



UNDERSÖKNING AV AKUSTISKT FLACKA INFALL PÅ UNDERTAK VID TAL I KONTORSMILJÖ

Rapportdatum: 2019-10-02

Utförd av studenter från Kungliga Tekniska Högskolan

Kevin Garcia Martin 072-875 49 08

Linn Mattsson 070-492 18 92

Handledare, senior akustiker

Lennart Nilsson 070-513 07 14

LN Akustikmiljö AB
en del av Projektengagemang
Årstaängsvägen 11
Box 47146, 100 74 Stockholm



www.akustik.nu
info@akustik.nu
www.pe.se

Sammanfattning

Utifrån erfarenheter av akustikkonsultationer för kontorsmiljöer kan man konstatera att det största problemet inte är det som man normalt betraktar som buller, utan den dominerande uppfattningen bland personalen som är oönskad information. Det är synnerligen störande att tvingas ta del av samtal som man inte är berörd eller har intresse av, i synnerhet från andra grupper ur personalen än de man har samarbete med. Det innebär normalt de personer i storkontor som sitter på stora avstånd.

Ljud från dessa utbreder sig till stor del via reflexer i tak och väggar där de studsar med flacka vinklar. Av den anledningen är det intressant att närmre undersöka hur absorbenter reagerar på dessa flacka vinklar. Misstanke förelåg att absorptionen kraftigt skulle avvika från de värden som leverantörer redovisar då de bygger på ett globalt medelvärde av diffust fält.

För att sänka informationsgraden skall nivån på reflexerna i konsonantområdet vara så låga som möjligt. I detta fall har varje dB-sänkning stor betydelse. Resultaten visar att porösa absorbenter i högsta grad är att föredra avseende akustisk separation och sekretess. Av de testade materialen visade det sig att Ecophons absorbent Industry Modus ger högst konsonantdämpning och därmed en fördelaktig sekretessgrad.

Innehåll

1	Bakgrund	1
1.1	Att generera och uppfatta tal	1
1.2	Ljudmiljö på ett kontor	1
1.3	Undertak i kontorsmiljö	1
1.4	Undertakslösningar	2
1.4.1	PARAFON Step, Paroc	2
1.4.2	NIVÅ, Akustikmiljö i Falkenberg	3
1.4.3	Master A, Ecophon	3
1.4.4	Industry Modus, Ecophon	4
1.4.5	Gyptone Tile Quattro 50, Gyptone	4
1.4.6	Gyptone Tile Line 4, Gyptone	5
1.4.7	PARAFON Royal Baffel, Paroc	6
2	Syfte	7
3	Metod och Utrustning	7
3.1	Instrumentation	8
4	Resultat	8
4.1	Ljudnivåspektra för infallsvinkel 10°	9
4.1.1	Samtliga produkter	9
4.1.2	Påverkan av kontorsskärm	10
4.1.3	PARAFON Step	11
4.1.4	NIVÅ	12
4.1.5	Master A och Industry Modus	13
4.1.6	Gyptone Tile Quattro 50 och Gyptone Tile Line 4	14
4.1.7	Jämförelse mellan leverantörer	15
4.2	Ljudnivåspektra för infallsvinkel 28°	16
4.2.1	Samtliga produkter	16
4.2.2	PARAFON Step	17
4.2.3	NIVÅ	18
4.2.4	Master A och Industry Modus	19
4.2.5	Gyptone Tile Quattro 50 och Gyptone Tile Line 4	20
4.2.6	Jämförelse mellan leverantörer	21
4.3	Ljudnivåspektra för infallsvinkel 34°	22
4.3.1	Samtliga produkter	22
4.3.2	PARAFON Step	23
4.3.3	NIVÅ	24
4.3.4	Master A och Industry Modus	25
4.3.5	Gyptone Tile Quattro 50 och Gyptone Tile Line 4	26
4.3.6	Jämförelse mellan leverantörer	27
4.4	A-vägd ekvivalentnivå för respektive produkt	28
5	Slutsats	29
	Referenser	30
	Bilaga A: Fullständiga grafer från Resultat	A1
	Bilaga B: Enskilda produkter	B1

1 Bakgrund

1.1 Att generera och uppfatta tal

Följande information kommer från Ecophons artikel *Att generera och uppfatta tal* [1].

Tal uppkommer genom att luft tvingas förbi stämband, som sedan börjar vibrera. Vibrationerna blir en grundton som förstärks i mun- och näs-hålan. Ju mer luft som tvingas förbi stämband per tidsintervall, desto starkare ljud – det är här som volymen på vårt tal bestäms. Genom att placera tungan och läpparna i olika positioner formar vi de olika ljuden som vi kallar bokstäver – vokaler samt tonande och tonlösa konsonanter. Vokalerna (a, e, o etc.) är en direkt förlängning av grundtonen och är relativt stark jämfört med de tonande konsonanterna (b, d, m etc.).

Vokalerna har också en lägre frekvens medan konsonanterna har en hög frekvens. Medan vokalerna skapar ljudvolymen av talet, är det konsonanterna som är bärare av information. Energin hos vokalerna ligger främst i intervallet 250-2000 Hz och tonande konsonanter (b, d, m etc.) i intervallet 250-4000 Hz.

Tonlösa konsonanter (f, s, t etc.) varierar kraftigt i styrka och ligger i frekvensområdet 2000-8000 Hz.

För att kunna förstå tal tydligt är det därför viktigt att ha bra hörsel över hela frekvensområdet från 125-8000 Hz, men framför allt inom området för tonlösa konsonanter.

1.2 Ljudmiljö på ett kontor

I kontor är ljudmiljö ett område inom akustik som kräver en noggrann planering av både inredning och material för att möta de behov som finns i en arbetsmiljö, med hänsyn till taluppfattbarhet och distraktionsavstånd. Tal är ofta den störande faktorn i öppna kontorlandskap. Det är viktigt att kunna kommunicera på en arbetsplats, däremot vill man inte höra medarbetare på stora avstånd och dessa anses därför som mest störande.

Talet sprider sig som biljardbollar och man måste då se till att ha effektiva absorbenter där ljudet studsar. Avlägset tal försämras i hörbarhet om man har effektiva takabsorbenter och väggabsorbenter. Man måste därför tillse att man har effektiva absorbenter, framför allt på de ytor som ger starka konsonantreflexer. Kontorsskärmar, effektiva väggabsorbenter samt takabsorbenter med högsta möjliga konsonantabsorption är av stor vikt. Placeringen styrs utifrån behovet av information och önskad information. En viktig yta att absorbera är de borte kortväggarna [2].

1.3 Undertak i kontorsmiljö

I rum med öppen planlösning är ett akustiskt undertak ett måste för att uppnå en fungerande akustikmiljö. Absorptionsfaktorn anges normalt som ett ensiffrigt tal men varierar kraftigt för olika frekvenser. Normalt har alla skivor avsevärt lägre absorption vid låga frekvenser, men många har också en avtagande absorption vid de högsta konsonantfrekvenserna. Behovet av absorption skiljer sig kraftigt åt för olika miljöer och behov. För normal bullerdämpning är låga och medelhöga frekvenser viktigt. Däremot om man störs av onödig information som i storkontor är de högsta frekvenserna mycket viktiga eftersom informationen i alla högsta grad ligger i konsonantfrekvenserna.

Normalt anges absorptionsfaktor enbart upp till 4000 Hz men informationsnyttan finns ända upp till 8000 Hz. Så gott som alltid anges absorptionsfaktor och inte reflektionsfaktor. När det gäller taluppfattbarhet är det utslutande nivån på reflexerna som har betydelse och vid jämförelse av reflektionsfaktor istället för absorptionsfaktor framstår skillnaderna som avsevärt mycket större. Skillnaden i absorption mellan 0,90 och 0,99 är så liten att båda räknas som klass A absorbent. Jämför man däremot reflektion har de två exemplen en reflektion på 10% relativt 1%. Detta innebär en skillnad på en faktor 10 eller 10 dB. Avseende taluppfattbarhet är en skillnad på 10 dB en mycket stor skillnad.

För att utvärdera hur väl olika absorbenter tar bort långväga informationsvägar kan man jämföra nivån på en enskild reflex för olika infallriktningar. Långväga reflexer har normalt flacka infallriktningar. Låga undertakshöjder ger flackare vinklar. Uppskattningvis är cirka 10° en typisk vinkel för avlägsna informationsvägar. På grund av att det är svårt att få hög absorption på de mest flacka infallriktningarna monteras nedpendlade takbafflar och kontorsskärmar. Detta för att bryta möjligheten till flacka vinklar och direktljud. I dessa senare fall har även eventuella diffraktionseffekter betydelse. Med detta menas att skarpa och hårda kanter kan ge upphov till nya reflektionsvägar.

1.4 Undertakslösningar

I denna studie görs mätningar på olika typer av undertak. Arbetet sker i samarbete med ledande leverantörer av akustikabsorbenter och handleds av LN Akustikmiljö. Nedan listas de undertakstyper som utvärderats med en kort beskrivning av produkten. För mer information, se hänvisad referens.

1.4.1 PARAFON Step, Paroc

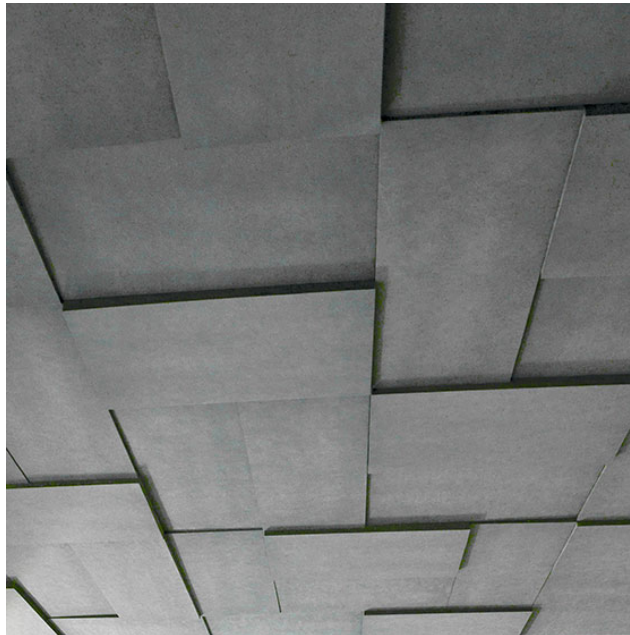
PARAFON Step är ett akustiktak tillverkat av Paroc stenull. Produkten levereras med varierande format och tjocklekar som ger möjlighet till variation. Kan monteras direkt mot undertak eller nedpendlat i bärverk [5].

Leverantör: Paroc

Mått [mm]: $600 \times 600 \times 33$

$600 \times 600 \times 40$

$600 \times 600 \times 55$



Figur 1: PARAFON Step.

1.4.2 NIVÅ, Akustikmiljö i Falkenberg

NIVÅ är en ljudabsorberande vägg- och takpanel tillverkat av EcoSUND. Varje enskild platta har en 3-dimensionell design i tjocklek 30-80 mm. Monteras med bärverk [6].

Leverantör: Akustikmiljö i Falkenberg

Mått [mm]: $593 \times 593 \times 30-80$



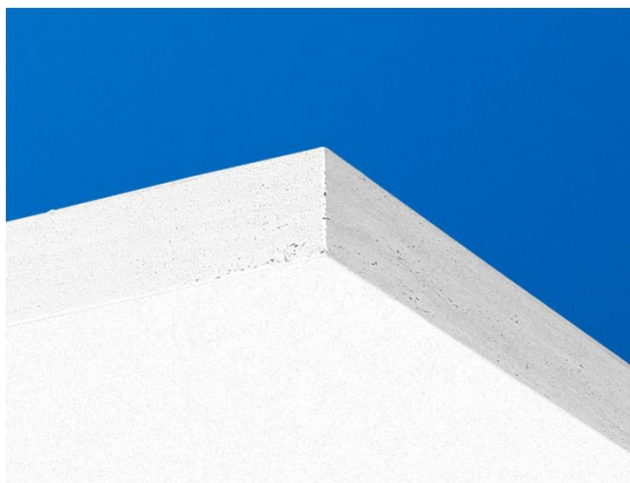
Figur 2: NIVÅ.

1.4.3 Master A, Ecophon

Master A är ett akustiktak tillverkat i glasull med ett ytskikt av Akutex FT och en baksida belagt med glasfilt. Monteras med bärverk. [7].

Leverantör: Ecophon

Mått [mm]: $600 \times 600 \times 40$



Figur 3: Master A.

1.4.4 Industry Modus, Ecophon

Industry Modus är ett akustiktak tillverkat i glasull med ett ytskikt och en baksida blagt med glasfilt. Monteras med bärverk. [8].

Leverantör: Ecophon

Mått [mm]: $1200 \times 600 \times 50$



Figur 4: Industry Modus.

1.4.5 Gyptone Tile Quattro 50, Gyptone

Gyptone Tile Quattro 50 är en perforerad gipsskiva med kvadratiska hål och en bakomliggande akustikfilt. Monteras med bärverk [9].

Leverantör: Gyptone

Mått [mm]: $600 \times 600 \times 10$



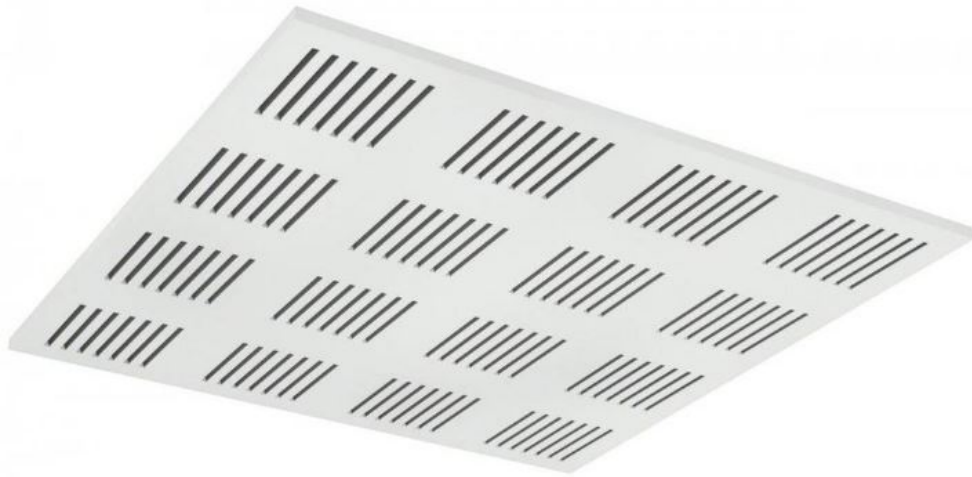
Figur 5: Gyptone Tile Quattro 50 - kant A.

1.4.6 Gyptone Tile Line 4, Gyptone

Gyptone Tile Line 4 är en perforerad gipsskiva med rektangulära hål och en bakomliggande akustikfilt. Monteras med bärverk [10].

Leverantör: Gyptone

Mått [mm]: $600 \times 600 \times 10$



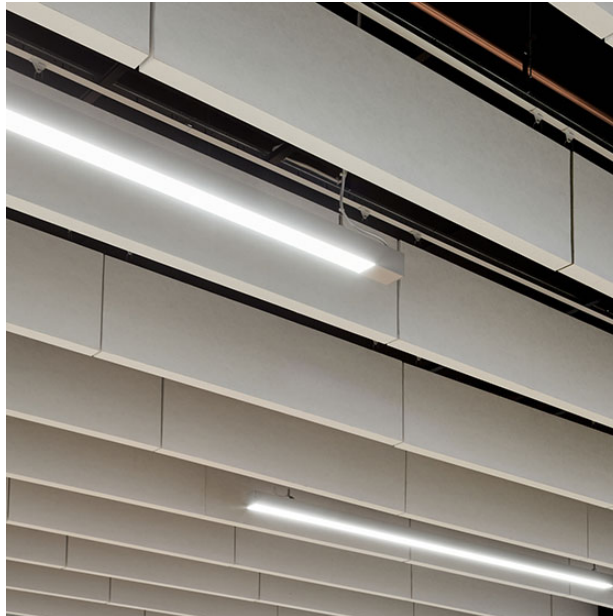
Figur 6: Gyptone Tile Line 4 - kant A.

1.4.7 PARAFON Royal Baffel, Paroc

PARAFON Royal Baffel är en vertikalt frihängande ljudabsorbent i stenull. Kan användas enskilt eller i kombination med täckande akustikundertak. Monteras undertill i bärverk [11].

Leverantör: Paroc

Mått [mm]: 1200 × 300 × 50



Figur 7: PARAFON Royal Baffel.

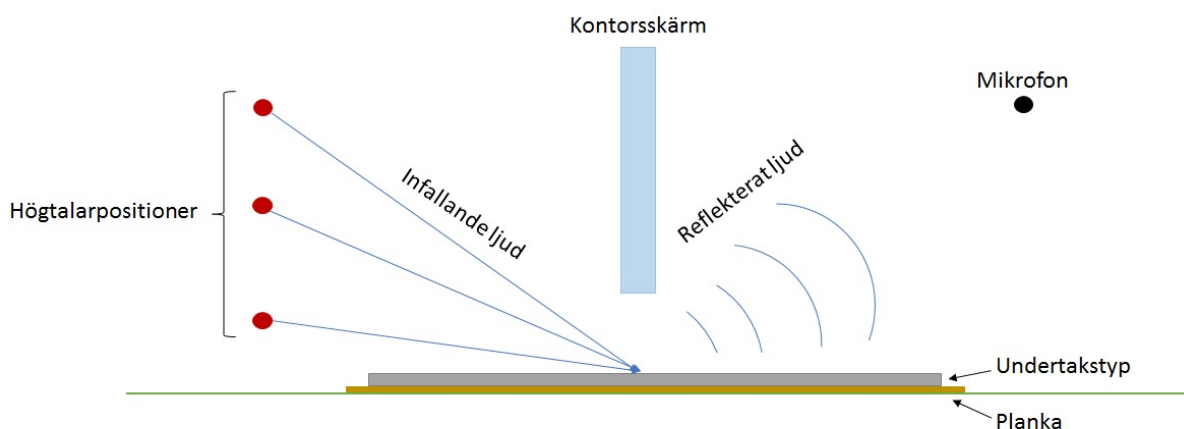
Bafflar bör i regel monteras så att baffeln sluter an mot bjälklaget eller undertaket, alternativt monteras så pass tätt att ljudreflexerna inte kan ta sig över baffeln utan att absorberas.

