

Udøvende institution:

DELTA
Dansk Elektronik, Lys & Akustik
Venlighedsvej 4
2970 Hørsholm
Telefon: 72 19 40 00
Telefax: 72 19 00 01
www.delta.dk/reflab

Teknisk Notat

Supplerende databehandling af resultater af lydisolationsmålinger gennemført i projektet "Lavfrekvent støj fra store vindmøller"

RL 20/08

Titel	Supplerende databehandling af resultater af lydisolationsmålinger gennemført i projektet "Lavfrekvent støj fra store vindmøller"
Journal nr.	RL 20/08
Sagsnr.	A580813-03
Vores ref.	DH/KDM/ilk
Rekvirent	Miljøstyrelsen Strandgade 29 1401 København K
Rekvirentens ref.	Jørgen Jakobsen

DELTA, 29. september 2008



Dan Hoffmeyer

Indholdsfortegnelse

1. Indledning.....	4
2. Databehandling og måleresultater.....	4
3. Sammenstillinger.....	15
4. Vurdering.....	19
5. Referencer.....	19

1. Indledning

Referencelaboratoriet har efter anmodning fra Miljøstyrelsen gennemført en supplerende databehandling af måledata for facaders lydisolation med hensyn til lavfrekvent støj, indhentet af DELTA i forbindelse med gennemførelsen af projektet "Lavfrekvent støj fra store vindmøller". Projektet er udført for Energistyrelsen.

Målingerne er rapporteret i Project Report AV 1097/08 "Measurements of Sound Insulation of Facades" fra DELTA [1]. Det fremgår heraf, at der udover målinger med den i projektet specificerede metode med 4 indendørs 3D-målepositioner er foretaget målinger i 5 positioner, der kunne anvendes til at repræsentere dels ISO 140-5-målemetoden [2], dels lavfrekvensmetoden (LFM) med indendørs målepositioner som beskrevet i Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 10, 1997 [3], og Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9, 1997 [4]. I projektet er der kun foretaget en begrænset analyse og rapportering af disse ekstra måleresultater [5], og Miljøstyrelsen har derfor ønsket at få en supplerende databehandling og rapportering med hensyn til LFM-målingerne herunder mulighed for en sammenligning med fx værdierne fra Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 10, 1997.

2. Databehandling og måleresultater

I de indsamlede data er der ud over 3D-positionerne registrerede niveauer for to hjørnepositioner (MS-A og MS-B) samt tre positioner i opholdsarealet (140-A, 140-B, 140-C). Data for disse 5 positioner omfatter 5 stuer og 4 værelser i 5 huse.

I relation til LFM opfylder hjørnepositionerne også betingelserne for positioner i opholdsarealet, jf. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9, 1997.

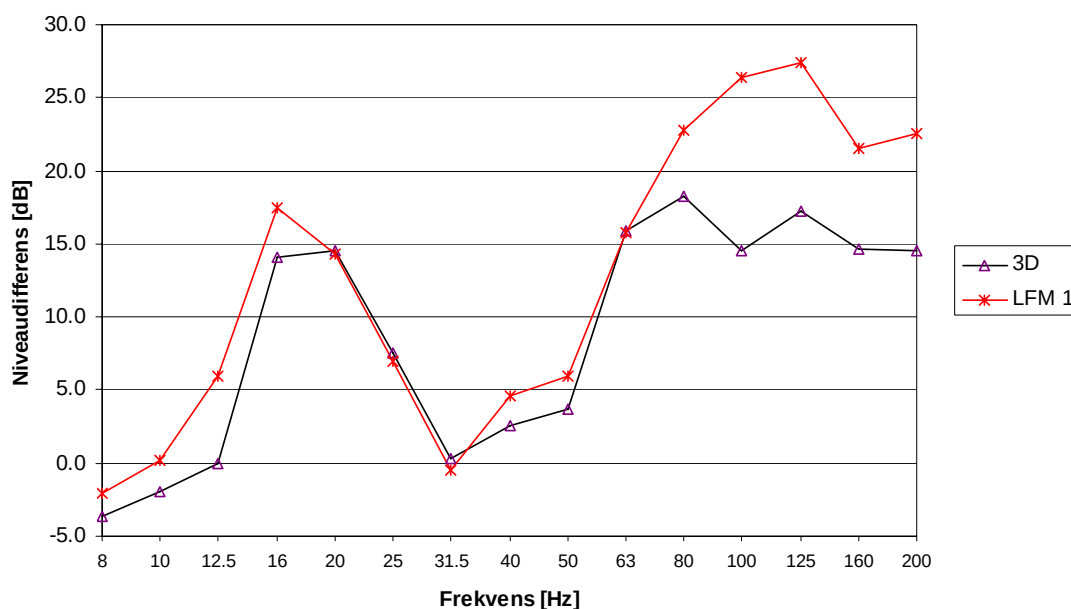
I rapport AV 1087/08 er der kun medtaget resultater efter LFM for huset i Værløse. Som målepunkter er der her anvendt to hjørnepositioner (MS-A og MS-B), hvoraf den ene også repræsenterer opholdsarealet samt yderligere en position i opholdsarealet (140-A). De tilsvarende data er nu gennemregnet for de øvrige 4 huse, og resultaterne er vist i Figur 1-9 sammen med lydisolationen målt med 3D-positioner. I Tabel 1 er niveaudifferenserne for LFM for de valgte tre positioner (LFM 1) vist for alle rum.

	Frekvens [Hz]	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
Målested																
Værløse	Stue	* -2,1	* 0,2	6,0	17,4	14,3	7,0	-0,5	4,6	5,9	15,8	22,8	26,4	27,4	21,6	22,6
Værløse	Værelse	* 11,3	* 3,7	9,6	4,2	11,4	10,3	12,2	7,5	10,8	21,4	25,5	18,0	22,1	13,0	17,1
Vejby	Stue		* 8,5	9,6	11,4	15,5	11,0	8,9	4,0	14,1	23,0	25,6	24,5	22,1	25,9	26,5
Vejby	Værelse		* 14,6	13,1	9,0	18,3	6,0	4,5	1,3	9,5	22,3	25,8	33,4	24,2	22,7	28,8
Tulstrup	Stue	* -1,6	* 12,5	* 6,6	8,2	1,5	0,1	13,5	16,1	15,6	16,1	22,3	31,7	28,4	28,9	29,3
Tulstrup	Værelse			* 13,9	8,9	9,6	13,0	16,5	17,4	15,9	25,4	22,6	27,7	21,8	24,3	19,3
Slangerup	Stue	* 9,1	* 8,5	8,5	2,5	9,5	16,3	14,8	11,8	17,0	16,4	17,8	23,3	22,5	19,8	17,1
Slangerup	Værelse		* 5,1	2,9	1,1	7,0	14,5	17,6	18,4	13,5	13,4	26,3	28,0	30,1	27,6	24,4
Helsingør	Stue	-0,5	* 1,7	* 1,6	6,1	8,5	2,1	9,9	15,1	11,3	17,1	15,6	18,6	21,2	22,5	22,7

