



NAS 50 år 2005

Sound Absorption in Freely Suspended Banners

Siv. ing. Anders Buen (author) and
Stud. techn. Magnus Ognedal

$$T = \frac{0.16V}{A_1 + A_{Banner} + \dots} = ?$$

Bakgrunnen for dette arbeidet har vært:

1. Behov for absorpsjonsdata for fritt hengende tekstiler til bruk for variabel akustikk.
2. Å undersøke om man kan modellere overflater, som fritt hengende tekstiler, ved å sette en transparens på flaten i romakustikk program.
3. Kan man klare å modellere absorpsjonen av et tekstil bare ved å måle på en liten prøve?

Vi fikk midler til dette FOU-arbeidet fra Statsbygg i Operaprojektet.

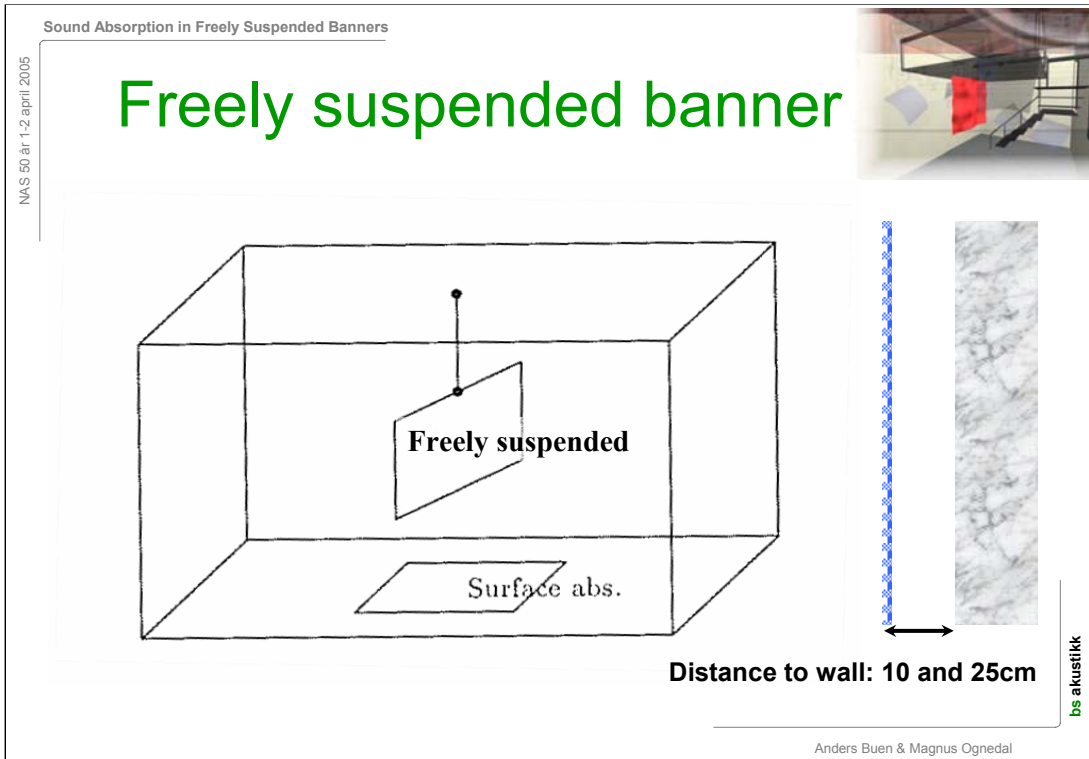
Magnus Ognedal har arbeidet videre med dette i sin prosjektoppgave i vinter og nå under Hovedoppgaven på NTNU.

”Agenda”

- Rev.-room α measurements of textiles
- ”Field α ” measurement
- Calculated ”field α ” using Odeon (v6.5)
- Airflow resistivity measurements
- Test of porous absorber model on the textiles (Mechel WinFlag v1.0)

Vi presenterer:

1. Absorpsjonsdata for tekstiler fra klang rom målt ved vegg og fritt hengende
2. Eksempel på feltmåling av et tekstil
3. Kopi av feltmålingen i romakustikkprogrammet ODEON med laboratoriedata som input
4. Målinger av strømningsmotstand for tekstilene
5. Og beregninger av absorpsjon (og transmisjon) ved hjelp av en porøsabsorbentmodell basert på de målte strømningsmotstandene.



