

Windpark De Drentse Monden en Oostermoer
Metingen geluidemissie

Opdrachtgever

Gemeente Aa en Hunze en gemeente Borger-Odoorn

Contactpersoon

Mevr. J. ten Cate

Kenmerk

R001_05_068502aa

Versie

05

Datum

25 januari 2024

Auteur

ir. M.T. (Mike) Dijkstra

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Uitgangspunten	4
2.1	Situatie	4
2.2	Geluidnorm	5
2.3	Turbine	5
3	Metingen en berekeningen.....	8
3.1	Overzicht metingen	8
3.2	Meetmethoden	8
3.3	Resultaten metingen IEC 61400 (OM11, OM24 en RH35).....	10
3.4	Resultaten aanvullende indicatieve metingen	12
3.5	Tonaliteit	13
3.6	Laagfrequent geluid	19
3.7	L_{den}	20
4	Beoordeling en conclusie.....	24

Bijlagen

Bijlage I Figuren

1 Inleiding

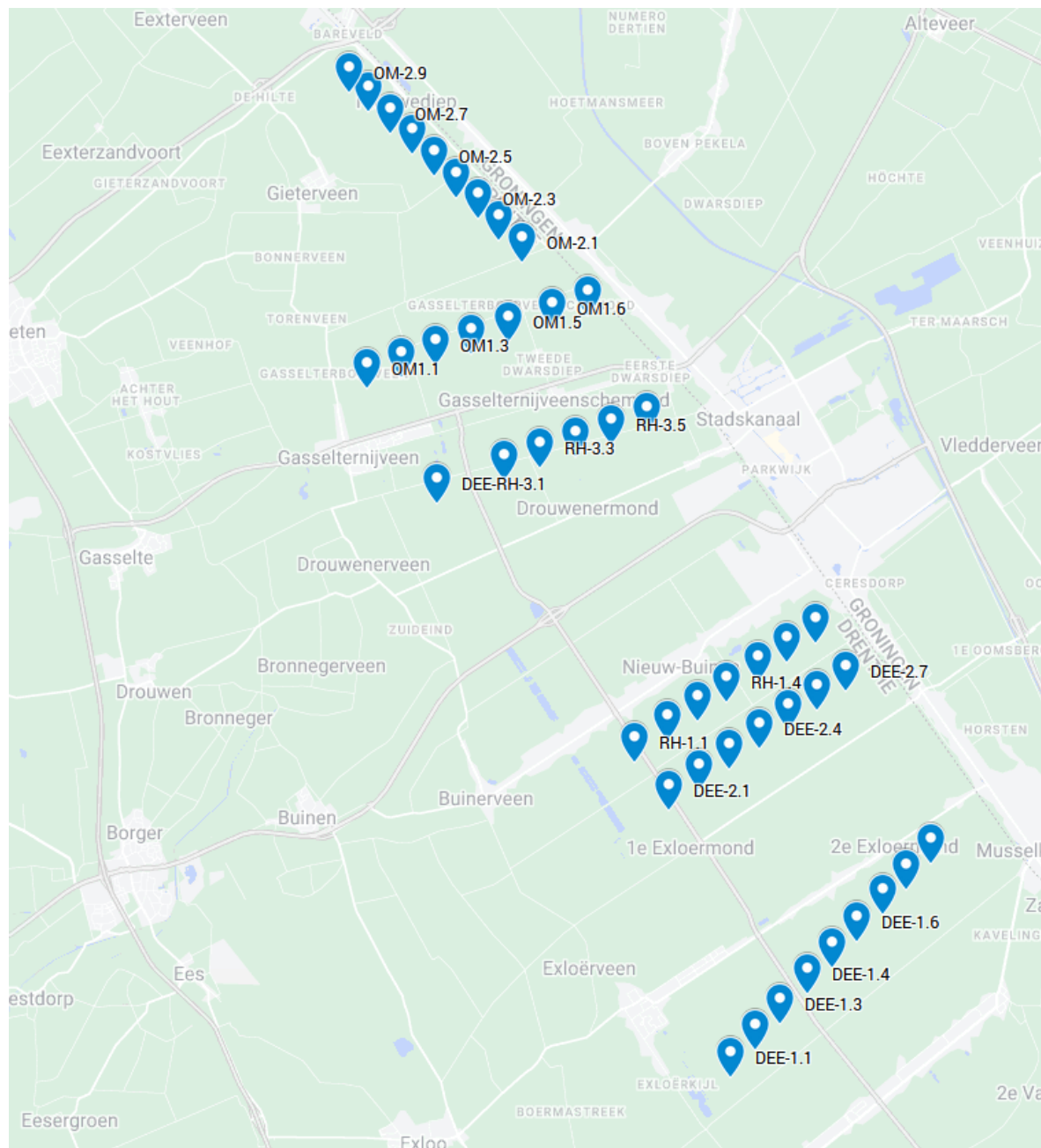
In opdracht van gemeente Aa en Hunze en van gemeente Borger-Odoorn hebben wij controlemetingen verricht van de geluidemissie van de windturbines van het windpark De Drentse Monden en Oostermoer (DMO). Doel van de metingen is te controleren of de geluidemissie overeenkomt met de specificaties. Aanleiding van de metingen is het eerder verricht onderzoek waarbij gedurende langere tijd metingen in de omgeving van het windpark zijn verricht. Bij dat onderzoek is in beperkte mate een hogere geluidemissie gemeten dan verwacht bij de tertsbanden van 100 en 125 Hz (zie rapport R068502aa.22CH7TH van 30 januari 2023).