2 Syfte

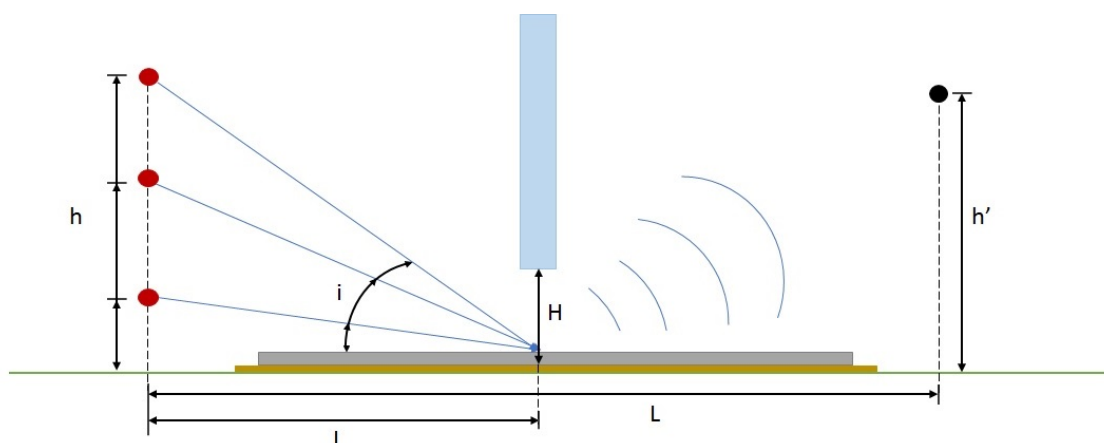
Uppdraget avser att utreda hur olika undertak reflekterar ljud vid flackt infall och synnerligen utreda huruvida de testade produkterna reflekterar specifika tersband som är avgörande för att uppfatta information i tal.

3 Metod och Utrustning

Mätningarna utfördes av Kevin Garcia Martin, Linn Mattsson och Calle Nilsson datumen 25 juni samt 6 september 2019 dagtid. Mätningarna genomfördes utomhus, med avseende att undvika oönskade reflexer, med en högtalare som genererade ett rosa brus. Mätupställningen avsåg att efterlikna vanlig kontorsmiljö, se Figur 8. Takplattor utgav en yta på 1800×600 mm, i detta fall på marken vilandes på två plankor av tjocklek 25 mm, och en absorberent ovanför bestående av 50 mm stenull med ett ytskikt av akustikputs för att motsvara en kontorsskärm. På grund av en grästäckt yta uppskattades avståndet mellan undertaksplatta och mark till 30 mm. Högtalaren placerades på tre olika höjder för att ge olika infallsvinklar på ljudet. Mikrofonens höjd ovan marken hölls konstant likaså avståndet mellan högtalare och mikrofon samt avståndet mellan högtalaren och kontorsskärmen. Avståndet mellan kontorsskärmen och takplattorna varierade på grund av olika takplattornas tjocklekar men kontorsskärmen hölls på konstant avstånd ovan plankorna som taket vilade på. För alla parametrar, se Tabell 1 med referenser till Figur 9.



Figur 8: Uppställning av mätutförande.



Figur 9: Parametrar vid mätutförande.

Tabell 1: Avstånd och infallsvinkel vid mätutförande.

Avstånd mellan:	[mm]		
	230		10°
Underlag och högtalare, h	680	Infallsvinkel, i	28°
	860		34°
Planka och kontorsskärm, H	380		
Underlag och mikrofon, h'	870		
Högtalare och mikrofon, L	3000		
Högtalare och kontorsskärm, l	1300		

Bakgrundsnivån uppmättes till 40 dB(A) och ansågs inte påverka mätningarna då högtalarnivån vid mikrofonens position uppmätte 71 dB(A) (utan kontorsskärm mellan högtalare och mikrofon).

Inför varje mätning placerades tre undertaksplattor av relevant produkt på rad på plankorna varvid rosa brus genererades och ljudnivån uppmättes. Högtalaren placerades på de tre tidigare nämnda höjderna h .

För att efterlikna ideala förhållanden för Parocs absorberent PARAFON Step placerades dessa ut i olika kombinationer av tjocklekar. Kombinationen av absorberter redogörs för på följande sätt; **PARAFON Step** $xx-yy-zz$ **mm** där xx är tjockleken på absorberenten närmast högtalarpositionen, yy är tjockleken på absorberenten under kontorsskärmen och zz är tjockleken på absorberenten längst från högtalarpositionen. I de fall där endast en tjocklek anges hade samtliga absorberter samma tjocklek i mätningen. Dessutom undersöktes påverkan av riktningen på perforeringen för Gyptone Tile Line 4 där mätningar utfördes med de rektangulära perforeringarna både längsgående och tvärgående ljudriktningen.

3.1 Instrumentation

Mätningarna har utförts med:

- Brüel & Kjer 2270 ljudnivåmätare klass I
- Högtalare
- Brusgenerator

4 Resultat

För att kunna göra en betydande analys av mätningarna på de olika produkterna presenteras ljudnivåspektra nedan i underkategorier för vilka produkter som utvärderats inom relevant infallsvinkel. Samtliga produkter och produktkombinationer jämförs först för att ge en grov uppfattning om hur de ställer sig mot varandra. Sedan har en produktjämförelse från respektive leverantör gjorts för att mer detaljerat kunna se hur de presterar i olika tersband. Av intresse var också att jämföra den bäst presterade produkten under en given infallsvinkel från varje leverantör med varandra. Slutligen presenteras samtliga A-vägda ekvivalentvärden för respektive produkt och infallsvinkel.

Skillnaderna i nivå är ur taluppfattbarhetssynpunkt viktigare för de högre frekvenserna, i synnerhet 2,5-5 kHz. Nivåskillnaderna för taluppfattbarhet är avsevärt mycket känsligare än för normal bullernivå. Det innebär att en skillnad på 3 dB har mycket stor påverkan.

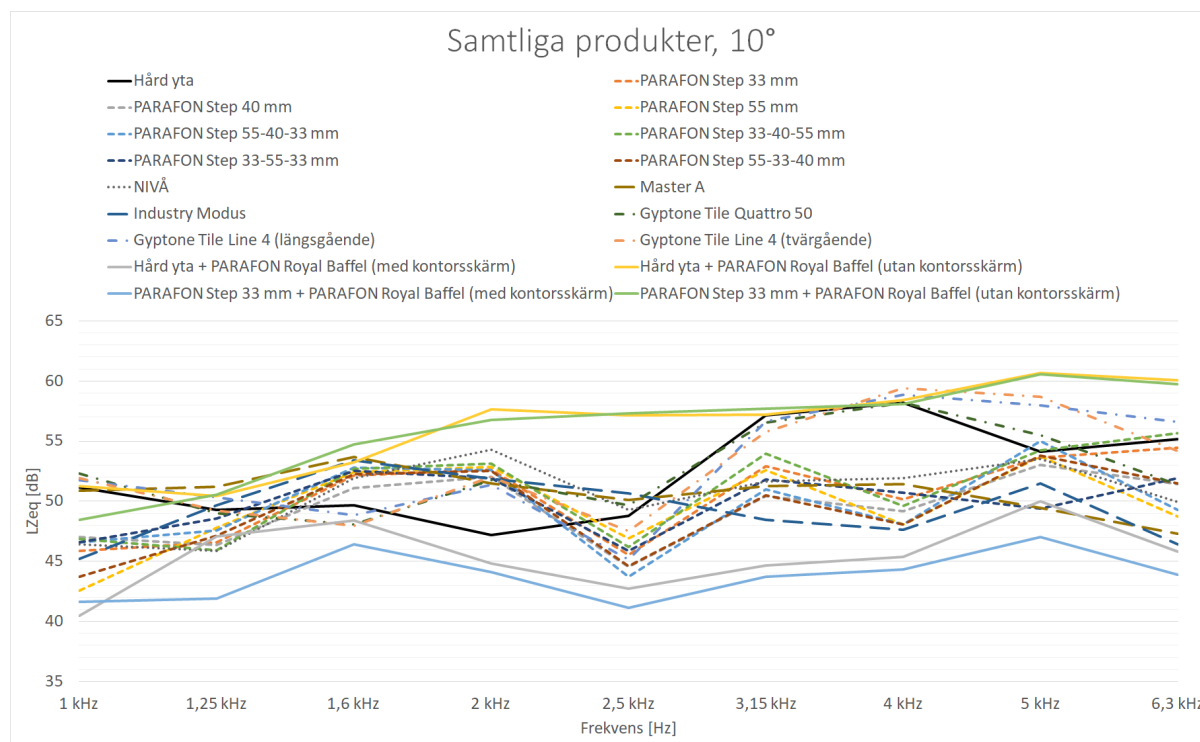
Resultaten presenteras i de tersband där information via tal dominerar, det vill säga 1-6,3 kHz. För fullständiga resultattabeller och grafer se Bilaga A: Fullständiga grafer från Resultat.

4.1 Ljudnivåspektra för infallsvinkel 10°

Med högtalaren på höjden $h = 230$ mm beräknades infallsvinkeln för ljudet mot underlaget till $i = 10^\circ$. Resultaten presenteras nedan som LZeq.

4.1.1 Samtliga produkter

I Figur 10 visas resultaten för samtliga produkter utsatta för ljud i infallsvinkel $i = 10^\circ$. Samtliga produkter visas inom samma graf för att ge en uppfattning om inom vilket nivåspann olika åtgärder eller icke-åtgärder ger som resultat. Vill man detaljstudera olika produkter visas de mer detaljerade graferna för respektive produkt nedan.



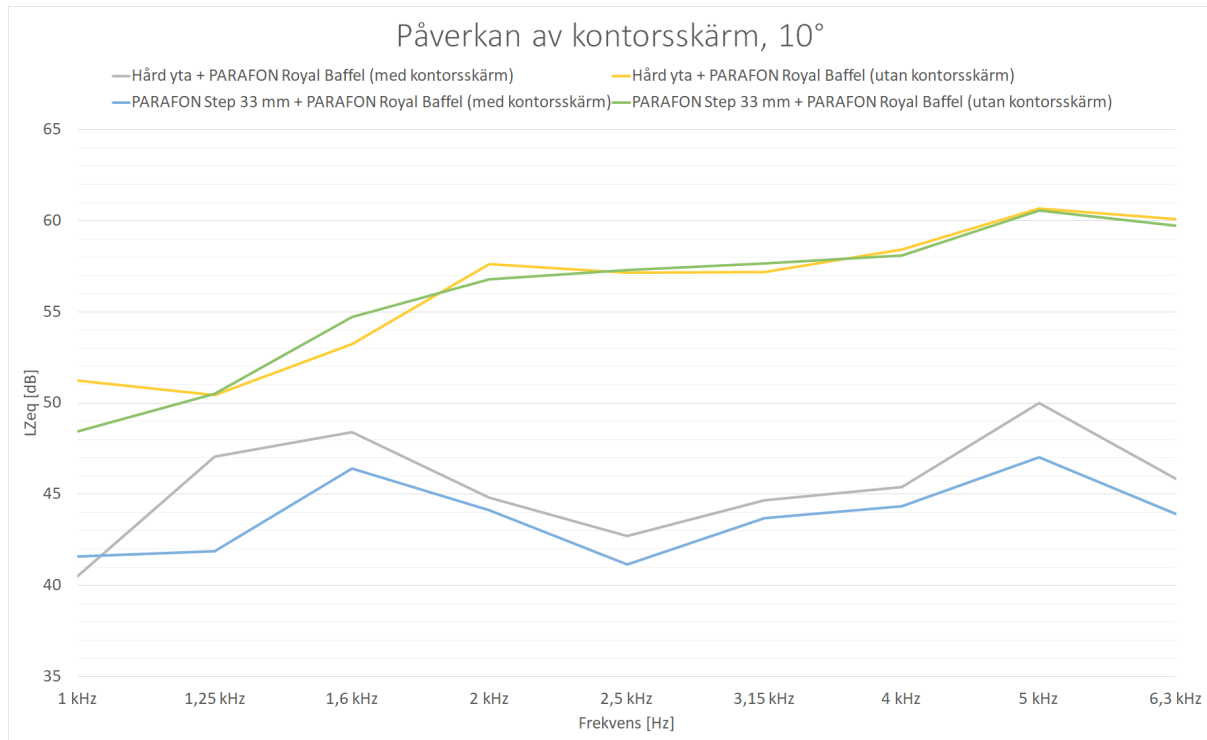
Figur 10: Uppmätt ekvivalent ljudnivå, LZeq, för samtliga produkter för infallsvinkeln $i = 10^\circ$ i konsonanttersband.

Grafen visar att Master A, Industry Modus, PARAFON Step samt NIVÅ genomgående absorberar mer vid flacka infall gentemot Gyptone Tile Quattro 50 och Gyptone Line 4. De sistnämnda är i detta fall jämförbara med en hård yta avseende flacka infall.

För denna infallsvinkel utfördes extra mätningar för att översiktligt undersöka vikten av bafflar och kontorsskärmar.

4.1.2 Påverkan av kontorsskärm

Figur 11 visar vilken påverkan en kontorsskärm kan ha.

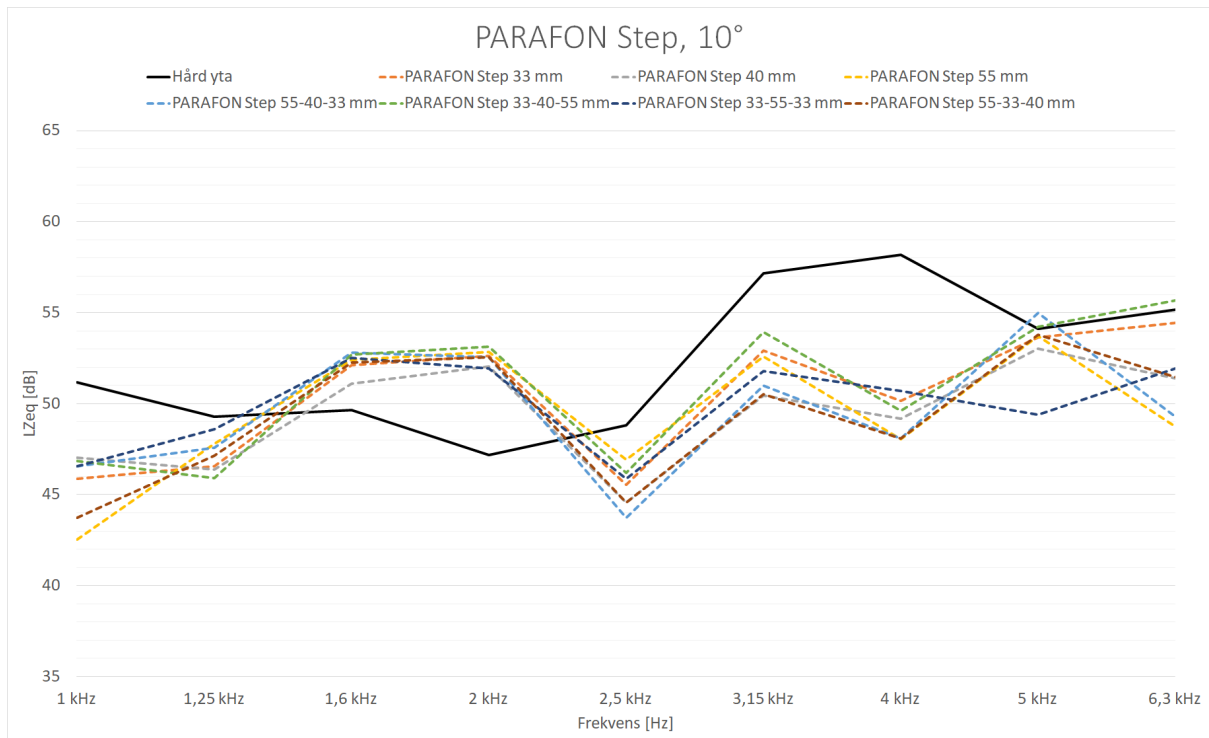


Figur 11: Uppmätt ekvivalent ljudnivå, LZeq, för påverkan av kontorsskärm för infallsvinkeln $i = 10^\circ$ i konsonantsband.

När man har ett direktljud och flackt infall så blir dämpningen för avlägset tal försumbar, även om man har baffel och absorberande undertak. Viktigt är att skärma av direktljudet vilket visas i Figur 11. Finns både baffel och kontorsskärm får man en god dämpning av avlägset tal som blir ytterligare något bättre då ett absorberande undertak är monterat. Observera att i det aktuella fallet var avståndet mellan baffel och skärm kortare än vad normalt kan vara fallet och representerar därmed inte ett realistiskt fall, utan mer vad som är praktiskt möjligt att nå med maximal skärmeffekt.

4.1.3 PARAFON Step

PARAFON Step från leverantören Paroc möjliggör varianter av höjdkombinationer på akustikskivorna. Figur 12 jämför några av de olika kombinationernas effekt på dämpningen för avlägset ljud i jämförelse med en hård yta.

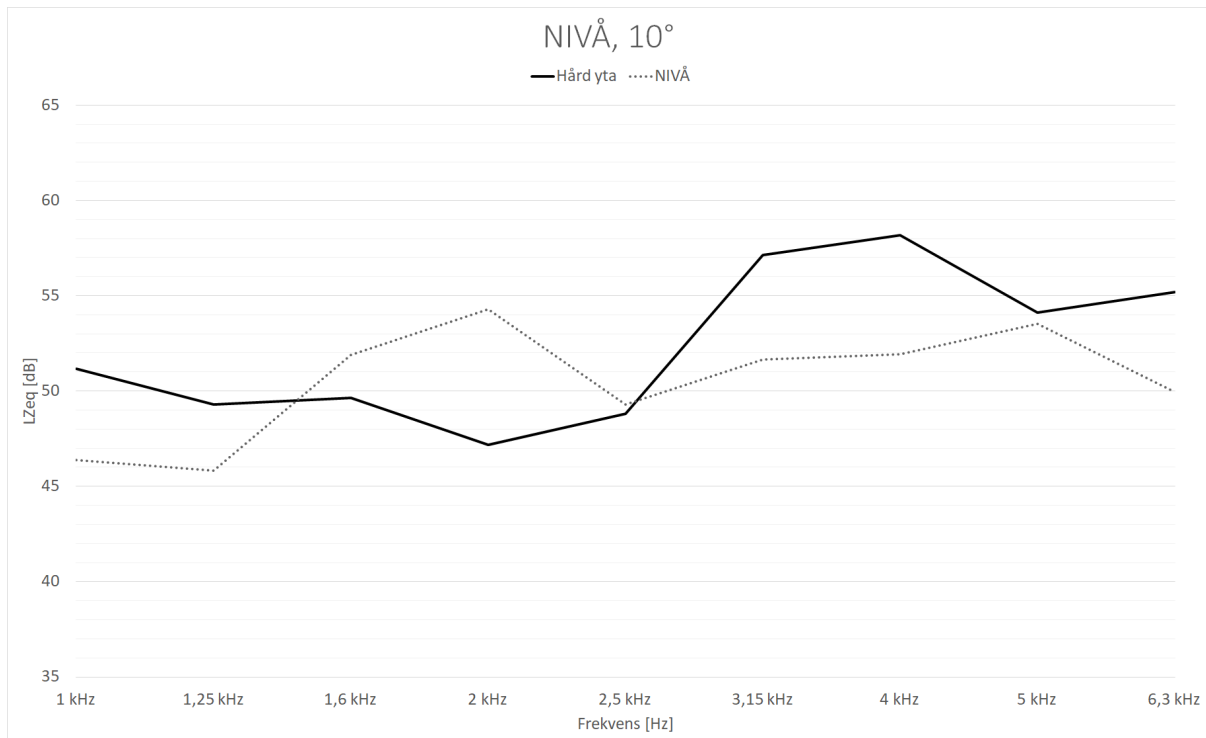


Figur 12: Uppmätt ekvivalent ljudnivå, LZeq, för PARAFON Step för infallsvinkeln $i = 10^\circ$ i konsonantersband.