Symbolisk kan vi forstå et fritt hengende tekstil som vist i denne figuren.

De veggnære målingene i klang rommene ble gjort 10 cm (NTNU's lab) og 25 cm fra veggene (NBI-s lab).

Prinsippkissen viser best hvordan målingene ble utført av Magnus på NTNU.

Rev. room measurements (NBI)



Banner 25 cm from wall

Banner "freely suspended"

Fra klangrommet til Byggforsk

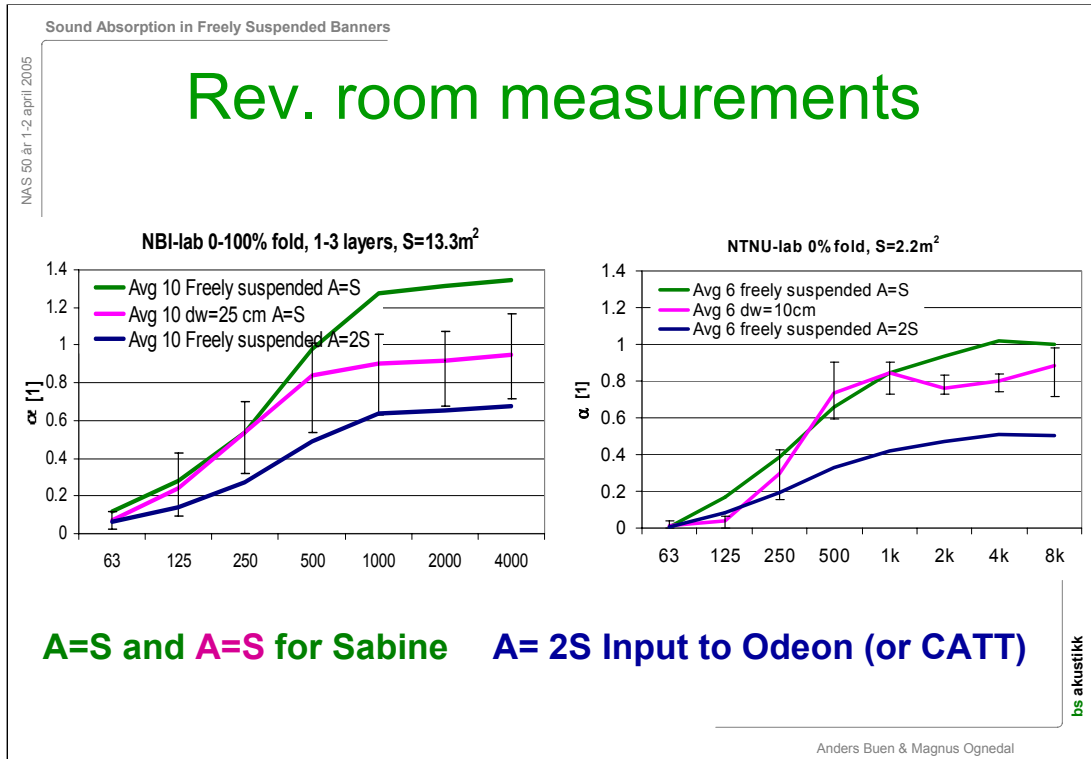
Venstre bilde viser Velourteppe 25 cm fra veggen

Høyre bilde viser det samme teppet 2-3 m ute på gulvet, dette kaller vi fritthengende

Stativet i midten er mikrofonen som styres fra en dreieskive koplet til en PC

Vi målte på to typer Ullseviot, en type Velour, Ekkovelour, to og tre lag av Ullsviotene og to lag av Velouren, alt både 25 cm fra vegg og fritthengende

NTNU (Magnus) målte en lett type Ullseviot, Molton, tre typer av Serge, et tykt Velourteppe, og Fibertex F2B (en fiberduk benyttet til underlag for fyllmasser. Vi bruker den til overdekning av mineralull o.l. i spaltepaneler etc.)



Her ser vi gjennomsnittet av de absorberende teppene

Grønn kurve er snittet av de fritt hengende tekstilene, absorpsjonsarealet er satt til en side; S

Blå kurve er den tosidige, dvs halvparten av den grønne

Fiolett kurve er snittet av de samme teppene montert foran veggen

Feilstolpene viser øverste og laveste verdi i datasettet

Vi ser at montert fritt hengende gir teppene bedre total absorpsjon, under forutsetning om at lydfeltet er tilstrekkelig diffust.

