ABSORBENTER OCH DIFFUSORER I SKOLOR OCH KONTOR

ELEKTRIFIERINGEN AV FORDONSFLOTTAN DRIVER UTVECKLING AV EFFEKTIVA OCH TYSTA FLÄKTAR

KORT SAMMANFATTNING AV 44 ÅR MED (TÅG)BULLER

LJUdBLADET

EN MEDLEMSTIDNING FRÅN SVENSKA AKUSTISKA SÄLLSKAPET NR 2 2021

LJUDDAGEN 2021 I GÖTEBORG

UNDERVATTENSBULLER FRÅN FRITIDSBÅTAR

TUMLARE OCH UNDERVATTENSBULLER

PUBLIKATIONER FRÅN KTH

RUMSAKUSTIK FÖR MULTIFUNKTIONSSALAR, HOT ELLER MÖJLIGHET?

PREDICTION OF SOUND INSULATION FOR WOODEN FLOOR STRUCTURES USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

VARFÖR BEHÖVS AKUSTIKERN I BYGGPROJEKT?

Innehåll
NR 2 2021

3 Ledare

4 Elektrifieringen av fordonsflottan driver utveckling av effektiva och tysta fläktar
Forkning kring strömningsfältet och det resulterande ljudfältet från batterikylnigsfläktar

6 Ljuddagen 2021 i Göteborg
Hans sammanfattar den efterlängtade Ljuddagen med pristagare, föreläsningar och samkväm

10 Absorbenter och diffusorer i skolor och kontor
Hur ska vi akustiskt designa dessa vanliga rum för att uppnå bra akustik, för alla i rummet?

12 Undervattensbuller från fritidsbåtar
Mätningar av undervattensbuller förorsakat av vanliga fritidsbåtar

15 Doktorsavhandlingar från KTH

16 Examensarbeten från KTH

20 Tumlare och undervattensbuller
Buller under vattenytan ger skador på tumlarpopulationen i våra svenska vatten

23 Prediction of sound insulation for wooden floor structures using artificial neural networks
A new method of predicting the acoustic performance of floor structures

27 Kort sammanfattning av 44 år med (tåg)buller
Tomas Jerson tar oss med på en resa genom otaliga år med buller

32 Varför behövs akustikern i byggprojekt?
Akustikern bakom Ljudmiljöpriset 2020 berättar om sitt personliga engagemang i CHOPIN

35 Rumsakustik för multifunktionssalar, hot eller möjlighet?
Vår akustikkollega från Finland beskriver de akustiska utmaningarna med multifunktionssalar

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

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 200 medlemmar inklusive pensionärer 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 2021

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 2021

Hel sida färg: 5.500:-/nr

Halv sida färg: 3.500:-/nr

Styrelse 2021

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

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

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

Delphine Bard, *delphine.bard@construction.lth.se*

Karl Bolin, *kbolin@kth.se*

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

Maria Quinn, *maria.quinn@ecophon.se*

Monica Waaranperä, *monicaw@chalmers.se*

Valberedning 2021
Anders Schönbeck & Mats Åbom

Revisorer 2021
Björn Tunemalm & Peter Pettersson

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

LJUdBLADET NR 2 2021
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

Äntligen! Ljuddagen 2021 kunde hållas på plats i Göteborg 20/10. Evenemanget samlade cirka 50 deltagare plus 7 utställare på Hotel Pigalle i centrala Göteborg. Vi erbjöd även en digital anslutning för medlemmar eller betalande som inte ville eller kunde vara där. Jag har i detta nummer skrivit en kort sammanfattning av det som hände under dagen som kompletteras av fina foton tagna av Christoffer Leijon. Där finns också information om utdelningen av Ljudpriset och Ljudmiljöpriset för 2020. En del av föredragshållarna har också bidragit med artiklar till detta nummer av LjudBladet.

Nästa år kommer vi att återgå till den traditionella organisationen och ha vårt årsmöte och Ljuddagen samma dag. Det kommer att bli onsdagen 23:e mars 2022, så boka redan nu in den dagen. Platsen kommer att bli Lund eller Malmö. Vi återkommer med mer information.

Det innebär också att vi kommer att vilja dela ut våra priser redan i mars, så vi välkomnar nomineringar av personer eller organisationer till Ljudpriset och miljöer eller projekt till Ljudmiljöpriset.

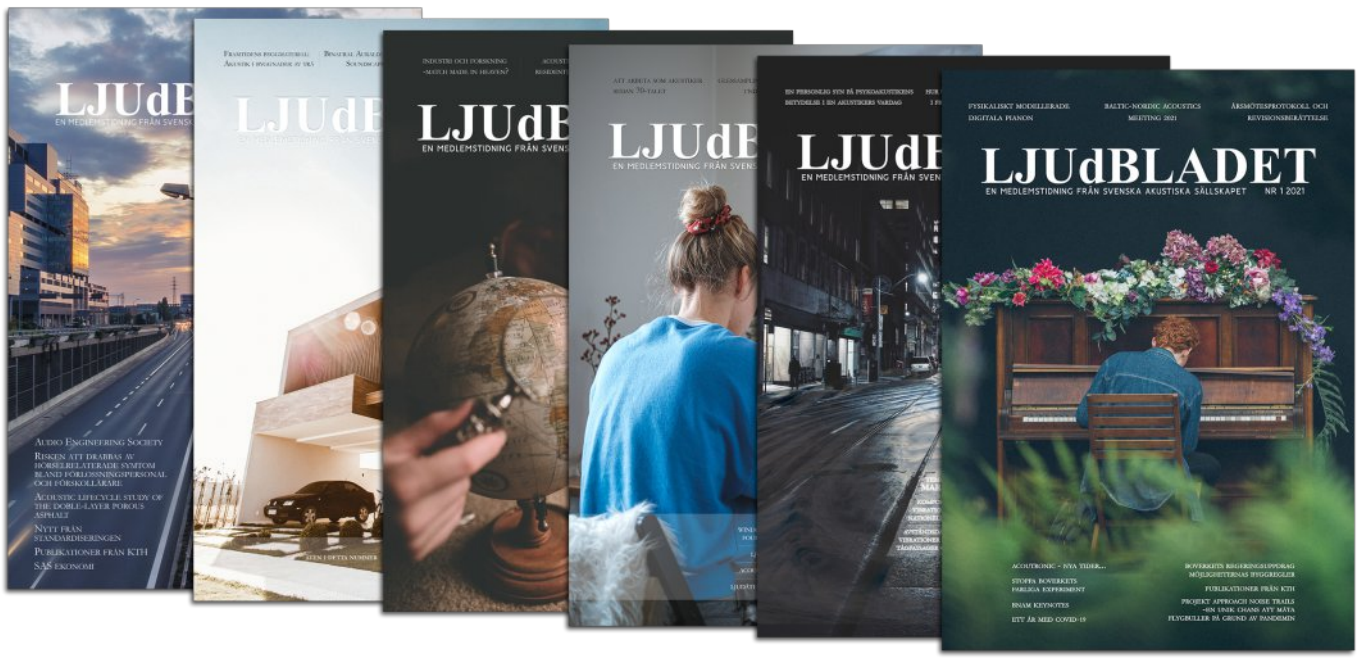
Ett annat evenemang att flagga för är BNAM 2022 i Aalborg 9-11/5 som arrangeras i samarbete med EAA som ett så kallat Euroregio-arrangemang.
Mer information finns på baksidan av detta nummer av LjudBladet.

Jag vill också passa på att önska alla våra medlemmar en God Jul och ett Gott Nytt År!

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

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 200 medlemmar och utkommer två gånger om året. Skicka en artikel som du vill publicera till *info@akustiska-sallskapet.org*



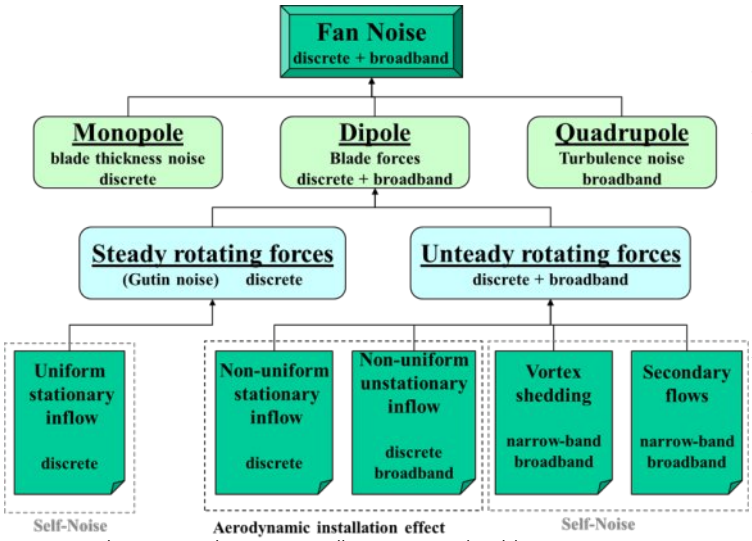
ELEKTRIFIERINGEN AV FORDONSFLOTTAN DRIVER UTVECKLING AV EFFEKTIVA OCH TYSTA FLÄKTAR

Mikael Karlsson (MWL, KTH)
kmk@kth.se

Med elektrifierade drivlinor uppstår nya ljud och vibrationsutmaningar inom fordonsindustrin. Ljud som tidigare maskerades av förbränningsmotorn framträder plötsligt med all oönskad tydlighet. Här kommer vi diskutera kylfläktar; dels förändras kravbilden (de behöver bli tystare för att möta kundens förväntan) men man får också nya installationer samt driftsfall. Ett konkret exempel på ett nytt ljudproblem är batterikylning vid laddning nattetid i bostadsområden. För att möta de här utmaningarna har Volvo Lastvagnar och Volvo Cars initierat ett ambitiöst forskningsprojekt: ”eFläktar, grundförutsättning för eMobilitet” [1-2] medfinansierat av Energimyndigheten, för att studera aerodynamik och strömningsakustik på elektriskt drivna kylfläktar. Tillsammans med de akademiska parterna på Chalmers och KTH är målen att ge riktlinjer för att väsentligt förbättra verkningsgraden (+20%) samtidigt som ljudnivån är oförändrad eller sänks. Särskild vikt läggs på att förstå installationseffekter; hur ändras prestanda och ljud när anströmningen till fläkten inte är ideal. Här finns en unik möjlighet eftersom två doktorander jobbar parallellt med att studera både strömningsfältet och det resulterande ljudfältet i detalj. Ansatsen är både numerisk och experimentiell.

Installationseffekter på fläktbuller

Med installationseffekter menar man ibland hur fläkten kopplar mot systemet det sitter i. Det är viktigt, inte minst i kanalsystem där positioneringen av fläkten i det stående vågfältet är helt avgörande. Här avser vi dock hur installationen påverkar ljudalstringsmekanismerna i sig. Den grundläggande förståelsen kring dess mekanismer är väl utvecklad. Mycket drivet av flygindustrin och utvecklingen av propellrar av olika slag. En bra historisk genomgång av tidig forskning ges av Morfey [3] medan en mer modern djupdykning kan göras i Blakes bok: ”Mechnics of of Flow-Induced Sound and Vibration (Volume 2)” [4]. En annan bra överskådlig sammanfattning gavs av Neisse & Michel [5]; vilket resulterade i vad som brukar kallas ”the Neisse chart”, se figur 1.

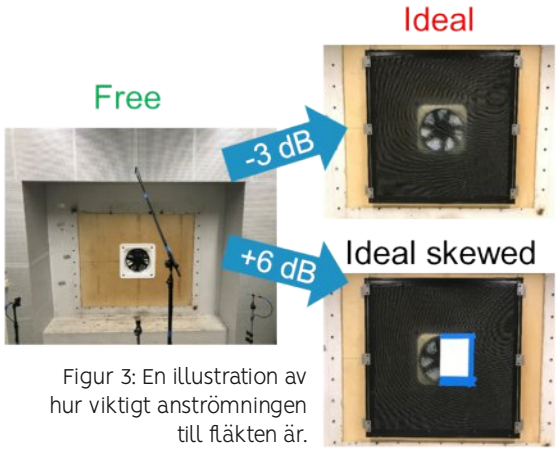


Figur 1: ”The Neisse chart”. En nedbrytning av de olika mekanismerna som skapar fläktljud. Vi är särskilt intresserade av de krafter som kommer från störd anströmning benämnt ”aerodynamic installation effects” i figuren.

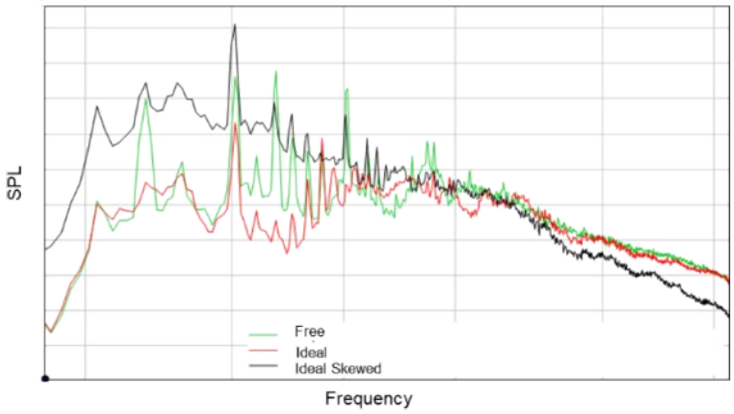
Här delas de olika ljudalstringsmekanismerna upp dels upp i olika typer (mono-, di- eller quadro-poler beroende på vad det är för fysisk mekanism och därmed hur de skalar med strömningshastigheten) men även i subgrupper beroende på bakomliggande orsak. För den typ av fläktar vi är intresserade av, med i sammanhanget låga rotationshastigheter (subsoniskt), kommer dipol-källorna, d.v.s. olika bladkrafter, dominera. Enklaste fallet är den stationära lyftkraften som det roterande bladet påverkar fluiden med. Den ger en distinkt om än ofta inte så stark ton, vilket kallas Gutin noise, vid bladpassagefrekvensen. Beroende på bladdesign får man också sekundära flödeseffekter som resulterar i egengenererat ljud. Det kan vara separation och virvelbildning eller återcirkulation runt änden på bladet. En typisk fläkt idag har därför en asymmetrisk fördelning av bladen (reducerar bladpassagefrekvensen, någon slags svept bladprofil (minskar separation) och ibland en yttre ring (mot återcirkulation vid bladänden), se exempel i figur 2 [6].

Men om vi utgår ifrån att vi kan hitta en väl designad fläkt är vårt huvudintresse det bidrag som ges av installationen. Vad får vi får bidrag av att anströmningen till fläkten är skev eller varierar i tiden? För att illustrera detta gjorde vi en enkel mätserie där vi först lät en fläkt sitta fritt med en till synes bra anströmning; inga störningar och en väl kontrollerad inloppvolym innan. Sen såg vi till att vi hade en väldigt bra anströmning med hjälp av flödesriktare. Slutligen förstörde vi anströmningen genom att blockera halva flödesriktaren.

Figur 2: typisk fläkt som används inom fordonsindustrin [6].

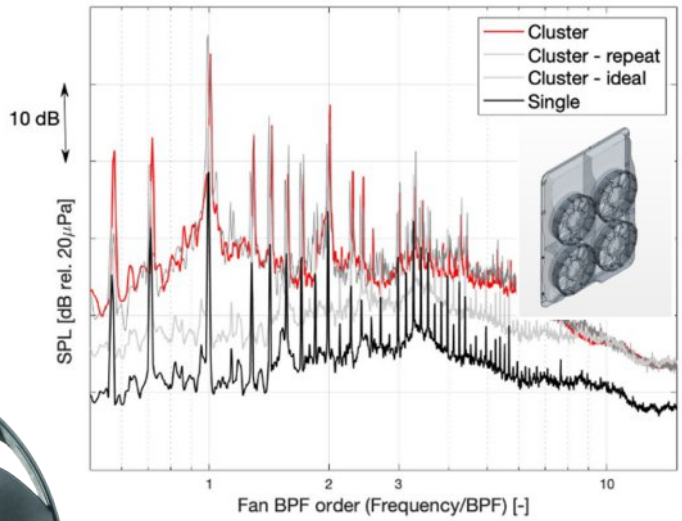


Figur 3: En illustration av hur viktigt anströmningen till fläkten är.



Som ses nedan kan man typiskt få runt 10 dB ökning av ljudnivån av en olycklig installation. Tyvärr är det mer regel än undantag att man tvingas till kompromisser i installationen av fläkten i fordonet.

Ett annat mer praktiskt exempel på installationseffekter som vi tittar på inom projektet är vad som händer om man använder kluster av mindre fläktar istället för en större fläkt för att nå samma kyleffekt. Det kan ha praktiska fördelar med styrning och kontroll men även skalfördelar kostnadsmässigt. Vi placerade fyra likadana fläktar (som vi först mätt separat var för sig) i en kåpa [7], se figur 4. Uppmätt total ljudnivå för klustret var > 10 dB högre än vad vi förväntade oss efter att ha mätt fläktarna separat först. Resultaten pekar tydligt på flödesinteraktion mellan fläktarna. Vi ser ”haystacking” runt fläktordningarna vilket ges av storskaliga virvlar som skapas uppströms och träffas av några blad medan de dras genom fläkten. Det ger ett tydligt bidrag både på själva fläktordningen men även en ”höstack” runt de samma.



Figur 4: Uppmätta ljudnivåer för först en ensam fläkt (svart, ”single”), ideal summering av fyra okorrelerade fläktar enligt resultat för den ensamma fläkten (ljusgrått, ”cluster ideal”) samt den faktiskt uppmätta nivån för fyra fläktar (rött, ”cluster”). Infällt syns hur fläktarna var placerade i kåpan.

Sammanfattning

Ett pånyttfött intresse för effektiva och tysta fläktar har uppstått med de alltmer elektrifierade drivlinorna i fordonsindustrin. Forskning inom fläktakustik har länge varit ett styrkeområde på KTH, med applikationer mot t.ex. fordons- [8] och telekommunikations-industrin [9]. Det unika i det pågående projektet är dels samarbetet med Chalmers men framförallt samordningen mellan detaljerade studier av strömnings och akustik-fälten vilket vi hoppas kommer leverera både detaljförståelse om ljudgeneringsmekanismer såväl som praktiska metoder och riktlinjer för dagligt utvecklingsarbete.