Kombinationerna utgörs av de olika tjocklekar på de medföljande plattor som ska fördelas i en kontorslokal, i detta fall 33, 40 och 50 mm. Nivån för de olika kombinationerna varierar substantiellt där kombinationer av olika tjocklekar, som det är menat att användas, presterar bättre än om alla plattor är av samma tjocklek.

4.1.4 NIVÅ

Figur 13 jämför effekten produkten NIVÅ från leverantören Akustikmiljö i Falkenberg har på dämpningen för avlägset ljud i jämförelse med en hård yta.

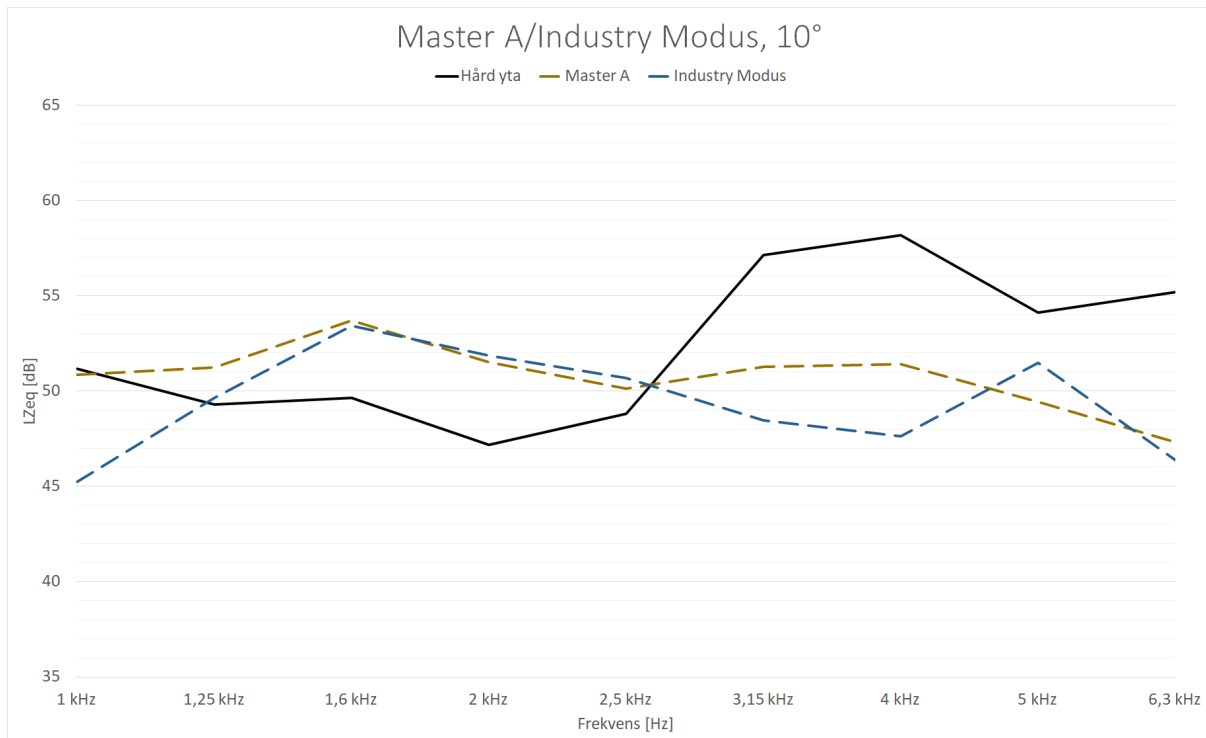


Figur 13: Uppmätt ekvivalent ljudnivå, LZeq, för NIVÅ för infallsvinkeln $i = 10^\circ$ i konsonanttersband.

NIVÅ har en medelgod absorption för flacka infallsvinklar och avlägset tal. I stort är den jämförbar med PARAFON Step och har samma grundtanke att taket skall ha en skiftande höjdnivå.

4.1.5 Master A och Industry Modus

Figur 14 jämför effekten produkterna Master A och Industry Modus från leverantören Ecophon har på dämpningen för avlägset ljud i jämförelse med en hård yta.

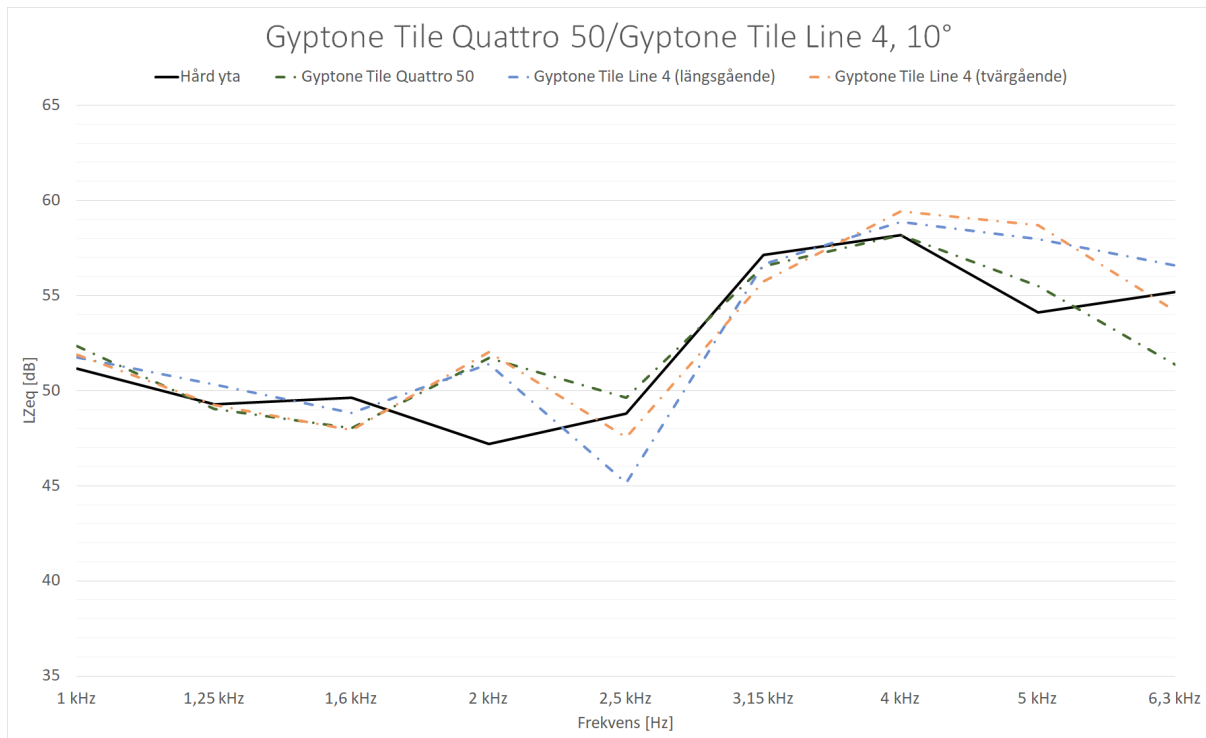


Figur 14: Uppmätt ekvivalent ljudnivå, LZeQ, för Master A/Industry Modus för infallsvinkeln $i = 10^\circ$ i konsonantersband.

Både Master A och Industry Modus har god dämpning för flacka infall och avlägset tal. Båda är relativt jämförbara.

4.1.6 Gyptone Tile Quattro 50 och Gyptone Tile Line 4

Figur 15 jämför effekten produkterna Gyptone Tile Quattro 50 och Gyptone Tile Line 4 från leverantören Gyptone har på dämpningen för avlagset ljud i jämförelse med en hård yta.

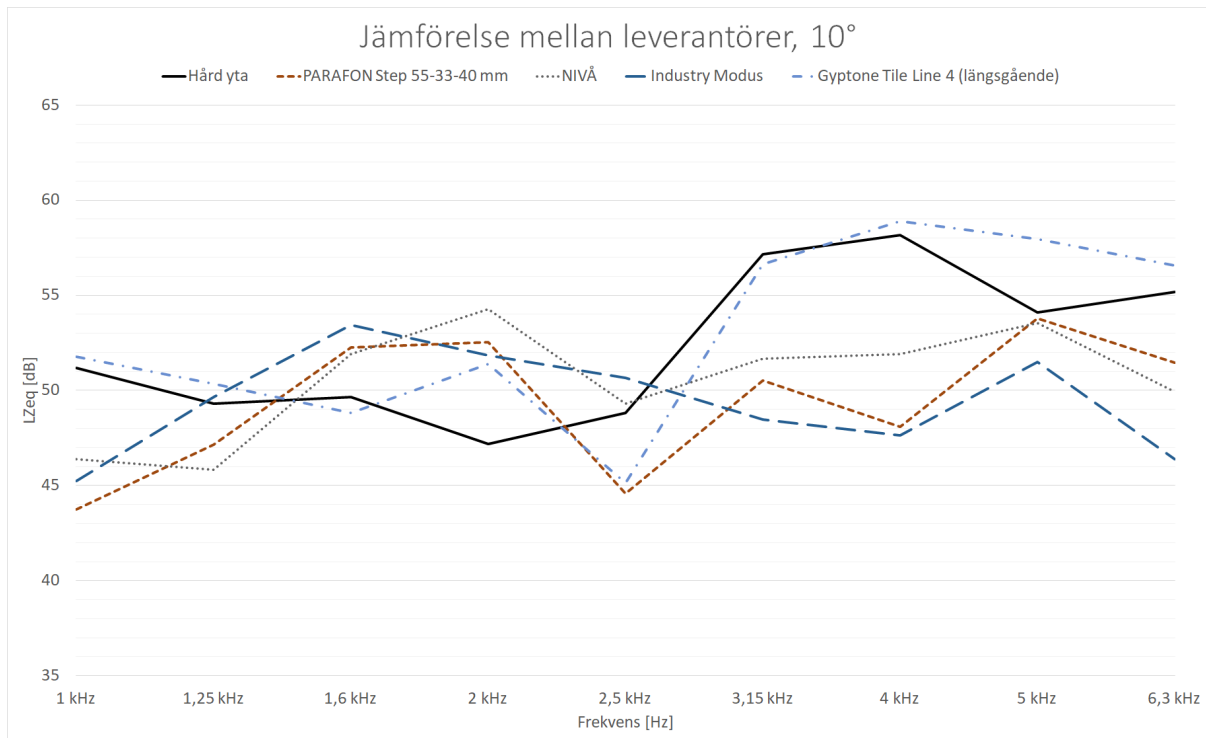


Figur 15: Uppmätt ekvivalent ljudnivå, LZeq, för Gyptone Tile Quattro 50/Gyptone Tile Line 4 för infallsvinkeln $i = 10^\circ$ i konsonantersband.

För flacka infall och avlagset tal ger de testade Gyptoneskivorna ingen dämpning, utan är helt jämförbara med en helreflekterande skiva.

4.1.7 Jämförelse mellan leverantörer

För att få en mer överskådlig jämförelse mellan olika akustikskivor har den bästa testade produkten från varje leverantör sammanställts i Figur 16 tillsammans med den hårda ytan.



Figur 16: Jämförelse mellan leverantörers bästa produkt för infallsvinkeln $i = 10^\circ$ i konsonanttersband.

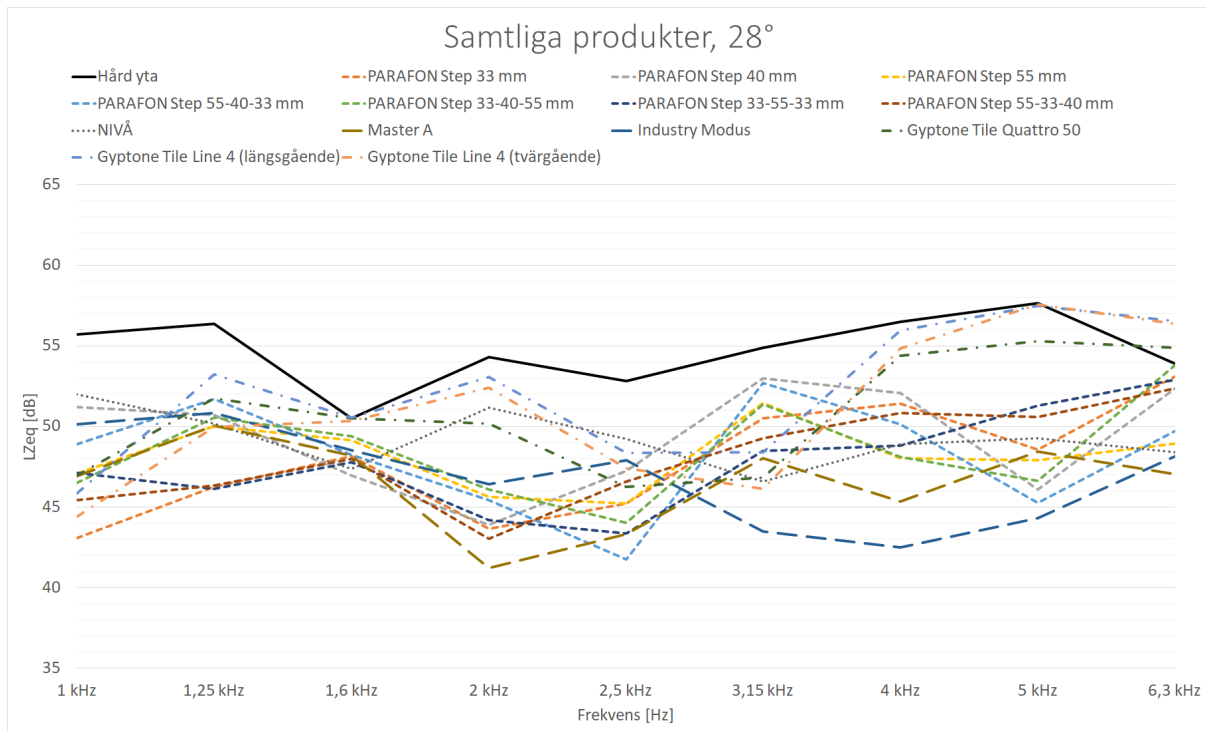
För infallsvinkel 10° ger Industry Modus marginellt bättre resultat än PARAFON Step 55-33-40 mm.

4.2 Ljudnivåspektra för infallsvinkel 28°

Med högtalern på höjden $h = 680$ mm beräknades infallsvinkeln för ljudet mot underlaget till $i = 28^\circ$. Resultaten presenteras nedan som LZe_q.

4.2.1 Samtliga produkter

I Figur 17 visas resultaten för samtliga produkter utsatta för ljud i infallsvinkel $i = 28^\circ$. Samtliga produkter visas inom samma graf för att ge en uppfattning om inom vilket nivåspann olika åtgärder eller icke-åtgärder ger som resultat. Vill man detaljstudera olika produkter visas de mer detaljerade graferna för respektive produkt nedan.

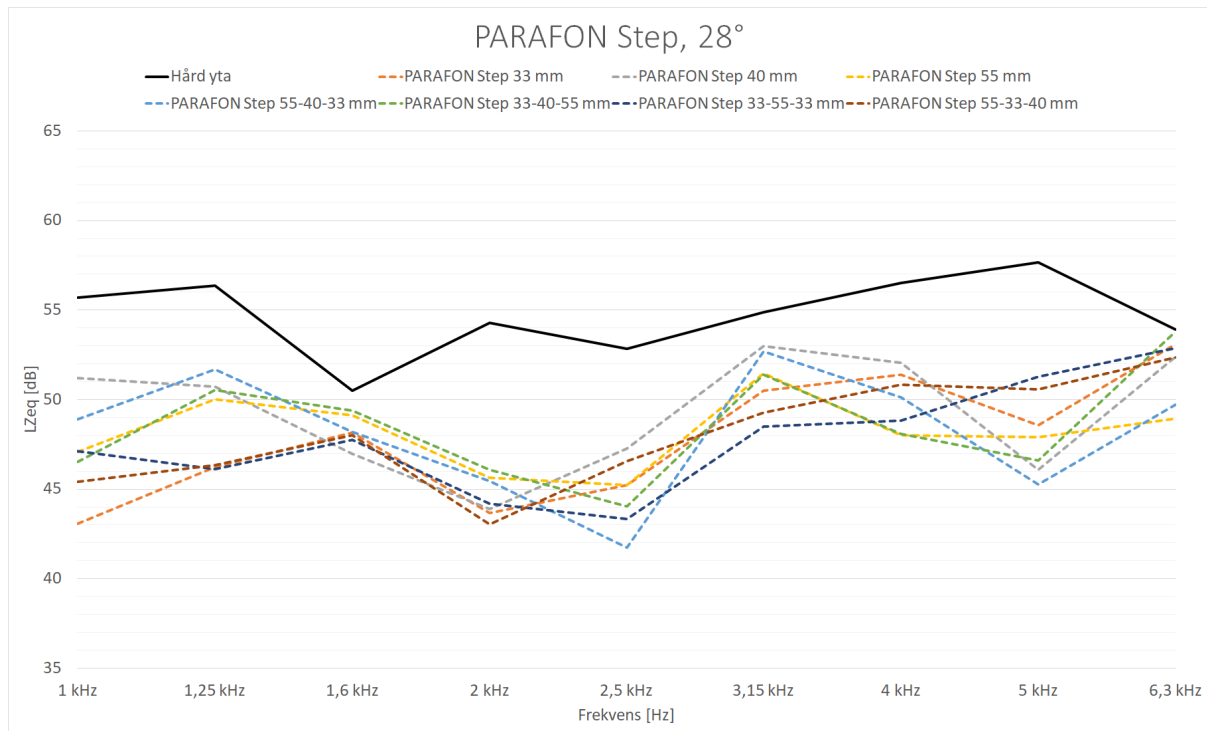


Figur 17: Uppmätt ekvivalent ljudnivå, LZe_q, för samtliga produkter för infallsvinkeln $i = 28^\circ$ i konsonanttersband.

Grafen visar att Master A, Industry Modus, PARAFON Step samt NIVÅ genomgående absorberar mer vid flacka infall gentemot Gyptone Tile Quattro 50 och Gyptone Line 4. De sistnämnda är i detta fall jämförbara med en hård yta avseende flacka infall.

4.2.2 PARAFON Step

PARAFON Step från leverantören Paroc möjliggör varianter av höjdkombinationer på akustikskivorna. Figur 18 jämför några av de olika kombinationernas effekt på dämpningen för avlägset ljud i jämförelse med en hård yta.

