantifying the behaviour is proposed.

Furthermore, the thesis explains some experimental errors pertaining to standing wave patterns and operating conditions, and corrections are suggested to reduce the errors. ▫

> the thesis explains some experimental errors pertaining to standing wave patterns and operating conditions

*Mina Wagih Nashed*
*Stockholm, Sweden 2022*
*Engineering Sciences, Engineering Mechanics, , Vehicle Engineering and Solid Mechanics*
*Fluid Mechanics and Acoustics*

## Power-Based Two-Ports with Application to HVAC Systems

The understanding of acoustic wave propagation in ducts or pipes is essential for all applications involving fluid machines, e.g., fans, pumps, and compressors. Over the years different methods have been developed to simulate wave propagation in duct networks. The existence of accurate simulation methods saves effort and time in the design phase and can prevent noise problems after implementation. One common type of duct network used in buildings and vehicles is Heating-Ventilation and Air-Conditioning or HVAC systems. Traditionally the so-called "Source-Path-Receiver" method is used in such systems. This method is based on analyzing the flow of acoustic power from the source through a system. This approach is valid when a large number of waves are propagating in a duct or for sufficiently high frequencies. The method neglects reflections, starts from the source sound power, subtracts the attenuation of each element and adds its flow generated noise. In an attempt to further developing and improving the "Source-Path-Receiver" method; a power-based two-port method is proposed in this thesis. The proposed method is developed first to comply with the standard "Source-Path-Receiver" methods as described in ASHRAE and VDI standards. The newly proposed method can include the effect of both reflection and transmission for all elements via a scattering matrix. In order to demonstrate when and to what extent this can be important, a study using power-based two-ports is conducted on purely reflective networks and with mixed reflective and dissipative networks. □

# PUBLICERA EN ARTIKEL I LJUDBLADET

För att göra en artikel tryckbar ställs det några krav på texter och bilder. Nedan följer en lista på vad man ska skicka med inför en publicering och några bra tips.

| Namn | Typ | Storlek | Bildstorlek | Lodrät upplösning |
|---|---|---|---|---|
| Artikeltext, bildtext, kontaktinfo_Hans Bodén.docx | Microsoft Word-d... | 87 kB | | |
| DCIM_0012_Copyright Adam Andersson.jpg | JPG-fil | 7 975 kB | 4000 x 6000 | 300 dpi |
| DSC_1170_stadshus.JPG | JPG-fil | 4 570 kB | 4000 x 3000 | 72 dpi |
| DSC_1171_middag.JPG | JPG-fil | 3 177 kB | 4000 x 3000 | 72 dpi |
| Porträttfoto.jpg | JPG-fil | 463 kB | 1688 x 2250 | 220 dpi |

## Texter

*Levereras i Word/Text-fil eller olåst PDF-fil och ska innehålla:*

a) Titel

b) Kort beskrivning till innehållsförteckningen

c) Artikeltext
- Förslag på citat
- Markering där bilder ska anslutas till text samt bildtexter
- Glöm inte rättstavningskontroll, dubbla mellanslag etc.

7 DAGA 2023 i Hamburg
Resereportage från stor internationell konferens i Tyskland
8 Arbetet fortsätter i kommittén för byggakustisk
Statusrapportering från arbetet med att modernisera de svenska ljudstandarderna
9 Referat från DAS Dansk Akustisk Selskab Akustikkens Dag 2023 tema "bæredygtighed & akustik"
En inblick i vad som hände i grannlandets motsvarighet till Ljuddagen
11 Hur påverkas vår hälsa av flygbuller?
Översiktlig bild av kunskapsläget om flygbuller och hälsa

Två styrelsemedlemmar avgick vid års
tacka dem för deras insatser i styrelsen.

rån Örjan johansson i Luleå
or och universitet. Doktoran

## Bilder

*Levereras som egna separata filer* utanför text-dokumentet:*

d) Namn på bildfil enligt beskrivning i Artikeltexten

e) Eventuell namn på fotograf (OBS kolla med upphovsman om tillstånd ges för att publicera bilden)

## Kontaktinformation

*Levereras som egen separat bildfil* respektive texter i Word/Text-fil eller olåst PDF-fil:*

f) Porträttfoto: huvud + torso

g) Namn

h) Arbetstitel

i) Företag
- Fullt namn som ska visas i slutet av artikeln
- Eventuellt förkortat namn som ska visas i början av artikeln

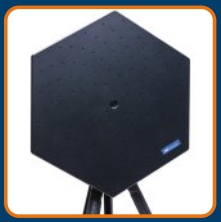
j) E-postadress

Mats E. Nilsson (SU)
mats.nilsson@psychology.su.se

Mats E. Nilsson
Professor, studierektor
Gösta Ekmans Laboratorium,
Psykologiska institutionen, Stockholms universitet
mats.nilsson@psychology.su.se

Om det önskas en speciell layout på artikeln eller om du endast vill föreslå hur text och bilder hänger ihop går det utmärkt att skicka med en Word- eller PDF-fil där bilderna ligger där de ska och dess önskade storlek i förhållande till texten. Döp den filen till "layoutförslag" eller liknande. Glöm bara inte att skicka med filerna enligt listan ovan!