Resultaten är så klart generellt tillämpbara, vid intresse kontakta oss för mer info.

Referenser

[1] ”eFläktar, grundförutsättning för eMobilitet”, Projekt inom: Fordonsstrategisk forskning och innovation (FFI) Diarienummer 48025-1.

[2] ”eFläktar, grundförutsättning för eMobilitet, del2”, Projekt inom: Fordonsstrategisk forskning och innovation (FFI) Diarienummer 51464-1.

[3] Morfey, C.L., Rotating blades and aerodynamic sound. Journal of Sound and Vibration, 1973. 28(3): p. 587-617.

[4] Blake W. K., Mechanics of Flow-Induced Sound and Vibration, Volume 2 (Second Edition). 2017: Academic Press. (Mainly Chapter 6.)

[5] Neise, W., Michel, U., “Aerodynamic noise of turbomachines”, DLR Internal Report 22314-94/B5, 1994. Accessible on-line

[6] Lu, Yu-Yu, “Experimental Study of Installation Effects on Cooling Fan Noise” M.Sc. Thesis report KTH. 2021, accessible at: diva2:1595588

[7] Karlsson, M. and Etemad, S., “Installation Effects on the Flow Generated Noise from Automotive Electrical Cooling Fans,” SAE Technical Paper 2020-01-1516, 2020, doi:10.4271/2020-01-1516.

[8] Rynell, A. “An experimental and numerical study of an automotive cooling module”. Ph.D. Thesis KTH, 2017, accessible at: diva2:1061816

[9] Berglund, P-O, "Investigation of acoustic source characterisation and installation effects for small axial fans". Licentiat avhandling KTH, 2003, urn:nbn:se:kth:diva-1539

Mikael Karlsson
Tekn. Dr. Teknisk Akustik
Teknisk Mekanik, MWL
Competence centre for gas exchange (CCGEx)
Kungliga Tekniska Högskolan KTH
kmk@kth.se

LJUDDAGEN 2021 I GÖTEBORG

Hans Bodén (KTH)
hansbod@kth.se

Ljuddagen 2021 arrangerades onsdagen 20/10 i en trevlig miljö på Hotel Pigalle i centrala Göteborg som ett hybridevenemang med cirka 50 deltagare plus sju utställare på plats och ett antal ytterligare digitalt. Trots initiala problem med att få ljudet att fungera för de som inte var på plats så fungerade det till slut bra och programmet kunde genomföras.

Dagen började med utdelning av Ljudpriset för 2020 till Professor Emeritus Sten Ljunggren med motiveringen:

”Professor emeritus Sten Ljunggren har genom mångårigt engagemang i vitt skilda fält inom akustiken bidragit till att främja akustisk forskning, utveckling och konsultverksamhet. Hans verksamhetsområden inkluderar rumsakustik, byggnadsakustik, vindkraftsbuller och strukturvibrationsområdet. Sten har haft ledande positioner på de stora konsultföretagen, forskningsinstitut och som professor på KTH i byggnadsakustik där Sten undervisat i byggnadsakustik och handlett ett flertal doktorander.”

Ordföranden för Svenska Akustiska Sällskapet Hans Bodén delar ut Ljudpriset till Sten Ljunggren.

Sten höll sedan ett intressant föredrag med titeln ”Tänka fritt är stort men tänka rätt är större”, ett citat från Thomas Thorild från 1700-talet som finns inhugget i guldbokstäver över ingången till aulan i universitetshuset i Uppsala. Sten inledde med att tala om det stora arbete vi inom universitetsvärlden lägger ned på s.k. peer review eller granskning av manuskript till vetenskapliga artiklar som sänts in för publicering i tidskrifter för att säkerställa att det som publiceras är relevant och rätt.

Huvuddelen av föredraget handlade om tre viktiga artiklar i den teoretiska byggnadsakustikens historia som alla tre innehöll nytänkande men också vissa fel. I den första artikeln ”Theorie der Schalldämmung dünner Wände bei schrägem Einfall”, Akustische Zeitschrift 7, 81-104 (1942) av Lothar Cremer utvecklade han en ny teori för ljudtransmission för enkelväggar som fick stor betydelse för byggnadsakustiken. Dock fann Cremer att beräkningsresultaten inte överensstämde med hans egna mätningar vilket kastade tvivel över teorins giltighet. Förklaringen visade sig vara att väggen i laboratoriet var inspänd i en ram vilket inte var fallet i de teoretiska beräkningarna. Sådana skillnader i randvillkor eller andra antaganden är ofta orsaken till diskrepanser mellan experimentella resultat och teoretiska beräkningar eller numeriska simuleringar.

Den andra artikeln var ”Theori der Entstehung des Klofschalls”, Frequenz, 2, 61- 84 (1948) av H. Cremer och L. Cremer, presenterade en teori för stegljudsgenerering. Den var mer lättanvänd än tidigare använda modala metoder men visade sig ge felaktigt resultat när radien runt excitationspunkten gick mot noll.

Den tredje artikeln var ”Response of ribbed panels to reverberant acoustic fields”, J. Acoust. Soc. Am. 34 809-826 (1962) av G. Maidanik där användbara beräkningsformler för ljudavstrålning från vibrerande plattor utvecklades. Resultatet för plattor utan förstyvningar innehöll dock ett fel. Detta fel var dock uppenbart för den initierade läsaren och förmodligen ett rent misstag. Maidanik återkom ett antal år senare med en korrigerade version som också visade sig bli fel.

Sten sammanfattade genom att säga att dessa tre artiklar trots sina fel och tveksamheter är tre av de viktigaste bidragen till den teoretiska byggnadsakustiken och att felen har haft lite betydelse för deras användbarhet.

Han avrundade sitt intressanta föredrag med ett citat från Grönköpingsskalden A:lfr:d V:stl-nd

och vet att även du skall skörda
vad rätt du tänkt fast det var fel

Nästa punk på agendan var utdelningen av Ljudmiljöpriset för 2020 som gick till CHOPIN - Centrum för operation och intervention Huddinge sjukhus med motiveringen:

”Med stort personligt engagemang, kontinuitet och gott samarbete mellan alla berörda byggparter – byggherre (Locum), projektörer, entreprenörer, vårdverksamheten och akustiker – har man skapat en funktionell sjukhusbyggnad där varje detalj studerats för att åstadkomma en god och säker ljudmiljö till gagn för både patienter och personal. CHOPIN är en mycket värdig vinnare av Ljudmiljöpriset 2020 och vi hoppas att projektet ska vara en inspirationskälla för andra sjukhusprojekt”

Ingen representant för projektet kunde vara på plats i Göteborg men både Vicky Lau från byggherren Locum och akustikkonsulten från PE Teknik & Arkitektur, Kristian Orellana, deltog digitalt och Kristian höll ett personligt färgat föredrag om projektet.

Hans Bodén visar diplomet för Ljudmiljöpriset och Kristian Orellana berättar om projektet.

Ljuddagens inbjudna huvudtalare var Henrik Möller från Aukon och Finska Akustiska Sällskapet som höll ett dynamiskt föredrag med titeln ”Rumsakustik för multifunktionssalar – hot eller möjlighet”. Han började med att definiera vad som menas med en multifunktionssal där den skämtsamma varianten är ”En sal som kan användas till allt men inte är bra för någonting” och en mer seriös variant ”En sal som kan användas till flera olika ändamål, till exempel ett kulturhus där man har musikevenemang, möten och andra framträdanden”. Henrik gick igenom olika prioriteringar man kan behöva göra vid projektering av denna typ av salar, rumsakustiska krav och olika metoder för att förändra rumsakustiken för anpassning till olika användningsområden.

Före lunch fick vi även höra Andreas Henriksson från Acosense berätta om hur man använder vibrationer i vätskefyllda rör för att analysera vätskor med tillämpningar mot processindustrin och Tomas Jerson som nyligen har gått i pension berättade om sitt yrkesliv som mättekniker inom skilda områden men som har innehållit en stor del akustiska fältmätningar.

Efter lunchen berättade Anders Sköld från Cochlear berättade om deras utveckling av hörselhjälpmedel för personer med svåra hörselnedsättningar och där vanliga hörapparater inte ger tillräcklig förbättring. Det kan vara så kallade ”cochlear implants” som omvandlar ljud till elektriska signaler som sänds direkt till innerörat eller apparater med ”benledning” som omvandlar ljud till vibrationer i skallbenet som kan plockas upp i innerörat.

Sedan följde två föredrag med fokus på undervattensakustik. Först berättade Lisa Johansson från Naturvårdsverket om Tumlaren i Östersjön och hur den påverkas av undervattensbuller. Det har funnits 10 000 tumlare i Östersjön men nu är arten akut hotad och måste skyddas på individnivå. Tumlaren påverkas kraftigt vid ökat buller som till exempel vid pålning för att bygga vindkraftsverk till havs. Slutsatsen var att det kan vara mycket svårt att kombinera en kraftig utbyggnad av havsbaserad vindkraft med bevarandet av Östersjötumlaren och att det kommer att öka kraven på utredning av undervattensbuller i samband med alla sådana projekt. Lisa konstaterade även att hon var den enda kvinnliga talaren under dagen och att det ju var typiskt

Henrik Möller lägger ut texten om multifunktionssalars akustik.

Anders Sköld berättar om hörselhjälpmedel.

Lisa Johansson under sitt föredrag om Östersjötumlaren.

att just hon skulle prata om gulliga tumlare. Vi i styrelsen får ta till oss att försöka få in fler kvinnliga talare till kommande Ljuddagar. Torbjörn Johansson från IVL talade om undervattensbuller från fartyg och fritidsbåtar och gav ett flertal ljudexempel. Bland annat redogjorde han för ett projekt för bestämning av dominerande ljudkällor från ett antal fritidsbåtar vid olika hastigheter

Efter en trevlig fikarast fortsatte dagen med de två sista föredragen. Mikael Karlsson från KTH berättade om ett projekt som handlar om aeroakustik för kylfläktar som används i el-drivna fordon. Det är en del av ett större projekt med Chalmers, KTH, Volvo Cars och Volvo GTT där förutom aeroakustik även aerodynamik och värmeöverföring studeras. Som en första del har experimentella test genomförts för att studera installationseffekter, det vill säga hur ljudgenereringen påverkas av att kylfläkten är placerad i ett fordon istället för fritt eller vad som händer när flera kylfläktar placeras tillsammans för att förbättra kyleffekten. Sista talare var Torbjörn Kloow som i många år har arbetat med så kallade akustiska kameror där mikrofon-arrayer av olika konfigurationer används tillsammans med en kamera för att identifiera ljudkällor till exempel i maskiner. Torbjörn berättade om den senaste utvecklingen när det gäller algoritmer för att lyfta fram och upplösa den information som man är intresserad av. Han gav tips på användbara länkar om man vill studera detta närmare.

Dagen avslutades med mingel och musik från ett band med inriktning mot Irländsk folkmusik där en av dagens talare Anders Sköld är en av bandmedlemmarna. Därefter hastade undertecknad mot Stockholmståget.

Mingel med musikunderhållning avslutade Ljuddagen 2021.

(t.v.) Mikael Karlsson berättar om kylfläktsbuller.
(t.h.) Torbjörn Kloow under sitt föredrag om algoritmer akustiska kameror.

Hans Bodén

Ordförande i SAS
Professor, Ljud och vibrationer MWL
Kungliga Tekniska Högskolan

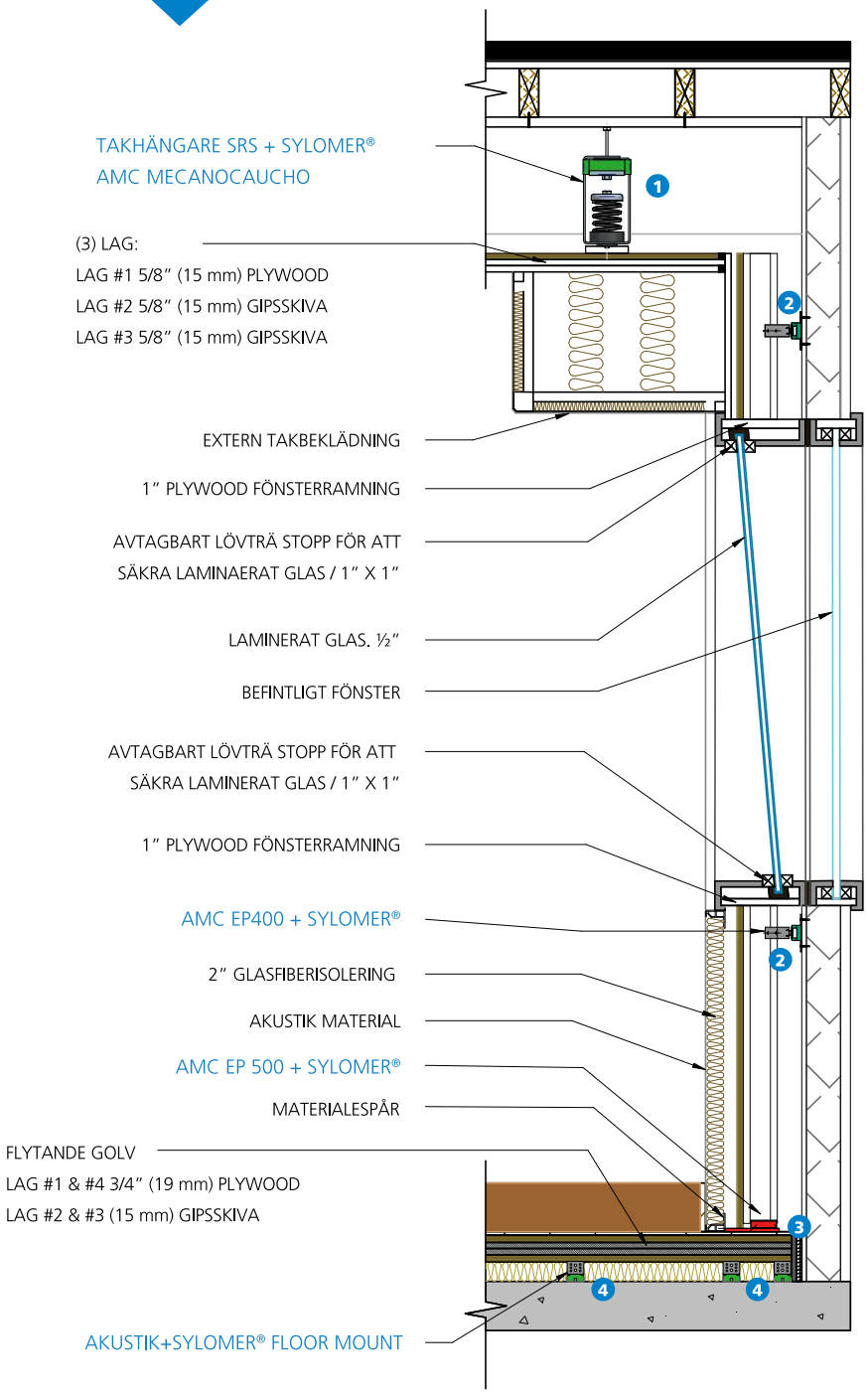
hansbod@kth.se

MECANOCAUCHO

Tillverkning av **lösningar** för arkitektoniska akustik och vibrationsproblem **sedan 1969**.

KORREKTA INSTALLATIONER LEDER TILL KORREKTA RESULTAT.

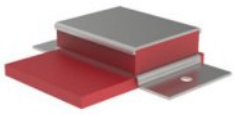
Utbyte av CAD-filer, AMC delegerade tjänster ger tydliga instruktioner för installation av akustikhängare, skiljeväggar och golvfästen.



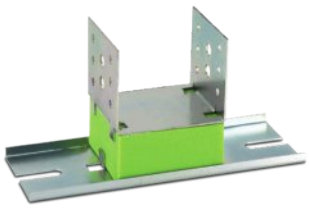
1 SRS + SYLOMER®

2 EP 400 + SYLOMER®

3 EP 500 + SYLOMER®



4 AKUSTIK+SYLOMER® FLOOR MOUNT



VILL DU VETA MER?
Registrera dig för ett möte och lite träning

Flemming Bajlum
Teknisk försäljningschef

www.mecanocaucho.com
www.akustik.com

flemming@amcsa.dk

Lauritz Soerensens Vej 25, 409
DK-2000 Frederiksberg

+45 81730100

ABSORBENTER OCH DIFFUSORER I SKOLOR OCH KONTOR

Emma Arvidsson (LTH, S-G Ecophon)
emma.arvidsson@construction.lth.se

I vanliga rum, så som kontor och skolor, utförs komplexa uppgifter. En god akustisk miljö är en viktig förutsättning för utförandet att dessa uppgifter. Hur ska vi akustiskt designa dessa vanliga rum för att uppnå bra akustik, för alla i rummet? Detta undersöks inom ramen för ett doktorandprojekt på Lunds Universitet i samarbete med Ecophon.

Då flertalet studier påvisat att efterklangstiden, som vanligtvis utgör specifikationen för akustikregleringen i vanliga rum, inte är tillräcklig för att beskriva upplevelsen av akustiken har ett paket om tre rumsakustiska parametrar mätts upp i studien

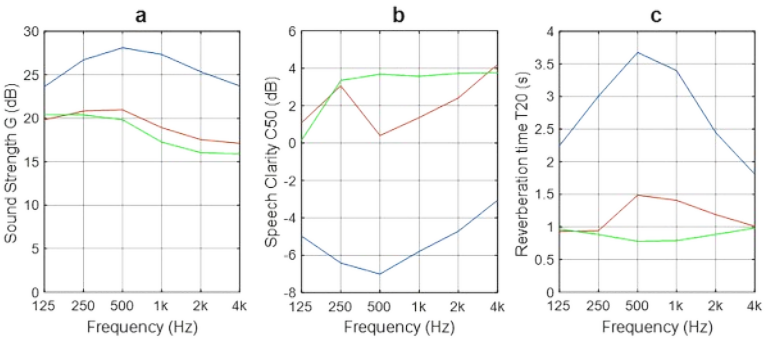
-Efterklangstid T_{20}, Speech Clarity C_{50} och Sound strength G

I klassrum ska elever ta emot information och bearbeta denna. För att kunna göra det måste det vara möjligt för alla elever att höra väl, utan någon extra ansträngning. Extra ansträngning för att höra tar energi från att bearbeta information. Bra akustik är därmed kritiskt för att fokusera sin energi kunna lära nytt. I kontorsmiljöer kan motsvarade handla om möten och konferenser. För att ha energi att bearbeta stor mängd information och utföra längre tankekedjor är bra akustik av stor betydelse.