Dvs at det er like mye lyd over alt, at sannsynligheten for at lyd treffer begge sidene er like stor.

Et fritt hengende tekstil vil også i et diffust rom "vri" etterklangskurven mot lavere verdier i diskanten.

Men hvordan går det i et virkelig rom?

Sound Absorption in Freely Suspended Banners

NAS 50 år 1-2 april 2005

α of banners "in field"

"Live room" reference

"Dead room", banners in

bs akustikk

Anders Buen & Magnus Ognedal

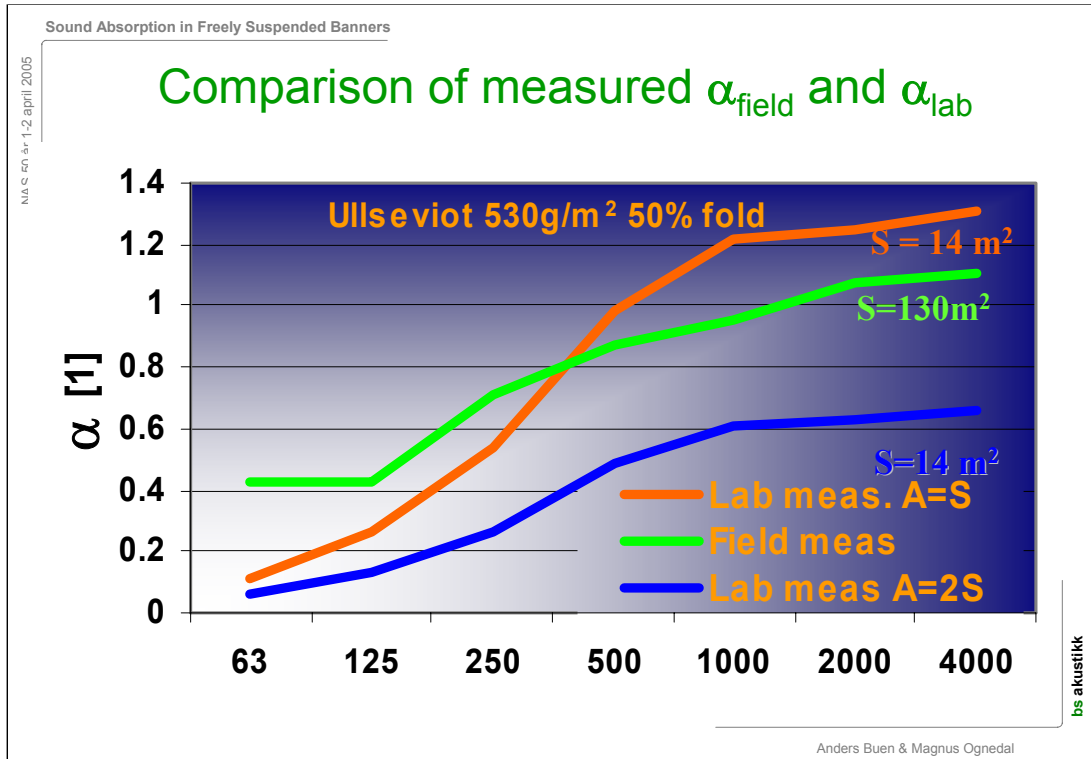
Dette er fra Det Kgl. Ridehus ved Akershus festning, bygget i 1824 for den "kongelige ekvipasje", inntil nylig Riksteaterets lokaler og en periode FSMK's øvingslokale.

Venstre bilde er teppene omkring scenen redusert til et minimum

Høyre bilde viser samme rom med mye av teppene inne.

Dette er forskjellen mellom referansesituasjonen klangfullt rom og det med teppene inne.

Resultatet følger her:



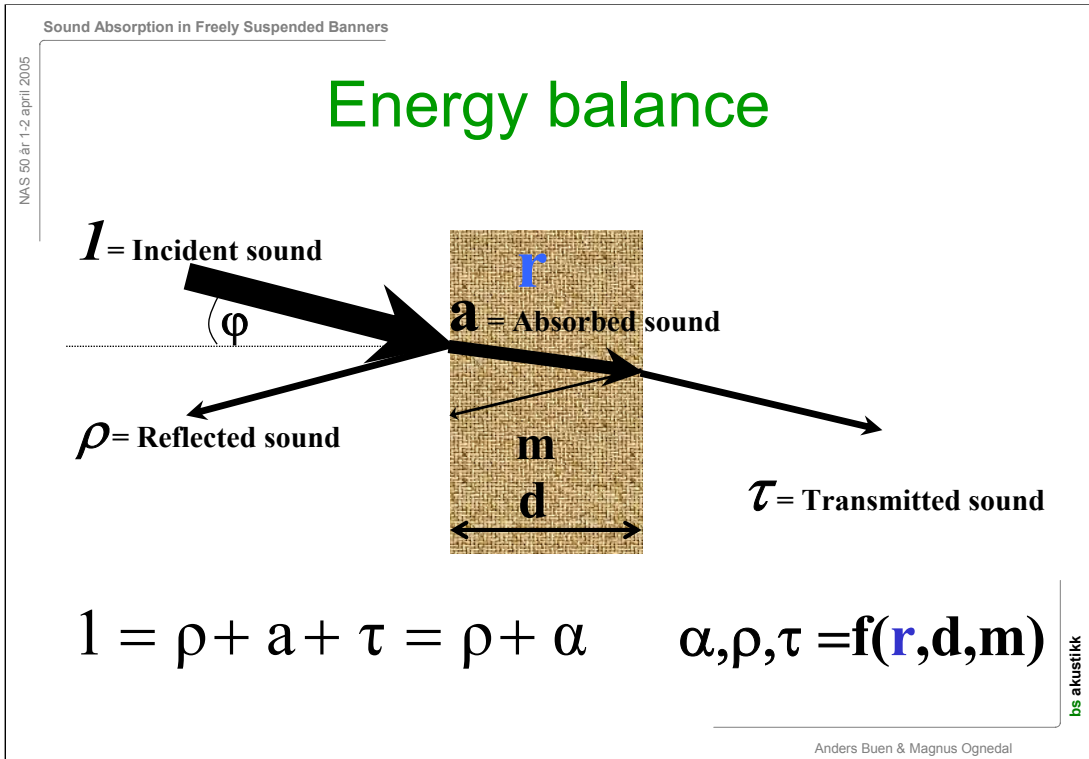
Grønn kurve er målt absorpsjonsfaktor for Ullseviot i Ridehuset , prøvene utgjør ca 130m²

Rød er ensidig absorpsjonsfaktor fra klang rom, prøven er ca 14 m²

Blå kurve er den tosidige absorpsjonsfaktoren fra klang rom, prøven er 14 m²

Den feltmålte og den tosidige (grønn og blå kurve) er nokså parallelle, dette tyder på at en flat korleksjon for alfa til kompensasjon for transmisjonen skulle være verdt å prøve

Vi har derfor gjort en kopi av etterklangsmålingene fra felt i ODEON ved å benytte klangromsdata for teppene som input til modellen, men først litt teori.



En absorberende er som et "åpent vindu". Hvis vi setter inn et tekstil i dette vinduet, får vi halvparten av et fritthengende tekstil.

Figuren viser hva som skjer når en lydstråle treffer en absorberende, eller en flate. Noe reflekteres, noe blir absorbert, noe kommer ut på andre siden. Forholdene mellom disse størrelsene avhenger av egenskapene til materialet lydstrålen møter.