** En bild som ska publiceras med måtten 10 x 10 cm i tidningen bör ha en bildstorlek på minst 1200 x 1200 px och bildupplösning på 300 dpi. En vanlig bildskärm visar bilder med 96 dpi och bilder sparas ofta i den upplösningen som standard, men det gör att bilden behöver ha 3x större storlek (3600 x 3600 px) för att den ska vara optimerad för tryck. Så kolla vilken storlek och upplösning bilden har. När man lägger in bilder i Word komprimeras dessa om man inte gjort inställningar som förebygger detta. Därför är det bäst att skicka med original-bildfilerna utanför Word-dokumentet också.*



Norsonic

www.norsonic.se | info@norsonic.se | 0433-12233

# EIAS 2023

## CONFERENCE DEDICATED TO ROOM ACOUSTICS!

*Maria Quinn (Ecophon)*
*maria.quinn@ecophon.se*

**The Ecophon International Acoustic Seminar EIAS 2023 event brought together acousticians, architects and other people interested in room acoustics. This was a unique opportunity to dive deep into the latest research within room acoustics and network with peers. 180 guests from six continents and 26 countries spent a few days together at the beautiful venue in Hotel Tylösand outside of Halmstad, on May 8th -10th 2023.**

The seminar focused on the latest research and innovations in the field of acoustics and how it impacts our daily lives. Topics included how to improve sound quality in buildings, reducing noise pollution in schools, hospitals, offices and restaurants, and the effects of noise on human health and well-being.

### PEOPLE & MEASUREMENTS

The first speaker group kicked off the event by exploring different aspects of acoustics and how they can be optimized for various environments. Alice Hoffman (Sweden) discusses the differences and similarities between classic technical acoustics and psychoacoustics and how to best benefit from both in practical daily work.

Amanda Robinson (Canada) looked at additional acoustic metrics beyond traditional ones to evaluate innovative learning environments. Andrew Wade (South Africa) discusses the challenges and opportunities of designing acoustic spaces for offices in South Africa and elsewhere without the guidance of strict regulations.

### HEALTHCARE

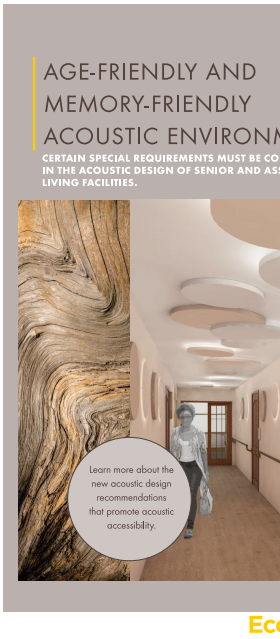
Several presenters highlighted the benefits of focusing on sensory design and acoustic environments in various settings, particularly in healthcare facilities, for improving the well-being of users with diverse needs, including those with neurocognitive disorders and the aspect of the sensory decline connected to ageing.

The speeches highlighted the importance of incorporating the design preferences of neurodivergent populations and the use of a holistic co-design approach to creating inclusive and sustainable spaces that promote empathy and well-being. Several speakers emphasized the need to consider the subjective experience of users in creating effective acoustic environments, both for patients, hospital staff and in school settings.

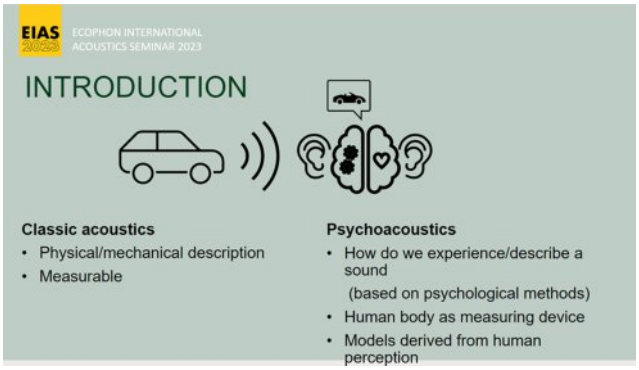
We learnt about sound and noise in Intensive Care Units and how meeting the acoustic reference values does not always correlate with the subjective experience as expressed by staff.

One presenter compared the acoustic outcome in two hospitals with and without LEED certification which led to a discussion on whether it should be optional or not to include mandatory points for the acoustics in LEED-certified hospitals.

A research group from Aalto University presented the findings from a project aiming to be a guide to planning buildings hosting people with memory disorders. Their work also resulted in a brochure with very hands-on ideas when shaping and designing the environment. It provides a good understanding of how sound can affect those who suffer from memory decline and no longer can put the visual and audial input together in a way that makes sense to them.




For those interested in hospital acoustics there were several posters on modern operating rooms, including robotics, containing both acoustic measurements and results from staff surveys.