> bra akustik är därmed kritiskt för att fokusera sin energi kunna lära nytt

I en delstudie av det projekt som nämns ovan undersöktes effekten på rumsakustiska parametrar då en kombination av absorbenter och diffusorer användes i ett klassrum. Diffusorer används vanligtvis vid akustikreglering i miljöer som konsertsalar och teatrar. Detta för en bra support till artisten på scen men också för en bra akustisk upplevelse för alla i publiken. Samma argument för akustikreglering kan användas i ett klassrum eller ett konferensrum, den som talar ska få support och alla som lyssnar ska tydligt kunna höras.

Vanligare material för akustikregleringen i klassrum är ett absorberande undertak. Detta har använts som utgångspunkt i uppsättningen av experimenten i studien.



Figur 2: Rumsakustiska parametrar i (a) G, (b) T_{20} och i (c) C_{50} för tre baskonfigurationer. BLÅ: tomt rum. RÖD: Ljudabsorberande undertak. GRÖN: Ljudabsorberande undertak och möbler.

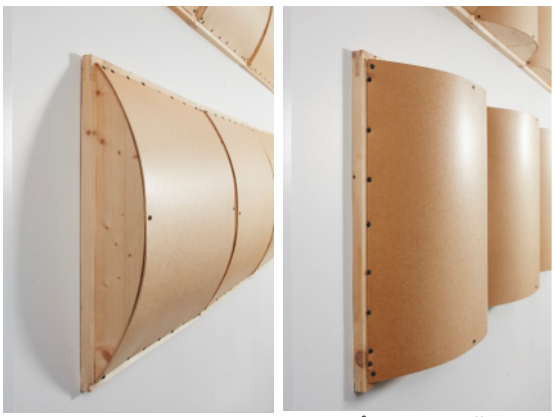
Figur 1: Rummet med möblering där testerna utförts.

Rumsakustiska mätningar

I ett första steg undersöktes effekten av absorberande undertak, därefter effekten av möbler, se Figur 1.

Det ljudabsorberande undertaket ger en signifikant skillnad på samtliga rumsakustiska parametrar som mättes. Sådant undertak utgör därmed en viktig grund för att skapa en god akustik det vi kallar vanliga rum. När rummet möbleras påverkas även då samtliga parametrar genom den scattering som möblerna tillför. Absorptionen från dessa möbler är mycket låg. Därav är effekten större T_{20} och C_{50} jämfört med G, se Figur 2.

I följande steg adderades, till undertak och möbler, akustiskt material på väggarna. Tre olika varianter användes, i en första användes absorbenter och de andra två användes olika varianter av diffusorer, vi skiljer på dessa två genom hur de riktar ljudet, vertikal riktning och horisontell riktning, se Figur 3.



Figur 3: T.v. vertikala diffusorer, ljudvågor som träffar ytan reflekteras i vertikal riktning.
T.h. Horisontella diffusorer, ljudvågor som träffar ytan reflekteras i horisontell riktning.

Från utvärdering av resultaten kan vi se hur man kan använda olika typer av akustiska material beroende på vilken rumsakustisk parameter, dvs vilken typ av akustik, man vill justera. Med mer absorption påverkas alla de parametrar som uppmättes. Med detta material reduceras ljudenergin. Genom att använda diffusorer påverkas främst T_{20} och C_{50}, ljudenergin bevaras och G justeras inte i samma utsträckning som med absorbenter.

Båda versionerna av diffusorer påverkade akustiken med värden som motsvarar hörbar skillnad. Större effekt fås dock från de vertikala diffusorerna då de riktar energi mot det absorberande taket. Mätningarna gjordes över sex mottagarpositioner och två sändare, dvs totalt utvärderades tolv mätningar. Förutom effekten i medelvärden påvisades mindre variation över de olika positionerna då diffusorer användes, dvs en mer jämn akustik runt om i rummet.

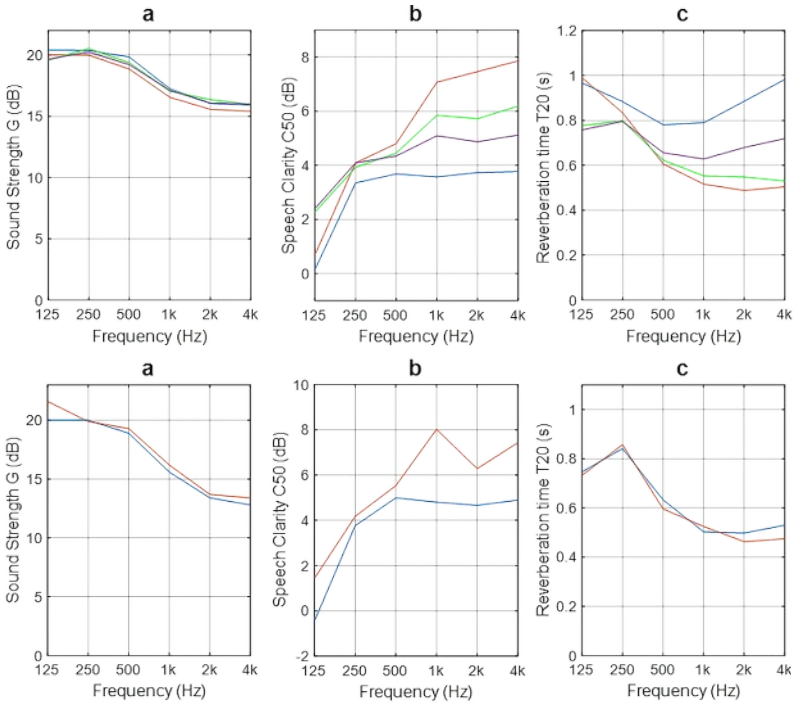
Diffusorerna som användes har vissa absorberande egenskaper, detta i form av resonansabsorption i de lägre frekvenserna vilket ger viss effekt på G men också orsaken till större justering av T_{20} och C_{50} i dessa låga frekvenser, se Figur 4.

I ett sista steg i studien utvärderades effekten av diffusorer i taket som placerades över talarposition. Diffusorerna kan på det viset bidra med support till den som talar samt att sprida ljudet till de som sitter längre ifrån talaren, se Figur 6. Resultat från mätningarna visade höjning om 3 dB i C_{50} för position långt bak i rummet när absorbenter ovanför talarposition byttes ut till diffusorer över talarposition, se Figur 5.

> för vanliga rum som klassrum och kontor är ett absorberande undertak en viktig och bra grund för god akustik

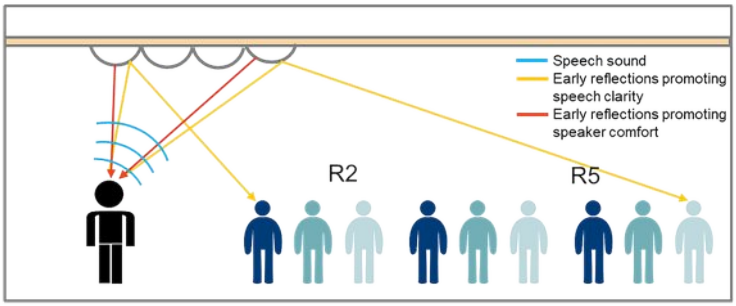
Rumsakustisk design

För vanliga rum som klassrum och kontor är ett absorberande undertak en viktig och bra grund för god akustik, men kan med fördel kompletteras med olika typer av akustiskt material. Med diffusorer uppnås en mer jämlik akustik i rummet, dvs mer likvärdiga förutsättningar har höra bra oavsett var i rummet personen befinner sig. Vidare kan diffusorer ovanför talarposition ge talarstöd och förbättra taltydligheten för de som sitter långt ifrån talaren. Ytterligare absorbenter för att komplettera absorberande undertak kan användas i de fall man önskar sänka ljud energin i rummet utöver att justera T_{20} och C_{50}. Vi bör alltså använda olika akustiska material beroende på vilken akustik vi vill uppnå.



Figur 4: Rumsakustiska parametrar i (a) G, (b) T_{20} och i (c) C_{50} för effekten av olika akustiska lösningar på vägg.
BLÅ: Absorberande undertak och möbler.
RÖD: Absorberande undertak, möbler och 8,6 m² väggabsorbenter.
LILA: Absorberande undertak, möbler och 8,6 m² diffusorer mer horisontell riktning.
GRÖN: Absorberande undertak, möbler och 8,6 m² diffusorer mer vertikal riktning.

Figur 5: Rumsakustiska parametrar i (a) G, (b) T_{20} och i (c) C_{50} för position i bakre delen av ett rum då takdiffusorer installerats över talarposition.
BLÅ: Absorberade undertak. RÖD: Diffusorer över talarposition.



Figur 6: Beskrivning av hur takdiffusorer installerade ovanför talarposition påverkar ljud reflexer i rummet.

Emma Arvidsson
Industridoktorand Teknisk Akustik
Lunds tekniska högskola, LTH
Saint-Gobain Ecophon AB
emma.arvidsson@construction.lth.se

Mer detaljerad information om studien finns i Publicerad artikel på MDPI Acoustics:

"The Effect on Room Acoustical Parameters Using a Combination of Absorbers and Diffusers—An Experimental Study in a Classroom"

UNDERVATTENSBULLER FRÅN FRITIDSBÅTAR

Torbjörn Johansson (IVL)
torbjorn.johansson@ivl.se

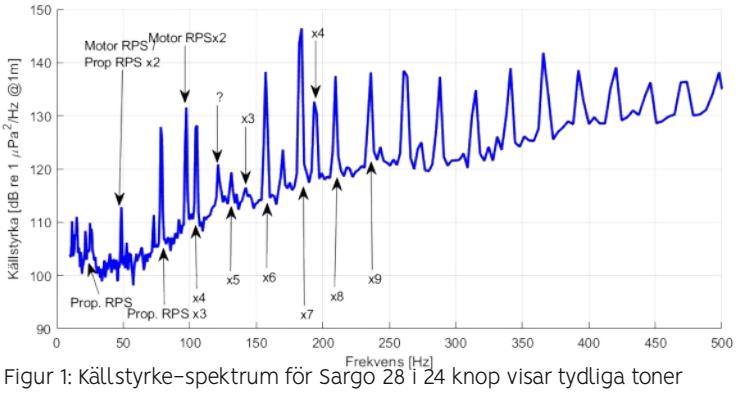
Forskning inom undervattensbuller drivs av den negativa påverkan på det marina livet som buller från t ex fartyg och fritidsbåtar orsakar. Fritidsbåtars undervattensbuller är bristfälligt utforskat och mer kunskap krävs för att förstå miljöpåverkan och stötta arbetet mot god miljöstatus i haven.

Hörseln är ett av de viktigaste sinnena för många vattenlevande djur. När en motordriven fritidsbåt rör sig över vattenytan ökar bullernivån i vattnet, vilket utmanar djurens förmåga att kommunicera, detektera rovdjur och använda akustiska signaler för orientering. Högt ljud, både tillfälligt och kontinuerligt, kan förutom att stressa djuren även störa beteendet på andra sätt och i vissa speciella fall orsaka fysiska skador eller död [1,2].

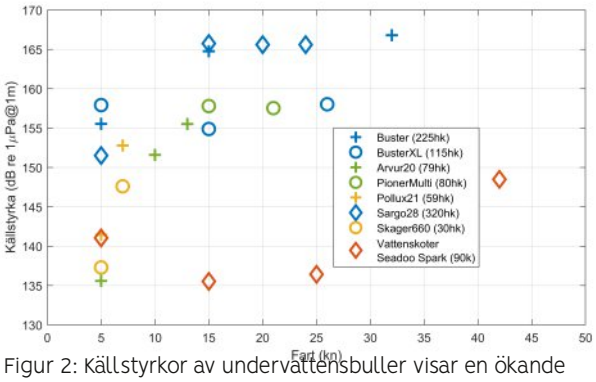
Undervattensbuller från fritidsbåtar skapas på flera olika sätt. Rörliga delar inuti motorn skapar vibrationer som går ut i vattnet som buller vid den frekvens som motsvarar motorvarvtalet och dess övertoner. Även tändningen av bränslet ger upphov till vibrationer, som ger bullertoner vid motorns tändfrekvens (d.v.s. den frekvens med vilken bränslet antänds i cylindrarna) och dess övertoner. Kavitation vid propellern orsakar toner vid propellervarvtalet och vid den s.k. bladfrekvensen, vilken beror på både varvtalet och antalet propellerblad. Även avgasutsläpp under ytan orsakar undervattensbuller.

Under en dag i september 2020 uppmättes utstrålat undervattensbuller från sju fritidsbåtar och en vattenskoter i Gullmarsfjorden. Samtidigt mättes luftburet buller, vilket tyvärr inte blev lyckat på grund av högt vindbrus. Mätningarna av undervattensbuller utfördes enligt en nyligen publicerad rekommenderad metod [3], som baseras på Bureau Veritas standard för mätning av fartygsbuller [4]. Studien genomfördes av IVL, FOI och VTI och finansierades av Transportstyrelsen genom medel från Havs- och vattenmyndighetens anslag 1:11 Åtgärder för havs- och vattenmiljö.

Föraren av varje farkost instruerades att under bullermätning följa en mätbana markerad med bojar och hålla rak kurs och jämn fart. Hydrofoner för insamling av undervattensljud placerades ca 75 m från mätbanan. Mätningarna kontrollerades från en båt som ankrades ca 100 m från mätbanan. Med hjälp av GPS-mottagare ombord kunde position, fart, kurs samt avstånd och aspektvinkel till hydrofonerna vid varje tidpunkt beräknas. Bakgrundsbuller spelades in vid några olika tillfällen under mätdagen och mätdata som inte var tillräckligt starka jämfört med bakgrunden kasserades.



Figur 1: Källstyrke–spektrum för Sargo 28 i 24 knop visar tydliga toner som kommer från motor och propeller. RPS = rotationer per sekund. Prop = propeller. X4 betyder att tonens frekvens är 4 gånger grundtonen. Propellertoner identifieras med etiketter under grafen och motortoner med etiketter över den.



Figur 2: Källstyrkor av undervattensbuller visar en ökande trend med fart från 5 till 15 knop för de flesta av de deltagande båtarna.

Varje passage i mätbanan delades in i ett antal olika avsnitt vid vissa aspektvinklar. I varje sådant avsnitt beräknades medelspektrum av inspelat undervattensljud. Ljudets dämpning från källan till mottagaren uppskattades med hjälp av miljödata och numerisk modellering. På så sätt kunde källstyrke-spektrum för varje ljudavsnitt under passagen beräknas genom att korrigera för dämpningen. Till slut medelvärdesbildades källstyrke-spektra för varje avsnitt till ett spektrum som representerar hela passagen.

Ljudtrycksnivåerna av buller i vatten vid referensavståndet 1 m beräknades genom att summera källstyrke-spektra över hela det frekvensband som utrustningen registrerat - ungefär 10 till 20 000 Hz.

Resultaten visar att bullret från farkosterna består av en bredbandig komponent och toner (figur 1). Tonerna återfinns främst vid frekvenser under 500 Hz. Den totala bullernivån ökar betydligt med hastigheten från 5 till 15 knop, men vid ytterligare ökning av farten är ökningen liten (figur 2). Möjligen har detta att göra med planing, som typiskt börjar vid eller något över 15 knop. Vattenskotern avviker; nivån sjunker från 5 till 15 knop, ökar något till 25 knop och stiger sedan markant till 42 knop. Detta kan bero på att vattenskotern har ett annat framdrivningssystem (s.k. impeller) än båtarna. Överlag var den motorstarkaste båten också den som bullrade mest. Vattenskotern var tystast i vattnet, vilket troligen beror på att den är mindre och dess avvikande framdrivningssystem.

Den här studien är ett steg på vägen till att kunna bedöma miljöpåverkan av buller från fritidsbåtar. Ytterligare mätningar av utstrålat buller behövs tillsammans med kategorisering av fritidsbåtsbeståndet, så att en båts bullerutstrålning kan predikteras utan dedikerade mätningar. Dessutom krävs studier av ljudutbredning i kustnära områden, samt experiment för att få reda på hur nyckelarter i de kustnära ekosystemen påverkas av buller från fritidsbåtar.

Referenser

1. Evans, P.G.H., Carson, Q., Fisher, P., Jordan, W., Limer, R., and Rees, I. (1994). A study of the reactions of harbour porpoises to various boats in the coastal waters of S.E. Shetland. Eur. Cetacean Soc. Newsletter 21.

2. Shannon, G., McKenna, M.F., Angeloni, L.M., Crooks, K.R., Fristrup, K.M., Brown, E., Warner, K.A., Nelson, M.D., White, C., Briggs, J., McFarland, S. and Wittemyer, G. (2016), A synthesis of two decades of research documenting the effects of noise on wildlife. Biol Rev, 91: 982-1005.

3. Svedendahl, M., Lalander, E., Sigray, P., Östberg, M., Andersson, M.H. (2021). Underwater acoustic source signatures from recreation boats - Field measurements and guidelines, FOI report FOI-R-5115-SE, Stockholm, Sweden.

4. Bureau Veritas. (2014). Underwater Radiated Noise (URN). Rule Note NR 614 DT R00 E, 33(614).

I studien deltog även:

Mathias Andersson och Emilia Lalander (FOI), Anders Genell (VTI), och Anna-Sara Krång (IVL).

Vi tackar båtförare Niklas Sandberg och studenterna Sigrid Barnes och Alve Collinder för deras hjälp vid mätningarna.