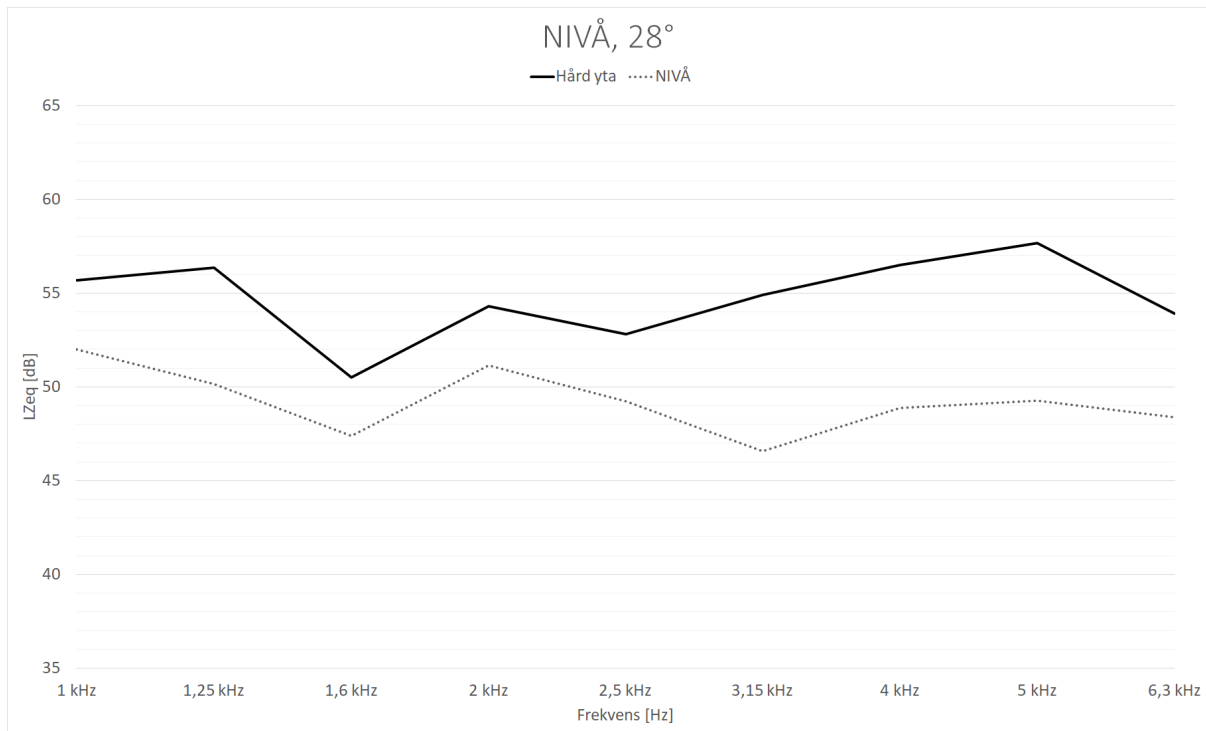


Figur 18: Uppmätt ekvivalent ljudnivå, LZeq, för PARAFON Step för infallsvinkeln $i = 28^\circ$ i konsonantersbanden.

Kombinationerna utgörs av de olika tjocklekar på de medföljande plattor som ska fördelas i en kontorslokal, i detta fall 33, 40 och 50 mm. PARAFON Step har i snitt en medelgod absorption för flacka vinklar och avlägset tal. Varierande tjocklek, som det är menat att användas, tycks vara bättre än en homogen tjocklek.

4.2.3 NIVÅ

Figur 19 jämför effekten produkten NIVÅ från leverantören Akustikmiljö i Falkenberg har på dämpningen för avlägset ljud i jämförelse med en hård yta.

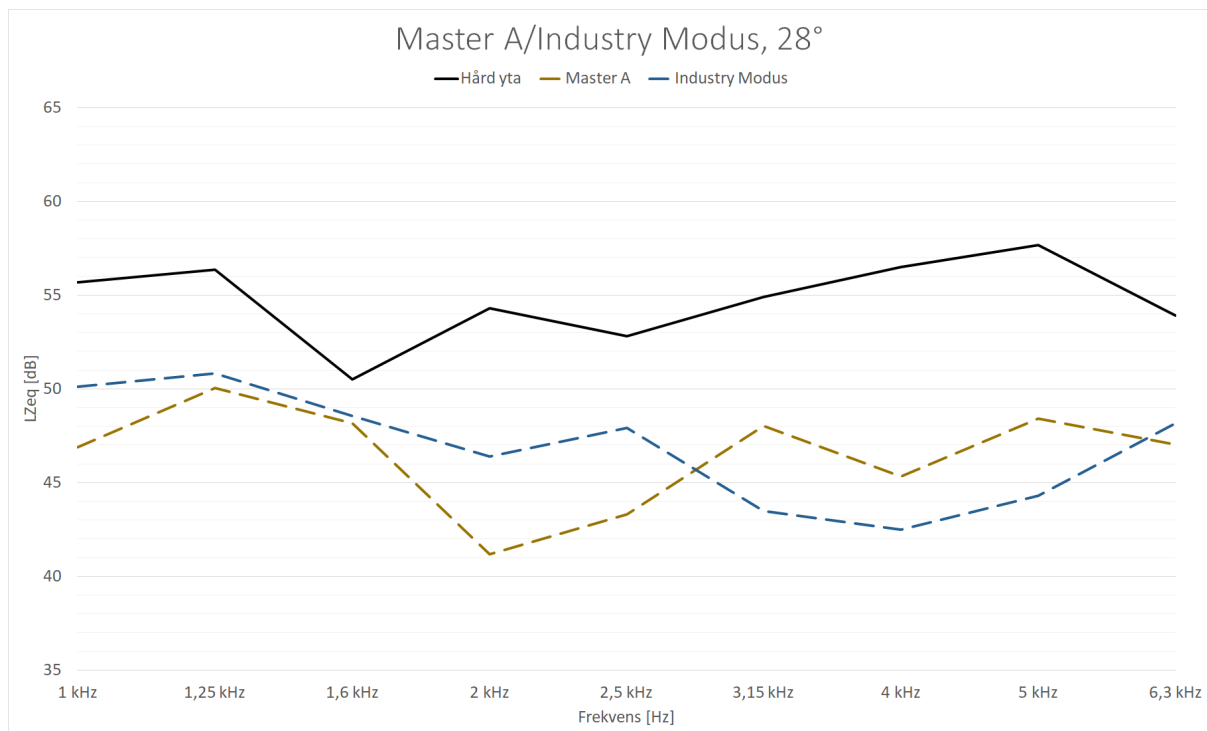


Figur 19: Uppmätt ekvivalent ljudnivå, LZeq, för NIVÅ för infallsvinkeln $i = 28^\circ$ i konsonanttersbanden.

NIVÅ har en medelgod absorption för flacka infallsvinklar och avlägset tal. I stort är den jämförbar med PARAFON Step och har samma grundtanke att taket skall ha en skiftande höjdnivå.

4.2.4 Master A och Industry Modus

Figur 20 jämför effekten produkterna Master A och Industry Modus från leverantören Ecophon har på dämpningen för avlägset ljud i jämförelse med en hård yta.

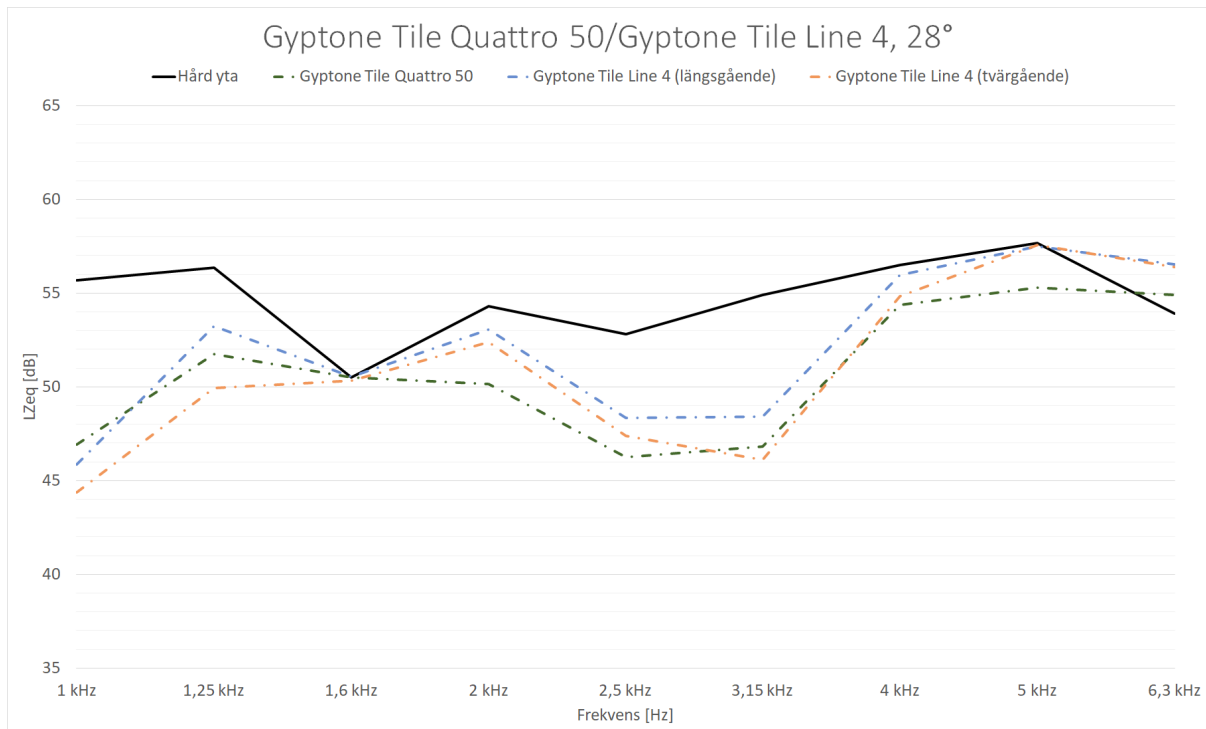


Figur 20: Uppmätt ekvivalent ljudnivå, LZeQ, för Master A/Industry Modus för infallsvinkeln $i = 28^\circ$ i konsonantsbanden.

Master A och Industry Modus är totalt sett jämförbara för infallsvinkel 28° . Modus är något bättre för de höga frekvenserna medan Master A är bättre vid medelhöga frekvenser. Båda har god absorption för avlägset tal.

4.2.5 Gyptone Tile Quattro 50 och Gyptone Tile Line 4

Figur 21 jämför effekten produkterna Gyptone Tile Quattro 50 och Gyptone Tile Line 4 från leverantören Gyptone har på dämpningen för avlägset ljud i jämförelse med en hård yta.

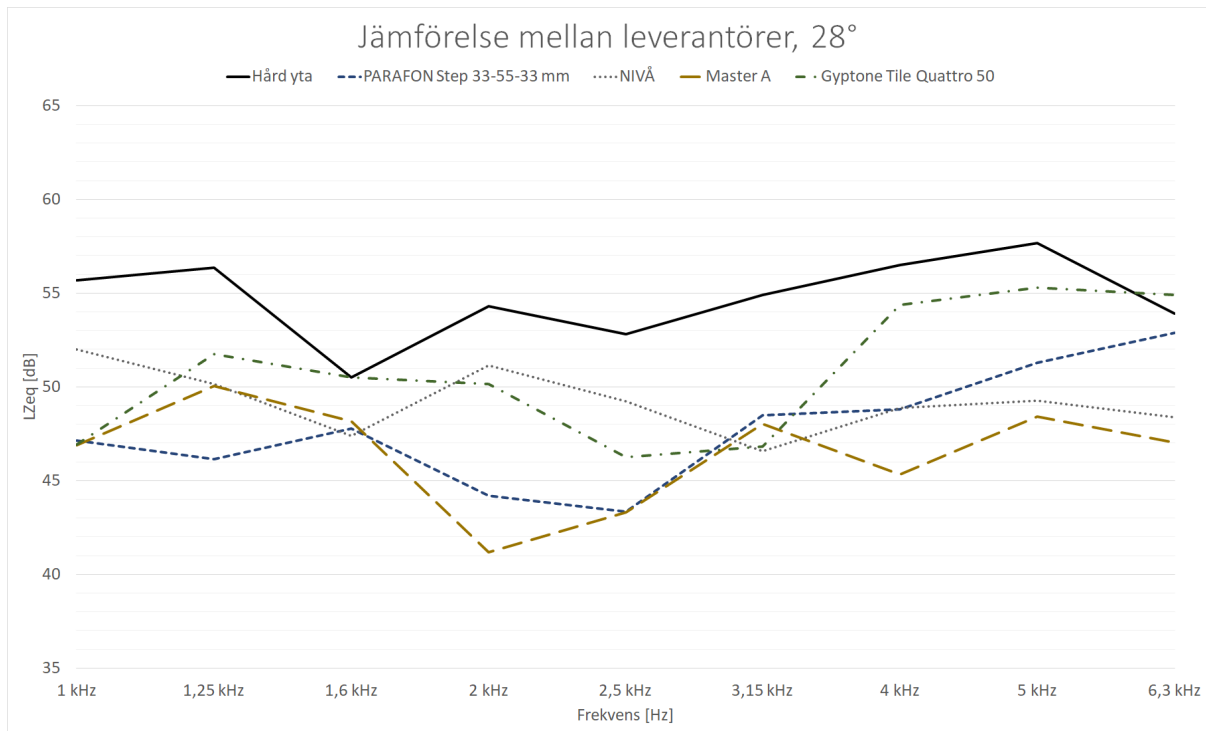


Figur 21: Uppmätt ekvivalent ljudnivå, LZeq, för Gyptone Tile Quattro 50/Gyptone Tile Line 4 för infallsvinkeln $i = 28^\circ$ i konsonanttersbanden.

Gyptones akustikskivor har försumbar absorption för de högsta frekvenserna, men en medelgod absorption för medelhöga frekvenser. Skillnaden mellan de olika skivorna är relativt liten.

4.2.6 Jämförelse mellan leverantörer

För att få en mer överskådlig jämförelse mellan olika akustikskivor har den bästa testade produkten från varje leverantör sammanställts i Figur 22 tillsammans med den hårda ytan.



Figur 22: Jämförelse mellan leverantörers bästa produkt för infallsvinkeln $i = 28^\circ$ i konsonanttersband.

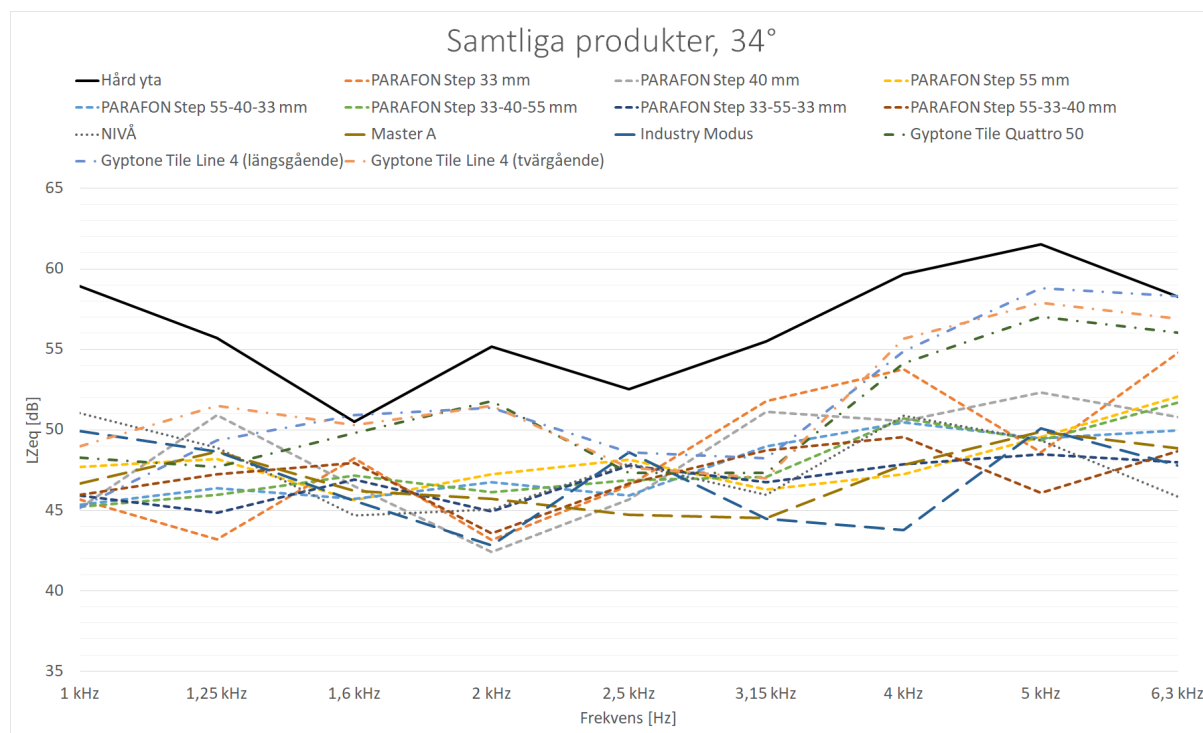
För infallsvinkel 28° ger Master A bäst resultat av de testade produkterna.

4.3 Ljudnivåspektra för infallsvinkel 34°

Med högtalaren på höjden $h = 860$ mm beräknades infallsvinkeln för ljudet mot underlaget till $i = 34^\circ$. Resultaten presenteras nedan som LZeq i frekvensspektrat för denna infallsvinkel.

4.3.1 Samtliga produkter

I Figur 23 visas resultaten för samtliga produkter utsatta för ljud i infallsvinkel $i = 34^\circ$. Samtliga produkter visas inom samma graf för att ge en uppfattning om inom vilket nivåspann olika åtgärder eller icke-åtgärder ger som resultat. Vill man detaljstudera olika produkter visas de mer detaljerade graferna för respektive produkt nedan.

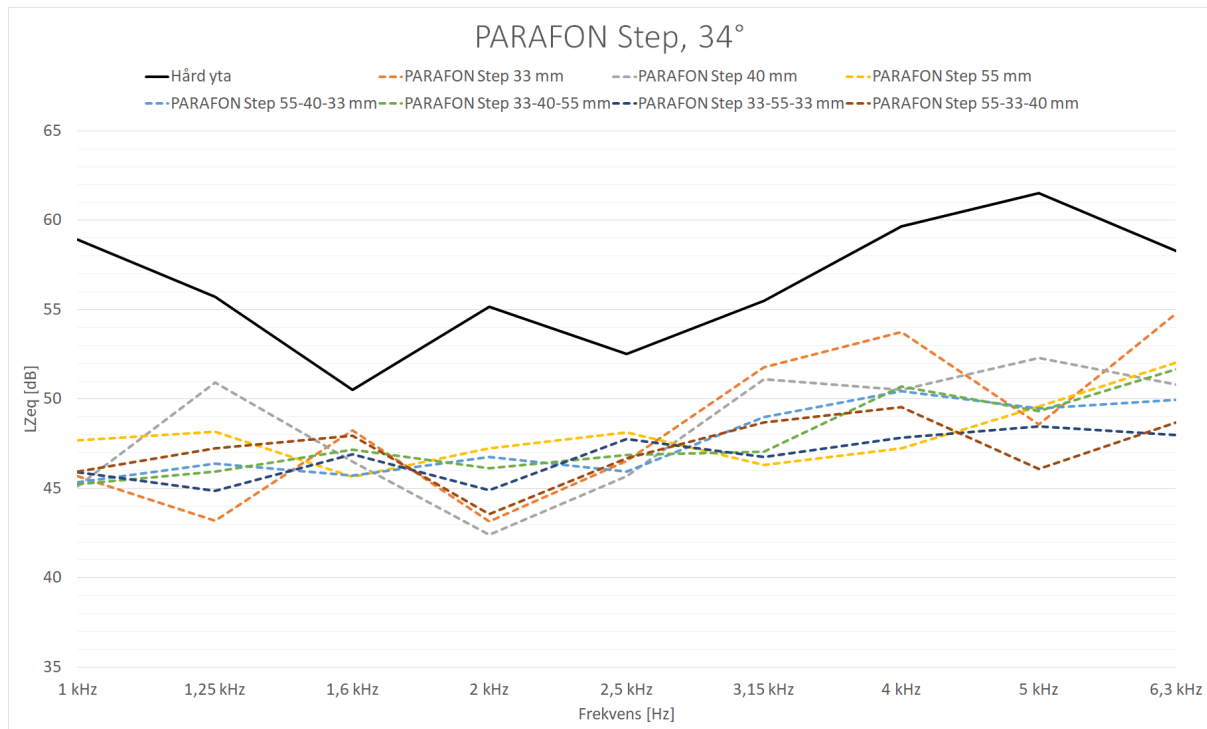


Figur 23: Uppmätt ljudnivå, LZeq, för samtliga produkter för infallsvinkeln $i = 34^\circ$ i konsonantersband.