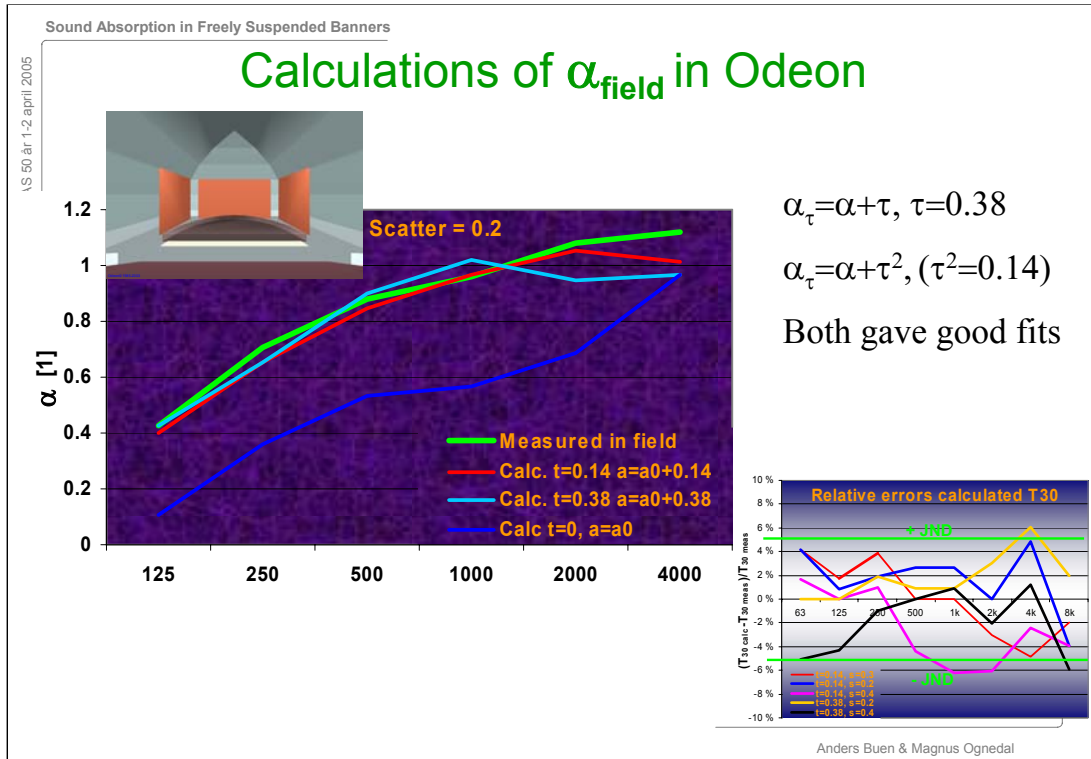
Transmisjonen av lyd for en slik absorberende er ganske sentral, den energien vil komme tilbake til rommet!

Den fundamentale egenskapen til en porøs lydabsorberende er luftstrømningsmotstanden, r og tykkelsen av det, d . Flatemassen, m , vil også ha betydning.

En akustiker vil kjenne på og blåse gjennom absorberenden dersom han får spørsmål om den er brukelig.

I romakustikkprogrammet ODEON, kan man sette en absorpsjon, en transmisjon og en spredningsfaktor på en flate.

Funksjonaliteten for transmisjonen er egentlig laget for å kunne regne på store oppdelte reflektorer som en flate. Vi forsøker å utnytte denne funksjonaliteten ved å la flaten være en absorberende og samtidig ha en transparens, slik et tekstil for eksempel vil ha. Så til den virtuelle kopien vår av feltmålingene:



Vi ser igjen her den grønne feltmålte kurven for Ullseviot fra Ridehuset. Beregningene i Odeon er en kopi av målingene vi har gjort.

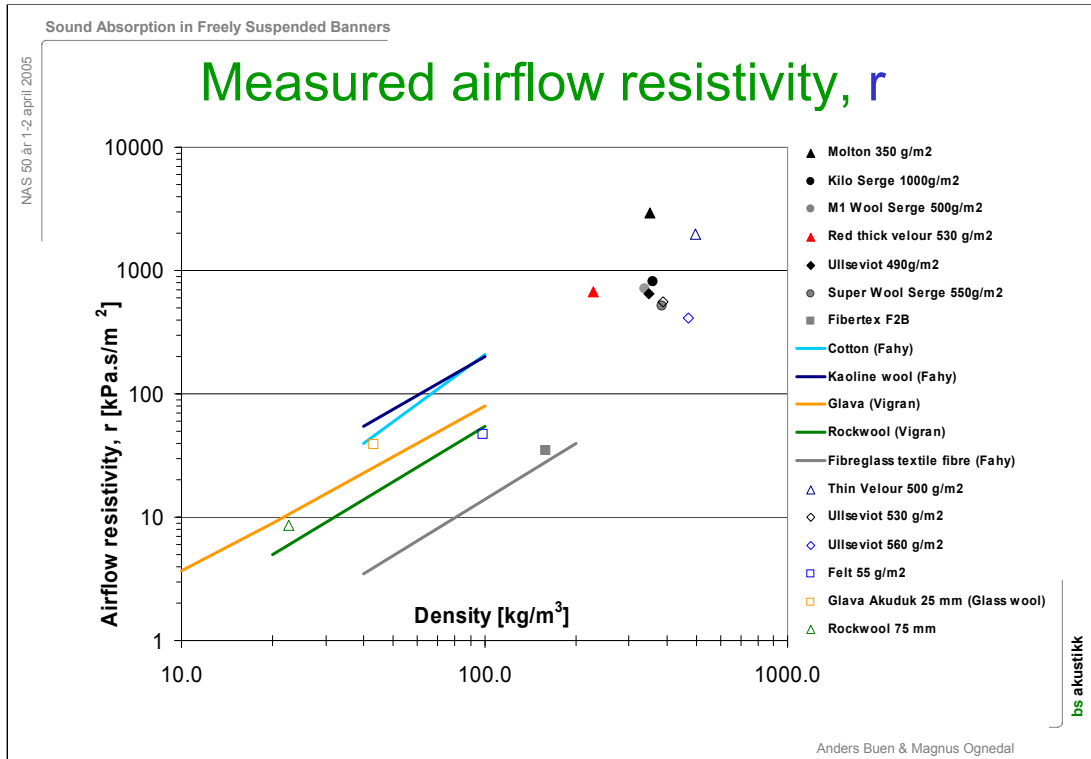
Inngangsdata til teppene kommer fra klangromsmålinger av dette teppet.