Torbjörn Johansson

Forskare, IVL Svenska Miljöinstitutet

torbjorn.johansson@ivl.se

ACOUTRONIC

Er partner inom Ljud och Vibrationer

Ljud- & Vibrationsmätare

SVANTEK

Bulleröverväkning

SVANTEK

Portabla mätsystem

SINUS Messtechnik GmbH

Byggnads- & rumsakustik

Mätmikrofoner

MICROTECH GEFELL

Akustisk Kamera

gfai tech

acoustic camera

Bochao Wang
Stockholm, Sweden 2020
Sound and Vibration

Constitutive models of magneto-sensitive rubber under a continuum mechanics basis and the application in vibration isolation

Due to its durability, stretchability, relatively low stiffness and high damping, rubber is widely used in engineering anti-vibration fields. However, a major deficiency is that once installed, the mechanical properties of traditional rubber-based devices are fixed where its adaptability to various loading conditions is poor. An alternative to traditional rubber materials is magneto-sensitive (MS) rubber. The main components of MS rubber are a rubber matrix and ferromagnetic particles. Under a magnetic field, the modulus of MS rubber can be altered rapidly and reversibly. Therefore, compared with conventional rubber-based devices, the stiffness of MS rubber-based devices can be adapted to various loading conditions and an enhanced vibration reduction effect can be achieved.

Measurement results revealed that the mechanical behavior of MS rubber is not simple. To be specific, the dynamic modulus of MS rubber has a magnetic, frequency, amplitude and temperature dependency. In order to promote the applications of MS rubber in the anti-vibration area, models to depict the above properties are needed. The main goal of this thesis is to model the magnetic, frequency, amplitude and temperature dependence of MS rubber under a continuum mechanics basis. The research results regarding the constitutive modeling consist of three papers (**Paper A, C** and **D**). The simulation results show a good agreement with the measurement data, which proves the accuracy and feasibility of the developed model.

In addition to the constitutive models of MS rubber, an investigation of MS rubber application in the vibration isolation system under harmonic and random loading cases is numerically conducted (**Paper B**). In order to achieve an enhanced vibration isolation effect, two control algorithms corresponding to the harmonic and random loading are developed. Numerical results verify that the vibration isolation effect of MS rubber vibration isolator is better than the traditional rubber-based isolator.

In this thesis, the model developed for MS rubber deepens the understanding of how magnetic, frequency, amplitude and temperature affect the mechanical performance of MS rubber. Moreover, the research of MS rubber application in vibration isolators and the corresponding control strategies are helpful for the design of MS rubber-based anti-vibration devices.

Luca Manzari
Stockholm, Sweden 2020
Sound and Vibration

High-speed stereo imaging for the characterization of anisotropic viscoelastic media

This thesis proposes an experimental method for observing and characterizing the viscoelastic properties of anisotropic media using high-speed white light stereo imaging.

The method uses short-time video recordings of a specimen undergoing forced harmonic motion. The three-dimensional displacement field of the specimen is then resolved using digital image correlation. Measuring for a short time has multiple advantages: it minimizes the conditioning of the specimen, and gives meaningful results when true stationary conditions are inaccessible (e.g. because of relaxation processes, or changes in the environmental conditions that cannot be accounted for). Moreover, it enables a reduction of the data storage needs and the computational costs associated with the image acquisition and processing. To overcome the intrinsic limitations of a Fourier-based approach for short time records, an optimization algorithm is used to determine the point-wise amplitude, phase and frequency of the full-field harmonic motion. This approach maximizes signal-to-noise ratio, is suitable for the identification of non-linear behaviors and tolerates data records that are non-uniformly spaced in time (e.g. because of momentary data losses and failure of the image matching algorithms). The measurement accuracy is increased by proposing a method to extract the frame of reference of the specimen on a per-frame bases, and express the measured displacement field therein. A cube of melamine foam and a pantographic sheet have been observed using the proposed method, and the measured data compared with the outcome of linear viscoelastic numerical models. The added information obtained about the melamine is believed to improve the accuracy of the characterization of its viscoelastic behavior, and the observation of the pantographic sheet represents and absolute first in the experimental studies of its dynamics.

> it minimizes the conditioning of the specimen, and gives meaningful results when true stationary conditions are inaccessible

Marcus Inácio
Stockholm, Sweden 2020
Medical Engineering

Measuring hand-arm vibrations Specifying a system suitable for vibration measurement

Working conditions with habitual exposure to vibration is the cause of many working related injuries, and a good example of the negative effects which environmental factors can have on workers' health, as well as social and business economic consequences. Although there exist regulations which limit exposure levels, this is not something which is monitored in the workplace environment.

The objective of the project is to propose a vibration measurement method for field use, compatible and derived from an investigation of the current measurement standards. A prototype system was developed for evaluation of the proposed measurement method, specified according to measurement and functional requirements which form the definition of "suitable technology" for the task.

To answer the stated research questions, a literature review was conducted with the purpose of stating the requirements for a hand-arm vibration measurement system, as well as to collect information on the technical suitability of the components needed to design a complete prototype measurement system. Two laboratory experiments were used in order to evaluate the proposed measurement method, where the prototype system was used to carry out the data collection.

The results consist of summarized findings of the measurement requirements from the literature review, presentation of the proposed measurement method and the documentation regarding the development of the prototype system. Also included are the results from the two laboratory experiments.

To conclude, a proposed measurement method was developed, along with a prototype sensor system, and tested in two trials. The results indicate that the proposed measurement method and prototype system is capable of detecting vibration energy absorption in the hand tissue.

The findings regarding system and method requirements provides an opportunity to further research, development and to improve safety in the working environment.

Roosa Kallionpää
Stockholm, Sweden 2020
Computer Science and Engineering

Reciprocal sound transformations for computer supported collaborative jamming

Collaborative jamming with digital musical instruments (DMI) exposes a need for output synchronization. While temporal solutions have been established, a better understanding of how live sound transformations could be balanced across instruments is required.

In this work, a technology probe for reciprocal sound transformations was designed and developed by networking the instruments of four musicians and employing layered mapping between a shared interface, high-level sound attributes, and the sound synthesis parameters of each instrument. The probe was designed and used during a series of participatory design workshops, where seven high-level attributes were constructed according to the spectromorphology framework. The analysis, where the notion of sonic narrative and the concept of flow were applied, reveals how live controlling reciprocal sound transformations facilitates collaboration by supporting role-taking, motivating the ensemble, and directing the focus of its members. While generality of the implemented attributes cannot be claimed, challenges of the chosen mapping strategy and requirements for the user interface were identified.

Ka Hou Karl Ho
Stockholm Sweden, 2020
Sound and Vibration

Reflected Train Noise in Swedish Noise Prediction Methods -A comparison between measurements, Nordic Prediction Method, Nord2000 rail and CNOSSOS

The Swedish law requires a set of noise limit for residential buildings for health and safety. Conventionally, the Nordic Prediction Method (NMT) is used to predict the noise. However Nord2000 and CNOSSOS is going to be introduced to replace NMT. An investigation was made to determine which is more accurate in predicting railway noises, particularly reflected railway noises due to the uncharacteristic result in preliminary test.

Compromises were made to recreate the measured scenarios in SoundPLAN 8.1. CNOSSOS features an alternative source model requiring new data on the trains and tracks and therefore unable to be compared. The conversion between NMT and Nord2000 was not successful due to insufficient documentation of the methods, instead equivalent values in octave bands have been used. The result were not conclusive as no general trends were found. This might be partly due to the lacking of source model data in the form of track roughness. Result in reflected sound was not conclusive as well since 2 of 3 cases favour Nord2000 and the remaining one favours NMT.

The uncertainty introduced in using of the standards and measurements were also rather large, which is also one of the factor in non correlating results.

> an investigation was made to determine which is more accurate in predicting railway noises

Amir Khiabani & Daniel Acebo Alanis
Stockholm, Sweden 2020
Aerospace Engineering

Cooling Fan Optimization for Heavy Electrified Vehicles

Vehicle electrification plays a significant role in the effort to reduce the environmental impact of the automotive industry. Scania is one of the leading manufacturers of heavy vehicles which is currently moving towards a sustainable transport system by manufacturing a new generation of heavy vehicles powered by batteries. One of the major concerns with these vehicles is related to the noise generated by the electric axial fans used in the cooling system.

This project was conducted with the purpose of investigating the factors that positively affect both noise and performance in the electric fans. Based on two different blade design methods and several noise control techniques, 11 fan models were developed. The fan models created with design method 1 are equipped with cambered-plate blades, while the models made with design method 2 consist of airfoil-shaped blades. Moreover, the performance of these models was analyzed by using theoretical methods and Computational Fluid Dynamics (CFD). In addition, two empirical approaches were used to estimate the acoustic energy emitted by the fan models. Furthermore, the developed models were compared with two commercially available fans. It was found that both design methods provide similar performance in low pressure differences. On the other hand, the efficiency and acoustic energy are influenced by the choice of the noise control methods.

Deepti Shriram Kunte
Stockholm, Sweden 2020
Mechanical Engineering

Sound Quality Prediction Using Neural Networks

Sound quality is an important measure depicting the quality of a machine as well as the comfort in its usage. However, it being a subjective measure, not only is it difficult to capture it ahead of time but also necessitates time and cost expensive jury testing. Thus, it is worthwhile to be able to effectively predict the results of the jury study from metrics that can be objectively measured. The aim of the thesis is twofold: first, to establish neural network models to predict subjective sound quality metrics from objective metrics and second, to interpret the model to understand the relative importance of each objective metric towards a specific subjective rating. Ultimately the thesis aims to pave the way for inclusion of sound quality metrics in the early design stages.

From the study, it was evident that neural networks' performance was at least equal to or better than linear or quadratic models. The connection weights method, the profile method, the perturbation method, the improved stepwise selection method and linear regression method were the interpretation algorithms found to work well in all simulated data-sets. They also gave comparable results on the real data-sets. Neural networks were shown to have the potential for giving low prediction errors while maintaining interpretability in sound quality applications. The data scarcity study gave an idea of the scale of performance enhancement that can be achieved with more data and can act as a useful input for deciding the number data points.

> the data scarcity study gave an idea of the scale of performance enhancement that can be achieved with more data

Mario López Batres
Stockholm, Sweden 2020
Information and Communication Technology

Integrating Spatial Audio in Voice Guidance Systems

Navigation systems are commonly used in our daily lives. Research has shown that spatial audio presents one opportunity for more effectively communicating to the driver the direction of the next manoeuvre. This thesis project proposes a new feature for the spatialisation of the audio cues triggered by a mobile navigation system by using a virtualised vector-based panning (VVBP) architecture for the encoding and decoding. The prototype developed during this thesis enables the spatialisation using headphones- or speakers- based systems. This study aims to promote a new sound experience to the user, which can be used to increase the safety and performance of driving.

> research has shown that spatial audio presents one opportunity for more effectively communicating to the driver the direction of the next manoeuvre

Based on an expert review and a user test, the application was tested on different scenarios. The participants selected during these sessions were part of HERE Technologies, which made possible to reach design experts who knew the current application provided by the company beforehand, making easier the comparison with the proposal. This selection could also present a limitation on the study since the users might have a personal bias for seeing new features in a product which have already worked on.

Analysis of the results obtained during the testing session demonstrated high satisfaction with the feature by the users and a better understanding of their surroundings. Consequently, this indicates that spatial audio can improve the performance of driving by introducing a new source of information for positioning the next turn or obstacle. Further research is needed to identify other factors that could strengthen the effectiveness of the product.

Marcus Johansson
Stockholm, Sweden 2020
Sound and Vibration

An indicative case-control study of noise perception due to environmental noise sources

The subject of the thesis was proposed by the acoustic consultancy firm Brekke & Strand, which is of relevance for their additional understanding and development of services and contribution to robust solutions. The aim with this thesis is to give indicative results and to dig deeper into the relation between environmental noise and the perception of the same, specially focusing on construction related noise but also permanent noise sources that originates from infrastructure. The area of interest to evaluate the study is a central location in Stockholm, specifically around Slussen.

The importance of a study within this field is vital, especially when considering possible negative health effects that can be related to the perceived noise exposure. With that background it is worth to consider the amount of healthy-life-years lost in Europe each year, which is assumed to be one million. The correlation between lost life years and noise is one of many, but it is also proven to be a catalyst when it comes to stress related or cardiovascular diseases. For instance, if one is living closer than 50 meters from a major road the risk can be four times higher to be annoyed, which in extension can be coupled to the diseases mentioned above.

The practical implementation of the study is conducted with a survey and field measurements, with a psychoacoustical perspective and within the frames of a case-control study. Partially this includes to inform the participants of the study at different stages regarding construction noise. The provided information, survey and field measurements aims to be a substantial part of the evaluation regarding the perceived noise whether it is due to construction work, infrastructure or other stochastic sources.

The result is presented and distinguished based on distance to noise source, differentiated by gender as well as which type of source that tends to be most annoying. The implemented ranking is displayed as the ICBEN score of each category or source which aims to measure the perceived impact. Even though the results are indicative, the conclusion yields an information dependency as well as a noise source dependency. Further on, the result yields an interesting pattern between genders where women tend to be more disturbed by construction- and other-noise, whereas men tend to be more disturbed by rail- and road-noise.

Mattias Svensson
Stockholm, Sweden 2020
Sound and Vibration

Simulating Low Frequency Reverberation in Rooms

The aim of this thesis was to make a practical tool for low frequency analysis in room acoustics. The need arises from ACAD's experience that their results from simulations using raytracing software deviate in the lower frequencies when compared to field measurements in rooms. The tool was programmed in Matlab and utilizes the Finite Difference Time Domain (FDTD) method, which is a form of rapid finite element analysis in the time domain.

A number of tests have been made to investigate the practical limitations of the FDTD method, such as numerical errors caused by sound sources, discretization and simulation time. Boundary conditions, with and without frequency dependence, have been analysed by comparing results from simulations of a virtual impedance tube and reverberation room to analytical solutions. These tests show that the use of the FDTD method appears well suited for the purpose of the tool.

A field test was made to verify that the tool enables easy and relatively quick simulations of real rooms, with results well in line with measured acoustic parameters. Comparisons of the results from using the FDTD method, ray-tracing and finite elements (FEM) showed good correlation. This indicates that the deviations ACAD experience between simulated results and field measurements are most likely caused by uncertainties in the sound absorption data used for low frequencies rather than by limitations in the ray-tracing software. The FDTDtool might still come in handy for more complex models, where edge diffraction is a more important factor, or simply as a means for a "second opinion" to ray-tracing - in general FEM is too time consuming a method to be used on a daily basis.

> comparing results from simulations of a virtual impedance tube and reverberation room to analytical solutions

Auxiliary tools made for importing models, providing output data in the of room acoustic parameters, graphs and audio files are not covered in detail here, as these lay outside the scope of this thesis.

Tobias Niewalda
Stockholm, Sweden 2020
Vehicle Engineering

Deep Learning Based Classification of Rail Defects Using On-board Monitoring in the Stockholm Underground

The purpose of this work is to find out if an artificial neural network can be useful in order to detect rail squats with the existing Quiet Track Measurement System (QTMS). Squats are surface-initiated rail defects which arise due to rolling contact fatigue. The monitoring system, installed on seven trains running on the green line in the Stockholm underground, aims to improve the maintenance process. The early detection and surveillance of defects helps to extend the service life of the tracks and reduce operating costs. An artificial neural network is used to analyse the continuously recorded measurements, which consist of vertical bogie acceleration and surrounding noise, each sampled with a frequency of 22 kHz.

> find out if an artificial neural network can be useful in order to detect rail squats

In particular, the power spectral density as input for multi-layer Fully-connected Neural Network (FNN) has proven to be promising for accurate squat predictions. The supervised learning was carried out according to the one-vs-all principle, i.e. squats versus all other events. A two-hidden-layer FNN has finally been chosen to complement the QTMS. The usage of the full available frequency range from almost DC up to 11kHz, but minimum 7 kHz, allows good prediction with only low false prediction rates. When concatenating all six measurement channels to a single classifier input, an accuracy of over 96% for the squat class and up to 99.98% can in total be achieved. The chosen network type also showed high stability despite quite strong parameter variations and a massive under-representation of squat observations in the measurement data.

However, since limited maintenance information about actual squats is available for labelling and testing, more evaluation is needed. The correct identification of mis-labelled squats indicates the high potentials of artificial neural networks.

TUMLARE OCH UNDERVATTENSBULLER

Lisa Johansson (NVV)
lisa.johansson@naturvardsverket.se

Om tumlaren

Undervattensbuller är ett område inom akustiken som väckt allt större uppmärksamhet under senare år, från att i första hand vara ett militärt forskningsområde till att ha mer civila tillämpningar. Dels beror det på att den mänskliga aktiviteten i haven ökar, både vad gäller fartygsbuller och buller från prospektering och anläggningsarbeten under havsytan, dels beror det på att vi får allt mer kunskap om de negativa effekter undervattensbuller har på vattenlevande djur.

En av de arter som är mest utsatt för undervattensbuller i svenska vatten är tumlaren. Tumlaren är en av de minsta valarterna, den är ungefär lika stor som en människa. Tumlaren använder ljud för att kommunicera, för att orientera sig och för att lokalisera föda. Utan fungerande hörsel blir tumlaren, precis som många andra vattenlevande däggdjur, mer eller mindre blind, vilket kan få förödande konsekvenser för individen och i förlängningen för populationen.

Arten har få chanser till att föröka sig under en livslängd. Den långsamma reproduktionstakten gör att tumlaren är känslig för störningar. Om reproduktionen uteblir på grund av att honorna har försämrad hälsa eller på att kalvarna dör minskar chanserna för en positiv utveckling i populationen påtagligt. Tumlarens relativa litenhet och att den lever i kalla hav gör att den har ett högt energibehov och behöver äta kontinuerligt. Även det gör den känslig för störningar.

FAKTARUTA OM TUMLARE

Latinskt namn: Phocoena phocoena

Förekomst: Kalla vatten på norra halvklotet

Storlek: 140 – 170 cm

Livslängd: 10 – 12 år

Könsmogen: 3 – 5 år

Reproduktion: En kalv vartannat år

Föda: Fisk och blötdjur

Tumlare i svenska vatten

Det finns tre tumlarpopulationer i svenska vatten. Nordsjöpopulationen, Bälthavspopulationen och Östersjöpopulationen. Alla populationerna är hotade men i Nordsjön och Bältområdet finns ändå relativt stabila tumlarpopulationer. Det är värre i Östersjön. Östersjöpopulationen är akut hotad och bedöms bara omfatta ca 500 individer. Populationen ser dessutom ut att minska så om inte kraftiga åtgärder vidtas för att skydda tumlarna i Östersjön är risken stor att de dör ut. Tyvärr är populationerna genetiskt och geografiskt separerade så östersjötumlaren kan inte dra nytta av att deras grannar i Bältområdet har en mer positiv utveckling.