Grafen visar att Master A, Industry Modus, PARAFON Step samt NIVÅ genomgående absorberar mer vid flacka infall gentemot Gyptone Tile Quattro 50 och Gyptone Line 4. De sistnämnda är i detta fall jämförbara med en hård yta avseende flacka infall.

4.3.2 PARAFON Step

PARAFON Step från leverantören Paroc möjliggör varianter av höjdkombinationer på akustikskivorna. Figur 24 jämför några av de olika kombinationernas effekt på dämpningen för avlägset ljud i jämförelse med en hård yta.

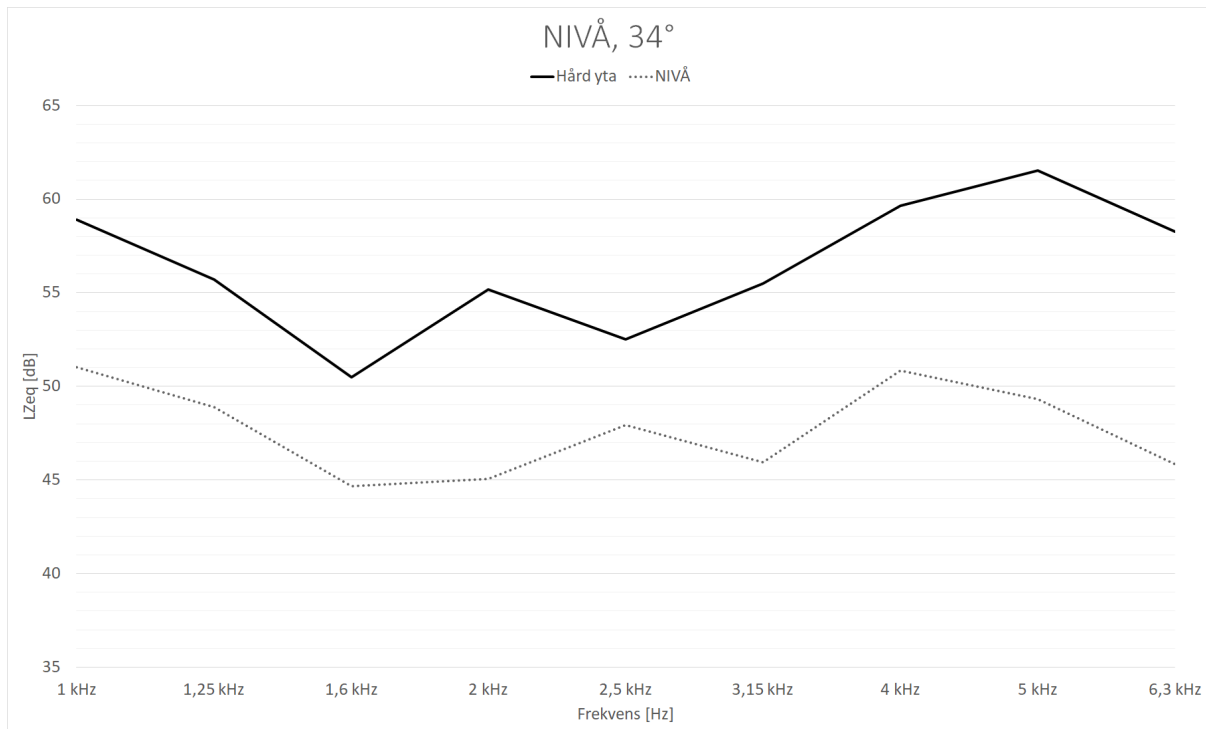


Figur 24: Uppmätt ljudnivå, LZeq, för PARAFON Step för infallsvinkeln $i = 34^\circ$ i konsonanttersband.

Kombinationerna utgörs av de olika tjocklekar på de medföljande plattor som ska fördelas i en kontorslokal, i detta fall 33, 40 och 50 mm. PARAFON Step har i snitt en medelgod absorption för flacka vinklar och avlägset tal. Varierande tjocklek, som det är menat att användas, tycks vara något bättre än en homogen tjocklek.

4.3.3 NIVÅ

Figur 25 jämför effekten produkten NIVÅ från leverantören Akustikmiljö i Falkenberg har på dämpningen för avlägset ljud i jämförelse med en hård yta.

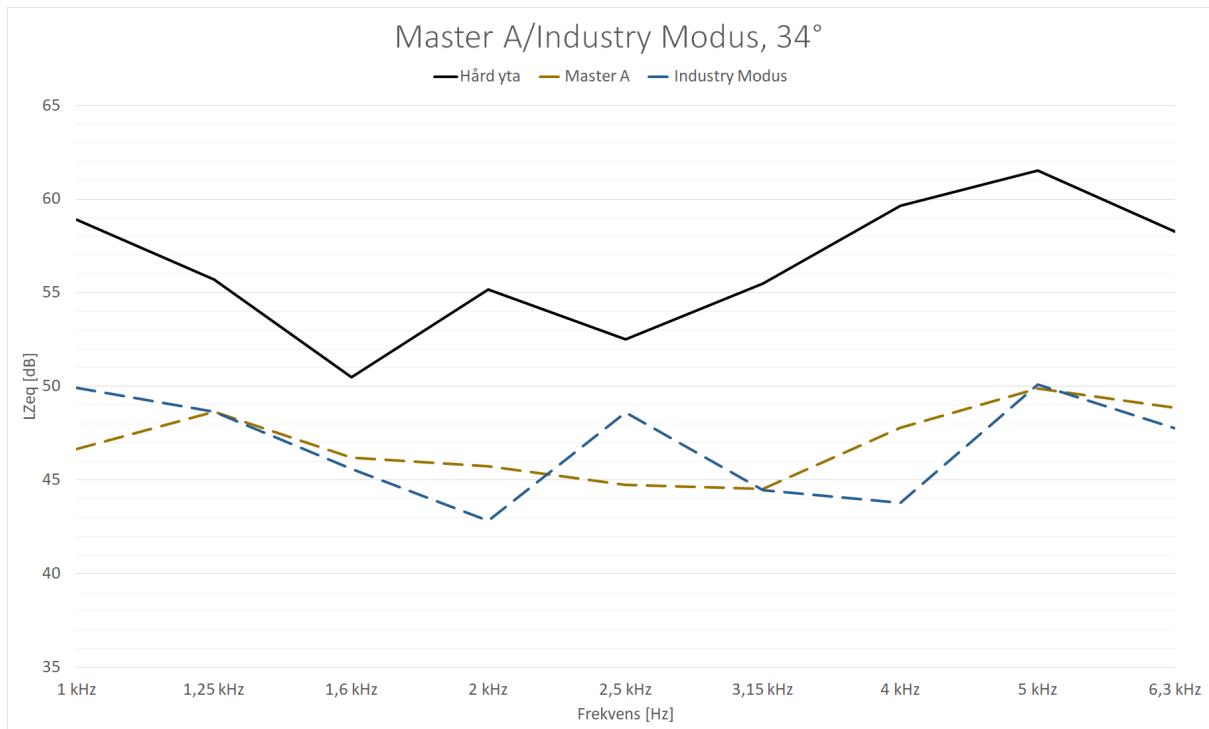


Figur 25: Uppmätt ljudnivå, L_{Zeq} , för NIVÅ för infallsvinkeln $i = 34^\circ$ i konsonantersband.

NIVÅ har en god absorption för 34° infallsvinklar och avlägset tal. I stort är den jämförbar med PARAFON Step och har samma grundtanke att taket skall ha en skiftande höjdnivå.

4.3.4 Master A och Industry Modus

Figur 26 jämför effekten produkterna Master A och Industry Modus från leverantören Ecophon har på dämpningen för avlägset ljud i jämförelse med en hård yta.

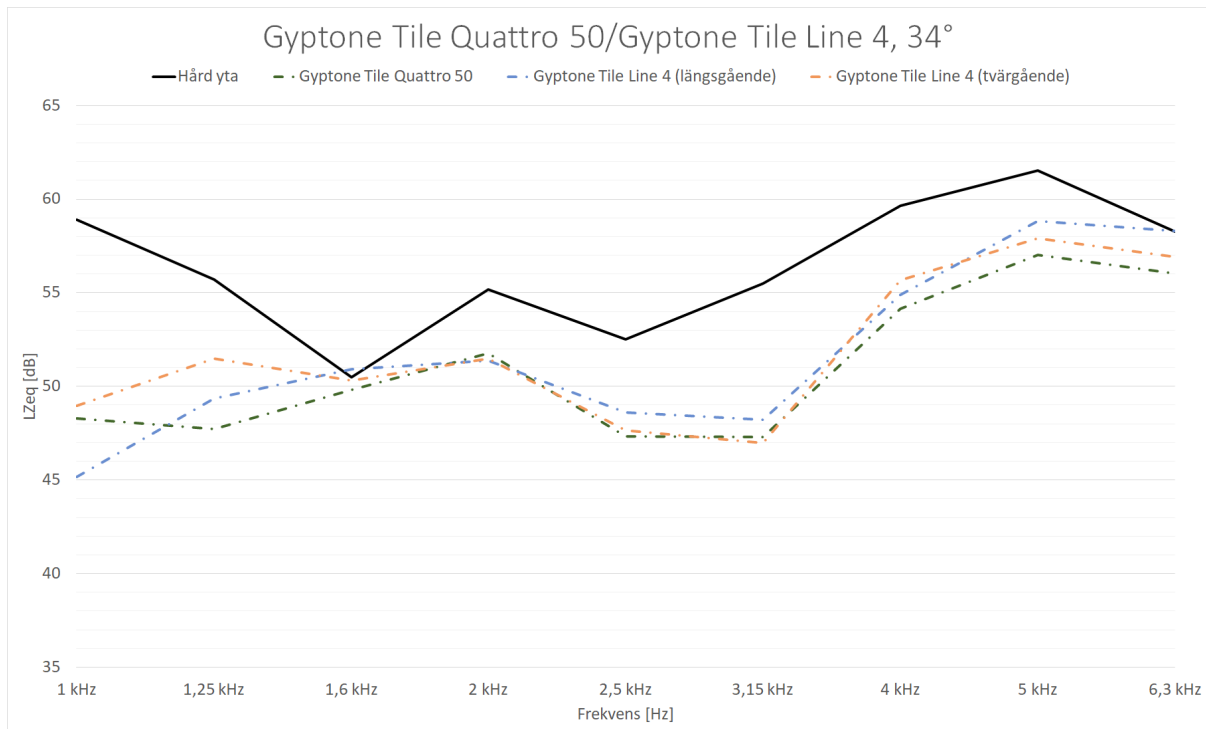


Figur 26: Uppmätt ljudnivå, LZeQ, för Master A/Industry Modus för infallsvinkeln $i = 34^\circ$ i konsonanttersband.

Master A och Industry Modus är totalt sett jämförbara för infallsvinkel 34° . Den förstnämnda är marginellt bättre.

4.3.5 Gyptone Tile Quattro 50 och Gyptone Tile Line 4

Figur 27 jämför effekten produkterna Gyptone Tile Quattro 50 och Gyptone Tile Line 4 från leverantören Gyptone har på dämpningen för avlagset ljud i jämförelse med en hård yta.

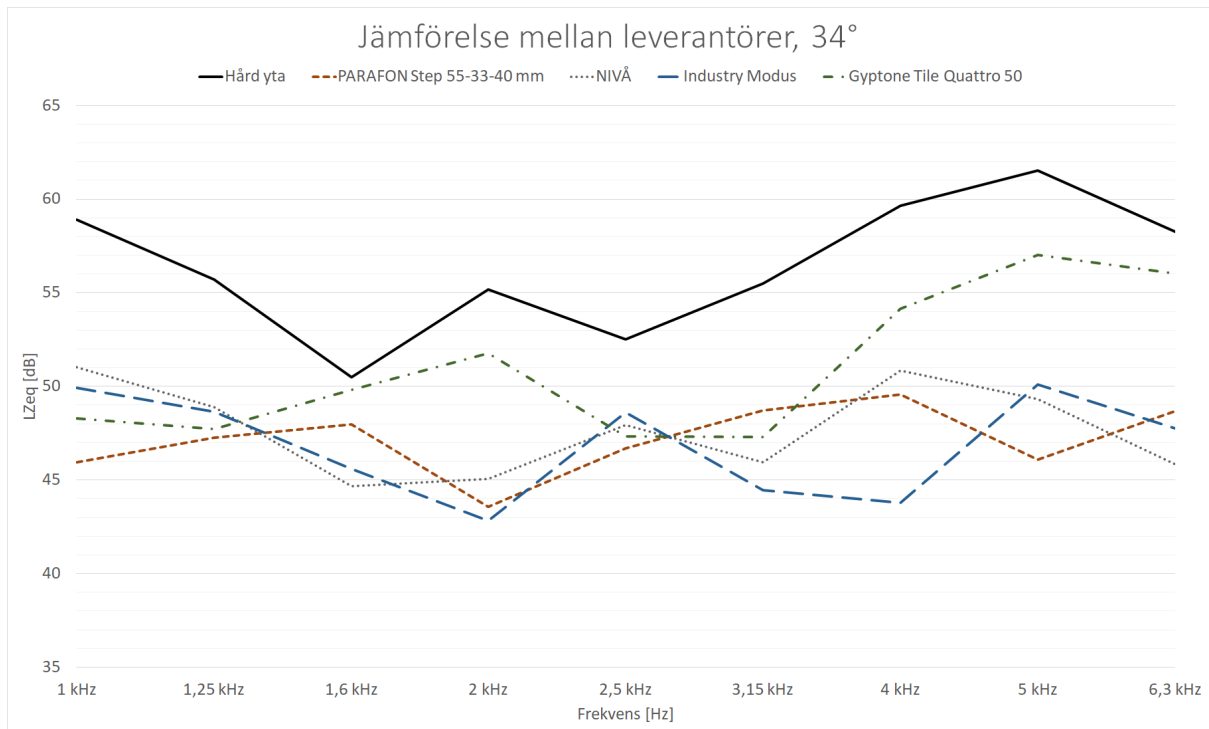


Figur 27: Uppmätt ljudnivå, LZeQ, för Gyptone Tile Quattro 50/Gyptone Tile Line 4 för infallsvinkeln $i = 34^\circ$ i konsonanttersband.

Gyptones skivor har för denna infallsvinkel betydligt lägre absorption än övriga testade akustiskivor men är sensmellan jämförbara.

4.3.6 Jämförelse mellan leverantörer

För att få en mer överskådlig jämförelse mellan olika akustikskivor har den bästa testade produkten från varje leverantör sammanställts i Figur 28 tillsammans med den hårda ytan.



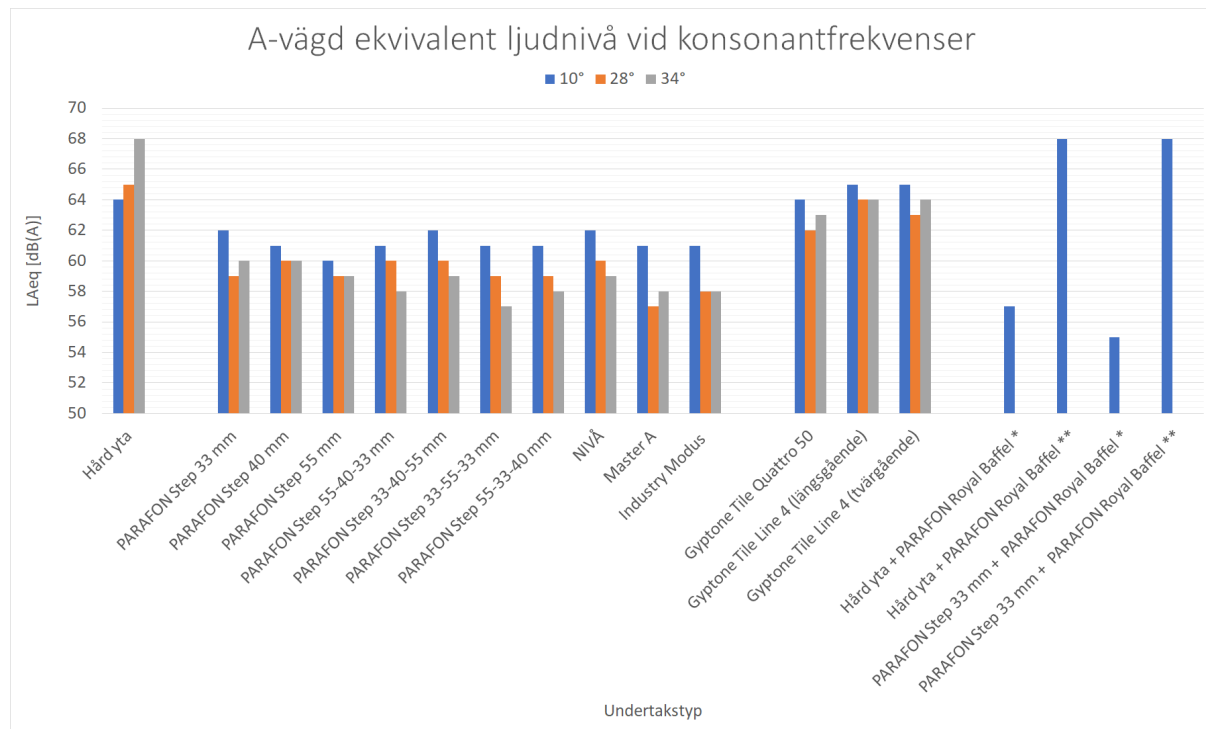
Figur 28: Jämförelse mellan leverantörers bästa produkt för infallsvinkeln $i = 34^\circ$ i konsonanttersband.

För infallsvinkel 34° ger Industry Modus bäst resultat av de testade produkterna.

4.4 A-vägd ekvivalentnivå för respektive produkt

Nedan i Figur 29 visas den A-vägd ekvivalenta ljudnivån, LAeq i dB(A) för tersbanden 1-6,3 kHz, där respektive produkt ställs i relation till varandra för samtliga infallsvinklar. Notera att figurerna är kraftigt skalade för att tydligare se skillnader mellan nivåerna i dem. För fullständiga grafer, se Bilaga A: Fullständiga grafer från Resultat.