Alice Hoffman: Classic Acoustics and Psychoacoustics – Similarities and Differences

Hannah C.W. Jakobsen: A holistic assessment of acoustic environments in hospitals

Cheol Ho Jeong & moderator Emma Arvidsson

MENTS
NSIDERED
SISTED
ophon
SAINT-GOBAIN

## SIMULATIONS

Cheol Ho Jeong (Denmark) addressed the insufficient quantification methods for absorption coefficients that hinder accurate predictions of room acoustics. He gave a very eye-opening talk highlighting current challenges and provided ideas for improvement from industrial and academic perspectives.

We also learnt about a new acoustic design platform called Treble, which offers high-accuracy simulations, and real-time audio-visual auralizations with cloud-based capabilities. The platform combines a wave-based approach for low-mid frequencies with a phased geometry acoustics engine for high frequencies, accurately modelling diffraction, interference, and phase. The platform's live-link integration with 3D modelling tools streamlines the workflow and enables rapid design iterations, while immersive auralization capabilities facilitate effective communication of designs to stakeholders.

The Ecophon RD & Innovation Director Ola Karlsson (SE) presented some of the work being done at Ecophon today and the capabilities of their research facilities. Emma Arvidsson (SE) presented some of the research work involving absorbers and diffusers in public rooms, articles on her topic can be found in LjudBladet 2/2021 and 2/2022. Some of the virtual and digital tools developed in recent years were also showcased in the showroom at the venue (Virtual Reality, Augmented Reality etc.).

## EDUCATION

Just Noticeable Difference (JND) and the use of listening tests in architectural acoustics and the importance of employing precise and robust protocols for these tests was next on the agenda. We learnt about the results of a listening test conducted on 134 participants to compare the operational power and robustness to the bias of different protocols commonly used in room acoustics.

Next up was the effects of non-auditory, person-related factors on primary school children's performance and motivation while performing listening tasks in the presence of chatter noise. The study found that inhibitory control, working memory, and noise sensitivity play a role in moderating the effects of the listening condition on children's performance. Understanding the relationship between individual characteristics and the classroom sound environment can have practical implications for the acoustic design of spaces promoting students' well-being and learning performance.

Emma Greenland (UK) reviewed the evidence base on different listening needs for students with special hearing and communication needs in mainstream schools in England and Wales. The study considers over 250 articles to identify suitable acoustic conditions and design measures to support each need and reduce listening disadvantages both in quiet and active classrooms.

The following speakers within the education section discussed different aspects of acoustics and their effects on learning environments. The first described a minimum measurement protocol for assessing classroom acoustics and its effect on students' learning processes. Followed by the importance of good air quality and room acoustics for better learning conditions based on a study of 16 groups of students in elementary schools and gymnasiums. We also heard a fantastic presentation on the use of impulse response measurements and a computer model to investigate the direction of arrival of individual reflections in the Large Epidaurus Theatre, which can inform the design of modern auditoria.

## OFFICES

Unnecessary speech in open-plan offices increases stress hormone levels and can negatively impact performance. Valtteri Hongisto (Finland) walked us through a vivid description of blood sample tests and the correlation between increased cortisol and adrenalin with unnecessary speech.

We also got a great insight into the new ISO 22955 standard that addresses the coexistence of oral communication and individual concentration work in the office, integrating the cognitive dimension of sound. The need to focus on people's experiences and needs in designing for acoustic satisfaction in open-plan offices, as occupants' perception of acoustics is key to their satisfaction.

## OTHER ENVIRONMENTS

We ended this great event by looking closer into some other aspects of architectural acoustics. Henrik Möller (Finland) argues that multipurpose halls can be effective performance spaces when designed with both acoustic and functional considerations in mind. We were also introduced to active acoustics; a digital tool to alter sound in a space, and its potential uses in various environments beyond traditional concert halls. And last, but not least, Marcos Holtz presented a case study of noisy restaurants in Brazil and the solutions for improving acoustic comfort, with field tests conducted before and after renovations. Humans have always gathered to share food, and interaction with others is as important today as when we first joined in groups.

Courtesy Marcos Holtz

Altogether, the presentation during EIAS 2023 highlighted the importance of considering good acoustics in architecture always means including the comfort and experience of the people who will be there. And after all – that is what counts.

If you are interested in the presentations from EIAS 2023 more information will be found on the Acoustic Bulletin webpage after the conference.

*If you are interested in the presentations from EIAS 2023 more information will be found on the Acoustic Bulletin webpage after the conference.*
*https://www.acousticbulletin.com/*

Maria Quinn
*Global Concept Developer Healthcare*
*Saint-Gobain Ecophon AB*
*maria.quinn@ecophon.se*

# SVENSKA AKUSTISKA SÄLLSKAPET

## TIPSAR OM KONFERENSER OCH KONGRESSER

ICSV 29
PRAG, TJECKIEN
9-13 JULI 2023

ICSV29 PRAGUE

---

INTER-NOISE: IN-52
CHIBA, JAPAN
20-23 AUGUSTI 2023

---

forum acusticum 2023

FORUM ACUSTICUM: FA-10
TURIN, ITALIEN
11-15 SEPTEMBER 2023

---

25-29 August 2024
inter.noise
NANTES FRANCE

INTER-NOISE: IN-53
NANTES, FRANKRIKE
25-28 AUGUSTI 2024