De största hoten mot tumlaren är miljögifter och att bli fångade som bifångst i nät och andra fiskeredskap. Men undervattensbuller är ett ökande hot, inte minst från den planerade expansionen av havsbaserad vindkraft. I en dom från mark- och miljööverdomstolen (M 6960-14) har det slagits fast att tumlarens situation är så utsatt att man måste skydda arten ned på individnivå för att inte populationen ska hotas.

Negativa effekter av undervattensbuller

Undervattensbuller kan ha olika former av negativ påverkan på havsbaserade djur. För att bedöma konsekvenserna av undervattensbuller krävs kunskap inte enbart om bullrets styrka, frekvensinnehåll och varaktighet men även vilka arter som påverkas och hur de reagerar på olika typer av ljud. Arternas känslighet kan dessutom variera under året.

Generellt kan man dela in negativ påverkan på djur från undervattensbuller i följande skala där ljudnivån antas öka åt höger.

Figuren ovan är dock förenklad, som sagt beror påverkan även på ljudets frekvensinnehåll. Tumlare kan höra ljud i ett relativt brett frekvensintervall, mellan 1 – 140 kHz, men de har bäst hörsel i intervallet 100 – 140 kHz. Hörselns känslighet sammanfaller med de frekvenser som tumlaren använder för kommunikation och ekolokalisering. Frekvenser över 140 kHz hör inte tumlaren och utrustning som alstrar ljud över den frekvensen kan därför anses vara ofarlig för tumlaren. Frekvenser lägre än 1 kHz kan inte tumlaren inte heller höra men vid tillräckligt starka ljudnivåer kan buller under 1 kHz ändå allvarligt skada tumlaren fysiskt.

För att skydda tumlaren vid exempelvis en etablering av havsbaserad vindkraft krävs ingående kunskap om vilka ljudnivåer som förväntas uppstå i olika frekvensintervall, hur ljudet sprids på den aktuella platsen, vid vilka tidsperioder aktiviteterna förväntas pågå och om det kan förväntas finnas tumlare i området vid dessa tider. Utredningarna behöver göras för samtliga skeden för såväl anläggning som drift av vindkraftsparken. Inför en vindkraftsetablering görs ofta olika bottenundersökningar med sonarer som kan orsaka buller i samma frekvensområden som tumlarens ”click”, som de använder för lokalisering. Själva grundläggningen av vindkraftverken kan medföra mycket höga ljudnivåer som både kan skada tumlaren fysiskt och orsaka beteendeförändringar på långa avstånd. Även drift av vindkraftverk orsakar undervattensbuller, vid lägre nivåer än anläggningsskedet men kontinuerligt så man kan inte utnyttja mindre känsliga tidsperioder.

Tabell 1 Ungefärligt avstånd för negativ påverkan för olika bullrande moment, i Östersjön

	Temporär skada	Beteendepåverkan
Bottenundersökning med sonar	< 300 m	< 10 km
Pålning med monopile	4 – 15 km	> 20 – 30 km

Hur utreda undervattensbuller

Ofta görs utredningar av undervattensbuller mycket översiktligt. Ibland med schabloner som är direkt felaktiga för de utbredningsförhållanden som råder i Östersjön. Då Östersjön är ett grunt hav med låg salthalt kommer ljud att sprida sig längre där än i exempelvis Atlanten. För en noggrann utredning krävs att bullerspridningen beräknas utefter de lokala förhållandena vad gäller ljudhastighetsprofil och bottenförhållanden. Kort sagt på likartat sätt som vi gör utredningar för vanligt, luftburet buller. Det finns kommersiell programvara för att beräkna undervattensbuller och det pågår arbete på myndigheterna nationellt och inom Östersjö- och Nordsjösamarbetena (HELCOM och OSPAR) för att höja både kunskapsnivån och kraven rörande utredningar av undervattensbuller. Det här är alltså ett område som man kan förvänta sig växer inom de närmsta åren. Som akustiker kan vi bidra till att utbyggnaden av havsbaserad vindkraft inte görs på bekostnad av den hotade östersjötumlaren.

Läs mer

- Åtgärdsprogram för tumlare, Havs- och vattenmyndigheten, rapport 2021:11
- ASCOBANS, Jastarnia Plan, Recovery Plan for Baltic Harbour Porpoise 2016
- Andersson et al. A framework for regulating underwater noise during pile driving. A technical Vindval report, Naturvårdsverket, 2016

Lisa Johansson

Tekn.lic, Handläggare Naturvårdsverket

lisa.johansson@naturvardsverket.se

efterklang
PART OF AFRY
Vi är ett av världens ledande kompetenscentra inom rådgivning, design och projektering av akustik, ljud och vibrationer. Med över 120 akustikkonsulter, arbetar vi brett med akustik inom bygg, industri, samhälle och produktutveckling. Vi vill nu utmana och utveckla den traditionella akustikbranschen!
Vi är Efterklang™.
efterklang.se

Delphine Bard et al. (LTH)
delphine.bard@construction.lth.se

PREDICTION OF SOUND INSULATION FOR WOODEN FLOOR STRUCTURES USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Delphine BARD[1], Mohamad BADER EDDIN[2], Nikolas-Georgios VARDAXIS[1], Sylvain MENARD[2], Jean-Luc KOUYOUMJI[3]
[1]Lund University, Sweden. [2]University of Quebec at Chicoutimi, Canada. [3]FCBA, France

Reliable prediction tools are yet to be developed for estimating the accurate acoustic performance of lightweight wooden structures, which are vital especially in the design process. This paper presents a sound insulation prediction model based on artificial Neural Networks (ANN) to estimate the acoustic performance for airborne and impact sound insulation of floor structures. The prediction model was developed with a large number of measurements, specifically 252 standardized laboratory measurement curves in one third octave bands. The results indicate that the model can predict the weighted airborne reduction index Rw for various floor configurations with a maximum error of 7 dB and a maximum error of 5 dB for the weighted index for impact sound.

INTRODUCTION

Controlling the acoustic environment in wooden constructions is an essential aspect for new and renovated buildings [1]. Improving the perception of acoustic comfort for the users of buildings is also an important aspect for research, development and design of constructions [2]. To meet sufficient acoustic requirements, it is necessary to use prediction models for acoustic products with the expected performance and to estimate the acoustic behavior of a certain structure. Many tools have been presented to estimate the acoustic behavior inside buildings [3,4]. However, many of them showed non-negligible deviations in the results. Specific details with building parameters that could affect the acoustic performances are required to be involved in the prediction tools in order to increase their reliability.

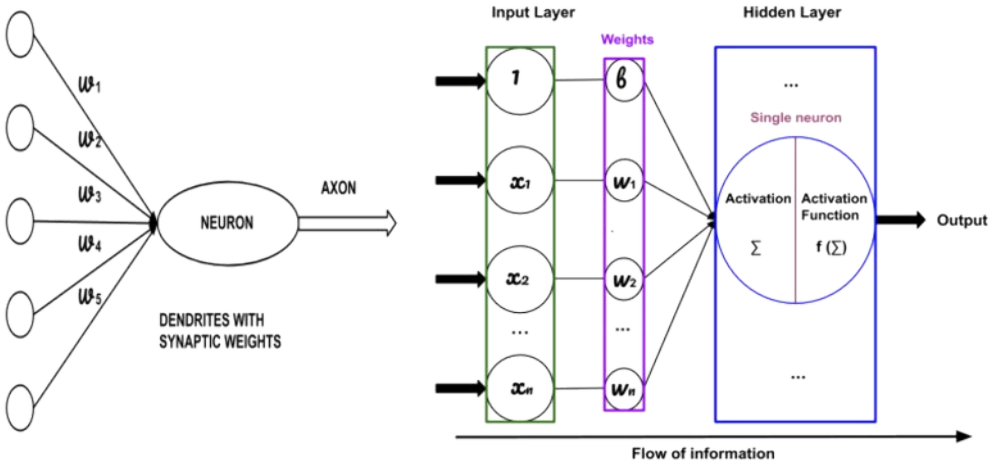
The simplest approach of prediction models is based on mass, stiffness and losses. This might be easy and effortless for a single leaf construction, but this is not the situation for multi-layered and lightweight constructions [5]. Some construction details can hardly be taken into account especially in the analytical approach [6]. The variety of construction materials makes the prediction process more difficult. Furthermore, the standardized method for estimating the acoustic performance of building elements indicated in ISO 12354 Part 1 and 2 [7, 8], are presently not appropriate for multi-layered complex and lightweight structures. The standardized methods are widely used and were developed based on data from heavy monolithic constructions [9].

The goal of this work is to develop a prediction tool based on artificial neural networks (ANN) for airborne and impact sound insulation curves of floor structures. The database used in this study consists of collected laboratory standardized measurements performed on 36 different floor configurations. Then the prediction accuracy is tested while using the types of material and their thicknesses as the only building material parameter. The density of each structure components was considered in the database as a part of material types.

ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

1. Structure of neural networks

The concept of artificial neural networks (NN) was motivated by the structure of a real brain, but ANNs have gone far from their original inspiration from biology [10]. It allows using very simple computational operations (additions, multiplication and fundamental logic elements) to solve complex, mathematically ill-defined problems [11, 12]. The mechanism in NN consists of computation units that are referred to as neurons [13]. Those units are connected to one another through weights, which take the same role as the strong connections in biological organisms. Weights are used to scale each input to a neuron, which consequently affects the function computed at that unit. This architecture is illustrated in Figure 1. ANN computes a function of the inputs by propagating computed values from the input neurons to the output neuron(s) and using the weights as intermediate parameters [14]. The training data contains examples of input-output pairs of the function to be learned. It provides feedback on the correctness of the weights depending on how well the network can predict output values. Errors made by ANN are viewed to evaluate the weights between neurons. Then the weights are adjusted in a neural network (this is how ANN learned). During training, the aim is to minimize errors. Since errors are the function of the weights of the network, they are minimized with respect to the weights. The goal with tuning the weights is to modify the computed function to make the predictions more correct in further irritations. Therefore, the weights are changed carefully in a mathematically justified way in order to reduce errors for a given example.



(a) Schematic for artificial neural network. (b) Different elements of neuron.

Figure 1: Global schematics for artificial neural network.

2. Symbolic mathematics of neural networks

Neural networks are typically arranged in layers; each layer is an array of processing neurons. Data set flows through each neuron in an input-output manner. In other words, each neuron receives a signal, manipulates it and forwards an output signal to the other connected neurons in the adjacent layer. The only task of the input layer is to receive the dataset and propagate it into the next layer. The hidden layer revives the weighted sum of incoming signals which is sent by the input units and processes it by means of an activation function, see Equation 1. The activation functions most commonly used are sigmoid, hyperbolic, tangent, ReLU, and LeakyReLU functions. Information is propagated forward until the network produces an output. A neuron is a mathematical function that takes one or more input values and outputs as a single numerical value, see Figure 1b. The neuron is defined as follows:

$$y = f\left(\sum (w_i x_i + b)\right)$$

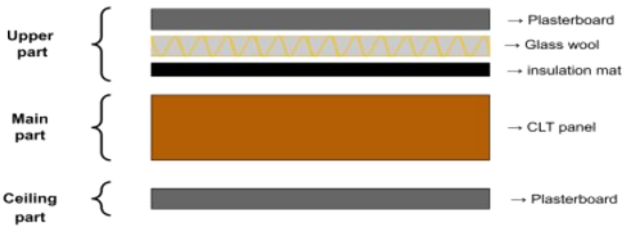
First, the summation of $\sum(w_i x_i)$ of the inputs x_i and the weights w_i (also known as an activation value). Here x_i is either numerical values that present the input data (input layer) or the outputs of their neurons (that is if the neuron is part of ANN). Then the result of the weighted sum is used as an input to the activation function. In this paper, the LeakyReLU activation function is used in the ANN model.

STUDY DESIGN

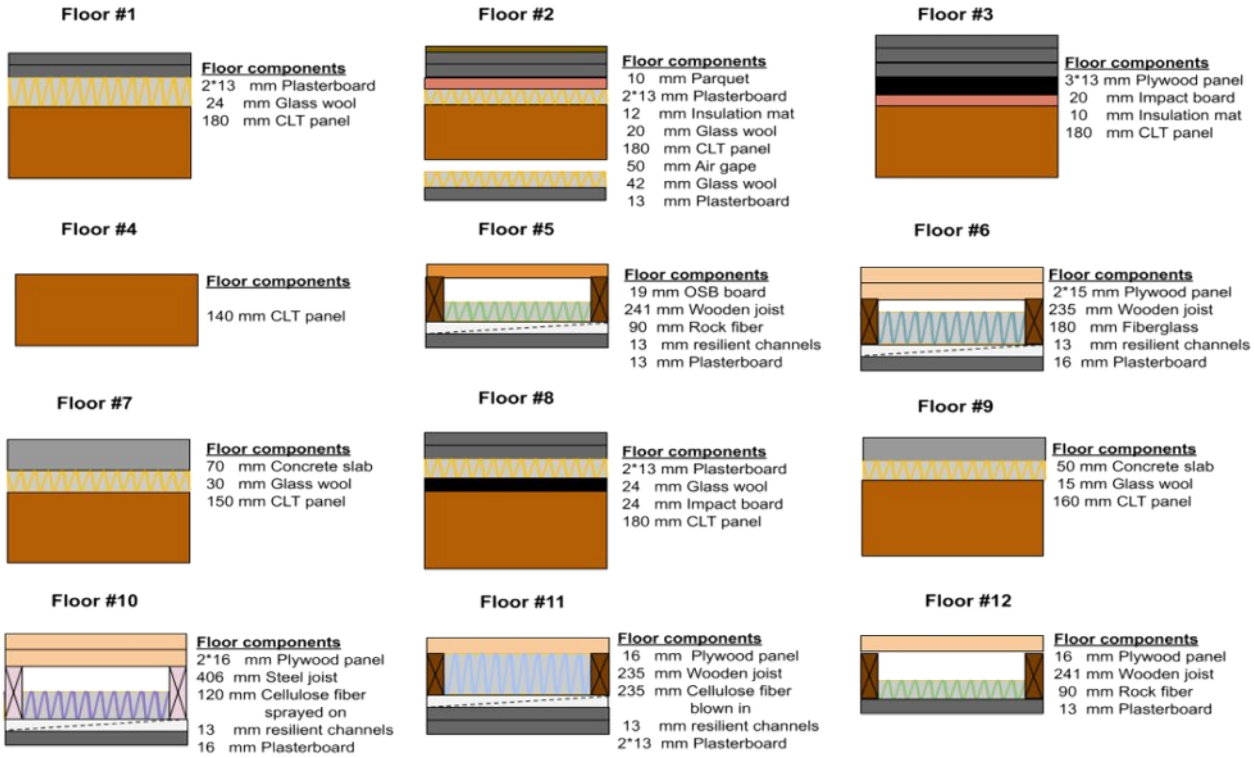
1. Structure samples

The database is collected based on a numerous number of standardized laboratory measurements received from Lund University in Sweden, FCBA in France, FPinnovations and CNRC in Canada. The measurements are airborne and impact sound insulation tests performed on different floor configurations for the frequency range 50 Hz − 5 kHz. The laboratory measurements of airborne sound insulation were carried out according to ISO 140-1 (1995) or the latest ISO 10140-2 (2010) and ASTM E90, while the transmission of impact sound through floors was measured in accordance with ISO 140-6 (1998) or the latest ISO 10140-3 (2010) and ASTM E492. Measurements that were carried out according to ASTM standards are converted to comply with ISO standards descriptors (Rw and Ln,w) that indicated in ISO 717-1 (2013) for weighted sound reduction index and ISO 717-2 (2013) for weighted normalized impact sound pressure level. This conversion is done in order to have a total agreement with the database. In this work, 252 standardized laboratory measurements were used to develop the ANN model. The database contains two types of measurement curves: airborne sound reduction index and impact sound pressure level. A number of 24 different floor structures were used for validation the model and other 24 were used for testing. The database collection contains a 142 different floor structures. There are 107 structures that have both airborne and impact sound curves, 26 of them have only airborne sound curves and 12 have only impact sound curves).

Each floor configuration is arranged in three parts: upper, main and ceiling part, while the order material installation is respected. The main part presents the thicker material among a floor components. The upper and ceiling parts represent materials located above and below the main part respectively (see Figure below).



2.Detailed floor structures



RESULTS AND DISCUSSION

1. Prediction of airborne sound insulation

After training and validation, the model with certain number of laboratory measurements, 24 sound insulation curves are chosen randomly for testing the accuracy of the prediction model (12 for airborne sound and 12 for impact sound insulation). The acoustic performance (in dB) in one-third octave bands for range 50 Hz − 5 kHz is assumed as the goal to be estimated by the model. Figure.4 shows a comparison between the measured and predicted curves for different floor configurations for airborne sound insulation. It can be notable that the predicted curves are close to the measured ones especially at low frequency ranges, while the deviations increase in some cases in high frequency bands. The smallest deviation is noticed in floor #1 with an error of 1.65 dB, while the largest is in floor #9 with 7.63 dB error in the whole frequency band. In some cases, the most significant deviations are located at high frequencies where the critical frequency for lightweight structures generally occur.

2. Prediction of impact sound insulation

Another twelve floors are selected randomly to evaluate the model in predicting impact sound insulation curve in one-third octave bands for the frequency range 50 Hz − 5 kHz, see Figure.7. For most cases, It can be noticed that the model shows a good correlation between the measured and predicted curves in low and mid frequency ranges. When the frequency reaches around 1.25 kHz, there is an obvious gap between the measured and predicted curves in most cases. That can be explained due to the critical frequency of lightweight structures which usually occurs at high frequencies. The lowest deviation is 2.28 dB in the floor configuration #12, while it is 7.07 dB in floor #7.

Regarding single-number quantities, the weighted normalized impact sound pressure level ($L_{n,w}$) and the predicted one ($L_{n,wPredicted}$) are calculated for the test floor structures, see table 3. The maximum error deviation is 5 dB which is in floor #10 owing to a shift in the predicted curve.

