



ARBEJDSMILJØCENTER MIDT-VEST APS
THY WINDPOWER 6 KW MØLLE
ASTRUPVEJ 29, 7760 HURUP

Rekvirent

Arbejds miljøcenter Midt-Vest ApS
att. Henning Beyer
Lyngbro 7
7900 Nykøbing M
DK

Bestemmelse af lydeffekt fra Thy Windpower 6 kw mølle "Miljømåling ekstern støj"

Rådgiver

Orbicon A/S
Birk Centerpark 40
7400 Herning

Projekt : 1381000145
Projektleder : Bjørn Petersen
Certifikat nr. : 24057
"Miljømåling ekstern støj"

Revisionsnr. : 4, Tidligere udgaver er tilbagekaldt
Udgivet : 6. december 2011

Orbicon A/S
Birk Centerpark 40
7400 Herning
97 22 44 22

info@orbicon.dk
www.orbicon.dk

CVR nr: 21 26 55 43

Nordea:
2783-0566110733

INDHOLDSFORTEGNELSE

1	Bilagfortegnelse	2
2	Resume	3
3	Baggrund og formål	4
4	Måleobjekt	4
5	Måleforhold	4
6	Målemetode	5
7	Måleinstrumenter	5
8	måleresultater	5
9	Baggrundsstøj.....	6
10	Beregning af lydeffektniveau	6
11	Toneanalyse	7
12	Usikkerhed.....	7
13	Bestemmelse af lydtrykkniveau L_{pA} , i udvalgt afstande	7

1 BILAGFORTEGNELSE

Bilag 1	Fortegnelse over støjmåleudstyr og software (1 side)
Bilag 2	Registreringer, måleparameter og delresultater (2 side)
Bilag 3	Bestemmelse af lydtrykkniveau L_{pA} , i udvalgte afstande (1 side)
Bilag 4	Fortegnelse over støjmåleudstyr og software, brugt til toneanalyse den 2 november 2011 (1 side)
Bilag 5	Toneanalyse

2 RESUME

Opgaven løses med Orbicon A/S som underleverandør for Arbejdsmiljø Midt Vest ApS, hvorfor spørgsmål til dette arbejde skal stiles til Arbejdsmiljø Midt Vest ApS.

Efter aftale med Leif Pindholdt og Henning Beyer, har Orbicon A/S foretaget måling til bestemmelse af støjemissionen fra en Thy windpower 6 kw vindmølle opstillet Astrupvej 29, 7760 Hurup. Vindmøllen produceres hos Grønkjær's Maskinværksted, og sælges via ThyMøllen.

Målingen er udført efter følgende vejledninger:

Bekendtgørelse nr. 1518 af 14/12/2006 (Vindmøllebekendtgørelsen)

Vejledning fra miljøstyrelsen nr. 6/1984, Måling af ekstern støj fra virksomheder

Da Orbicon ikke kan levere certificerede støjmålinger længere, er toneanalysen i denne rapport udført af BP Støjmåling, certifikat nr. 24057.

Vindmøllens lydeffektniveauer ved referencevindhastighederne 6 m/s og 8 m/s, $L_{WA,ref}$, fremgår af tabel 2.1.

Vindhastighed	6 m/s	8 m/s
$L_{WA,ref}$	82	87

Tabel 2.1: Lydeffektniveauer ved 6 m/s og 8 m/s.

I en afstand af møllen på 56,5 m ved 6 m/s, giver vindmøllen et lydtrykniveau på 37dB(A).

I en afstand af møllen på 82 m ved 8 m/s, giver vindmøllen et lydtrykniveau på 39dB(A).

3 BAGGRUND OG FORMÅL

Opgaven løses med Orbicon A/S som underleverandør for Arbejdsmiljø Midt Vest ApS, hvorfor spørgsmål til dette arbejde skal stiles til Arbejdsmiljø Midt Vest ApS.