Det bör påpekas att dB(A)-nivån inte har en direkt koppling till taluppfattbarheten och konsonantnivåerna, men på grund av att dB(A) är så dominant inom akustiken redovisas skillnaderna i dB(A). Det bör förtydligas att en nivåskillnad på 1 dB avseende påverkan på taluppfattbarhet är tydlig, medan samma skillnad för att detektera bullernivå är näst intill ohörbar.



* Med kontorsskärm

** Utan kontorsskärm

Figur 29: Uppmätt A-vägd ekvivalent ljudnivå mellan tersbanden 1-6,3 kHz, för respektive produkt för samtliga infallsvinklar.

Dessa resultat bekräftar att porösa absorberer presterar bättre än perforerad gips vid flacka infallsvinklar. Betydelsen av kontorsskärm blir också mycket tydlig.

5 Slutsats

Eftersom PARAFON Steps olika tjocklekar är menat att sättas ut slumpmässigt kan resultatet för denna produkt inte reflekteras i en enda kombination av dessa. Då prestationen mellan kombinationer varierar, kan slutsatsen dras att PARAFON Step har medelgod absorption vid flacka infallsvinklar.

NIVÅ, som är jämförbar med PARAFON Step i både geometri och prestanda, har en medelgod absorption vid flacka infallsvinklar.

Master A och Industry Modus har båda dämpat mest vid utförda experiment. Vid dämpning av konsonanter tycks Industry Modus vara att föredra.

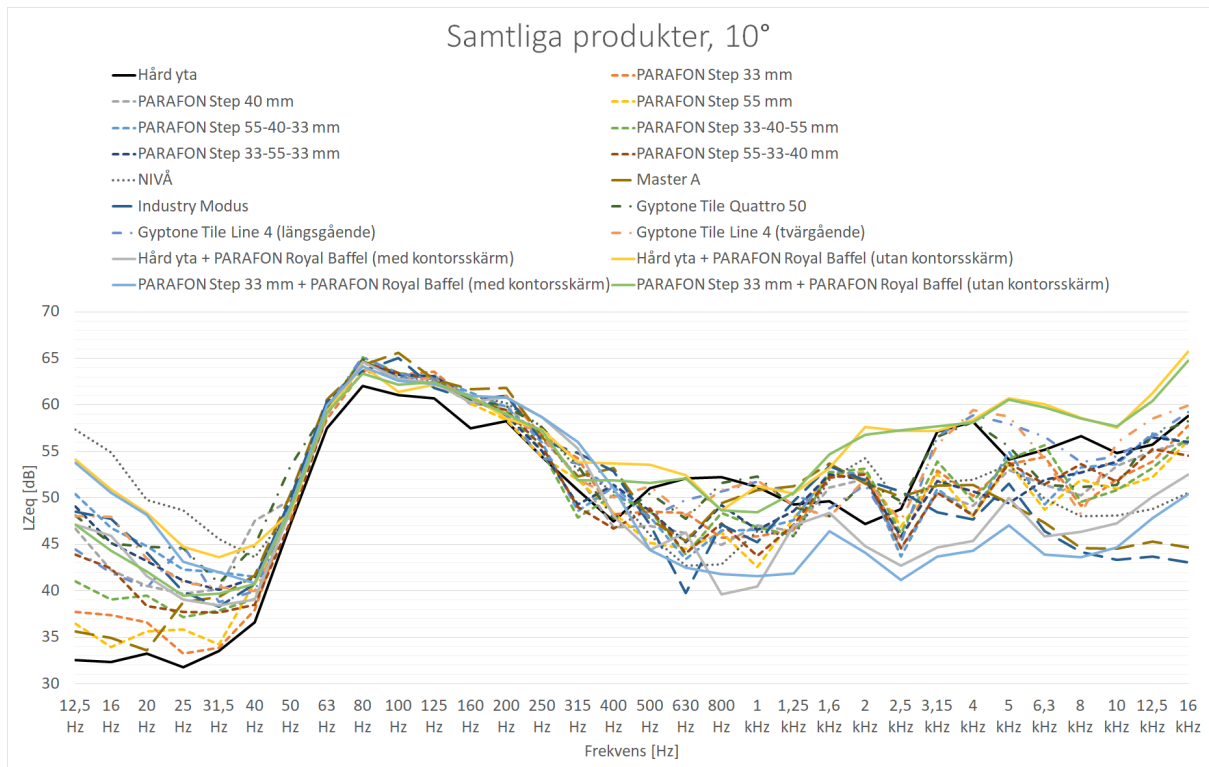
Gyptones perforerade gipsskivor gav överlag ifrån sig de högsta ljudnivåerna. Kvadratisk perforering tycks vara att föredra över rektangulär perforering, vilket eventuellt beror på perforeringstäthet.

När man har ett direktljud och flackt infall så blir dämpningen för avlägset tal försumbar, även om man har baffel och absorberande undertak. Viktigt är att skärma av direktljudet. Finns både baffel och kontorsskärm får man en god dämpning av avlägset tal som blir ytterligare något bättre då ett absorberande undertak är monterat.

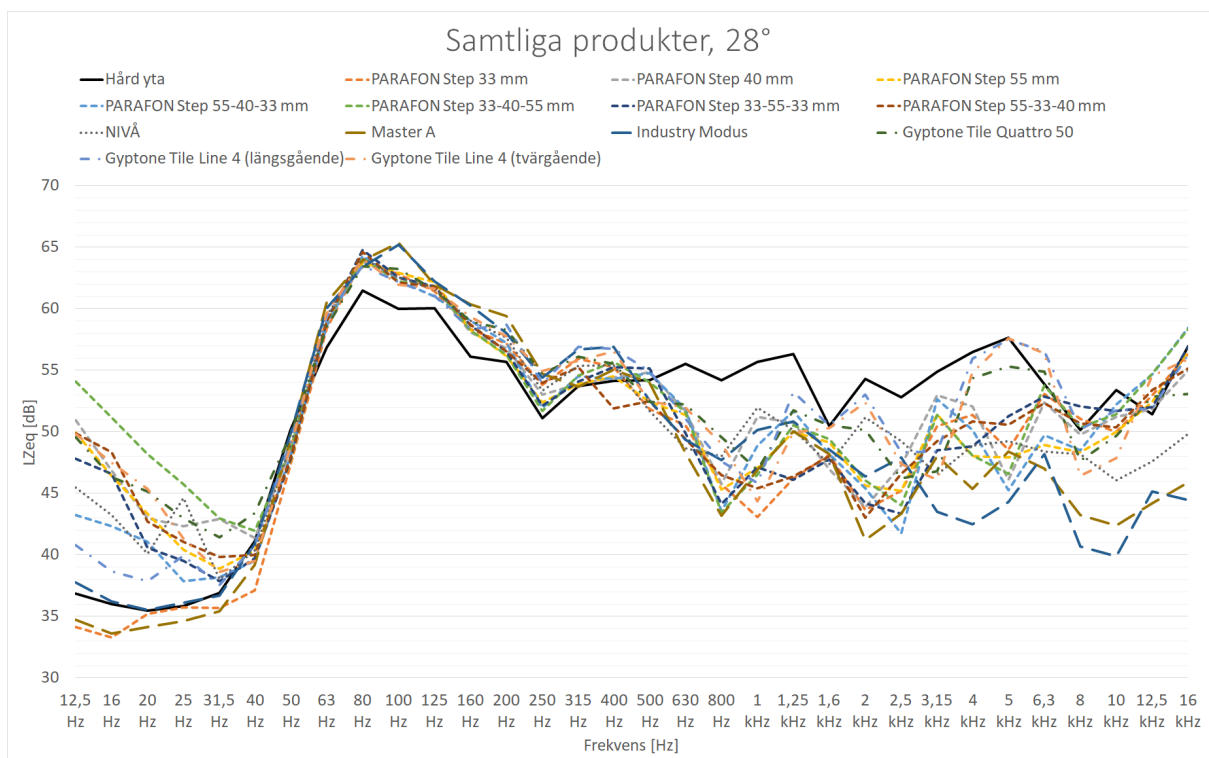
Referenser

- [1] Ecophon, *Att generera och uppfatta tal*,
<https://www.ecophon.com/sv/knowledge/acoustic-knowledge/basic-acoustics/att-generera-och-uppfatta-tal/>
- [2] LN Akustikmiljö, *Vad är god ljudmiljö på ett kontor*,
<http://www.akustik.nu/index.php/ovriga-tjanster/artiklar/ljudmiljo-i-kontor>
- [3] Ecophon, *Hur man planerar öppen planlösning för att säkerställa god akustik*,
<https://www.ecophon.com/sv/knowledge/acoustic-knowledge/how-to-create-good-room-acoustics/rum-med-oppen-planlosning/>
- [4] Ecophon, *Akustiska öar och ba ar*,
<https://www.ecophon.com/sv/knowledge/acoustic-knowledge/how-to-create-good-room-acoustics/akustiska-oar-och-bafflar/>
- [5] Paroc, PARAFON Step,
<https://www.paroc.se/produkter/akustik/modulundertak/fargade-interiorundertak/parafon-step>
- [6] Akustikmiljö i Falkenberg, NIVÅ,
<https://www.akustikmiljo.se/produkter/niva-ljudabsorberande-vagg-och-takpaneler>
- [7] Ecophon, Master A,
<https://www.ecophon.com/sv/produkter/Akustiktak/Master/Master--A/#>
- [8] Ecophon, Industry Modus,
<https://www.ecophon.com/sv/produkter/Akustiktak/Industry/Industry--Modus/>
- [9] Gyptone, Gyptone Tile Quattro 50 - kant A,
<https://www.gyptone.se/produkter/gyptone-tile-quattro-50-edge>
- [10] Gyptone, Gyptone Tile Line 4 - kant A,
<https://www.gyptone.se/produkter/gyptone-tile-line-4-edge>
- [11] Paroc, PARAFON Royal Baffle,
<https://www.paroc.se/produkter/akustik/frihangande-absorbenter/parafon-royal-baffle>

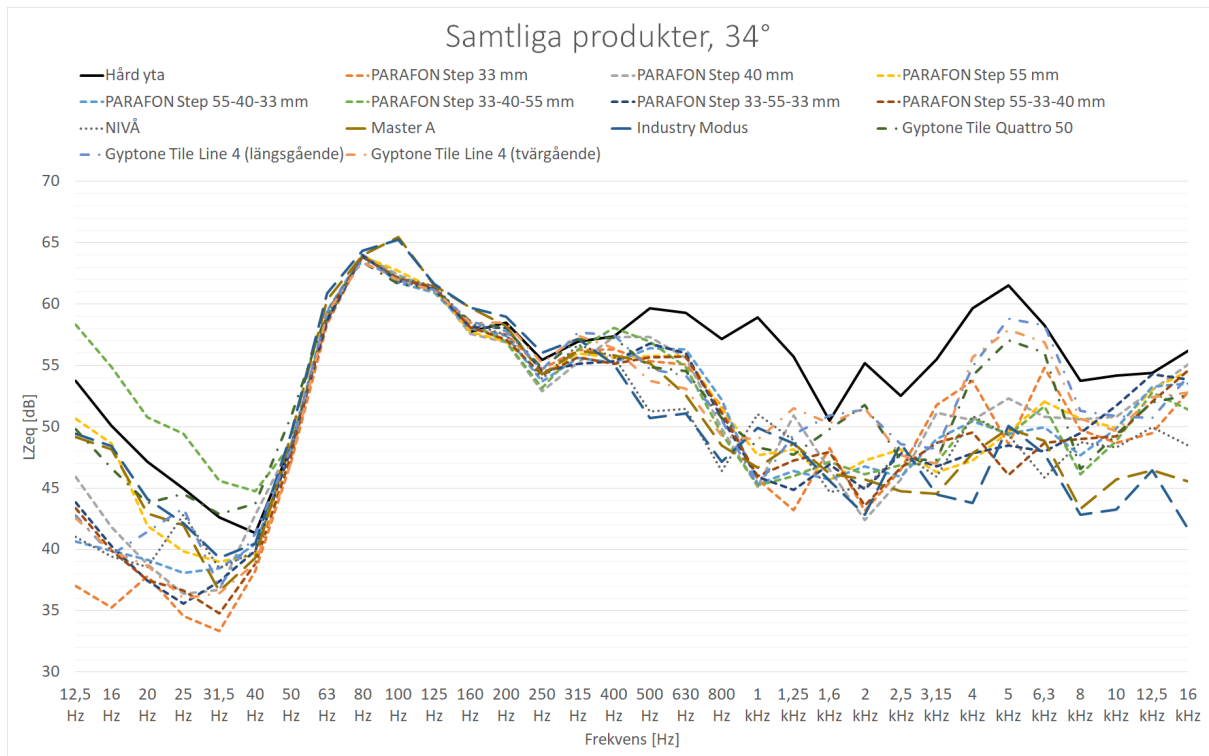
Bilaga A: Fullständiga grafer från Resultat



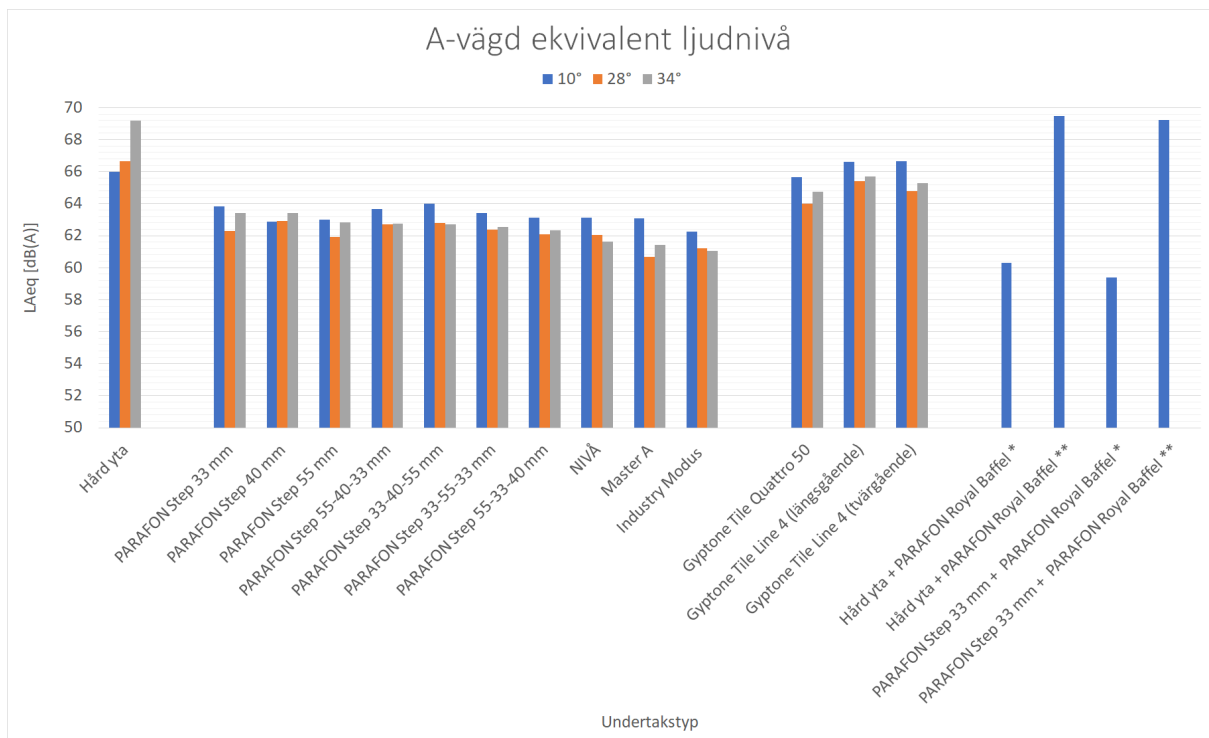
Figur 30: Uppmätt ekvivalent ljudnivå, L_{Zeq} , för samtliga produkter för infallsvinkeln $i = 10^\circ$.



Figur 31: Uppmätt ekvivalent ljudnivå, L_{Zeq} , för samtliga produkter för infallsvinkeln $i = 28^\circ$.



Figur 32: Uppmätt ekvivalent ljudnivå, LZeq, för samtliga produkter för infallsvinkeln $i = 34^\circ$.

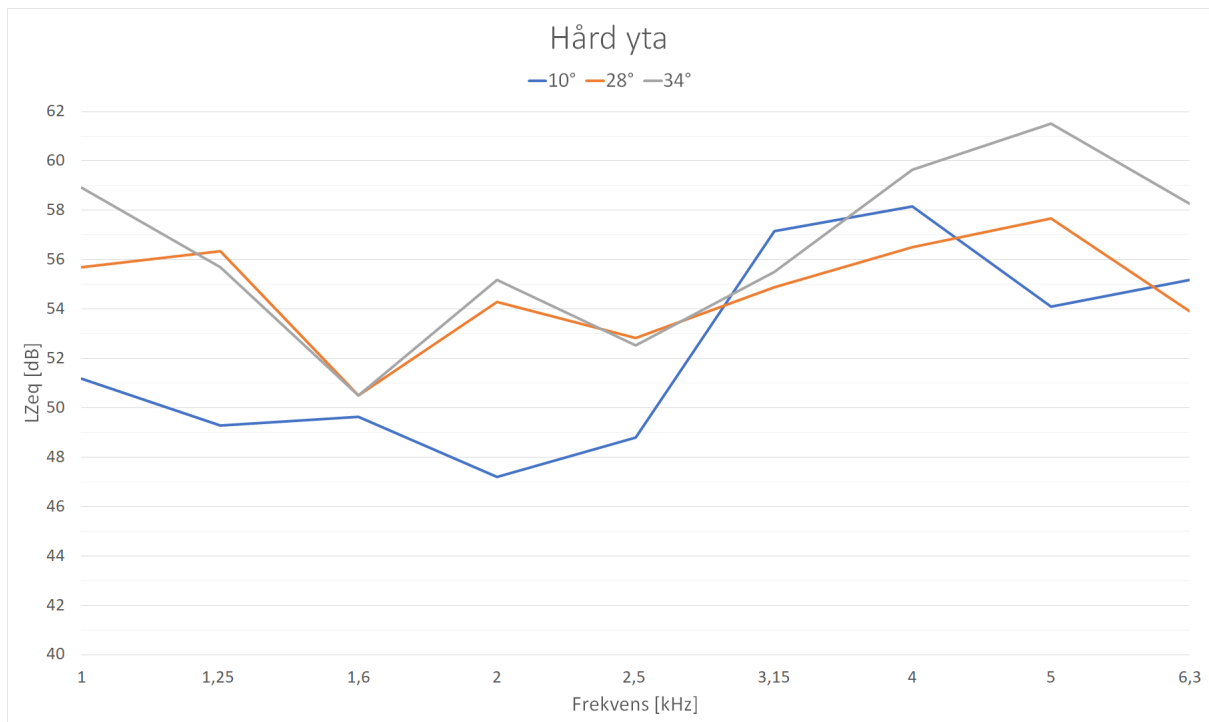


* Med kontorsskärm

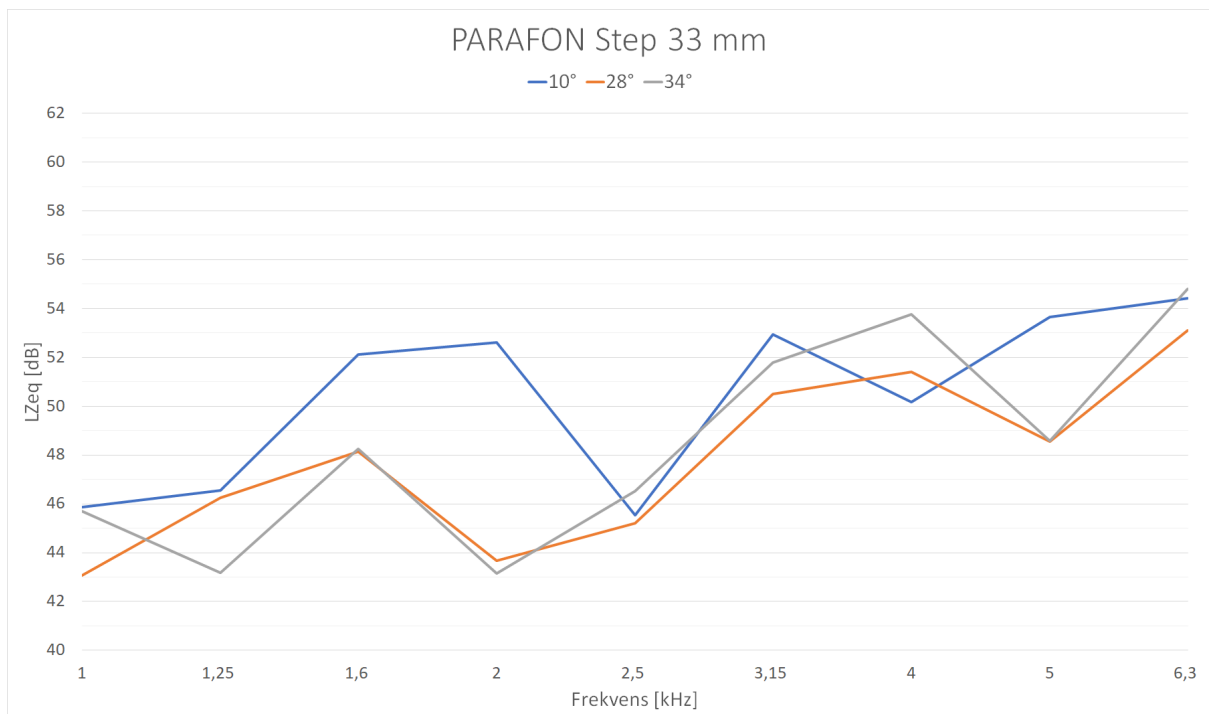
** Utan kontorsskärm

Figur 33: Uppmätt A-vägd ekvivalent ljudnivå för respektive produkt för samtliga infallsvinklar.