Floor no.	R_w (dB)	$R_w + C_{100\text{-}2500}$	$R_w + C_{50\text{-}5000}$	R_{wPred} (dB)	$R_{wPred} + C_{100\text{-}2500}$	$R_{wPred} + C_{50\text{-}5000}$
1	38	38+0	38+1	38	38+0	38+1
2	61	61-2	61-4	58	58-1	58-1
3	54	54-2	54-1	54	54-2	54-1
4	35	35+0	35+0	36	41+0	41+1
5	49	49-4	49-5	48	48-3	48-4
6	48	48-3	48-3	49	49-3	49-4
7	54	54-2	54-2	54	54-1	54+0
8	43	43+0	43+0	40	40+0	40+1
9	57	57-1	57-3	56	56-2	56-1
10	50	50-3	50-5	50	50-3	50-4
11	44	44-2	44-2	45	45-3	45-3
12	55	55-3	55-4	53	53-3	53-4

Floor no.	$L_{n,w}$ (dB)	$L_{n,w} + C_{100\text{-}2500}$	$L_{n,w} + C_{50\text{-}5000}$	$L_{n,wPred}$ (dB)	$L_{n,wPred} + C_{100\text{-}2500}$	$L_{n,wPred} + C_{50\text{-}5000}$
1	66	66-2	66-1	67	67-3	67-2
2	31	31+19	31+23	32	32+24	32+26
3	35	35+21	35+22	38	38+12	38+14
4	85	85-1	85-1	83	83-2	83-2
5	69	69-1	69+2	67	67+1	67+4
6	63	63+5	63+8	62	62+8	62+10
7	67	67-4	67-3	65	65-4	65-1
8	63	63-0	63+1	67	67+0	67+1
9	66	66-4	66-1	63	63-3	63-2
10	63	63+2	63+6	58	58+3	58+7
11	58	58+2	58+8	59	59+1	59+5
12	67	67+2	67+4	68	68+2	68+4

CONCLUSION AND PERSPECTIVES

The paper shows the potential of artificial neural networks in prediction airborne and impact sound insulation curves based on standardized laboratory measurements of different floor structures. The developed model demonstrated a good accuracy in estimating the acoustic performance of various types of floor configurations for the frequency bands 50 Hz − 50 kHz.

Larger data sets could contribute in increasing the accuracy of estimation. The critical frequency should be considered carefully by applying the ANN in high frequency range near that phenomena.

Further research should include the use of the ANN model for wall structures with implementing the sensitivity analysis in order to estimate the most statistically significant parameter for sound insulation of lightweight wooden structures.

REFERENCES

[1] C. Qian, J. Negreira, D. Bard, and S. Ménard, "Description and calibration of the iso tapping machine in numerical impact sound predictive tools," in INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings, vol. 258, Institute of Noise Control Engineering, 2018.

[2] N.-G. Vardaxis, D. Bard, and K. Persson Waye, "Review of acoustic comfort evaluation in dwellings—part i: Associations of acoustic field data to subjective responses from building surveys," Building Acoustics, vol. 25, no. 2, 2018.

[3] S. Fabio, D. N. Giovanni, and P. Mariano, "Airborne sound insulation prediction of masonry walls using artificial neural networks," Building Acoustics, 2021.

[4] N. Garg, S. Dhruw, and L. Gandhi, "Prediction of sound insulation of sandwich partition panels by means of artificial neural networks," Archives of Acoustics, vol. 42, 2017.

[5] T. E. Vigran, "Building acoustics," CRC Press, 2014.

[6] M. Vorländer, "Building acoustics: from prediction models to auralization," in Proceedings of Acoustics, 2006.

[7] ISO12354-1, "Building acoustics–estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements–part 1: airborne sound insulation between rooms," 2017.

[8] ISO12354-2, "Building acoustics–estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements–part 2: impact sound insulation between rooms," 2017.

[9] C. Guigou-Carter, M. Villot, and R. Wetta, "Prediction method adapted to wood frame lightweight constructions," vol. 13, SAGE Publications Sage UK: London, England, 2018.

[10] Y. Wang, G. Shen, and Y. Xing, "A sound quality model for objective synthesis evaluation of vehicle interior noise based on artificial neural network," Mechanical Systems and Signal Processing, vol. 45, no. 1, pp. 255–266, 2014.

[11] G. Iannace, A. Trematerra, and G. Ciaburro, "Case study: Automated recognition of wind farm sound using artificial neural networks," Noise Control Engineering Journal, vol. 68, no. 2, 2020.

[12] G. Iannace, G. Ciaburro, and A. Trematerra, "Using neural networks to detect wind turbine functioning conditions," International Journal of Automation and Smart Technology, vol. 10, no. 1, 2020.

[13] G. Ciaburro, G. Iannace, J. Passaro, A. Bifulco, D. Marano, M. Guida, F. Marulo, and F. Branda, "Artificial neural network-based models for predicting the sound absorption coefficient of electrospun poly (vinyl pyrrolidone)/silica composite," Applied Acoustics, vol. 169, 2020.

[14] G. Iannace, G. Ciaburro, and A. Trematerra, "Modelling sound absorption properties of broom fibers using artificial neural networks," Applied Acoustics, vol. 163, 2020.

Delphine Bard et al.

PhD, Docent, Department of Construction Sciences
Lund Tekniska Högskolan

delphine.bard@construction.lth.se

Störs du av trafikbuller?

Du är i så fall i gott sällskap av 2 miljoner andra svenskar. I takt med ökad urbanisering är buller ett växande problem. Därför har HIAK utvecklat NonSonus FLV-65.

NonSonus FLV-65 är en högteknologisk väggmonterad friskluftventil med unikt bra ljuddämpning. Avancerade akustiska lösningar har paketerats till en produkt som i extremt bullrig miljö ger en bibehållen god boendemiljö.

För mer information, ***www.hiak.se***

HIAK har mer än 60 års samlad kompetens, erfarenhet och kunskap som gör att vi idag är experter på ljuddämpning. Det gör oss till er självklara partner gällande akustiska utmaningar och innovationer. Våra ingenjörer består av Sveriges främsta experter inom ljuddämpande lösningar och konstruktioner.

NonSonus FLV-65 www.hiak.se

HIAK
CUSTOMIZED NOISE REDUCTION

Tomas Jerson (Ingenjörsfirma Elton)
tomas.jerson@telia.com

KORT SAMMANFATTNING AV 44 ÅR MED (TÅG)BULLER

Det har nu gått 44 år sedan mitt yrkesliv fylldes med buller. När Torbjörn Kloow bad mig att berätta om dessa år så kände jag först tvekan. Men så bestämde jag mig ändå för att skriva några rader om händelser och miljöer som jag kommit att verkat i. Född tidigt på 50-talet, omgiven av en spirande framtidsanda hade jag som många andra ungdomar ett stort intresse för vetenskap, tekniker eller ingenjör skulle man bli!

Kaj Börjensson, Tomas Jerson, Sven-Ingvar Johansson och Håkan Bertilsson bildade Onsalas första popband

Mitt intresse för ljud var på 60-talet fokuserat på den nya ungdomsmusiken pop och rock. Inspirerade av alla nya band så bildade jag och några kamrater 1964 ett popband. Det var en fantastisk tid som tonåring, popmusiken spelades i radioprogram och på klubbar som startades lite över allt så kunde man se olika popband framträda. Jag kom även att på nära håll att live se musikaliska storheter som Jimmy Hendrix och Cream.

1968 spelade vi på en fest där jag kom att bli bekant med en äldre yngling som hette Mikael Bergek. Det visade sig att han jobbade som ljudtekniker på SR i Göteborg. Vi blev vänner och jag fick möjlighet att besöka Mikael på jobbet där han visade mig olika studios och hur sändningarna gick till. Vid ett tillfälle var jag även med i kontrollrummet på Göteborgs Konserthus då han gjorde inspelningar av Symfonikerna för skivbolaget Deutsche Grammophon.

Jag tyckte att ljudtekniker verkade vara ett intressant yrke så 1970 tog jag kontakt med Sveriges Radio i Göteborg för att söka anställning. Vid den tiden internutbildade SR fortfarande sin personal, något som senare togs över av Dramatiska Institutet. Mina kvalifikationer var till fylles men det hela föll på att jag ännu inte gjort min värnplikt. Jag ombads därför återkomma efter utförd militärtjänstgöring. Efter värnplikten fullföljde jag istället en ingenjörsutbildning med inriktning på elektronik och kom efter examen bl.a. att arbeta på en agentur för amerikanska hifi-produkter.

Fredrik och Roland tar en kaffepaus under ett audiologiskt möte

1977 såg jag en annons i GP att Yrkesaudiologen vid Sahlgrenska sjukhuset sökte en forskningsingenjör med inriktning på buller. Det verkade intressant så jag skickade in en ansökan. Efter ett par veckor blev jag kallad till en intervju, bakom ett skrivbord satt en gråhårig man med sträng uppsyn och skarp blick. Det var min blivande chef, Alf Axelsson, öronläkare och docent. Åren på Yrkesaudiologen blev mycket lärorika, Alf var inte bara en krävande man utan också rättvis och belönande. Jag och flera på avdelningen fick också möjlighet att gå akademiska kurser i audiologi, statistik m.m. Mina närmaste kollegor var ingenjörerna Fredrik Lindgren och Roland Nilsson som ägnade sig åt bullerskadeforskning. Fredrik och Alf bedrev bl.a. ett projekt som undersökte pop- och rockmusikens omdiskuterade hörselskadlighet. Flera pop- och rockband, svenska som engelska från Rock Ragge till Ian Gillian och övriga medlemmar i Deep Purple testade före och efter konserterna sin hörsel i Yrkesaudiologens lilla buss.

Roland ägnade sig åt mindre kontroversiella projektet men minst lika intressanta genom att studera musculus stapedius bullerdämpande effekt. Kunde denna vår kropps minsta muskel, kopplad mellan stigbygeln och städet i mellanörat minska risken för bullerskador vid exponering för plötsliga och starka ljud som t.ex. hammarslag eller gevärsskott?

Uppdragen på Yrkesaudiologen var till stor del inriktade på undersökning av olika yrkeskategoriers hörselstatus och i vissa fall även med vidare utredning på mottagningen för bedömning av handikapp och åtgärder. Det blev återkommande tester med hörseltestbussen av bl.a. kommunens anställda på Gatukontor, VA-verk och Energiverk m.m. Personalen informerades i samband med hörseltesterna om hur de skulle skydda sin hörsel. Vi utförde även ljudmätningar på arbetsplatser för att kunna förslå reducerande åtgärder som minskade risken för framtida bullerskador.

I början på 80-talet fick vi i uppdrag av Kustbevakningen att utföra en långtidsstudie då en stor del av personalen uppvisade större bullerskador än förväntat. Studien pågick under flera år och blev ett populärt uppdrag då KBV-personalen var stationerad på platser runt hela Sveriges kust. Varje år, i fyra veckors tid, åkte ingenjörer och hörselvårdsassistenter från avdelningen landet runt med hörseltestbussen till Kustbevakningens västra, södra, östra och norra distrikt.

Med på en KBV-resa till Norrland, hörselvårds assistenten Kim Kähäri

Här har jag just utfört en ljudnivåmätning i TV102:s gummibåt

Bengt, skeppare och trygg bohusläning på TV102 styr kryssaren på nya uppdrag

KBV-jakten TV252 förtöjd i hemmahamnen Gottskär på Onsalahalvön

Jag utförde ljudnivåmätningar på kustbevaknings-fartyg för att få en uppfattning om vilka ljudnivåer som personalen exponerades för. Det blev oväntat spännande resor. Vid ett tillfälle hamnade vi i ett sjöräddningsuppdrag då en färja med 600 passagerare gått på grund vid Vinga. När vi i skymningen kom fram till haveristen så kryllade havet av båtar från bl.a. Marinen, Polisen och Sjöfartsverket. I luften svävade två Vertol helikoptrar från Marinen. Helikoptrarnas sökarljus lyste upp färjans däck emedan passagerare firades upp till säkerheten, detta var action i verkliga livet!

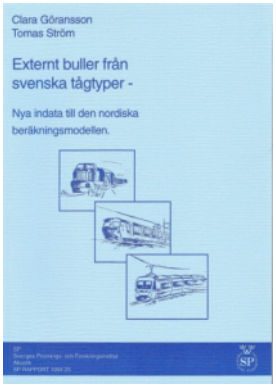
Vid ett annat mättillfälle som jag var med på så fick personalen på KBV-kryssaren TV102 ta hand om flera jutesäckar med cannabis som börjat flyta iland på olika platser i Göteborgs skärgård. På kvällen gick vi utmed Hallandskusten för att närvara när ett misstänkt internationellt handelsfartyg dagen därpå skulle gå in till kaj i Halmstad och lossa sin last.

Ett annorlunda uppdrag var när jag för Konsumentverket mätte ljudnivåer från leksaker som gav höga toner eller impulsljud. Barn är ju av naturen nyfikna och tenderar ofta till att undersöka saker på nära håll. Syftet var därför att bedöma om förekommande ljudnivåer kunde vara hörselskadliga.

Den grundstötta passagerarfärjan Winston Churchill gick i trafik mellan Göteborg och Newcastle i England

Efter 13 intressanta år på Yrkesaudiologen då jag lärt mig mycket om örat och hörselns funktion samt bullerskadors uppkomst var det dags att söka sig vidare. Jag ville bredda mina kunskaper och lära mig mer om akustik och olika mätmetoder. Hösten 1990 tog jag därför kontakt med akustikern och docenten Hans Jonasson på Statens Provningsanstalts Akustiklaboratorium i Borås.

Jag hade tur för labbet behövde utöka personalen så det kom att bli 10 mycket lärorika år med både labprovning och fältmätningar. Det var också under denna tid som jag började mäta tågbuller. Mitt intresse för tåg som en historisk och teknisk företeelse hade väckts långt tidigare då jag 1970 blev medlem i Svenska Järnvägsklubben. 1991 så hade ett nytt passagerartåg med littera X2 börjat trafikera sträckan Stockholm – Göteborg. Det benämndes snabbtåg då det fick framföras i 200 km/h. Bullerdata för tågtypen saknades i den Nordiska Beräkningsmodellen för tågbuller.



Jag och Alf mäter ljudnivån från en knallpulverpistol

Jag och Alf intervjuas av Västnytt

Rapporten med leksaksbuller

Jag påpekade denna brist för mina kontakter på Banverket och Naturvårdsverket. De höll med om att det var viktigt med indata så jag fick medel till att utföra en pilotstudie av bulleremissionen från tåget. Resultaten från mätningarna var intressanta då de visade att de nya X2 tågen var ca 10 dBA tystare än konventionella lokdragna persontåg i motsvarande hastigheter.

1994 så fick jag även i uppdrag att tillsammans med kollegan Clara Göransson ta fram nya svenska tågdata till den Nordiska Beräkningsmodellen för tågbuller. Det kom under åren att bli många fler järnvägsrelaterade mätuppdrag. Ett var att utvärdera om krökta betongelement använda som bullerskärmar gav högre bullerreduktion än motsvarande raka skärmar. Testerna utfördes vid Torp som ligger utmed Västra Stambanan några kilometer norr om Alingsås. Då längden på bullerskärmen var begränsad till ca 10 m så använde vi speciell mätutrustning för att undertrycka sidobidragen från de betydligt längre tågen.

Jarl Olofsson SP vid mätutrustningen i Torp

Christian Simmons SP vid bullerskärmen i Torp

Mikael Ögren SP poserarframför sin mikrofonarray

Vi utförde ljudmätningar med hög direktivitet dels genom att använda en parabolmonterad mikrofon samt med en mikrofonarray konstruerad av den på SP nyanställde civilingenjören Mikael Ögren.

Mätningar utfördes även med och utan absorbenter monterade på bullerskärmen. Under provveckan sjönk temperaturen till -22 grader så den digitala displayen på mätinstrumentet frös. Som tur var så fungerade ljudnivåmätaren elektriskt så vi kunde fortsätta att mäta tågpassager. Resultaten för den krökta skärmen visade inte på några nämnvärda skillnader i bullerreduktion jämfört med effektiv skärmhöjd för en rak bullerskärm.

Ett annat mätprojekt utförde SP 1995 tillsammans med ABB-CRC vid Fägre beläget vid Västra Stambanan norr om Skövde. Under en vecka mätte vi på olika höjder och avstånd simultant ljud och rälvibrationer från tågpassager. Vi mätte även ballastabsorptionen på plats med en låda som hade tunga tjocka väggar och som innehöll såväl diffusorer, bruskälla och roterande mikrofon.

Claes-Göran Johansson, Anna Igeltoft och Henrik Samuelsson ABB CRC mäter ballastabsorption

Lisa Jonasson SP, Henrik Samuelsson och Anna Igeltoft ABB-CRC inväntar nästa tågpassage i Fägre

Hans kände till mitt intresse för högtalarbyggen så jag fick i uppdrag att ta fram en omnidirektionell högtalare med hög verkningsgrad till SP:s dörr- och fönsterlabb. Jag kontaktade en god vän, Thomas Irgaard som bl.a. byggde monitorhögtalare i form av plastklot. Jag köpte ett plastklot utan hål och lät SP:s verkstad fräsa tio hål för 6" bredbands högtalarelement.

Slutresultatet blev en omnidirektionell klot-högtalare med hög verkningsgrad och som klarade 1500 W RMS. En kul grej att nämna i sammanhanget var att Thomas konstruerat ett eget 22" baselement som han tillverkade i England. Han hade monterat elementet i ett exponentialhorn och på en musikmässa sålt två exemplar till den kända popgruppen The Who:s bassist John Entwistle som ville ha rejält tryck i basen!

Det rundstrålande klotet på plats i sändarrummet för tester av fönsters och dörrars ljudreduktion

Efter 10 intressanta och mycket lärorika år på SP gjorde omständigheter i mitt privatliv att jag bestämt mig för att flytta till Bohuskusten och att det skulle bli för långt att pendla till Borås. Hösten 1999 sökte jag därför anställning som konsult på Akustikbyrån och K&M i Göteborg. Jag blev anställd och kom inledningsvis att arbeta mycket med byggnadsakustiska uppdrag. Med tiden så blev det allt mer industri- och infrastrukturuppdrag vilket passade mina intressen bättre. Konsultverksamheten har under mina 21 år som anställd fått nya ägare och först köpts av J&W för att i dag ägas av WSP.

En bit in på 2000-talet blev jag kontaktad av Karin Blidberg på BV:s huvudkontor i Borlänge som gav mig i uppdrag att utföra ljudmätningar av godståg som regelbundet transporterade stålämnen mellan Luleå till Borlänge. Anledningen var att ett mindre antal av godsvagnarna försetts med bromsblock i kompositmaterial (K-block) till skillnad mot de vanliga bromsblocken i gjutjärn (G-block).