Efter aftale med Leif Pindholdt og Henning Beyer, har Orbicon A/S foretaget måling til bestemmelse af støjemissionen fra en Thy windpower 6 kw vindmølle opstillet Astrupvej 29, 7760 Hurup. Vindmøllen produceres hos Grønkjær's Maskinværksted, og sælges via ThyMøllen.



Foto 1, Området omkring Astrupvej 29

Astrupvej 29



Foto 2, Astrupvej 29

Formålet er at bestemme lydeffekten af vindmølle, samt lydtrykket i ca. 50m, 100 m, 150 m og 200 m.

4 MÅLEOBJEKT

Vindmøllen er af typen Thy windpower 6 kw og har en navhøjde på 18 m. Rotordiameteren er 7 m. Vindmøllen har en generator. Vindmøllen er placeret på et skrånende terræn, fra vest mod øst. Terrænet er dyrket landbrugsjord. Vindmøllens placering kan se på foto 1 og 2.

5 MÅLEFORHOLD

Målinger af lydeffekten blev foretaget den 25.01.2011 i tidsrummet kl. 10.00-15.00.

De meteorologiske forhold var:

Vind og vindretning:	5-9 m/s, nord
Skydække:	4/8 overskyet
Temperatur:	-2 °C

Måling for Toneanalyser og vurdering af impulser blev foretaget den 2.11.2011 i tidsrummet 9.30-12.00.

De meteorologiske forhold var:

Vind og vindretning:	5-9 m/s, syd til sydøst
Skydække:	8/8 overskyet
Temperatur:	11 °C

6 MÅLEMETODE

Målingerne er foretaget i overensstemmelse med retningslinjerne i Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1518 af 14. december 2006 fra Miljøministeriet, "Bekendtgørelse om støj fra Vindmøller".

Støjen fra vindmøllen er målt i læsiden af vindmøllen i en vandret afstand på 23 m til rotor centrum. Dette svare ca. til navhøjden plus en halv rotordiameter. Målemikrofonen var monteret på lydhårdt underlag 1*1 m. Pladen var placeret direkte på jorden. Mikrofonen var monteret med en halv vindskærm.

Det var ikke muligt at registrere møllens effekt. I stedet er der under målingen foretaget målinger af vindhastigheden i modvindssiden (foran vindmøllen) ud for rotoren i højde 10 m over jorden og en vandret afstand af 14 m til bestemmelse af referencevindhastighederne v_{ref} . Der er anvendt en ruhedslængde på 0,05 m, som svare til landsbrugsarealer med begrænset vegetation.

Ved måling af baggrundsstøj blev vindmøllen standset. Ved måling af baggrundsstøj blev vindhastigheden og vindretningen ligeledes målt i 10 meters højde.

Samtidige værdier af ækvivalent støjniveau og vindhastighed midlet over 1 minuts perioder er bestemt for hele måleperioden.

På baggrund af målingerne er de ækvivalente støjniveauer, $L_{A,ref,k}$, ved referencevindhastigheder 6 m/s og 8 m/s bestemt. Resultaterne er baseret på middelværdier af målt 1/1-oktav spektre.

7 MÅLEINSTRUMENTER

De anvendte måleinstrumenter fremgår af bilag 1 og 4.

8 MÅLERESULTATER

Måleresultaterne, gives som de ækvivalente totalstøjniveauer, $L_{Aeq}(1 \text{ minut})$ og baggrundsstøjniveauet vist som funktion af vindhastigheden fremgår af bilag 2.

De målte 1/1-oktavspektre er sorteret efter vindhastighed og for 6 m/s og 8 m/s er middelspektret bestemt for både totalstøjen og baggrundsstøjen. Totalstøjspektret er korrigeret med det tilhørende baggrundsstøjspektrum.

Af Tabel 8.1 fremgår antallet af spektre anvendt til beregning af middelværdierne.