Tabel 1

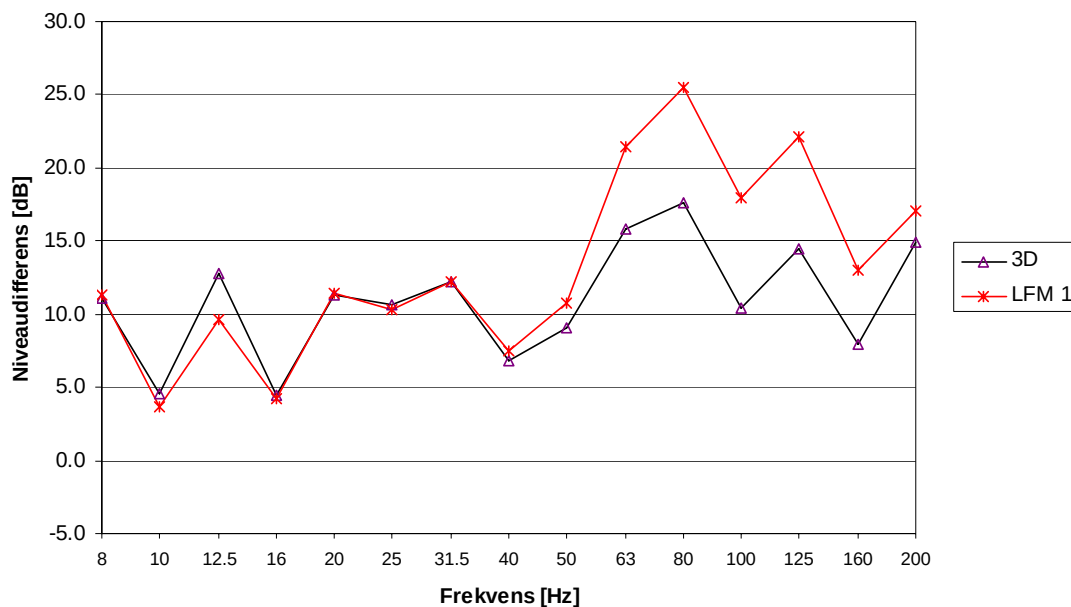
Måleresultater for 5 stuer og 4 værelser. Frit felt ude/inde niveaudifferens i dB per 1/3-oktav målt med LFM 1 (to hjørnepositioner og en position i opholdsarealet).

* Indendørs SNR mellem 1,3 dB og 6 dB, korrektion begrænset til 1,3 dB.



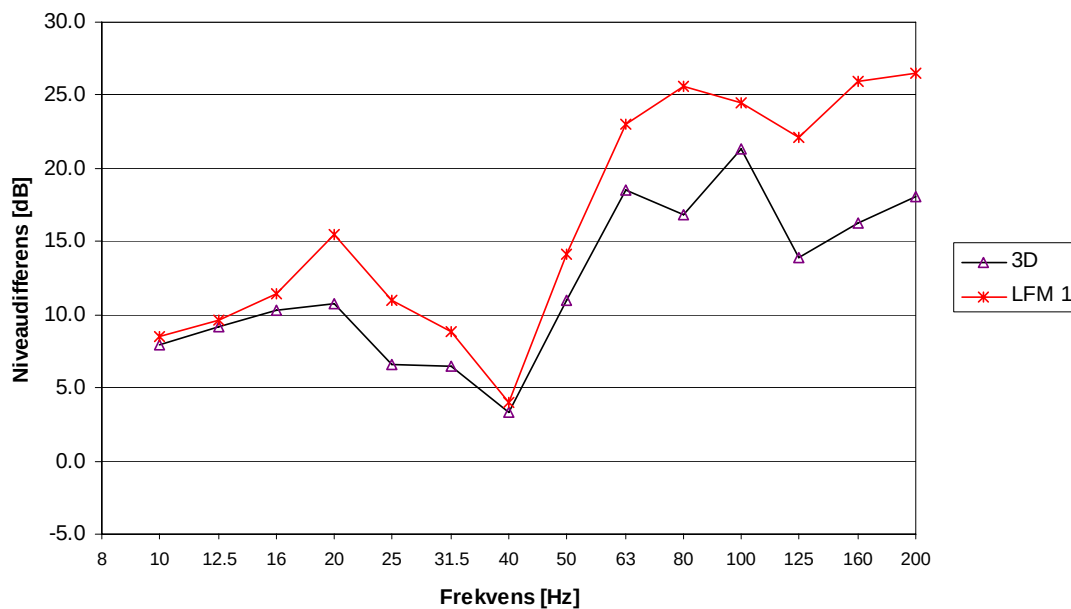
Figur 1

Værløse, stue. Frit felt ude/inde niveaudifferens med 3D-positioner og med LFM 1-positioner.



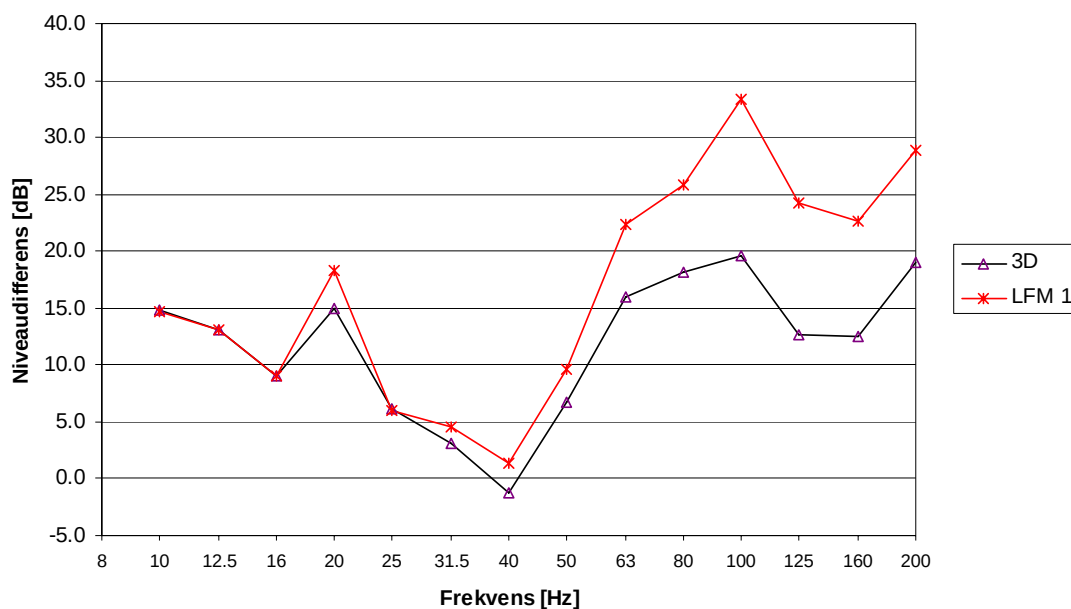
Figur 2

Værløse, værelse. Frit felt ude/inde niveaudifferens med 3D-positioner og med LFM 1-positioner.



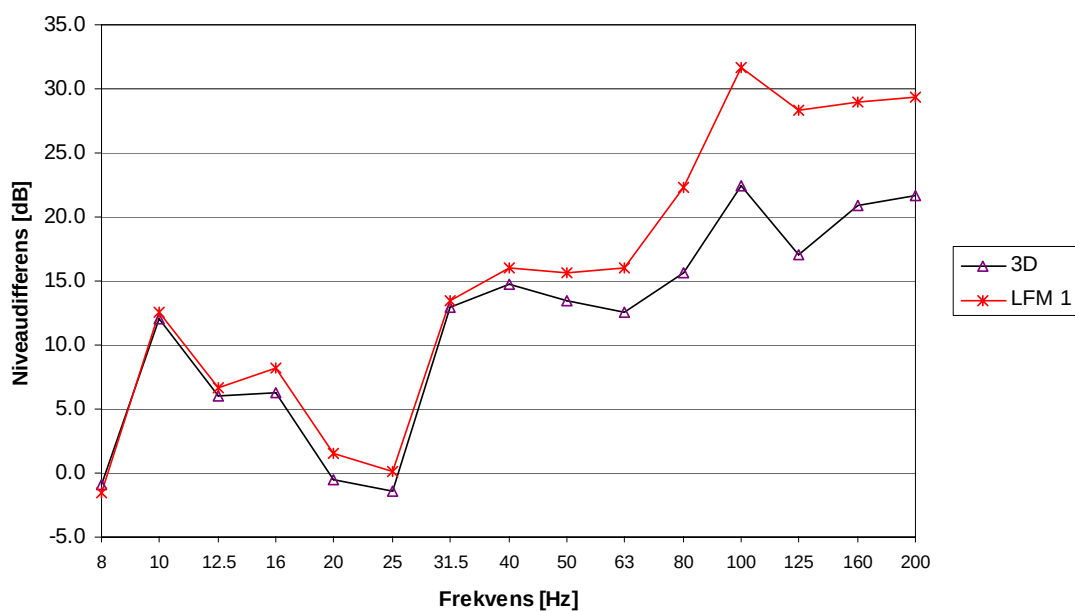
Figur 3

Vejby, stue. Frit felt ude/inde niveaudifferens med 3D-positioner og med LFM 1-positioner.