Internationella försök hade visat att kompositmaterialet gav mindre slitage på hjulen än blocken i gjutjärn. Mindre ytråhet på hjulens kontaktytor medförde lägre bullernivåer under färd vilket var en positiv effekt för de redan bullriga godstågen. Jag kom att utföra ljudnivåmätningarna vid Storvik som ligger ca 7 mil öster om Borlänge.

För att kunna särskilja ljudnivån från godsvagnar med K- och G-block så använde jag mig av en mikrofonplatta som placerades i närfältet mellan rälsen. Genom tidseriell mätning så kunde jag tydligt särskilja ljudnivån från varje enskild hjulsats. Resultatet visade att ljudnivån från vagnar med K-block var ca 5 dBA lägre jämfört med de vanliga vagnarna med G-block.

Under den tredje mätdagen fick jag oväntat besök av tre unga poliser från Gävle vars första fråga var ”Hur mår du?”. Det hade tydligen blivit en miss i kommunikationen då min närvaro på platsen redan var känd av BV. När det stod klart med vad jag höll på med så blev det i stället en trevlig stund med många nyfikna frågor från poliserna om ljud och buller. Det är naturligtvis viktigt att obehöriga inte befinner sig i spårområdet då ca 70 personer årligen tragiskt dödas vid påkörning av tåg.

Efter att ha blivit akustikkonsult så trodde jag det var slut på större uppdrag för BV/TRV men där hade jag fel. 2005 satt jag på kontoret i Göteborg och tänkte bl.a. på skillnaden i upplevelse av buller från tåg och vägtrafik och att den s.k. tågbullerbonusen borde utredas mer. Jag insåg att detta inte bara var mättekniska utmaningar utan också måste kopplas till störningsupplevelsen hos boende i järnvägarnas omgivning.

Forskare med sådan kunskap måste därför involveras i projektet. Jag kände redan docent Evy Öhrström och att hon skrivit en avhandling med inriktning på störningar i boendemiljö förorsakad buller från infrastruktur. Jag ringde Evy och berättade om min projektidé och till min glädje så ville hon gärna medverka. Med i gruppen kom även statistikern Anita Gidlöf Gunnarsson och akustikern Mikael Ögren. TRV beviljade medel till våra idéer och det blev en intressant tid med mätningar av buller och vibrationer från väg- och tågtrafik. Projektet innehöll även frågeformulär som boende vid väg- och tågexponerade platser fick svara på.

Ett godståg med stålämnen på väg till Borlänge

Mikrofonplatta placerad mellan rälsen på en betongsliper

Peter Torstensson VTI, Jannik Theyssen doktorand CTH och Anders Genell VTI mäter hjulslitage på en Regina motorvagn

Anders Genell mäter ljudnivån under en passage med ett modernt persontåg från trafikoperatören Flixtrain i Torp

I slutet av 2017 fick jag reda på att Trafikverket hade för avsikt att genomföra nya ljudmätningar av tåg då dessa skulle användas i en ny beräkningsmodell. Efter kontakt med Anders Genell vid VTI kom jag att ingå i en stimulerande expertgrupp bestående av akustikerna Anders Genell, Mikael Ögren och Peter Torstensson som verkade för att implementera beräkningsmodellen Cnossos EU i Sverige. 2018 fick jag i uppdrag att genom ljud- och vibrationsmätningar medverka till att ta fram nya indata från svenska tåg. Modellen har tagits fram för att EU-länder gemensamt bl.a. skall kunna beräkna bullernivåer från tåg. Mätningarna har under hösten 2021 nu avslutas och resultaten kommer under 2022 att kunna användas som indata vid beräkningar av tågbuller i större orter i Sverige.

När jag i dag ser tillbaka på alla år med tusentals bullermätningar, i uppdrag och projekt så kan jag konstatera att det varit en mycket intressant, lärorik och spännande period i livet som också gett mig många goda vänner och kollegor. Nu ser jag fram emot att också få mer tid till att spela musik.

Tomas Jerson
Ingenjörsfirma Elton, Tjörn
tomas.jerson@telia.com

Mikael Ögren AMM, Peter Torstensson VTI, Jens Nielsen CHARMEC och Jannik Theyssen doktorand CTH på IWRN13 i Ghent

Erik Olsson gitarr, Frida Simmons trummor, Eva Simmons sång Tomas Jerson basgitarr och Jan Almqvist keyboard framför Barbro Hörbergs – Med ögon känsliga för grönt

VARFÖR BEHÖVS AKUSTIKERN I BYGGPROJEKT?

Kristian Orellana (LN Akustikmiljö, PE)
kristian@akustik.nu

Akustikern i projektet upplevs ofta som ett nödvändigt ont entreprenören nog helst skulle slippa. Dock finns tydliga krav och riktlinjer som måste bevisas uppnås i byggnaden. Entreprenören har ofta ingen kunskap av hur kraven ska uppfyllas och behöver därför ta in akustikern som konsult. För en byggnadsakustiker som mig själv är det ytterst sällan vi pratar om den goda akustiken. Det är främst skydd av oönskat buller som är vår uppgift. En uppgift som allt för ofta enbart handlar om siffervärden.

Ibland är det tydligt att den goda akustiken är viktig och då pratar vi ofta kultursammanhang – en miljö där akustikerns kunskap om god akustik är oumbärlig. Ett konserthus med dålig akustik blir tyvärr sällan mer än så. Här får akustikern friare händer på att skapa en akustisk miljö där krav uppfylls samt ljudupplevelsen är i fokus, där akustiken även har en stödjande funktion för verksamheten. Nu finns otal parametrar att grotta sig i men främsta målet är alltid att nå en miljö där brukaren och där besökaren får en akustisk funktion som når upp till de förväntningarna och krav bådadera har.

Standardiserade krav på byggnader och byggreglers uppbyggnad är inte anpassad på detta sätt. Det finns inget krav på subjektiv analys och funktion. Det skulle egentligen inte fungera – regelverket skulle bli oöversiktligt, svårt att tillämpa och svårt att kontrollera.

En driftig entreprenör skulle göra gott i att samla på sig kunskap från olika projekt och säkerställa sin byggnad genom tidigare lösningar som uppfyller kraven. Då krävs ingen akustiker. Men varför behövs akustikern då i byggprojekt?

Akustikerns viktigaste roll som jag ser det är att arbeta mot den goda akustiken i den mån som är möjlig i de projekt som erbjuds. Detta innebär att ha fullständig kontroll över byggnadens krav och hur de ska uppfyllas men samtidigt att väga in brukaren och besökarens nytta av akustiken – att få in den goda akustiken i projektet, oavsett vad det är för byggnad.

Jag var akustiker för ett större sjukhusbyggnadsprojekt i Stockholm, O-huset i Huddinge sjukhus, med projektnamnet Chopin. Kopplingen till musik, kultur och det goda ljudet ligger ganska långt från sjukhus, men så blev det. Om det finns något utrymme där akustiken förväntas ha en viktig funktion skulle nog inte sjukhus hamna högt på en omröstning. Verkligheten är dock det motsatta. Under projekteringen av sjukhuset fick jag möjlighet att samtala med personal på sjukhus samt reflekterade över min egen erfarenhet i sjukhusmiljö som patient. Jag läste mängder av artiklar och studier som handlade om sjukhusakustik och insåg snabbt att akustiken är oerhört viktig – men att den tyvärr ofta förbises.

När akustiken är god i sjukhusmiljö ges många positiva följder. Både för personal och patienter. I sjukhus finns flertalet oönskade ljud som medför stress och koncentrationssvårigheter. Främst drabbas personalen som vistas i miljön under långa arbetspass. Dålig taluppfattbarhet kan leda till feltolkade eller oförstådda instruktioner som kan vara livsviktiga. Här måste även vägas in att olika människor har olika kapacitet att uppfatta information med lågt signal/brus-förhållande. Hörselnedsatta och utlandsfödda är exempel på människor som riskerar drabbas hårdast. Dålig ljudmiljö är en bidragande faktor till hög personalomsättning och utbrändhet. I en bransch som redan är hårt drabbad kan således ljudmiljön bli en starkt betydande faktor.

Flertalet studier visar korrelation mellan bullerutsatthet och sjukdom. Detta förändras inte i sjukhusmiljö. Buller och annat oönskat ljud minskar återhämtningsförmåga hos patienter. För tidigt födda spädbarns sinnen är känsliga och där har även korrelation mellan ljud och dödsfall kunnat visas. Vid dålig ljudisolering mellan utrymmen kan väntande patienter avböja vård som upplevs skrämmande, exempelvis smärtsamma undersökningar. Patienter som upplever bristande integritet kan bli mindre benägna att berätta medicinskt viktig information till sina läkare.

O-huset har projekterats med utgångspunkt att bidra med god akustik för personal och patienter. Många krav är anpassade främst för högsta möjliga funktion snarare än att nå specifika siffervärden.

Exempelvis har vissa skiljepartier helt saknat R'_w krav utan har istället haft specifika krav i ters/oktavband. På vissa ställen saknas helt kravvärden och har ersatts av utförandekrav, då ett kravvärde på exempelvis T_{20} eller R_w kunnat nås på många olika sätt utan att egentligen ge önskad funktion.

I projektet finns väl tilltagna bjälklag med jämna golv och bra stegljudsdämpning för att undvika stomljudsstörningar från rullande vagnar. Det ger också goda förutsättningar för att hantera vibrationspåverkan på känslig utrustning såsom MR. Tyngre material ger även bättre förutsättningar för god luftljudsisolering och minskad flanktransmission.

Ventilationssystemet har projekterats med tilltagna primärdämpare, rektangulära kanaler strategiskt placerade för att släppa ut lågfrekvent ljud där det inte gör någon skada. Kanaldimensioner och don är tilltagna för att ge lågt luftflöde och egenljud. Överhörning i kanalsystemet har projekterats väl över ljudisoleringskrav mellan utrymmen för att minimera risk för överhörning och säkerställer god integritet där det behövs.

Hög funktion i undertaket i kombination med strategiskt placerade väggabsorbenter säkerställer låga frekvensmässigt jämna efterklangstider för minskad rumsförstärkning och högre taluppfattbarhet.

Stort fokus lagts på att minimera risken för uttröttningseffekter hos personal som mer eller mindre konstant utsätts för tonala bullerkomponenter eller monotona ljud. Manöverrum till datortomografi, magnetröntgen och annan bullrande utrustning har därför försetts med väggar som påminner om lösningar som används i musikstudios. Här har nyttjats dubbelregelkonstruktion, karmabsorbenter och tunga, styva skivmaterial för att minimera lågfrekvent genomträngning.

Framöver hoppas jag att det i fler projekt tas in akustiker för att lyfta den goda akustiken, snarare än att vara ett nödvändigt ont.

Projektet Chopin var personligt utvecklande på många sätt och väldigt givande. Att O-huset därtill mottog SAS ljudmiljöpris värmde jättemycket.

Kristian Orellana
Civilingenjör, Akustiker
LN Akustikmiljö
PE Teknik & Arkitektur
kristian@akustik.nu

Norsonic innovative sound instrumentation

Avancerad bullerövervakning på ett enkelt sätt

Modulär NMT inkl. Nor145 ljudmätare | Logga nivåer, även 1/3-oktav | Ljudinspelning med level trigger eller continous
Övervaka mätning via webläsare | Automatiska mätrapporter, SMS-/E-postvarningar
Nor145 ljudmätaren kan även användas handhållet | Riktningsmikrofon, väderstation mm. finns som tillbehör

Komplett leverantör av mätutrustning för byggakustik

Nor145 Ljudmätare 1-kanals med BA-rating on board
Nor150 Ljudmätare 2-kanals med BA-rating on board | Nor850 Multikanal mätsystem för labmätning
Nor276 Rundstrålande högtalare | Nor277 Stegljudsapparat | Nor279 Impact ball
PC-program för vidare analys och standardiserade kurvblad | ISO 16283, ISO 10140, ISO 717, ISO 25267

Norsonic

Norsonic AB | info@norsonic.se | www.norsonic.se

Henrik Möller (Akukon)
henrik.moller@akukon.fi

RUMSAKUSTIK FÖR MULTIFUNKTIONSSALAR, HOT ELLER MÖJLIGHET?

En Multifunktionssal uppfattas traditionellt som ”en sal som kan användas för allt men inte är bra för någonting”. Detta på trots av att de flesta salarna som byggs idag är någon form av multifunktion, antingen ortens enda kulturhus, eller större salar för klassisk musik som även skall kunna användas för förstärkt musik och för olika shows mm.
I denna artikel vill jag, med den lite provokativa överskriften, beskriva dom akustiska utmaningarna med multifunktionssalar.
För denna presentation definieras en multifunktionssal som en sal som används för flera olika sor-ters uppträdande och samlingsaktiviteter och som typisk har någon typ av variabel akustik. Typiska exempel är kulturhus, som ofta är den enda lokalen för uppträdande i närområdet.

Kort historik

Även om man kan påstå att alla tidiga salar faktisk var multifunktionssalar (till exempel de välkända ”Hayden-salar”). De första egentliga multifunktionssalar byggdes på 1920-talet, speciellt i USA. Man kan väl också konstatera att multifunktionssalars dåliga rykte till dels beror på dessa salar. Men dessa var oftast enorma, 2500 – 3000 platser, och planerade enligt principen att det viktigaste var att få ljudet från orkestern till publiken. De var ofta solfjäderformade (Fanshaped) med en väldigt proji-cerande takform. Dessutom var dessa salar ofta i princip en teatersal med en orkesterskal på sce-nen.

Från ca 1980 har det faktisk byggts multifunktionssalar som anses ha en acceptabel akustik. Dessa än oftast mindre (kring 1000 - 1500 platser) och har en mera ”sko-låda” layout.

Moderna multifunktionssal

Moderna multifunktionssalar är typiskt enda salen i området. Undantag är ”multifunktionssalar” som byggs för rytmisk musik i samband med akustiska konsertsalar, till exempel Stavanger Musikhus.

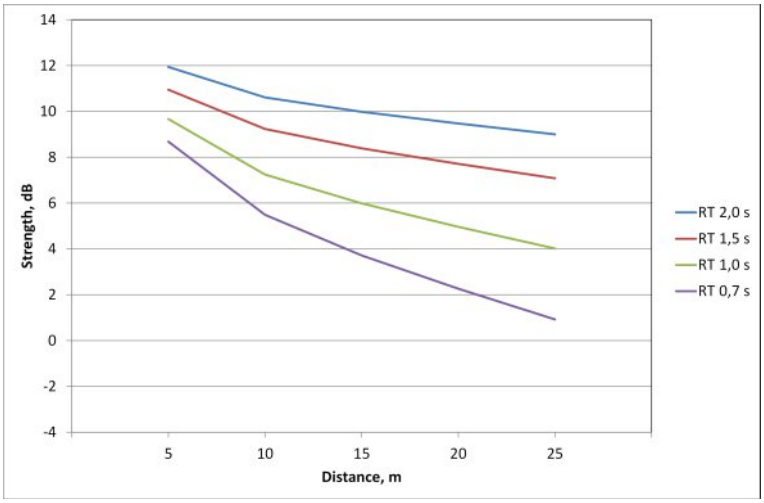
Med andra ord måste salen kunna fungera för alla möjliga evenemang. Därför är det mycket viktigt att i början av projektet göra en klar prioritering mellan olika användningar

Typisk ”användningsdynamik” eller användningsområden för en multifunktionssal är:

- Förstärkt musik
- Teater
- Konferens / möte och bankett
- Musikteater / show
- Biograf
- Cirkus
- Akustisk musik

Detta är även den typiska prioriteringen. På basen av den kan man sätta akustiska krav för salen:

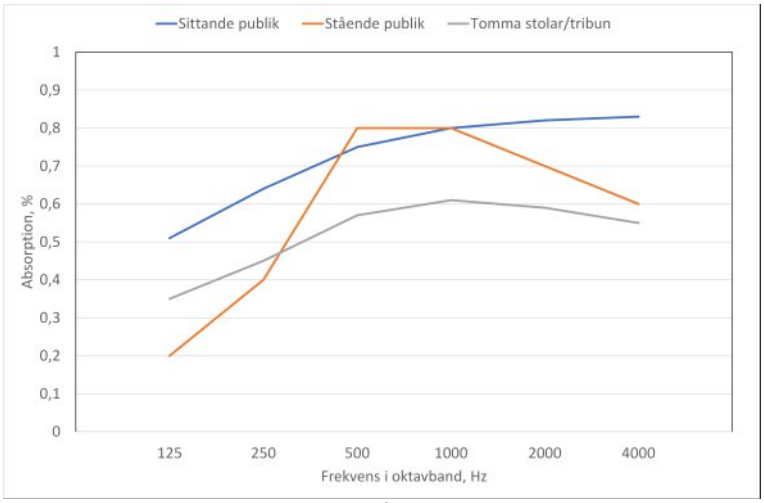
- Typisk variabel absorption för att styra RT och G (se figur 1)
  - Variationen i efterklangstiden sätts utgående prioriterat användning
    - Om det är så att man spelar akustisk orkestermusik en gång vart 3e år, är det kanske inte lönt att satsa pengar för att kunna förlänga efterklangs tiden?
- Typiskt år det svårt att få rätt frekvensbalans i efterklangstiden för både akustisk musik och förstärkt musik
  - Variabla akustiska element är nästan alltid diskant- och /eller mellantonsabsorbenter :(
- Placering av absorbenter
  - Inte alla placeringar är lika effektiva
- Tillräckligt med basabsorption (utan att helt förstöra det för akustisk musik)
  - Basabsorption på bakväggen?