Vindhastighed	$5,5 \text{ m/s} \leq V_{\text{ref}} \leq 6,5$	$7,5 \text{ m/s} \leq V_{\text{ref}} \leq 8,5 \text{ m/s}$
Totalstøj	5	6
Baggrundsstøj	5	5

Tabel 8.1: Antal Spektre i referenceintervallerne

Kravene til vindhastighed i bekendtgørelse nr. 1518 fra Miljøministeriet er overholdt for måling af støj fra vindmøller med undtagelser af målingen af totalstøj ved 6 m/s. Her er der ikke opnået en måling ved $5,5 \text{ m/s} \leq V_{\text{ref}} < 6 \text{ m/s}$. Ved 8 m/s måling af totalstøj, er ikke opnået en måling ved $7,5 \text{ m/s} \leq V_{\text{ref}} < 8 \text{ m/s}$. Det forventes derfor at vindmøllestøjen bliver overestimeret.

De midlede støjniveauet i måleafstanden 23 m fra vindmøllen ved referencevindhastighederne 6 m/s og 8 m/s, fremgår af Tabel 8.2.

Vindhastighed	6 m/s	8 m/s
Totalstøj, $L_{A,\text{ref}}$	49,3	54,5
Baggrundsstøj, $L_{A,B}$	44,6	49,8

Tabel 8.2: Målet middelstøjniveauer ved referencevindhastighederne ved 6 m/s og 8 m/s. Totalstøjværdier i tabellen er ikke korrigerede for baggrundsstøj.

9 BAGGRUNDSSTØJ

Der er i forlængelser af målingerne målt baggrundsstøj med vindmøllen slukket. Baggrundsstøjen stammer fra vind i vegetation, samt fjern trafikstøj.

Det er ved målingerne opnå et baggrundsstøjniveau mindre end 6 dB, hvorfor der er foretaget en baggrundsstøjskorrektion på -1,3 dB. Det vurderes der for at vindmølle støjen bliver overestimeret.

Det er vurderet at det ikke er muligt at finde andre måletidspunkter med mindre baggrundsstøj.

10 BEREGNING AF LYDEFFEKTNIVEAU

Beregning af vindmøllens lydeffektniveau, $L_{WA,\text{ref}}$, i 1/1-oktavbånd ved referencevindhastighederne 6 m/s og 8 m/s er foretaget ud fra den antagelse, af støjen udstråles fra en punktkilde placeret i navhøjde.

$$L_{WA,\text{ref}} = L_{A,\text{ref},k} + 10 \cdot \log(4\pi(R^2 + h^2)) - 6 \text{ dB}$$

Hvor: R = den aktuelle måleafstand mellem mikrofon og vindmøllens fod

h = vindmøllens navhøjde

6 dB er en korrektion på grund af måling tæt ved en reflekterende plade på jorden

Vindmøllens lydeffektniveauer ved referencevindhastighederne 6 m/s og 8 m/s, $L_{WA,\text{ref}}$, fremgår af tabel 9.1.

Vindhastighed	6 m/s	8 m/s
$L_{WA,ref}$	82,3	87,5

Tabel 10.1: Lydeffektniveauer ved 6 m/s og 8 m/s.

I bilag 2 fremgår vindmøllens lydeffektniveau $L_{WA,ref}$ i 1/1-oktoavbånd for vindhastigheder på henholdsvis 6 m/s og 8 m/s.

11 TONEANALYSE

Det er undersøgt om støjen fra vindmøllen indeholder tydelige hørbare toner. Der er foretaget en objektiv måling efter retningslinjerne i kapitel 7 i Miljøstyrelsens vejledning om måling af ekstern støj, nr. 6/1984, samt orientering nr. 13 fra referencelaboratoriet "måling af hørbare toner i støj".

Målingen er foretaget den 2 november 2011, af BP Støjmåling, certifikat nr. 24057.

Under målingen blev det desuden vurderet at støjen fra vindmøllen ikke indeholder impulser.