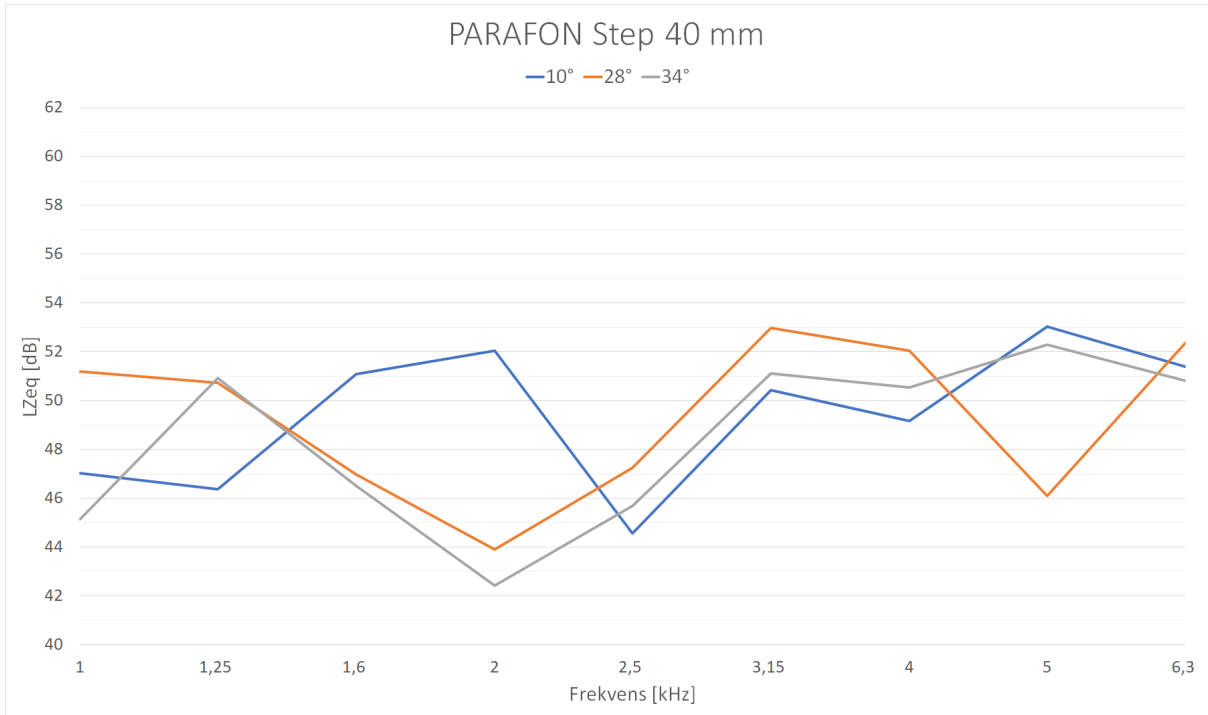
Bilaga B: Enskilda produkter



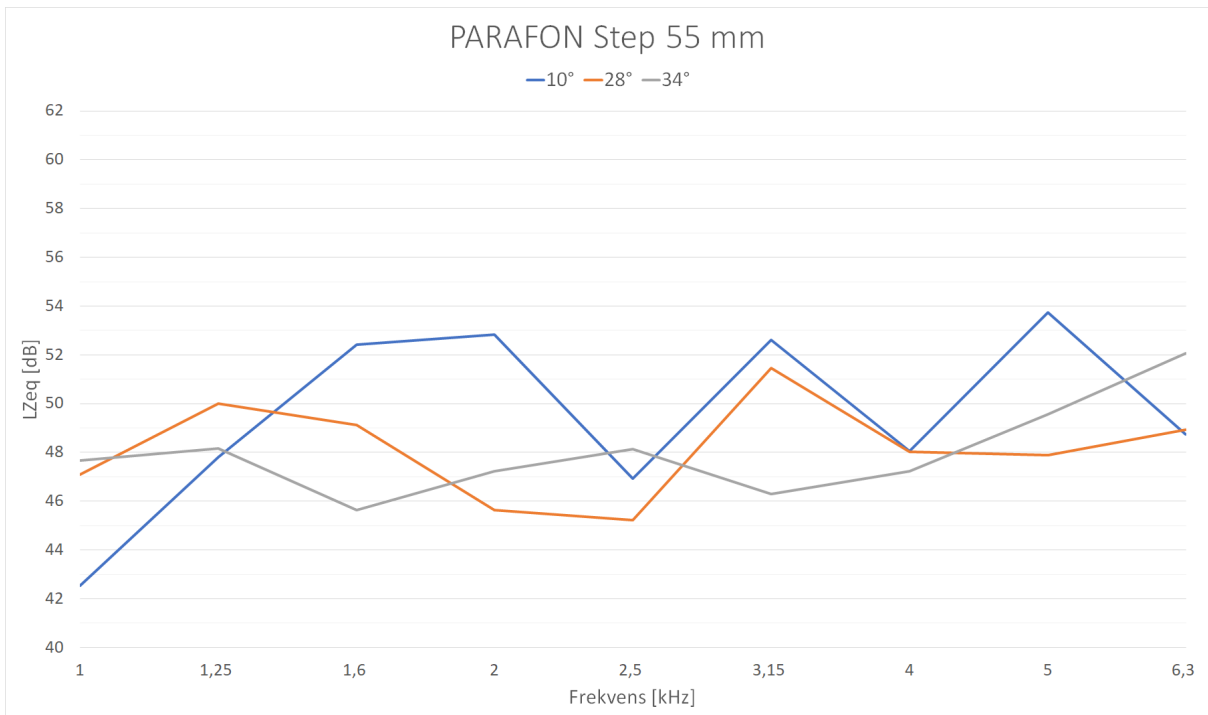
Figur 34: Uppmätt ekvivalentnivå, LZeq, för en hård yta i samtliga infallsvinklar i konsonantersband.



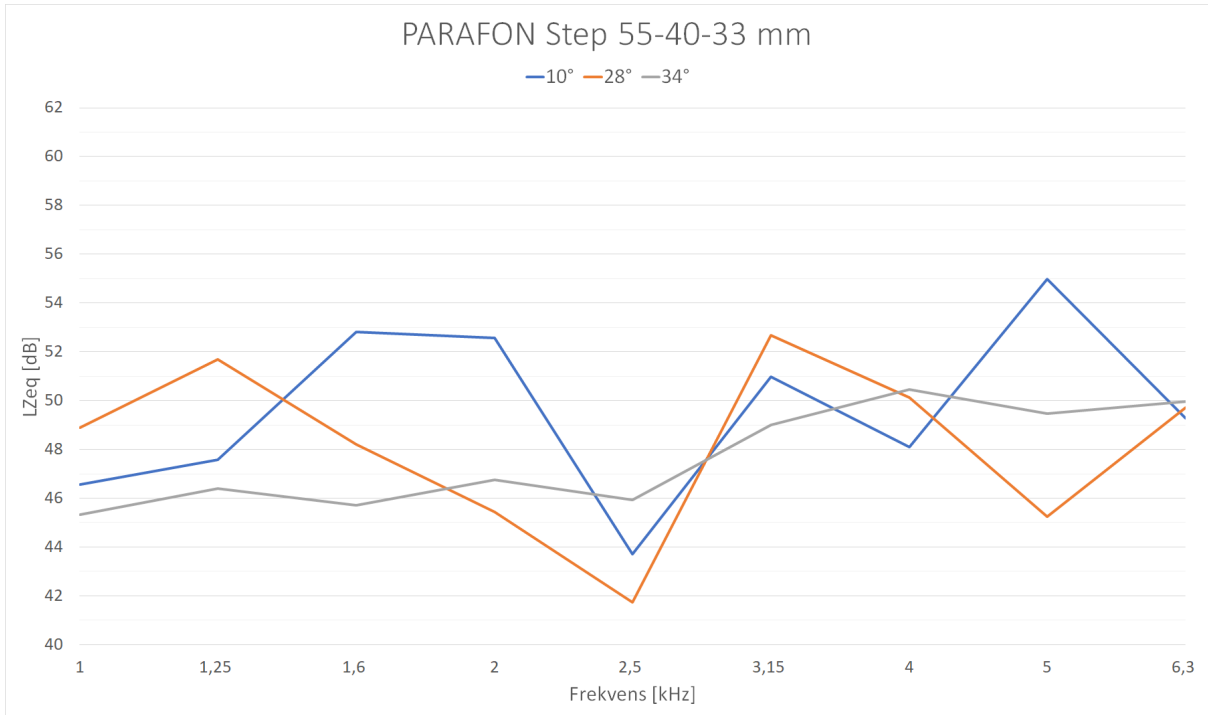
Figur 35: Uppmätt ekvivalentnivå, LZeq, för PARAFON Step 33 mm i samtliga infallsvinklar i konsonantersband.



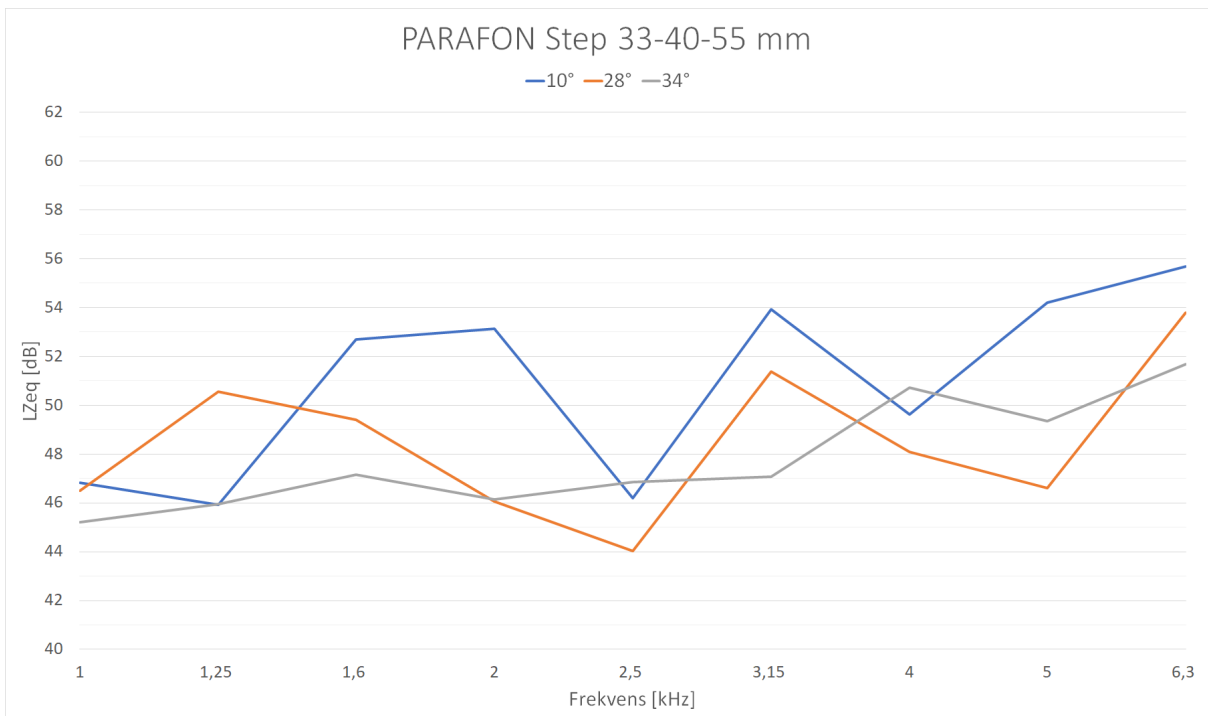
Figur 36: Uppmätt ekvivalentnivå, LZeq, för PARAFON Step 40 mm i samtliga infallsvinklar i konsonanttersband.



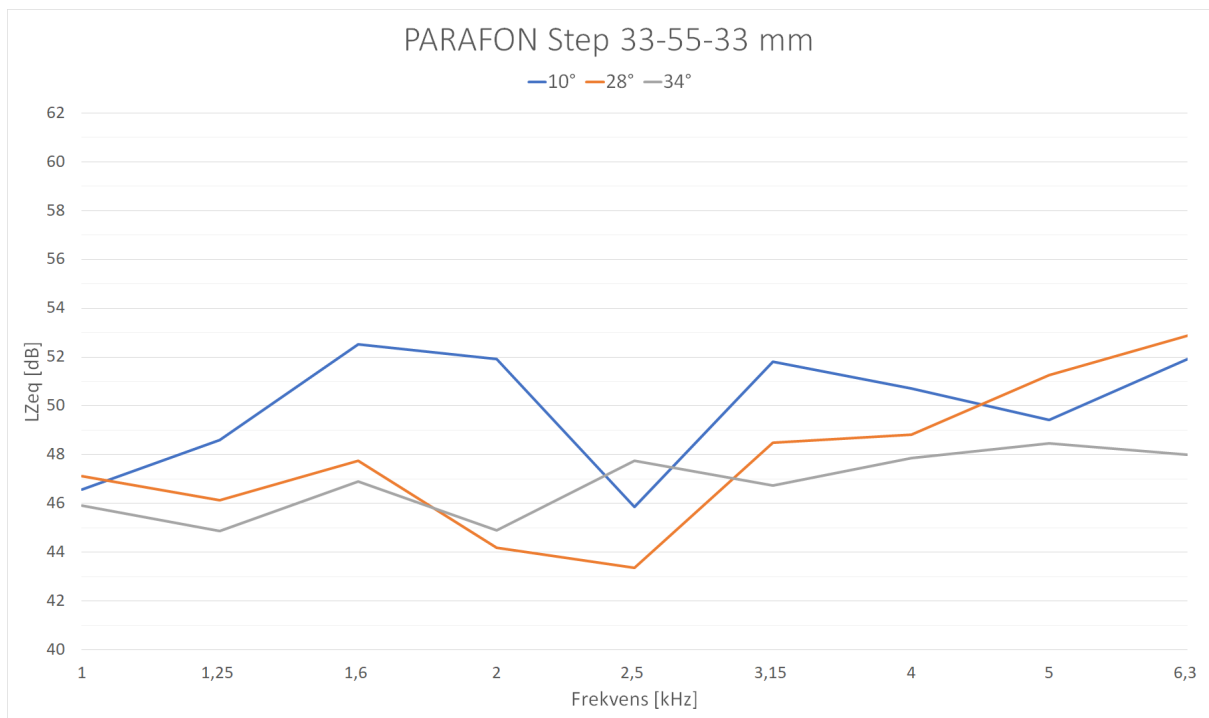
Figur 37: Uppmätt ekvivalentnivå, LZeq, för PARAFON Step 55 mm i samtliga infallsvinklar i konsonanttersband.



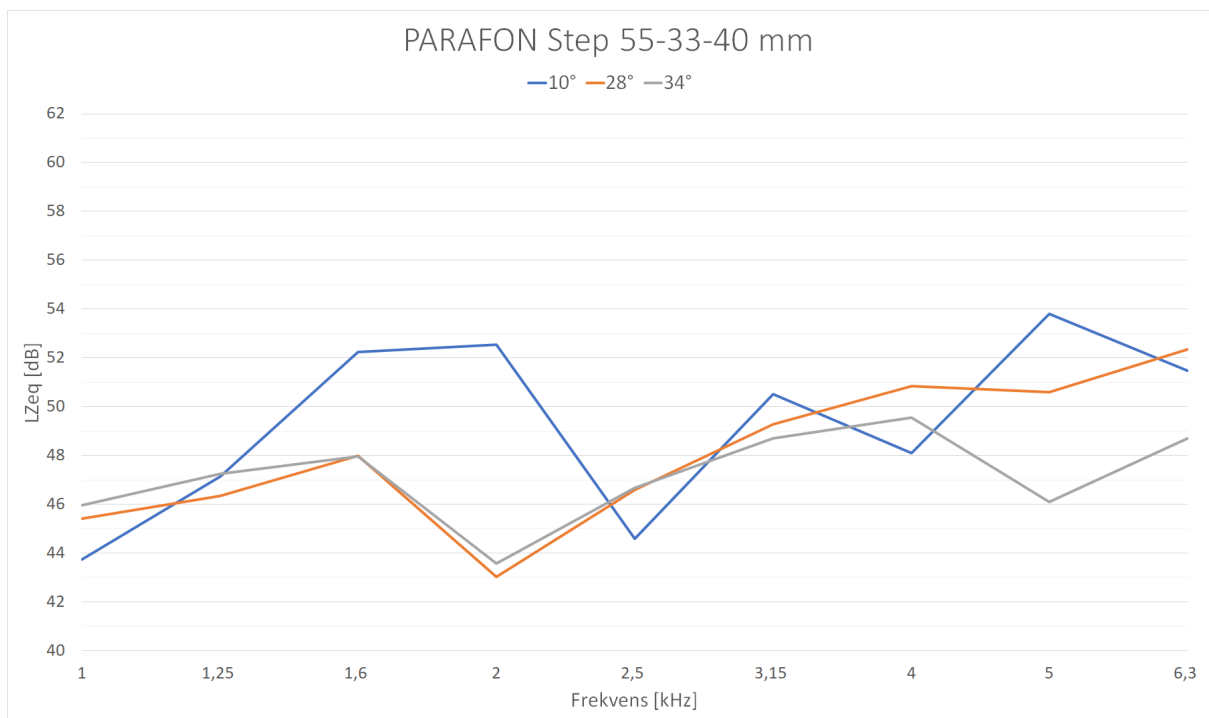
Figur 38: Uppmätt ekvivalentnivå, LZeq, för PARAFON Step 55-40-33 mm i samtliga infallsvinklar i konsonantersband.