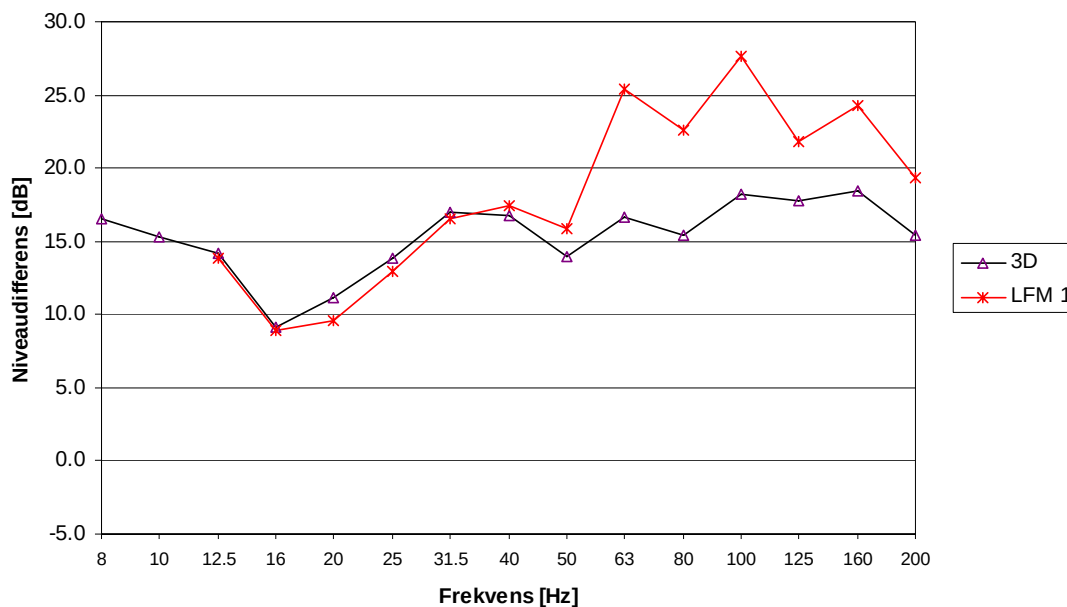
Figur 4

Vejby, værelse. Frit felt ude/inde niveaudifferens med 3D-positioner og med LFM 1-positioner.



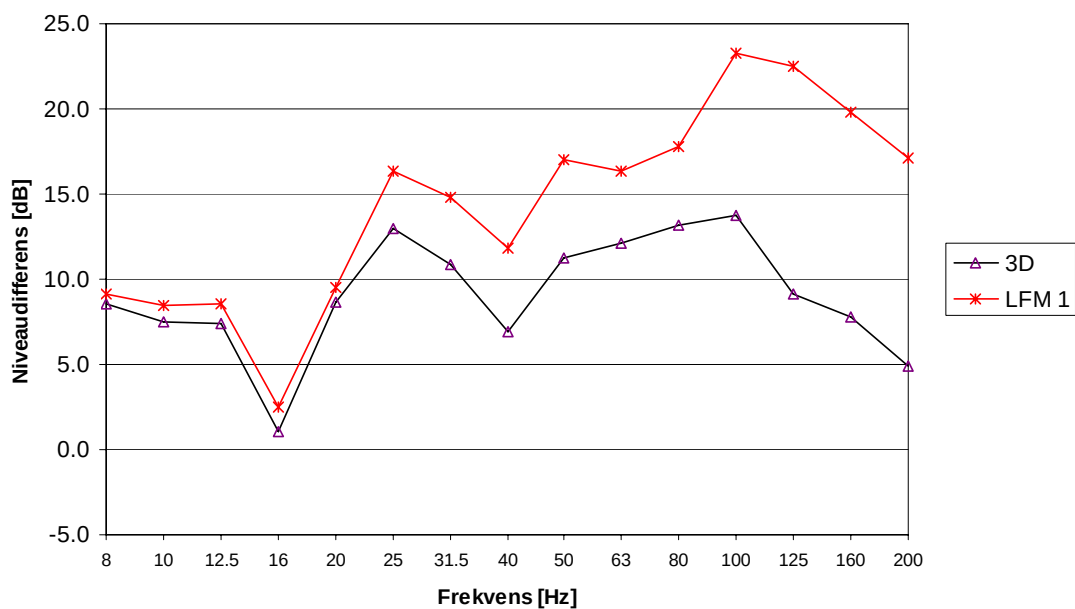
Figur 5

Tulstrup, stue. Frit felt ude/inde niveaudifferens med 3D-positioner og med LFM 1-positioner.



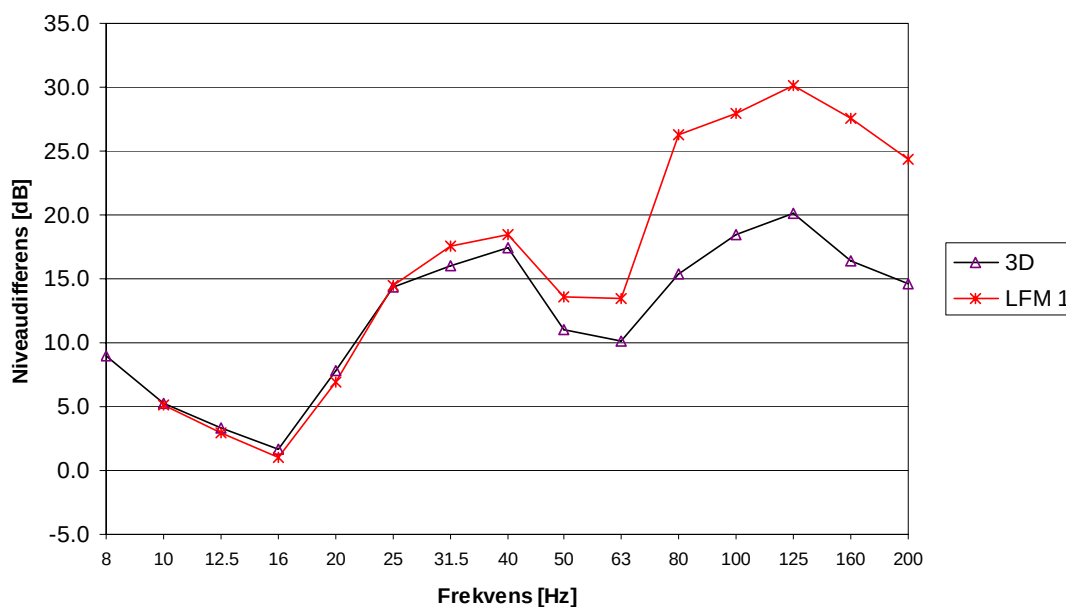
Figur 6

Tulstrup, værelse. Frit felt ude/inde niveaudifferens med 3D-positioner og med LFM 1-positioner.