- Vi viser beregninger for situasjon med spredningsfaktor 0.2 på sidevegger.
- Blå kurve er hva vi får med tekstilene modellert med samme absorpsjon målt i lab, men uten transparenser.
- Den lyseblå er med den øverste av korreksjonene, ganske bra samsvar, spesielt for lav- og midtfrekvens
- Rød kurve er den nederste av korreksjonene, bra samsvar hele veien.

Til høyre ser vi beregnet relativ feil for T30. Vi kan velge ulike verdier for spredning og likevel oppnå resultat som er innenfor det som er hørbar forskjell (+/- 1 JND).

Men hvordan kan vi anslå fornuftig transmisjonsfaktor for et materiale? Kan vi klare å modellere absorpsjonen i tepper o.l bare ved å se på en liten materialprøve?

(Magnus har målt transmisjonsfaktor for et tilsvarende teppe og snittverdien for 500 og 1000Hz båndene er som benyttet her. Disse har vi også beregnet i WinFlag med strømningsresistans pr. lengdeenhet og tykkelse som input og fikk godt samsvar (til andre siffer (!))).



En fundamental egenskap ved porøse absorbenter er strømningsmotstanden og tykkelsen av den. Har vi de kan vi beregne absorpsjon og transmisjonsfaktor!

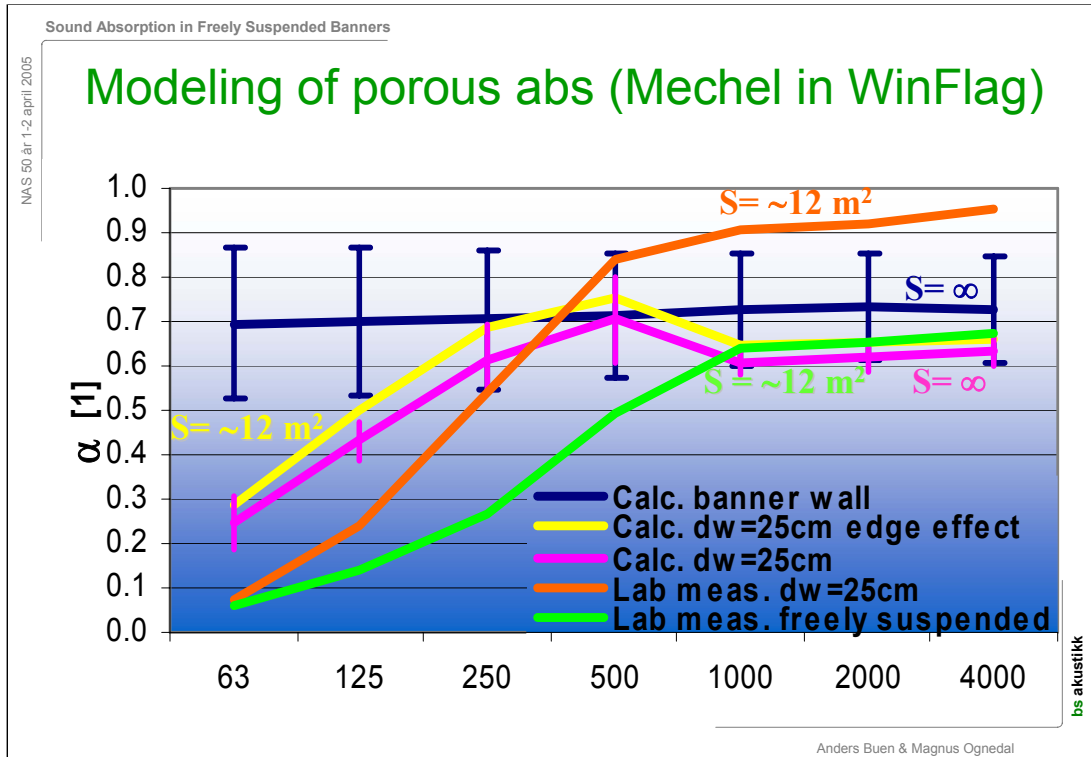
Figuren viser målt strømningsmotstand per lengdeenhet for tekstilene vi har målt lydabsorpsjon for. Vi ser også noen resultater fra tradisjonelle porøse absorbenter som sammenlignes med regresjonslinjer fra produsenter/litteraturen.