Målingen er foretaget i læsiden af vindmøllen i en vandret afstand på 23 m til rotor centrum. Dette svare til navhøjden plus en halv rotordiameter. Målemikrofonen var monteret på lydhårdt underlag 1*1 m. Pladen var placeret direkte på jorden. Mikrofonen var monteret med en halv vindskærm.

Der er ved objektiv toneanalyse konstateret at støjen fra vindmøllen ikke indeholder tydelige hørbare toner. Se bilag 5.

Det er derfor ikke givet tillæg.

12 USIKKERHED

Ubestemtheden ved beregning af støjniveauet i omgivelserne L_{pA} er ± 2 dB ved 90 % dobbeltsidet konfidens i henhold til Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1518 af 14. december 2006, "Bekendtgørelse om støj fra vindmøller".

13 BESTEMMELSE AF LYDTRYKNIVEAU L_{pA} , I UDVALGT AFSTANDE

I et punkt kan møllens lydtrykniveau L_{pA} i 1/1-oktavbånd i 1,5 m's højde bestemmes ved ligning:

$$L_{pA} = L_{WA,ref} - 10 \cdot \log(l^2 + h^2) - 11 \text{ dB} + \Delta L_g - \Delta L_a$$

Hvor: l = afstanden i meter fra møllens fod til beregningspunktet

$$11 \text{ dB} = \text{korrektion for afstand. } 10 \cdot \log 4\pi$$

ΔL_a = korrektion for terræn (1,5 dB for landbaserede møller og 3 dB for offshoremøller)

ΔL_a = luftabsorption ($\alpha_a \sqrt{l^2 + h^2}$), hvor dæmpnings koefficienten α_a fremgår af oktavbånds centerfrekvens tabel i bilag 3.

Det totale A-vægtede lydtrykniveau $L_{pA, \text{tot}}$ i punktet findes derefter ved at addere lydtrykniveauerne $L_{pA, i}$ i de enkelte 1/1 oktavbånd, ved ligning:


$$L_{pA, \text{tot}} = 10 * \log \sum 10^{\frac{L_{pA, i}}{10}}$$

Ubestemtheden på det beregnede lydtrykniveau $L_{pA, \text{tot}}$ ved brug af denne fremgangsmåde er ± 2 dB.

I bilag 3 er beregnet lydtrykniveau i udvalgte afstande.

I en afstand af møllen på 56,5 m ved 6 m/s, giver vindmøllen et lydtrykniveau på 37dB(A).

I en afstand af møllen på 82 m ved 8 m/s, giver vindmøllen et lydtrykniveau på 39dB(A).

Virksomhed		Thy Windpower 6 kw mølle					
Sagsnr.		1381000145					
Projekt		"Miljømåling ekstern støj"					
Fortegnelse over støjmåleudstyr og software							
"X" angiver udstyr anvendt ved denne måling							
Instrumen	Fabrikat	Type	Serie/reg.nr.	Sidste kontrol	Næste kontrol	Laboratorium	X
Integr. Lydtrykmåler	Svantek	959	21228	20.01.2011	20.01.2013	Svantek	
Mikrofon	G.R.A.S	40AE	133152	20.01.2011	20.01.2013	Svantek	
Integr. Lydtrykmåler	B&K	2260	2290663	06.10.2010	06.10.2012	Brüel og Kjær	x
Mikrofon	B&K	4189	2281944	06.10.2010	06.10.2012	Brüel og Kjær	x
Kalibrator	B&K	4231	2052830	17.08.2010	17.08.2011	Delta	x
Vindmåleudstyr	Davis	Vantage Pro 6060EU	A21216A49	18.11.2009	18.11.2011	Buhl og Bønsøe	x
Minidisc-recorder	HBB	MPD-500	13761	27.7.2009	27.07.2011	Delta	
Minidisc	HBB	MD74					
<u>EDB programmer</u>							
Støjberegningsprogram	SoundPLAN	Version 7.0	5044				
Støjanalyse program	SvanPC						