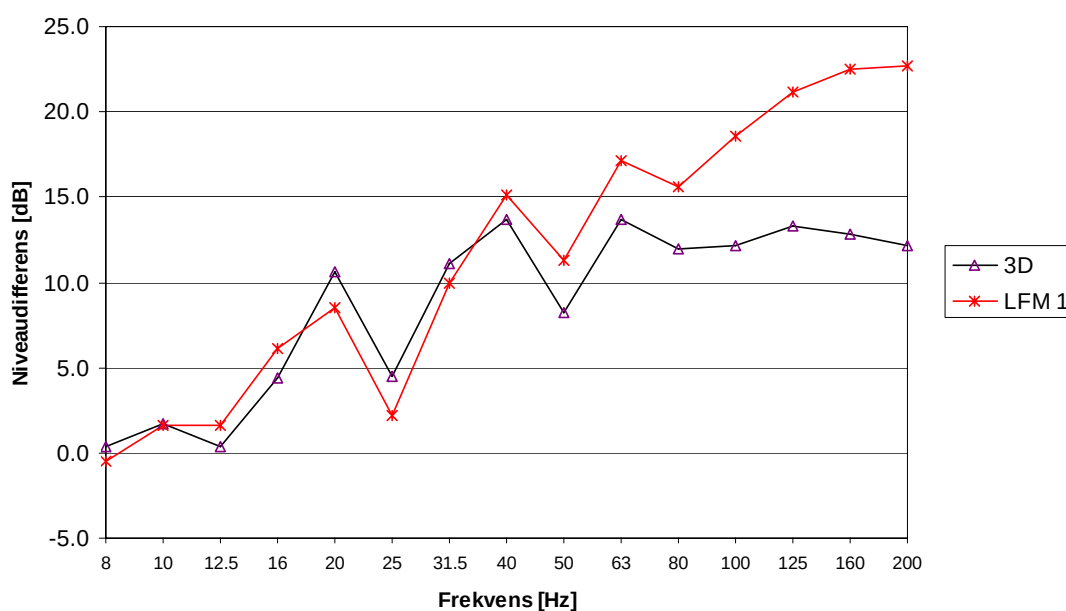
Figur 7

Slangerup, stue. Frit felt ude/inde niveaudifferens med 3D-positioner og med LFM 1-positioner.



Figur 8

Slangerup, værelse. Frit felt ude/inde niveaudifferens med 3D-positioner og med LFM 1-positioner.



Figur 9

Helsingør, stue. Frit felt ude/inde niveaudifferens med 3D-positioner og med LFM 1-positioner.

Da der yderligere er data fra to positioner i opholdsarealet, er der mulighed for LFM-resultater fra i alt 9 kombinationer af målepositioner i hvert rum, idet hjørnepositioner som nævnt også kan repræsentere opholdsarealet. Lydisolationen for disse kombinationer er beregnet og gengivet for hvert rum nedenfor i Figur 10-18. Herudover er der for rum under ca. 20 m² mulighed for at nøjes med to hjørnepositioner. Resultater svarende hertil er vist i figurene for de 4 værelser.

Kombinationerne af målepositioner er som følger:

- LFM 1: MS-A, MS-B og 140-A
- LFM 2: MS-A, MS-B og 140-B
- LFM 3: MS-A, MS-B og 140-C
- LFM 4: MS-A, 140-A og 140-B
- LFM 5: MS-A, 140-B og 140-C
- LFM 6: MS-A, 140-A og 140-C
- LFM 7: MS-B, 140-A og 140-B
- LFM 8: MS-B, 140-B og 140-C
- LFM 9: MS-B, 140-A og 140-C
- LFM 10: MS-A og MS-B (kun værelser)

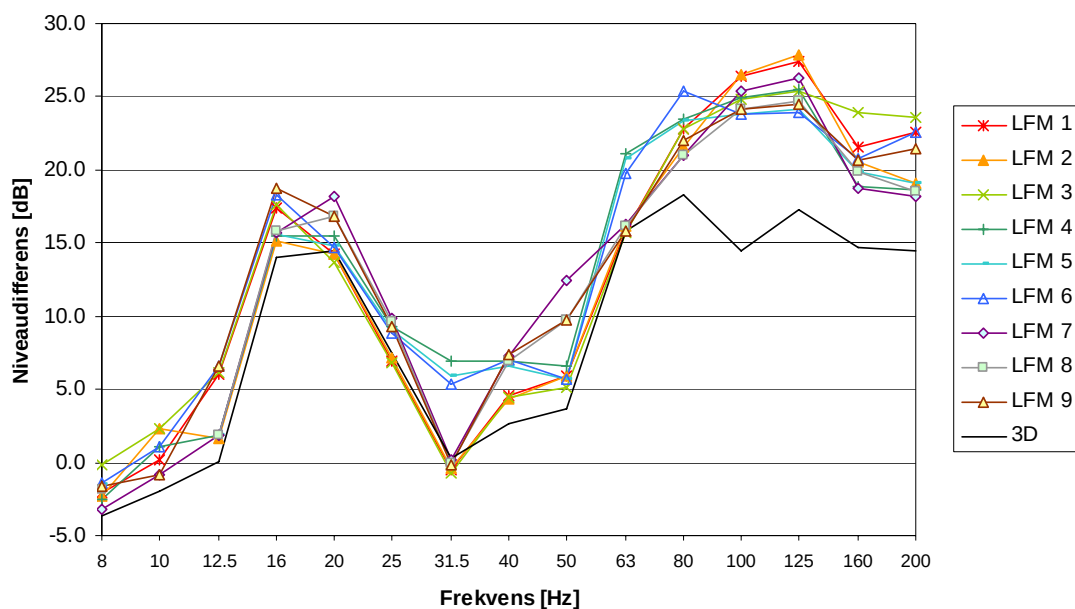
I Tabel 2 vises som et eksempel niveaudifferenserne for alle rum for LFM 5 med en hjørneposition og to positioner i opholdsarealet.

	Frekvens [Hz]	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Målested																
Værløse	Stue	* -1,5		1,9	15,6	14,8	9,0	5,9	6,6	5,7	20,7	23,4	23,8	24,1	19,9	19,0
Værløse	Værelse			10,5	4,2	11,1	9,5	11,2	5,8	13,0	21,9	25,9	23,0	26,1	20,7	20,5
Vejby	Stue			9,1	11,0	12,5	9,4	8,1	5,1	14,5	22,7	28,1	26,3	23,5	26,1	27,4
Vejby	Værelse			13,9	9,4	19,3	9,4	10,4	7,4	15,2	23,0	24,3	29,6	23,3	26,3	26,9
Tulstrup	Stue	* 1,6	* 13,5	* 5,9	7,6	0,3	-0,2	14,3	18,9	17,0	16,9	21,7	31,8	29,1	29,4	28,1
Tulstrup	Værelse			* 15,4	10,0	11,6	14,1	18,7	17,9	19,0	24,5	24,7	26,6	28,7	29,3	21,5
Slangerup	Stue	* 8,4	* 8,2	7,2	1,7	9,2	17,7	18,7	14,2	17,0	15,9	18,7	24,9	19,8	18,3	14,8
Slangerup	Værelse			2,9	1,7	7,3	15,0	23,4	25,3	17,8	14,1	28,0	31,6	27,4	23,5	21,1
Helsingør	Stue	-1,0	2,6	2,8	7,5	11,1	7,8	12,2	15,6	12,3	20,1	16,0	20,1	20,0	20,6	23,0