Tekstilene ligger ute til høyre innenfor en forlengelse av linjene vi har hentet fra litteraturen på tradisjonelle absorbenter. Vi kan tenke oss at dette er hva vi ville fått hvis vi hadde "tovet" sammen absorbentene nede ved linjene til en tilsvarende tetthet som teppene.

Fylte punkter er målinger ved NBI Trondheim (Magnus) og de åpne er målinger jeg gjorde på kontoret med et enkelt måleoppsett (et pappør $\varnothing 75$ mm, et rotameter (Kytölä A-2DR), trykkmåler (dP celle), ei enkel kran og en støvsuger. Prøven ble festet med en rørklamme på enden av røret)

Vi benyttet en porøseabsorbentmodell etter Mechel (Delany-Bazley) som (jeg tror) er basert på rør målinger av tykke direktemonterte porøse absorbenter med strømningsmotstand typisk i området som de vi viser linjer for. For slike absorbenter fungerer denne modellen godt. Selv om dette er en strekking av en porøseabsorbentmodell, prøver vi likevel!

En slik modell er også nyttig fordi vi trenger lydtransmisjonen for tekstilene til ODEON beregningene.



Blå kurve er gjennomsnitt beregnet absorpsjon for tekstilene vi har målt på, diffust felt og prøven er uendelig stor. Middelverdi er ca 0.7.

Lysegrønn kurve er snittet av målt fritthengende fra laboratorium, samsvaret er ikke så verst for høye frekvenser, men i bassen er det stor forskjell.

Den oransje kurven er måling i klangrom av teppene 25 cm fra veggen.

Fiolett er beregnet absorpsjon for det samme, og den gule er beregnet absorpsjon inkludert "kanteffekt".

Vi ser igjen at målt absorpsjon i bassen er mindre enn beregnet, vi ser heller ikke så tydelig $\lambda/4$ resonansen i den målte kurven (Dette skyldes nok at prøvene stod i hjørne mellom vegg og gulv, samt at teppene mer eller mindre var foldet. Prøvene hadde ikke tette kanter rundt seg bortsett fra gulvet. I målingene til Magnus med slette tepper 10 cm fra opphengt midt på veggen får vi et kvalitativt forløp som ligner mer på den fiolette kurven som er beregnet i WinFlag. Kvalitativt resultat er imidlertid det samme, overestimering i bassen og underestimering i diskanten.

Transmisjonsfaktoren kan også beregnes med relativt god overensstemmelse i WinFlag.

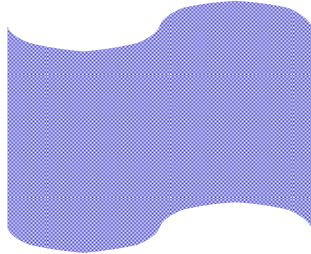
Vi kan på basis av dette modellere absorpsjonen i tepper o.l. bare ved å se på en liten materialprøve, men vi bommer en del. Uno Ingards "Volume absorber" modell er ikke særlig bedre. Samme kvalitative resultat som vist her.

Vi trenger en bedre modell!