Figur 1: Förhållande mellan efterklangstid och Strength som funktion av avstånd (baserat på Barrons Revised Theory)

Andra krav som också påverkar akustik planering

- Teleskop tribuner, delvis Blackbox ideologi
  - Typisk variabel publik layout
  - Möjlighet för platt golv för bankett, rock osv
  - Kompensation när tribunen tas bort, dvs stående publik, se figur 2.
- Funktionaliteten är viktig!
  - Det måste vara enkelt att komma in och ut, både för teknik, konstnärer och publik
- Scenteknik, AV teknik
  - Igen om inte tekniken är fungerande, kommer salen aldrig att fungera optimalt

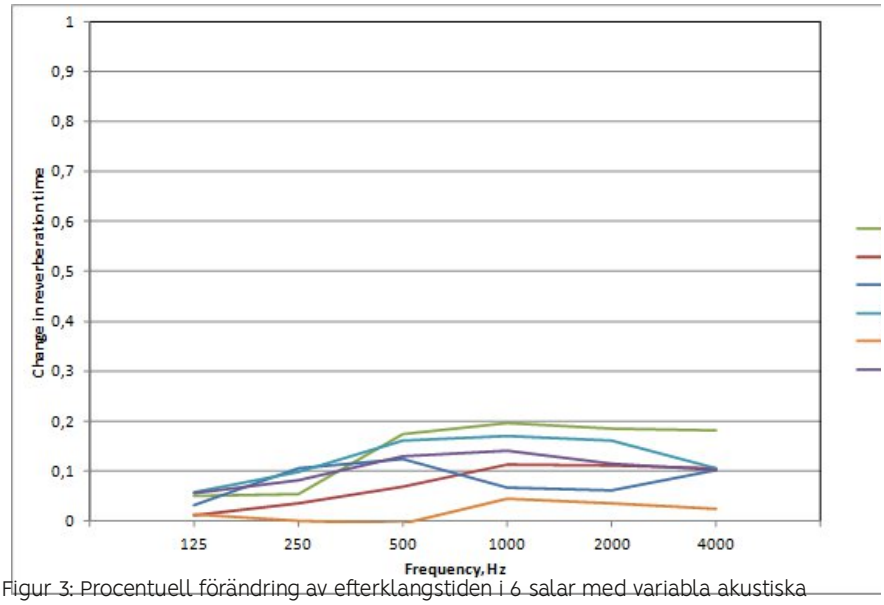


Figur 2: Absorption för sittande och stående publik

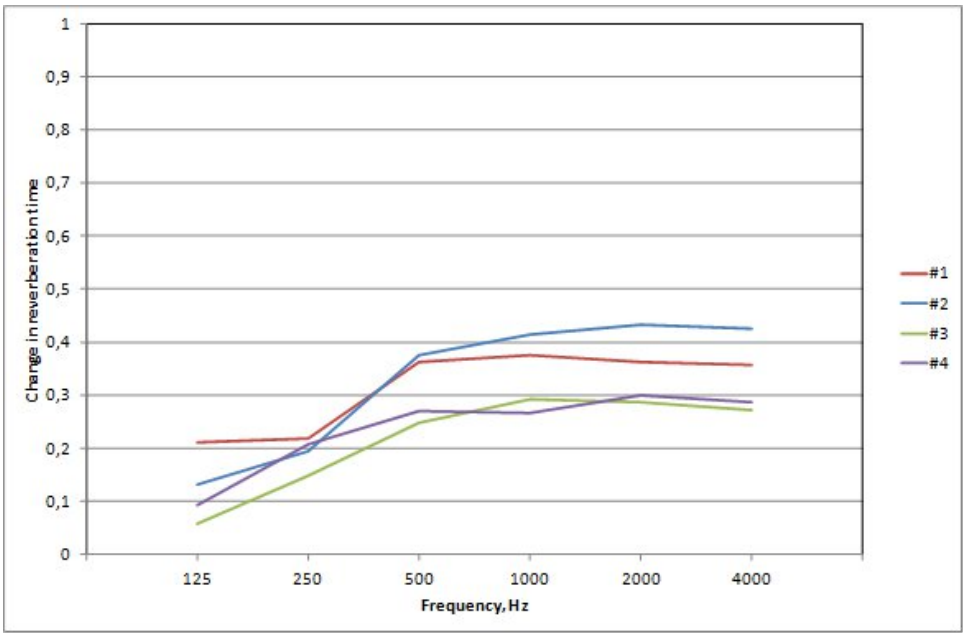
NÅGRA EXEMPEL

Jag har undersökt ungefär 40 finska salar, där nästan alla är multifunktionssalar. De flesta har någon typ av variabla akustiska element, oftast vändbara element på sidoväggarna.

I figur 3 är vist den procentuella ändringen i 6 salar med ändringsbara ytor kring publiken. Som det ses är ändringen som med 20% vid högre frekvenser och stort set ingenting för frekvenser under 250 Hz. Med andra ord kan man med den variabla absorptionen nästan kompensera för skillnaden mellan sal med publik och tom sal. Ändringen är större om man även tar med variabel absorption på scenen, det vill säga scengardin mm (se figur 4). Ändringen är här som mest drygt 40% över 500 Hz, till exempel en reducering från 1,5 s till 0,9 s.



Figur 3: Procentuell förändring av efterklangstiden i 6 salar med variabla akustiska element på sidväggarna

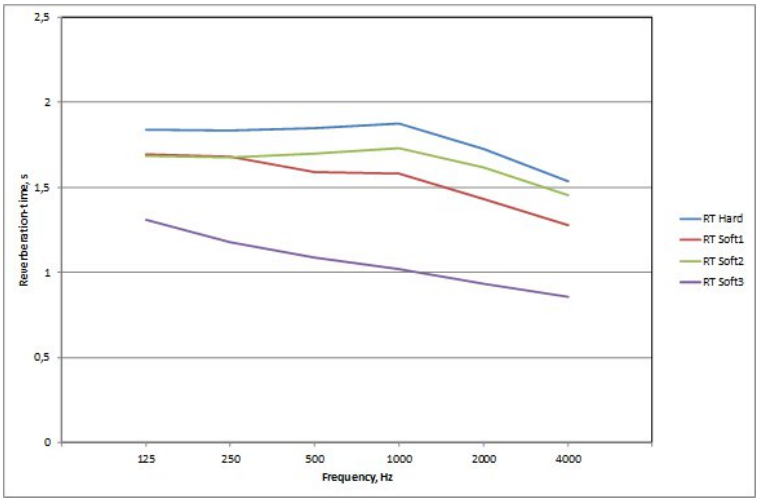


Figur 4: Procentuell förändring av efterklangstiden i 4 salar med variabla akustiska element både runt publiken och på scenen

Ett nyare exempel på en sal där variabel akustik var nödvändig, är Schauman-salen vid Musikhuset Allegro i Jakobstad. Detta är en ganska liten sal, ca 400 platser som skall kunna användas för mu-sikundervisning i både klassisk och pop/jazz.

De variabla ytorna är:

- transversala gardiner under taket och längs bakväggen
- gardiner på sidoväggarna
- Scen gardin för teateranvändning med optimerade akustiska egenskaper



Figur 5: Schauman-salens variabla ytor:
Soft1 Transversala gardiner under taket och längs bakvägg
Soft2 Som Soft1 plus gardiner längs väggarna
Soft3 Som Soft2 plus teatergardin på scenen

Här kan man konstatera att ytorna i salen egentligen bara förändrar salens akustik från ”symfoni” till ”kammarmusik”. Ytorna i salen är dock viktiga för att kontrollera reflektioner mm vid förstärkt musik. Dessutom används de när salen används för musikteater och liknande.

Man kan påstå att 1,8 s efterklangstid vid mellan frekvenser år för mycket för en så liten sal, och det blir klart ganska högljutt med en större klassisk orkester på scenen. Men det ger ändå ganska bra övningsförhållande för orkestern.

Figur 6: Schaumannsalen som klassisk sal och som ”pop/jazz” sal

Konklusion

I denna artikel har det mest blivit visat hur de variabla akustiska ytorna inte nödvändigtvis är så effek-tiva som man förväntar.

Det betyder inte att multifunktionssalen som sådan inte skulle fungera, men det är ganska många faktorer som inte nödvändigtvis är direkt kopplade till akustiken som är viktiga. För en multifunkt-ionssal är det viktigaste att den fungerar! Dvs att funktionaliteten är i ordning, att tekniken är rätt och att akustiken är lämplig. Man kan sen diskutera det lämpliga i att göra förhållandevis komplicerade variabla akustiska system om man behöver symfoniklang en gång vart 2 eller 3 år. En annan sak är också att om scenen är optimerad för akustisk musik med både sidoreflektorer och takreflektorer, kan den vara ganska besvärlig för nästan all annan användning. Eller om man plockar bort scenele-menten för akustisk musik, måste man ha plats för uppbevaring.

Men om man gör en multifunktionssal med akustiskt sett vettig geometri, kan man uppnå bra resultat även för akustisk musik. Och då kan man ju fundera på om inte ett elektroniskt system för förläng-ning av efterklangstiden vore mera lämplig är de typisk ganska tunga åtgärder son krävs för fungerande variabel akustik.

Henrik Möller
Ledande Konsult
Akukon AB, Helsingfors
henrik.moller@akukon.fi

GOD JUL OCH GOTT NYTT ÅR ÖNSKAR SVENSKA AKUSTISKA SÄLLSKAPET OCH VÅRA STÖDMEDLEMMAR!

Brüel & Kjær
BEYOND MEASURE

Founded in 1942, Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S has grown to become the world's leading supplier of advanced technology for measuring and managing the quality of sound and vibration. We use our core competences and comprehensive range of products and solutions to help customers solve sound and vibration challenges. Since the 1950s, our products have set the standard to which others are compared.

Norsonic

Norsonic är en av världens ledande tillverkare inom lösningar för mätning av ljud och vibrationer. Norsonic Kalibreringslaboratorie är ett internationellt ackrediterat laboratorium. Detta säkerställer att kvaliteten på de uppmätta värdena är på högsta möjliga nivå. Norsonic är aktivt i standardiseringsarbetet, både på nationell och internationell nivå. Vi tycker det är viktigt, som en tillverkare av hög kvalitet att våra produkter är tillverkade i enlighet med de kommande versionerna av relevanta standarder, kombinerat med den senaste tekniken.

ACAD Acoustic Consulting and Design™

ACAD är akustikkonsulten med bredd och kompetens genom hög akademisk utbildning, lång erfarenhet och ett brett praktiskt kunnande. Våra akustiker har genomgående hög utbildningsnivå, doktorer och civilingenjörer. Vi formar enkla genomförbara lösningar och ger tydliga svar på akustiska frågeställningar. Det gör vi genom att ha en stor analytisk förmåga och starkt engagemang. Vi söker fler duktiga akustiker. Besök gärna vår hemsida och läs mer om oss och våra projekt.

TYRÉNS

Tyréns erbjuder marknadsledande tjänster inom bygg- samhälls- och industribuller. Genom att i alla lägen sträva efter att erbjuda en leverans som når längre än konkurrenterna utmanar vi både oss själva och branschen. Tyréns kan, genom sin engagerade ägare Sven Tyréns stiftelse, aktivt arbeta för att genom forskning och utveckling bidra till ett tystare och bättre samhälle som gagnar såväl kunder som invånare och samtidigt gör vårt arbete så mycket roligare!

bjerking

Bjerking har mångårig erfarenhet inom akustik, buller och vibrationer och kan erbjuda alla typer av tjänster som rums- och byggnadsakustik, utredningar, projektering och mätningar.

CHRISTIAN BERNER

Christian Berner Tech Trade-koncernen (publ) – noterat på Nasdaq Stockholm, har 120 års erfarenhet av teknisk handelsverksamhet. Vi erbjuder kvalitetsprodukter och systemlösningar med fokus på miljöteknik från europeiska tillverkare till industrier och kommuner i Sverige och övriga Norden. Koncernen har cirka 165 medarbetare i hela Norden, och en nettoomsättning på omkring 580 MSEK. Christian Berner Tech Trade AB är huvudbolag för handelsverksamheten, och genom dotterbolagen i Danmark, Finland, Norge och Sverige marknadsförs vårt produktprogram i hela Norden.

SWECO

Sweco erbjuder ledande expertis inom områdena akustik, ljud, buller och vibrationer. Vi utför uppdrag både nationellt och internationellt och har lokal förankring i flertalet städer i Sverige, Norge och Danmark.

ÅKERLÖF HALLIN AKUSTIK

Efter många innehållsrika år på Ingemansson har vi antagit utmaningen och startat eget ljud- och vibrationskonsultföretag. Tillsammans har vi mer än 60 års praktisk erfarenhet av beräkning, projektering, utredning, mätning, undervisning, forskning samt arbete med standardisering.

Norconsult

Akustikon är ett specialistteam inom Norconsult AB. Vi har många års erfarenhet inom byggakustik, vibrationer, bullerutredningar, produktutveckling, AV-teknik, sals- och rumsakustik. Vi specialiserar oss inom akustisk design av multifunktionella salar, teatrar, kyrkor och kontorslandskap. Vi är akustiker och tekniker som ser till helheten och löser alla typer av akustiska frågor.

efterklang:
PART OF AFRY

På Efterklang designar och säkrar vi ljudmiljöer. Vi erbjuder rådgivning kring akustik och vibrationskontroll. Vår expertis sträcker sig över ett brett spektrum och skala av akustiska utmaningar, från byggnadsakustik till industribuller, stads- och trafikljud och produktutveckling. Vi tillhandahåller också prisbelönad expertis inom ljuddesign och så kallad audio branding

sto

Sto Scandinavia AB utvecklar, producerar och marknadsför produkter och systemlösningar inom Fasad, Interiör, Akustik, Golv och Betong. Våra akustiksystem baseras på speciellt utformade skivor av återvunnet glas eller byggs upp med dämpande puts. Vi är verksamma i hela Norden och tillhör den världsomfattande koncernen Sto SE & Co. KGaA.

AKUSTIKVERKSTAN

Akustikverkstan utför mätningar, beräkningar och utredningar för de flesta frågeställningar inom byggnadsakustik, väg- och tågbuller, rumsakustik, ljudisolering, vindkraftsbuller, maskinakustik, markvibrationer, industribuller etc. Vi har även egna akustiklaboratorier för mätningar av ljudabsorption, ljudisolering, stegljudsisolering samt ljudutstrålning. Akustikverkstan är inte störst i branschen, men har hög utbildningsnivå, stor erfarenhet och gediget engagemang.

ACOUTRONIC

Acoutronic är sedan 23 år en ledande leverantör av mätinstrument och system för mätning och analys av ljud- och vibrationer. Vi saluför ett komplett sortiment av mikrofoner, kalibratorer, ljudnivåmätare, analysatorer och akustisk kamera. Vi gör även konsultarbeten på förfrågan.

Ecophon®
SAINT-GOBAIN
A SOUND EFFECT ON PEOPLE

Ledande, global leverantör av ljudabsorberande undertak och väggabsorbenter. Ett innovativt tänkande i kombination med lång erfarenhet.

AUDIO DATA LAB

Audio Data Lab grundades 1979 av Ingemar Ohlsson och inriktade sig tidigt på design av musikstudior, radiostudior, TV-studior och filmmixrum. Idag arbetar företaget även med akustik och byggakustik i biografer, bostäder, kontor och restauranger. Företaget projekterar högtalarsystem för hörsalar, konserthus, museum och arenor och har också stor erfarenhet av olika ljudmätningar, exempelvis kartläggning av bullerstörningar och intrimning av högtalaranläggningar.

EUROREGIO / BNAM 2022

JOINT ACOUSTICS CONFERENCE
9TH – 11TH OF MAY, AALBORG, DENMARK

The joint Baltic-Nordic Acoustical Meeting (BNAM) 2022 and EuroRegio 2022 will be held physically in Aalborg May 9-11, 2022. The conference will be an excellent opportunity to re-connect with colleagues in the field, re-socialize, and strengthen networks where physical interaction is key.

Professional programme

The theme of the conference is acoustics in all its forms with special interest in cases, engineering and solutions that helps meet the United Nation's Sustainable Development Goals. Much of our efforts in the field of acoustics already bridges well into these ambitions, and awareness to this will help the wider applicability of results from our field.

Three invited keynotes will be given:

- Mette Sørensen, Senior Researcher at the Danish Cancer Society and Professor at the Department of Natural Science and Environment at Roskilde University, Denmark, will present a keynote on: "Health Effects of Traffic Noise: Results from a Nationwide Study"
- Bernd Meyer, professor, University of Oldenburg: Use of AI in audiology
- Fredrik Ljunggren, Professor in Engineering Acoustics, Department of Civil, Environmental and Natural Resource Engineering, Luleå Technical University, Sweden, will present a keynote on: "Sound Insulation, Residents' Satisfaction, and Design of Wooden Residential Buildings".

Complying with traditions from both the BNAM and the EAA conferences, the technical programme will, however, primarily be formed by independent submissions. By default, written papers are assumed to accompany the oral or the poster presentation at the conference, but abstract only attendance is also accepted (complying with EAA standards).

The following topics are in advance announced and will form the basis for structured sessions:

- Active acoustic systems
- Acoustic measurements and sensor technologies
- Array technology
- Artificial intelligence and machine learning
- Audio signal processing
- Audiological acoustics
- Bioacoustics
- Building acoustics
- Data logging and big data
- Education in acoustics
- Effects of noise and noise policy
- Electro-acoustics
- Experimental psychology in acoustics
- Hydro-acoustics
- Noise assessment
- Virtual acoustics
- Numerical acoustics
- Machine Acoustics
- Musical acoustics
- Physical acoustics
- Physiological Acoustics
- Psycho-acoustics
- Room acoustics
- Soundscape
- Sound design
- Sound quality
- Speech analysis and processing
- Structure-borne sound
- Ultrasound
- Vehicle acoustics
- Vibration engineering

A call is currently open for submission of proposals for other structured sessions

The call for contributions will soon follow.

The conference is preceded by the EAA Young Forum on May 7-8 2022, which is a two-day training school for junior scientists. The Young Forum is both a training opportunity to achieve hands-on experience in a wide range of disciplines, including in no small part aspects of technical audiology for the upcoming event. It is also an ideal opportunity for young scientists to bond and establish professional networks for their further careers. The event is organized in collaboration with the EAA Young Acousticians' Network.

Venue

The conference will be hosted by Aalborg Congress and Culture Centre, AKKC downtown Aalborg. This venue has hosted numerous large conferences, among other the EAA Forum Acusticum 2011.

The training school will take place on the campus of Aalborg University (campus zip code 9220 Aalborg Ø) utilizing seminar and group rooms for lectures and discussions, and lab facilities for hands-on exercises.

Social events will take place at various venues in Aalborg City, enabling hopefully a rewarding interaction across new and experienced professionals.

Homepage: www.bnam2022.org

EUROREGIO
BNAM2022