Tabel 2

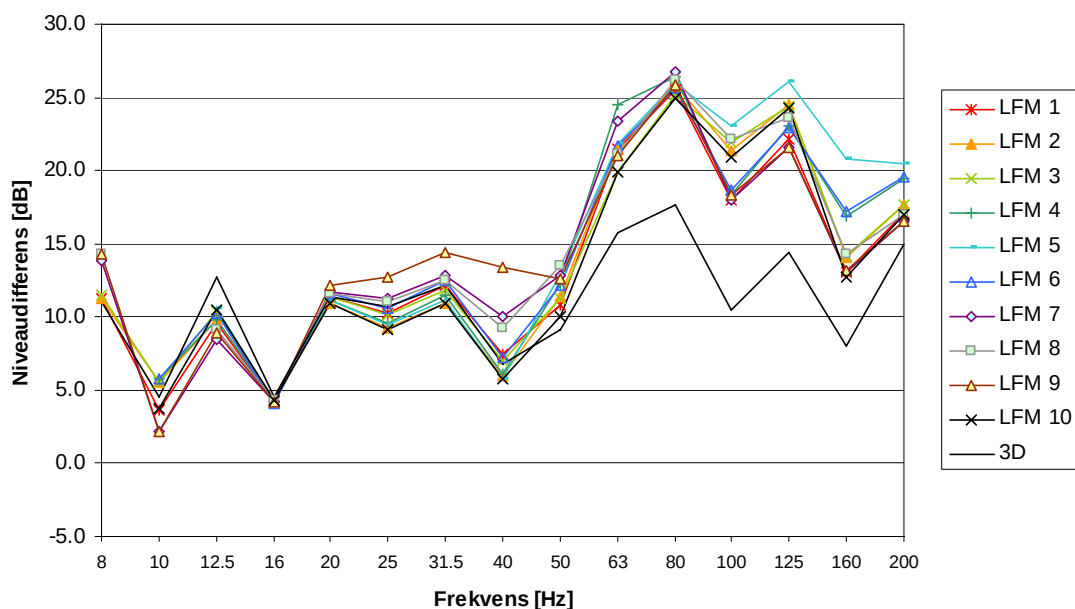
Måleresultater for 5 stuer og 4 værelser. Frit felt ude/inde niveaudifferens i dB per 1/3-oktav målt med LFM 5 (en hjørneposition og to positioner i opholdsarealet).

* Indendørs SNR mellem 1,3 dB og 6 dB, korrektion begrænset til 1,3 dB.



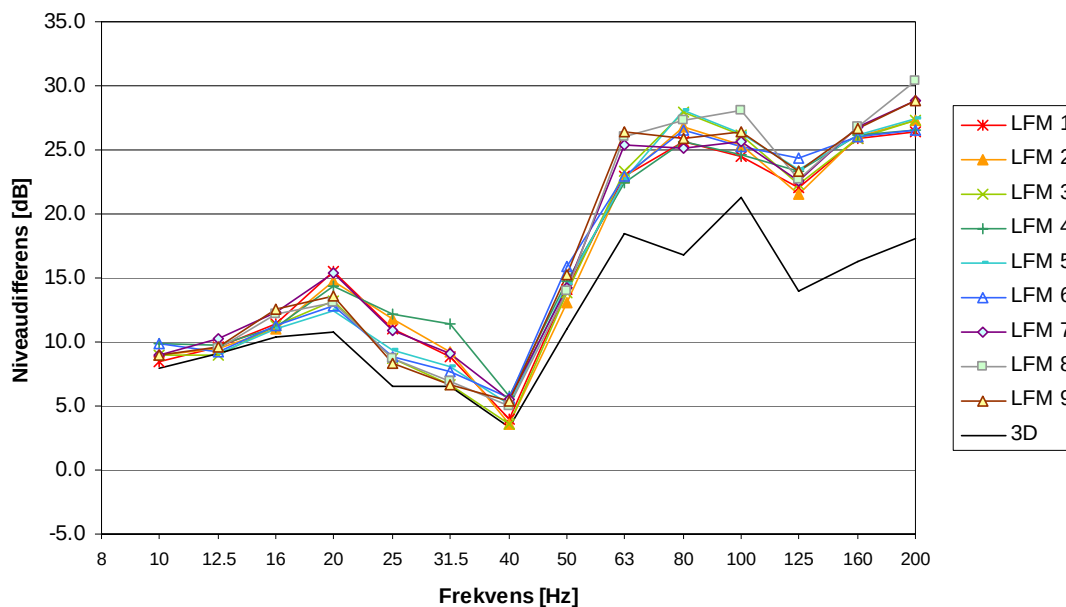
Figur 10

Værløse, stue. Sammenligning af niveaudifferenser for 9 kombinationer af målepositioner, der opfylder kravene i LFM, samt niveaudifferensen med 3D-positioner.



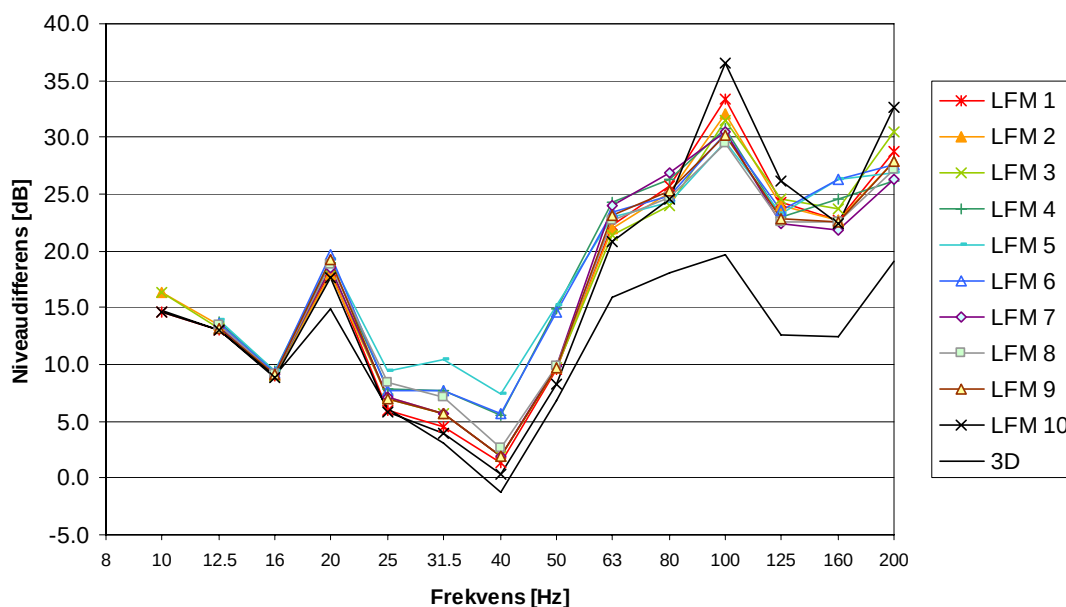
Figur 11

Værløse, værelse. Sammenligning af niveaudifferenser for 10 kombinationer af målepositioner, der opfylder kravene i LFM, samt niveaudifferensen med 3D-positioner.



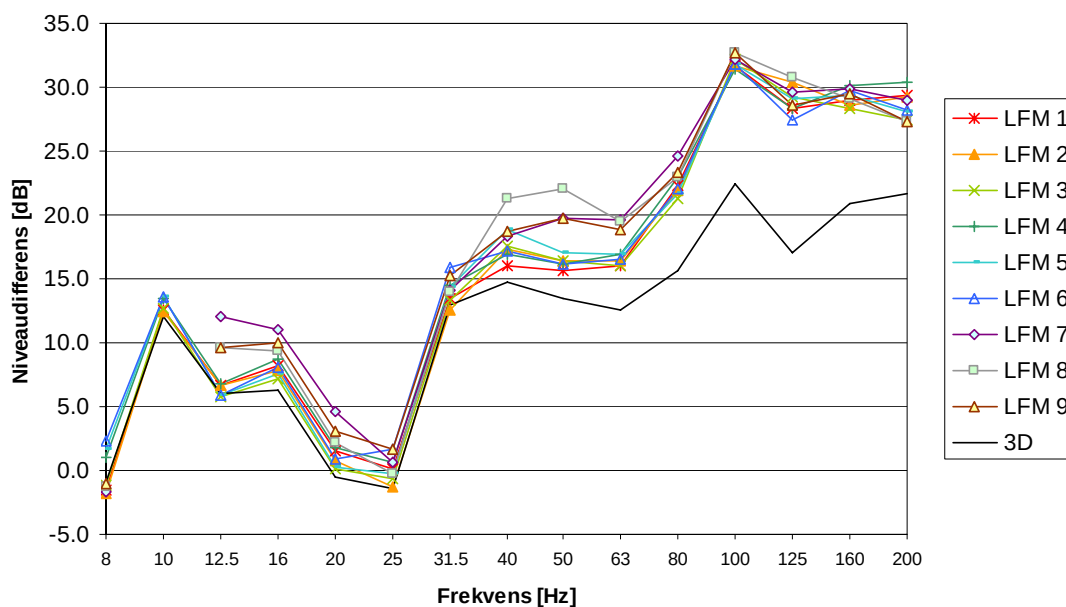
Figur 12

Vejby, stue. Sammenligning af niveaudifferenser for 9 kombinationer af målepositioner, der opfylder kravene i LFM, samt niveaudifferensen med 3D-positioner.