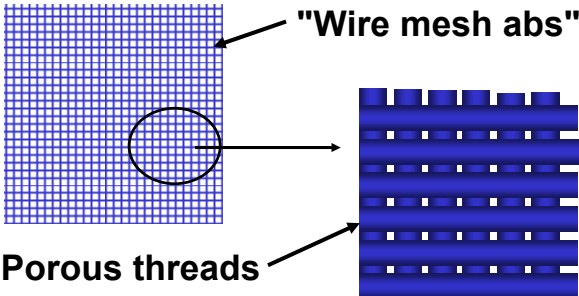
Sound Absorption in Freely Suspended Banners

NAS 50 år 1-2 april 2005

Effects that (may) influence α



Textile will vibrate
at low frequencies
=> α goes down



"Wire mesh abs"

Porous threads

Grid effect stronger at high
frequencies => α goes up

bs akustikk

Anders Buen & Magnus Ognedal

Hypoteser for effekter som har betydning er at et vevd tekstil er et grid av porøse tråder. Hadde trådene vært ugjennomtrengelige ville fremdeles gridet gi strømningsmotstand og absorpsjon gitt at gridet er lite nok. Dette tar ikke porøseabsorbentmodellen hensyn til. Dette gir økt absorpsjon ved høyere frekvenser. Strømningsmotstanden for et slikt grid øker også noe med frekvensen. Dette kan også lignedes med en mikroperforeert duk med "porøs masse" i mellom hullene. Kang og Fuchs modell for mikroperforeert duk med et parallellt resitivt ledd kunne være en mulig vei å gå for en modell.

Et tekstil vil også vibrere noe ved lavere frekvenser slik at absorpsjonen blir mindre enn om det var helt stivt.

Dessuten vil diffraksjon av lydbølger redusere trykknivå differansen fra forside til bakside av teppet for lavere frekvenser ved "fluidmekanisk kortslutning".

Magnus jobber nå blant annet med modeller som tar hensyn til vibrasjonen i teppene (dvs flatemassen). Resultatene ser svært lovende ut!.

Conclusions

- Freely suspended banner -> Increased HF- (and LF) absorption.
- α input for textile to Odeon model may be corrected if transparency is used.
- More work is under progress and is needed!

Fritt hengende tekstiler vil absorbere mer lyd enn de veggmonterte for høyere frekvenser gitt et godt diffust rom.

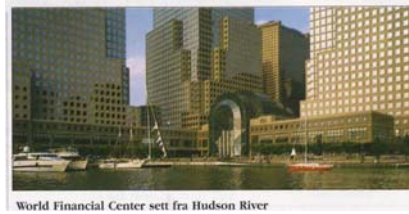
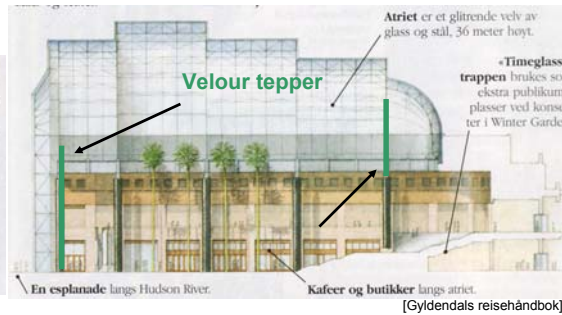
Absorpsjonsfaktoren som benyttes i Odeon for flater med transparens bør økes for å kompensere for den tapte energien og gir gode resultater for de rommene vi har målt og beregnet lydabsorpsjonen for (Ridehuset og klangrom på NTNU og NBI).

Mer sammenligninger mellom målte og beregnede verdier for flere saler er nødvendig. Erfaringer så langt viser at absorpsjonsfaktoren i felt vil være høyere nær kilden, dvs. i sceneområdet, enn lengre ute i salen (selv om teppet evt henger fritt).

En bedre modell for beregning av absorpsjonen i tekstiler ville være kjærkommen. Vi har lovende resultater på gang!

WFC Winter Garden NYC

I hjertet av senteret ligger den praktfulle Winter Garden, et enormt offentlig rom i glass og stål flankert av 45 restauranter og butikker. Den åpner seg ut mot en livlig plass og en marina ved Hudson River. Den flotte marmortrappen som fører ned til Winter Garden, fungerer også ofte som åsted for forestillinger av forskjellig slag, fra klassisk til moderne musikk, dans og teater.



Til slutt et eksempel på moderne arkitektur hvor det åpenbart har blitt behov for akustisk regulering etterpå. Dette er fra New York, like ved der WTC lå. World Financial Centre – The Winter Garden – Børs og katedral!

-Grønt teppe ser ut til å være to lag tykk Velour foldet ca 100%

-Det skulle være mulig å beregne effekten av dette teppet nå!

-Såkalt "uformelt spillerareal", slik Tor Halmrast formulerer det, (i byggeprogram til kulturhus og konsertsaler) sees i trappen under teppet.