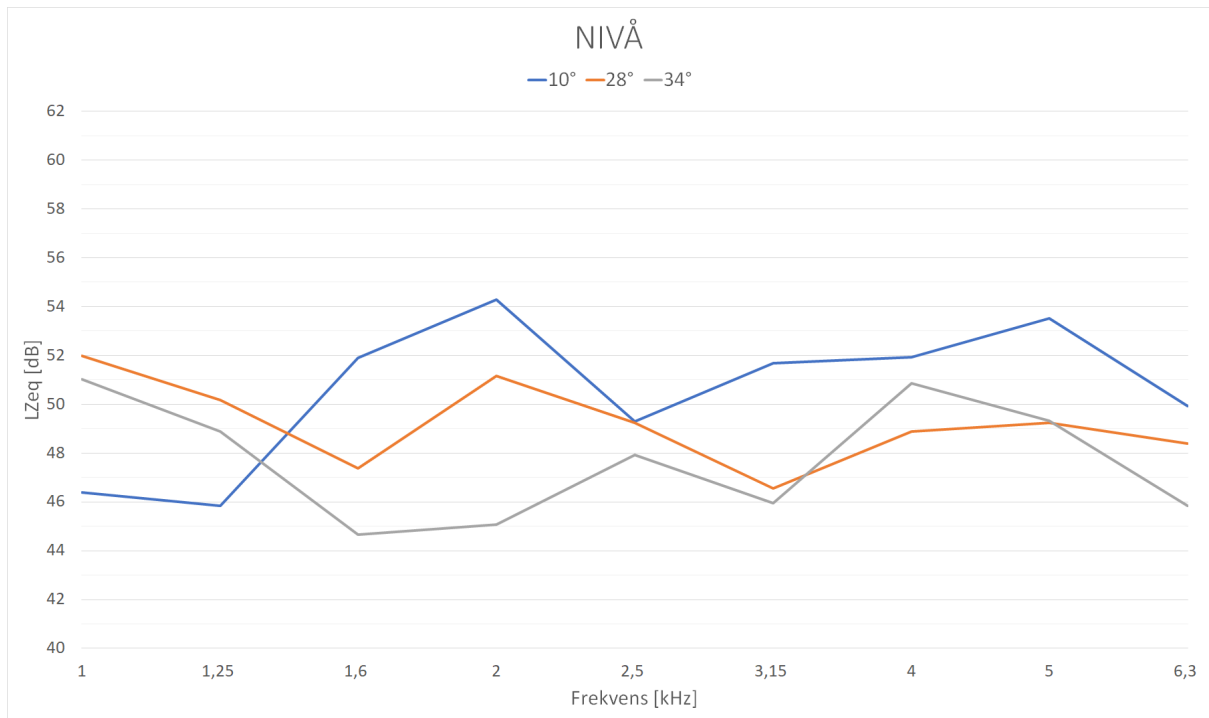
Figur 39: Uppmätt ekvivalentnivå, LZeq, för PARAFON Step 33-40-55 mm i samtliga infallsvinklar i konsonantersband.



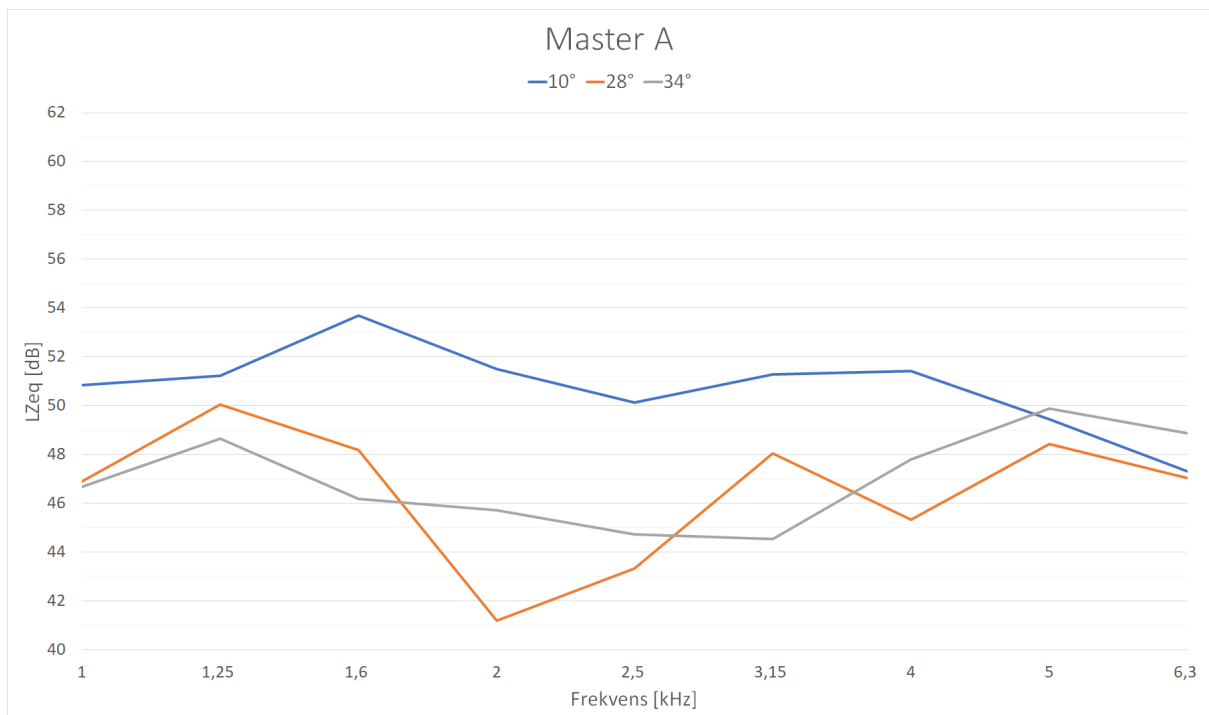
Figur 40: Uppmätt ekvivalentnivå, LZeq, för PARAFON Step 33-55-33 mm i samtliga infallsvinklar i konsonantbandsband.



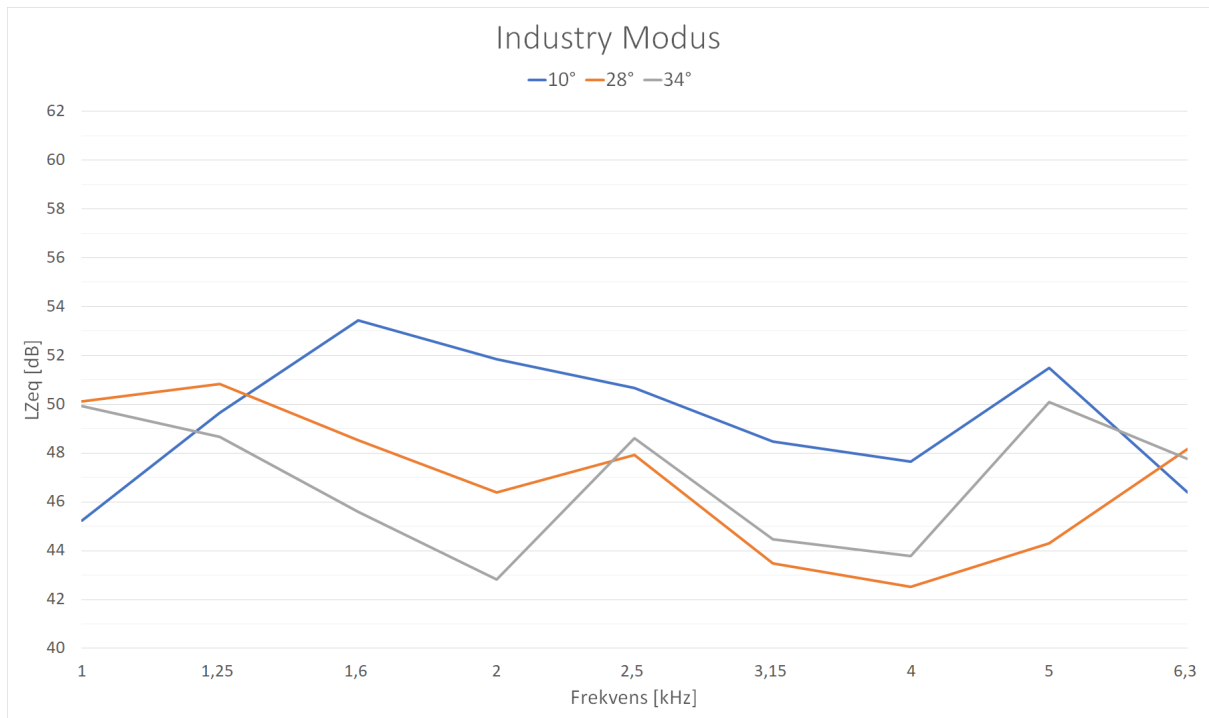
Figur 41: Uppmätt ekvivalentnivå, LZeq, för PARAFON Step 55-33-40 mm i samtliga infallsvinklar i konsonantbandsband.



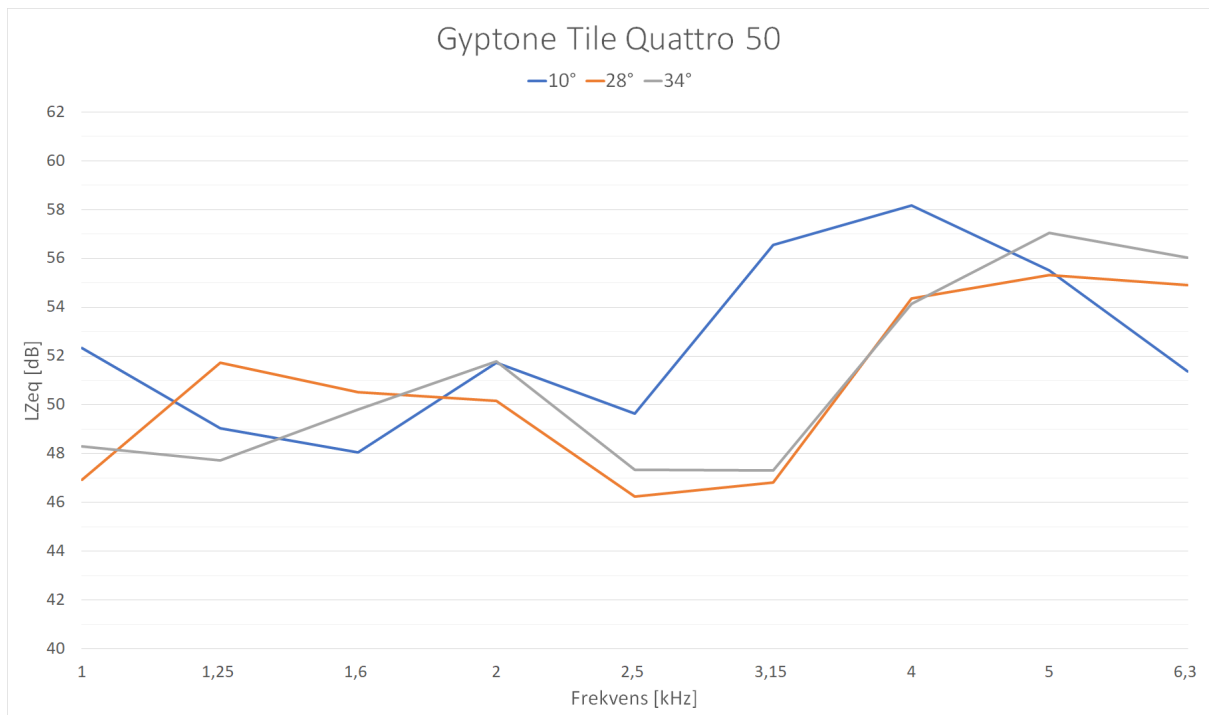
Figur 42: Uppmätt ekvivalentnivå, LZe, för NIVÅ i samtliga infallsvinklar i konsonantersband.



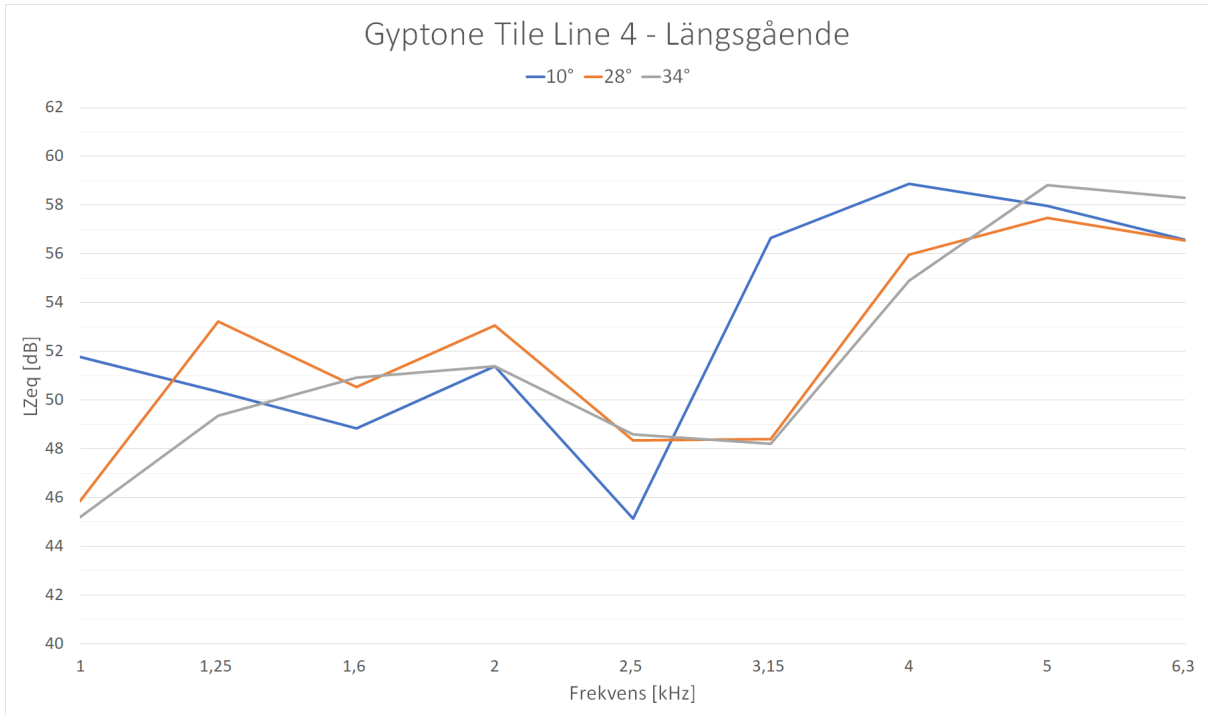
Figur 43: Uppmätt ekvivalentnivå, LZe, för Master A i samtliga infallsvinklar i konsonantersband.



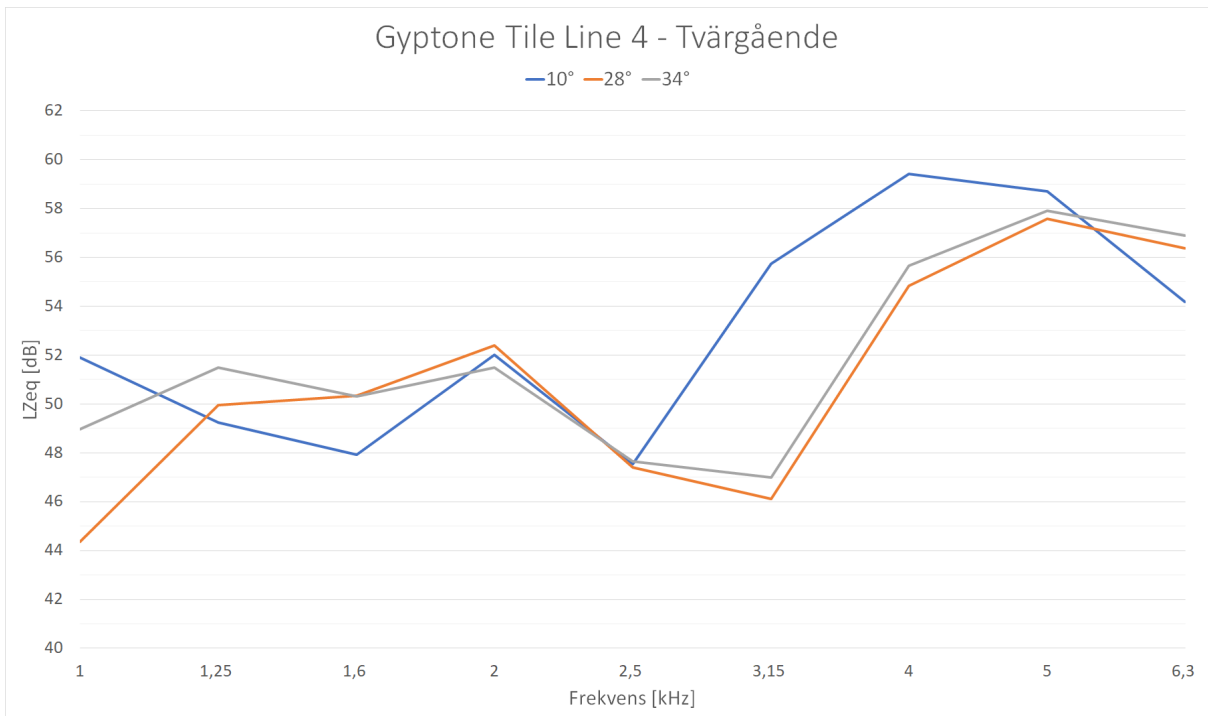
Figur 44: Uppmätt ekvivalentnivå, LZeQ, för Industry Modus i samtliga infallsvinklar i konsonanttersband.



Figur 45: Uppmätt ekvivalentnivå, LZeQ, för Gyptone Tile Quattro 50 i samtliga infallsvinklar i konsonanttersband.



Figur 46: Uppmätt ekvivalentnivå, LZeQ, för Gyptone Tile Line 4 (längsgående) i samtliga infallsvinklar i konsonantersband.



Figur 47: Uppmätt ekvivalentnivå, LZeQ, för Gyptone Tile Line 4 (tvärgående) i samtliga infallsvinklar i konsonantersband.