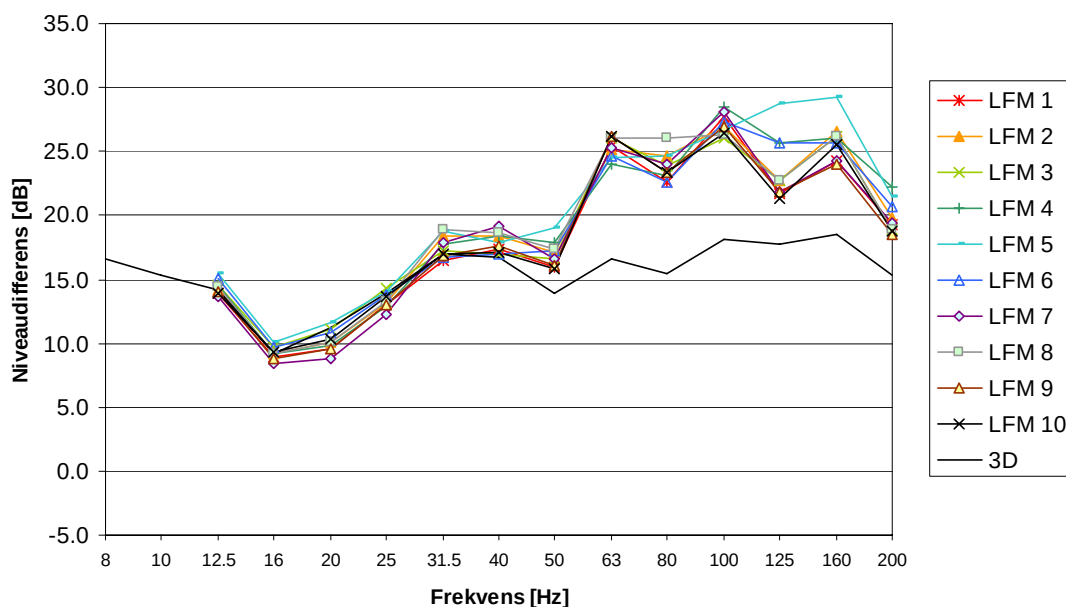
Figur 13

Vejby, værelse. Sammenligning af niveaudifferenser for 10 kombinationer af målepositioner, der opfylder kravene i LFM, samt niveaudifferensen med 3D-positioner.



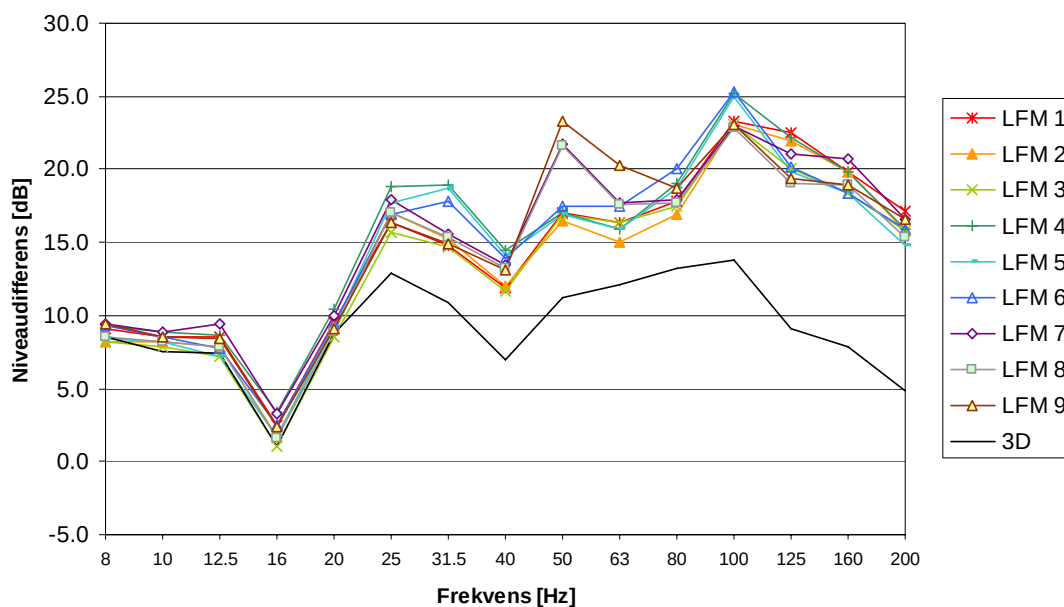
Figur 14

Tulstrup, stue. Sammenligning af niveaudifferenser for 9 kombinationer af målepositioner, der opfylder kravene i LFM, samt niveaudifferensen med 3D-positioner.



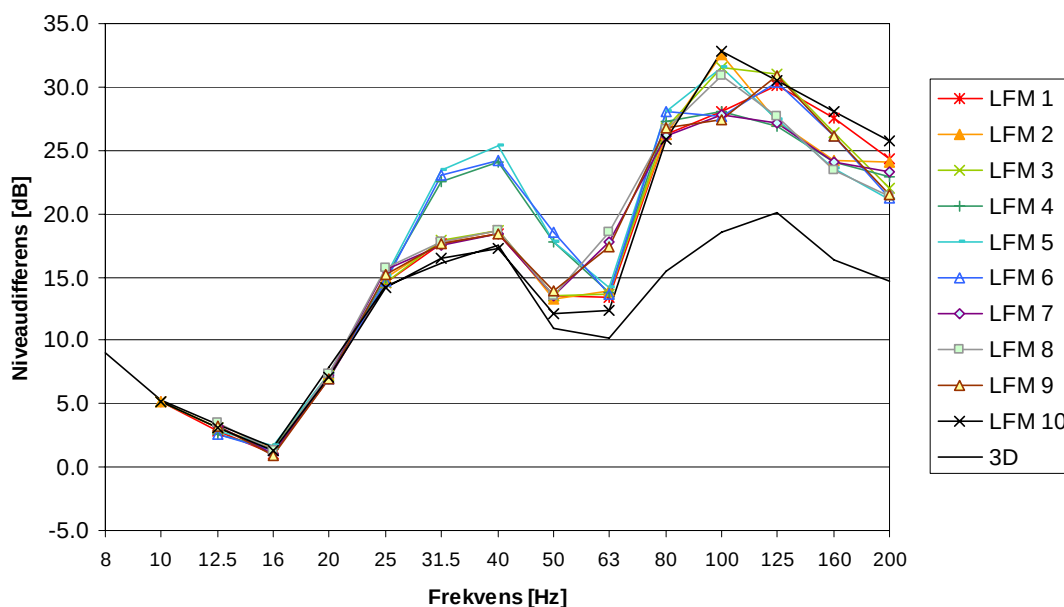
Figur 15

Tulstrup, værelse. Sammenligning af niveaudifferenser for 10 kombinationer af målepositioner, der opfylder kravene i LFM, samt niveaudifferensen med 3D-positioner.