Total støj 5,5-6,5 m/s

Ligning 1.1.2 vref m/s	Gennemsnit af målte lydtrykniveauer								LAeq
	Frekvensbånd Hz								
	63 dB(A)	125 dB(A)	250 dB(A)	500 dB(A)	1000 dB(A)	2000 dB(A)	4000 dB(A)	8000 dB(A)	
6,5	28,1	35,8	40,4	43,8	45,5	43,0	35,6	31,7	50,0
6,5	27,4	34,5	39,7	42,7	44,5	41,4	34,6	31,8	48,9
6,4	29,2	35,3	40,7	43,4	45,1	42,0	34,6	31,9	49,5
6,2	26,2	34,7	39,4	42,1	45,0	42,9	35,6	32,5	49,3
6,5	25,4	34,7	39,4	41,9	44,4	41,7	33,9	32,5	48,7
Gennemsnit	27,5	35,0	39,9	42,8	44,9	42,2	34,9	32,1	49,3

Total støj 7,5-8,5 m/s

Ligning 1.1.2 vref m/s	Gennemsnit af målte lydtrykniveauer								LAeq
	Frekvensbånd Hz								
	63 dB(A)	125 dB(A)	250 dB(A)	500 dB(A)	1000 dB(A)	2000 dB(A)	4000 dB(A)	8000 dB(A)	
8	28,3	36,8	41,5	45,0	46,4	43,6	36,2	33,8	51,0
8,5	31,1	38,7	43,6	47,0	48,8	47,4	41,5	35,7	53,6
8,5	31,3	39,5	44,6	48,7	50,8	49,8	41,6	34,7	55,4
8	30,4	38,3	43,3	47,0	48,9	48,7	41,9	36,5	54,0
8,5	34,3	42,4	47,7	51,3	54,1	52,4	45,2	38,6	58,4
8	28,3	36,1	40,8	44,6	46,3	44,1	37,9	33,4	50,9
8	31,1	38,2	43,8	46,7	48,1	46,3	39,6	33,2	53,0
Gennemsnit	31,1	39,0	44,2	47,7	49,9	48,4	41,4	35,5	54,5

Baggrundsstøj 5,5-6,5 m/s

Ligning 1.1.2 vref m/s	Gennemsnit af målte lydtrykniveauer								LAeq
	Frekvensbånd Hz								
	63 dB(A)	125 dB(A)	250 dB(A)	500 dB(A)	1000 dB(A)	2000 dB(A)	4000 dB(A)	8000 dB(A)	
6	24,7	31,1	36,1	38,9	40,2	41,1	38,6	35,4	46,7
6,5	24,7	30,0	35,0	37,3	38,4	36,9	34,5	31,0	44,1
6,5	23,3	29,2	33,9	37,2	37,9	36,2	34,5	31,5	43,7
6	24,3	29,2	33,9	36,6	36,3	35,5	34,4	31,3	43,0
5,6	25,7	29,2	34,5	37,5	38,9	37,9	34,5	31,5	44,4
Gennemsnit	24,6	29,8	34,8	37,6	38,5	38,0	35,7	32,5	44,6

Baggrundsstøj 7,5-8,5 m/s

Ligning 1.1.2 vref m/s	Gennemsnit af målte lydtrykniveauer								LAeq
	Frekvensbånd Hz								
	63 dB(A)	125 dB(A)	250 dB(A)	500 dB(A)	1000 dB(A)	2000 dB(A)	4000 dB(A)	8000 dB(A)	
8	28,3	41,4	41,0	46,9	44,1	38,8	35,8	32,8	50,6
8,4	28,5	41,2	40,7	45,8	45,2	41,8	35,1	32,8	50,7
8	26,9	40,6	40,5	45,6	43,4	41,3	35,9	32,8	50,0
7,6	32,7	38,4	37,8	43,4	41,8	37,0	34,0	31,6	47,8
7,8	25,7	40,0	41,1	44,3	42,2	40,6	35,4	31,9	49,2
Gennemsnit	29,2	40,4	40,4	45,4	43,5	40,2	35,3	32,4	49,8