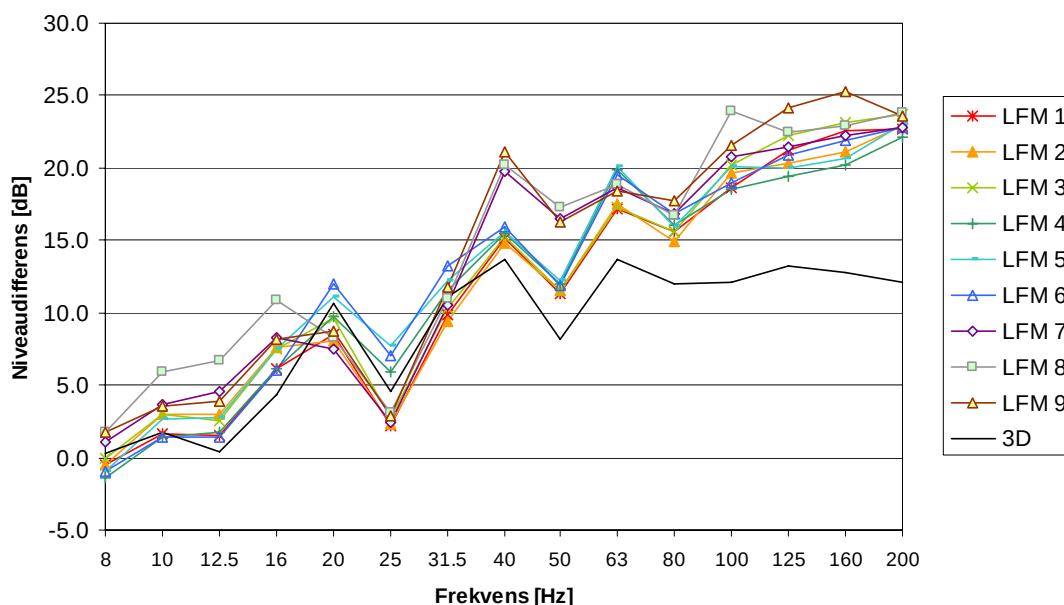
Figur 16

Slangerup, stue. Sammenligning af niveaudifferenser for 9 kombinationer af målepositioner, der opfylder kravene i LFM, samt niveaudifferensen med 3D-positioner.



Figur 17

Slangerup, værelse. Sammenligning af niveaudifferenser for 10 kombinationer af målepositioner, der opfylder kravene i LFM, samt niveaudifferensen med 3D-positioner.



Figur 18

Helsinge, stue. Sammenligning af niveaudifferenser for 9 kombinationer af målepositioner, der opfylder kravene i LFM, samt niveaudifferensen med 3D-positioner.

3. Sammenstillinger

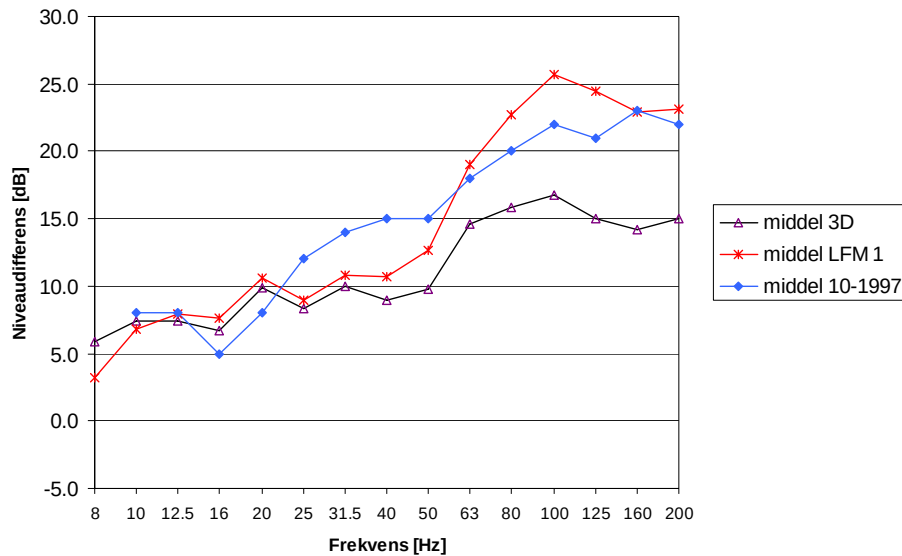
På baggrund af de gennemførte analyser er der foretaget en sammenligning af middelværdier og min./maks.-værdier for de 9 rum i 5 huse opnået med LFM (LFM 1 og LFM 5) og 3D-metoden samt de tidligere resultater fra 17 rum i 9 huse gengivet i Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 10, 1997 (korrigeret til frit felt ude ved at trække 6 dB fra rapportens værdier). Sidstnævnte data er fundet ved brug af en hjørneposition og to positioner i opholdsarealet.

Værdierne er gengivet i Tabel 3 samt i Figur 19-22.

	Frekvens [Hz]	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Målepositioner																
3D	Middelværdi	5,8	7,5	7,4	6,7	9,9	8,3	10,0	9,0	9,8	14,6	15,8	16,8	15,1	14,2	15,0
3D	Maks	16,5	15,3	14,1	14,1	14,9	14,3	17,0	17,5	13,9	18,5	18,3	22,4	20,1	20,9	21,6
3D	Min	-3,7	-1,9	0,0	1,0	-0,5	-1,4	0,3	-1,2	3,6	10,1	11,9	10,4	9,1	7,8	4,9
LFM 1	Middelværdi	3,3	6,9	8,0	7,7	10,6	8,9	10,8	10,7	12,6	19,0	22,7	25,7	24,4	22,9	23,1
LFM 1	Maks	11,3	14,6	13,9	17,4	18,3	16,3	17,6	18,4	17,0	25,4	26,3	33,4	30,1	28,9	29,3
LFM 1	Min	-2,1	0,2	1,6	1,1	1,5	0,1	-0,5	1,3	5,9	13,4	15,6	18,0	21,2	13,0	17,1
LFM 5	Middelværdi	1,9	8,1	7,7	7,6	10,8	10,2	13,7	13,0	14,6	20,0	23,4	26,4	24,7	23,8	22,5
LFM 5	Maks	8,4	13,5	15,4	15,6	19,3	17,7	23,4	25,3	19,0	24,5	28,1	31,8	29,1	29,4	28,1
LFM 5	Min	-1,5	2,6	1,9	1,7	0,3	-0,2	5,9	5,1	5,7	14,1	16,0	20,1	19,8	18,3	14,8
10-1997	Middelværdi		8	8	5	8	12	14	15	15	18	20	22	21	23	22
10-1997	Maks		16	12	14	19	25	28	27	24	25	27	34	27	29	30
10-1997	Min		-4	-1	1	-1	0	-1	2	6	11	13	15	11	13	11

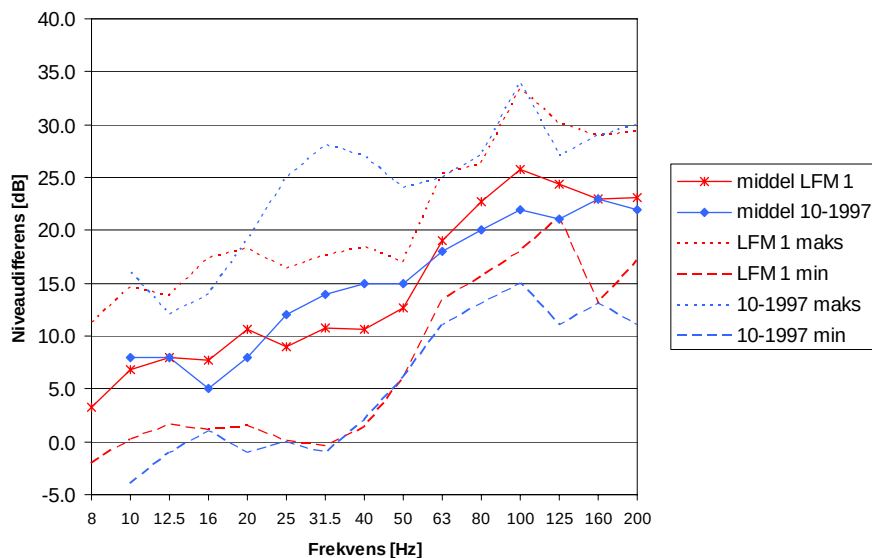
Tabel 3

Aritmetiske middelværdier samt maks.- og min.-værdier for data fra 5 huse for frit felt ude/inde niveaudifferens i dB per 1/3-oktav målt med 3D-positioner, LFM 1 (to hjørnepositioner og en position i opholdsarealet) og LFM 5 (en hjørneposition og to positioner i opholdsarealet). Herudover data fra 9 huse fra Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 10, 1997 (tilsvarende korrigeret til frit felt).



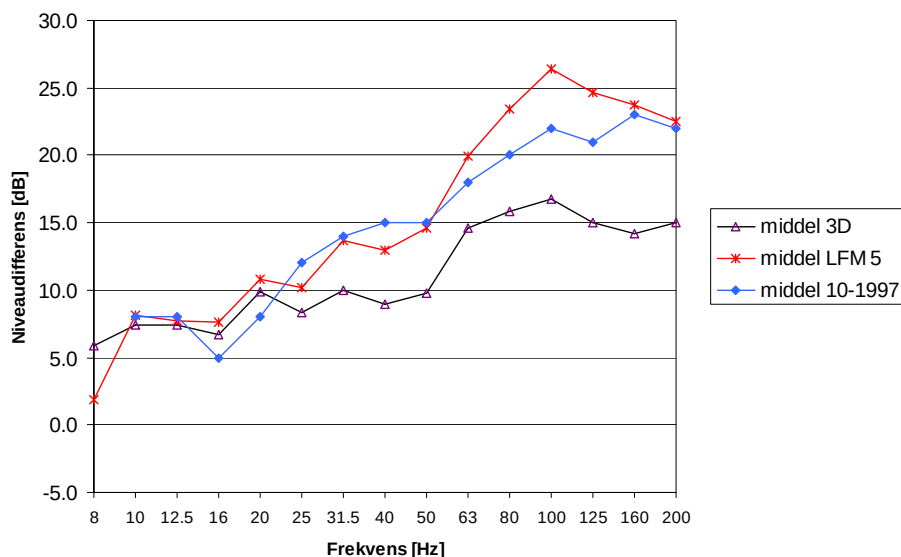
Figur 19

Sammenligning af middelværdier for 9 rum for frit felt ude/inde niveaudifferens i dB per 1/3-oktav målt med 3D-positioner, LFM 1 (to hjørnepositioner og en position i opholdsarealet) og data for 17 rum fra Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 10, 1997 (tilsvarende korrigeret til frit felt).



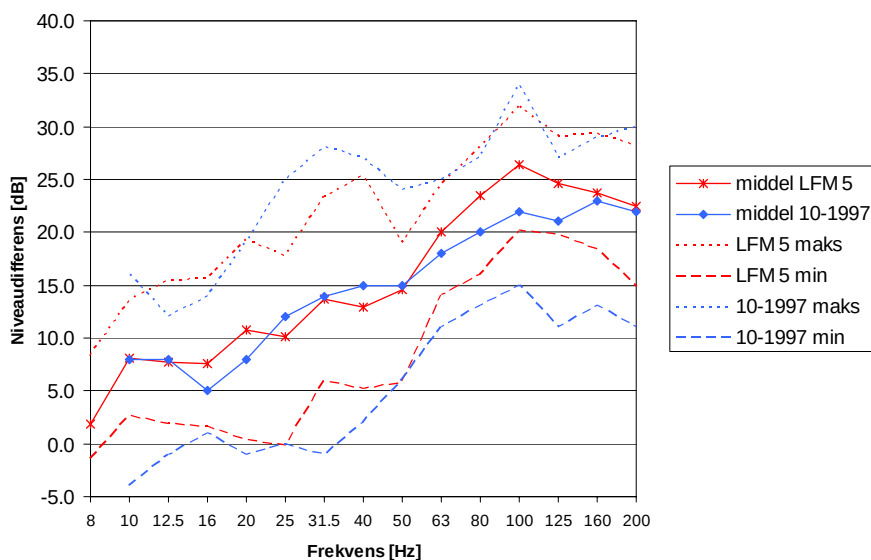
Figur 20

Sammenligning af middelværdier samt maks.- og min.-værdier for 9 rum for frit felt ude/inde niveaudifferens i dB per 1/3-oktav målt med LFM 1-positioner (to hjørnepositioner og en position i opholdsarealet) og data for 17 rum fra Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 10, 1997 (tilsvarende korrigeret til frit felt).



Figur 21

Sammenligning af middelværdier for 9 rum for frit felt ude/inde niveaudifferens i dB per 1/3-oktav målt med 3D-positioner, LFM 5 (en hjørneposition og to positioner i opholdsarealet) og data for 17 rum fra Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 10, 1997 (tilsvarende korrigeret til frit felt).



Figur 22

Sammenligning af middelværdier samt maks.- og min.-værdier for 9 rum for frit felt ude/inde niveaudifferens i dB per 1/3-oktav målt med LFM 5-positioner (en hjørneposition og to positioner i opholdsarealet) og data for 17 rum fra Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 10, 1997 (tilsvarende korrigeret til frit felt).

4. Vurdering

Som beskrevet i Rapport AV 1079/08 er der god overensstemmelse mellem 3D-resultaterne og LFM-resultaterne i den lave del af frekvensområdet, mens der som ventet systematisk fås 5-10 dB højere niveaudifferencer med LFM i forhold til 3D-værdierne i frekvensområdet fra ca. 50 Hz til 200 Hz. For LFM 5-resultaterne med kun en hjørneposition ses herudover 3-5 dB højere værdier i forhold til 3D-værdierne i frekvensområdet fra ca. 25 Hz til 40 Hz.

Sammenligningerne mellem de tidligere fundne resultater fra Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 10, 1997 og LFM 1- samt LFM 5-værdierne viser en god overensstemmelse mellem midelværdierne under hensyn til den begrænsede datamængde og forskellene i husenes facader, rumstørrelser mv. De nyeste værdier ligger dog 3-5 dB højere i frekvensområdet omkring 100 Hz end de tidligere resultater. Denne forskel kan ikke umiddelbart forklares. At værdierne for LFM 1 i frekvensområdet 25-50 Hz ligger lavere end de tidligere fundne niveaudifferencer kan derimod skyldes, at der i forhold til de tidligere målinger her er benyttet to hjørnepositioner. For LFM 5-værdierne, der ligesom de tidligere målinger er baseret på en hjørneposition og to positioner i opholdsarealet, er overensstemmelsen bedre. Generelt afspejles de fundne afvigelser også i de viste maks.- og min.-værdier.

5. Referencer

- [1] Measurements of Sound Insulation of Facades, EFP-06 Project Low Frequency Noise from Large Wind Turbines, Project Report AV 1097/08, DELTA, 2008. Udført for Energistyrelsen. Lokaliseret på www.delta.dk.
- [2] EN ISO 140-5:1998, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of facade elements and façades, 1998.
- [3] Vurdering af lavfrekvent støj fra færger – 2, DELTA Akustik & Vibration, Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 10, 1997.
- [4] Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø, Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9, 1997.
- [5] Ikke publicerede måledata indhentet af DELTA i forbindelse med EFP-06 Projekt Low Frequency Noise from Large Wind Turbines, Measurements of Sound Insulation of Facades.