Z (terrænrødhed) = 0,05 landbrusarealer med vegetation
 h (navnhøjde) = 18 m
 d (rotor diameter) = 7 m
 Måleafstand R = 23 m
 Målt vindhastigheds højde= 10 m

Det korrigerede referencelydtryk (vindmølle støj - 1,3)

	Frekvensbånd Hz								LAeq
	63 dB(A)	125 dB(A)	250 dB(A)	500 dB(A)	1000 dB(A)	2000 dB(A)	4000 dB(A)	8000 dB(A)	
v. 6 m/s	26,2	33,7	38,6	41,5	43,6	40,9	33,6	30,8	48,0
v. 8 m/s	29,8	37,7	42,9	46,4	48,6	47,1	40,1	34,2	53,2

Beregnet kildestyrke LwA (korrigeret -1,3 db i baggrundsstøj)

	Frekvensbånd Hz								LAeq
	63 dB(A)	125 dB(A)	250 dB(A)	500 dB(A)	1000 dB(A)	2000 dB(A)	4000 dB(A)	8000 dB(A)	
v. 6 m/s	60,5	68,0	72,9	75,8	77,9	75,2	67,9	65,1	82,31
v. 8 m/s	64,1	72,0	77,2	80,7	82,9	81,5	74,4	68,5	87,46

Beregnet kildestyrke LwA (korrigeret -1,3 db i baggrundsstøj)

		Hz								LAeq
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
		dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	
v. 6 m/s		60,5	68,0	72,9	75,8	77,9	75,2	67,9	65,1	82,31
v. 8 m/s		64,1	72,0	77,2	80,7	82,9	81,5	74,4	68,5	87,46

		Hz							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
		dB/m	dB/m	dB/m	dB/m	dB/m	dB/m	dB/m	dB/m
Oktavbånds centerfrekvens α i dB/m		0,001	0,0004	0,001	0,002	0,0036	0,0088	0,029	0,1045

Bestemmelse af Lydtrykniveaue LpA i udvalgte afstande.

Afstand		Møllehøjde m		18							
		Hz								LAeq	
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
m	v. m/s	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)		
56,5	6	15,4	23,0	27,9	30,8	32,8	29,8	21,2	13,9	37,0	
100	6	10,7	18,3	23,2	26,0	27,9	24,7	15,3	4,8	32,1	
150	6	7,2	14,9	19,7	22,5	24,3	20,8	10,5	-3,8	28,5	
200	6	4,7	12,4	17,2	19,9	21,6	17,9	6,5	-11,5	25,8	
82	8	16,1	24,0	29,1	32,6	34,6	32,7	24,0	11,8	39,0	
100	8	14,4	22,4	27,4	30,9	32,9	30,9	21,8	8,3	37,2	
150	8	10,9	18,9	23,9	27,3	29,2	27,0	16,9	-0,4	33,6	
200	8	8,4	16,4	21,4	24,8	26,6	24,1	13,0	-8,0	30,9	

BP Støjmåling

Udstyr anvendt til toneanalyse, den 2 november 2011

Fortegnelse over støjmåleudstyr og software

"X" angiver udstyr anvendt ved denne måling

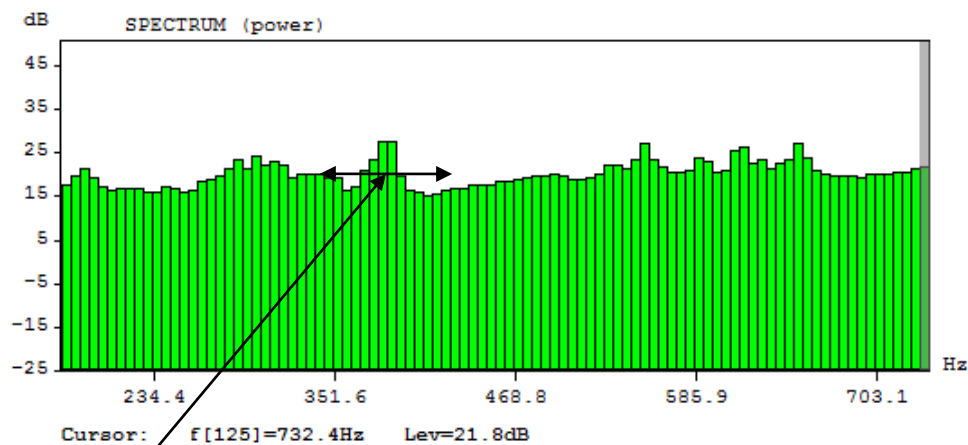
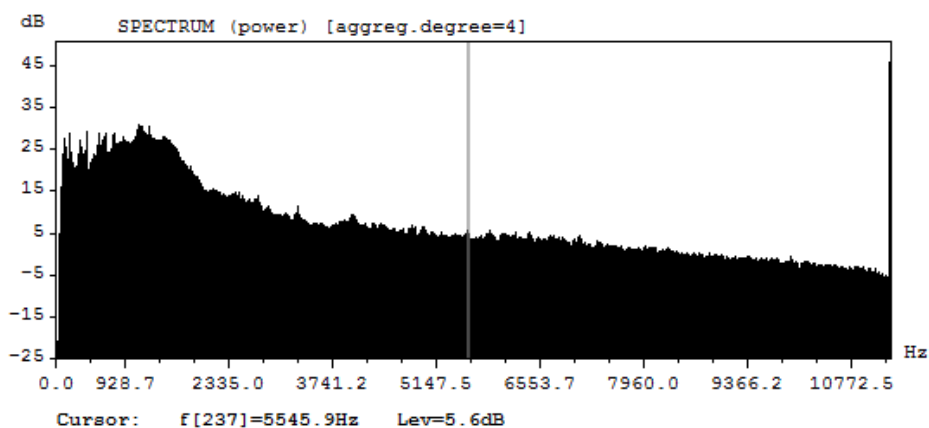
Instrument	Fabrikat	Type	Serie/reg.nr.	Sidste kontrol	Næste kontrol	Laboratorium	X
Integr. Lydtrykmåler	Svantek	959	21228	08.08.2011	08.08.2013	Exova	x
Mikrofon	G.R.A.S	40AE	133152	08.08.2011	08.08.2013	Exova	x
Kalibrator	B&K	4231	2052830	05.08.2011	05.08.2012	Exova	x
Vindmåleudstyr	Davis	Vantage Pro 6060EU	A21216A49	18.11.2009	18.11.2011	Buhl og Bønsøe	x
Minidisc-recorder	HBB	MPD-500	13761	27.7.2009	27.07.2011	Delta	
Minidisc	HBB	MD74					
<u>EDB programmer</u>							
Støjberegningsprogram	SoundPLAN	Version 7.0	5044				
Støjanalyse program	SvanPC						

Toneanalyse

Arbejdsmiljøcenter midt-vest Aps
 Thy Windpower 6 kw mølle
 Astrupvej 29, 7760 Hurup

Udført efter Orientering fra Miljøstyrelsens referencelaboratorium for støjmålinger, Orientering nr. 13
 MÅLING AF HØRBAR TONER I STØJ og Vejledning fra miljøstyrelsen, Vejledning nr. 6/1984, november 1984,
 Måling af ekstern støj fra virksomheder.

Målingen er udført lineært og toneanalysen er gennemført med tidsvægtning Hanning.



Kritiskbånd 100 Hz.

Toneanalyse						
f_c , krit	L_p ,tone	L_p ,støj, middel	L_p ,krit.bånd	ΔL_{TS}	Kriterieværdi	Tillæg
Hz	dB	dB	dB	dB	dB	0/5 dB
386,2	29,0	17,0	33,6	-2,5	4,4	0

Konklusion der gives ikke tonetillæg.