Met deze metingen zal ook de geluidbelasting L_{den} worden beoordeeld en de eventuele tonaliteit van het windpark.

2 Uitgangspunten

2.1 Situatie

Het windpark is gesitueerd ten oosten van Borger en Gasselte en ten westen van Stadskanaal. Het park bestaat uit 6 lijnopstellingen. In figuur 2.1 is de situatie weergegeven.



Figuur 2.1

De locatie van het windpark (zie ook figuur 3.6 en 3.7 voor alle turbine-nummers)

2.2 Geluidnorm

Voor een windpark geldt conform het Besluit activiteiten leefomgeving een jaargemiddeld geluidniveau ter plaatse van geluidgevoelige gebouwen van 47 dB L_{den} en 41 dB L_{night} .

2.3 Turbine

De turbines zijn het type Nordex N131/3900/STE. De rotordiameter bedraagt 131 m en de ashoogte 145 m.

Conform specificaties is het geluidvermogeniveau en de powercurve als volgt:

Noise Level - Nordex N131/3900 STE

Mode 0

hub height wind speed VH [m/s]	Apparent sound power level hub height 114.5 m	
	LWA [dB(A)]	VS(10m) [m/s]
3.0	95.5	2.1
4.0	95.5	2.7
5.0	95.5	3.4
6.0	96.0	4.1
7.0	100.3	4.8
8.0	103.1	5.5
9.0	105.6	6.2
10.0	106.2	6.8
11.0	106.2	7.5
12.0	106.2	8.2
13.0	106.2	8.9
14.0	106.2	9.6
15.0	106.2	10.3
16.0	106.2	11.0
17.0	106.2	11.6
18.0	106.2	12.3
19.0	106.2	13.0
20.0	106.2	13.7

Figuur 2.2

Geluidvermogeniveau (In de tabel is niet de correcte ashoogte vermeld. Deze is van toepassing voor de genoemde windsnelheid op 10 m hoogte. Deze waarde wordt niet gebruikt en is niet relevant).

Power Curves - Nordex N131/3900 STE

Mode 0

wind speed v_{hub} [m/s]	Power P_{el} [kW] at air density ρ [kg/m ³]							
	1.150	1.175	1.200	1.225	1.233	1.250	1.275	1.300
3.0	2	3	4	6	6	7	8	10
3.5	74	77	79	82	83	85	87	90
4.0	163	167	172	176	178	181	185	190
4.5	274	281	288	295	297	302	309	316
5.0	409	419	429	439	442	449	459	468
5.5	568	581	595	608	612	621	635	648
6.0	754	771	788	806	811	823	840	857
6.5	970	992	1014	1035	1042	1057	1079	1101
7.0	1219	1247	1274	1301	1310	1328	1355	1382
7.5	1506	1539	1572	1605	1616	1638	1671	1704
8.0	1830	1869	1909	1949	1962	1989	2028	2068
8.5	2189	2236	2283	2329	2344	2376	2422	2469
9.0	2571	2625	2678	2733	2750	2787	2841	2895
9.5	2967	3027	3087	3135	3150	3183	3230	3278
10.0	3315	3367	3417	3454	3466	3490	3526	3562
10.5	3573	3613	3651	3677	3685	3702	3727	3752
11.0	3749	3777	3803	3817	3822	3832	3846	3859
11.5	3854	3870	3885	3888	3889	3891	3894	3896
12.0	3895	3899	3900	3900	3900	3900	3900	3900
12.5	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900
13.0	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900

Figuur 2.3

Power curve

Turbine OM24 is in de nachtperiode in noisemode 8 in bedrijf. In navolgende tabellen zijn de gegevens opgenomen.

Noise Level - Nordex N131/3900 STE

Mode 8

hub height wind speed v_H [m/s]	Apparent sound power level hub height 114.5 m	
	LWA [dB(A)]	VS(10m) [m/s]
3.0	95.5	2.1
4.0	95.5	2.7
5.0	95.5	3.4
6.0	96.0	4.1
7.0	100.3	4.8
8.0	100.5	5.5
9.0	100.5	6.2
10.0	100.5	6.8
11.0	100.5	7.5
12.0	100.5	8.2
13.0	100.5	8.9
14.0	100.5	9.6
15.0	100.5	10.3
16.0	100.5	11.0
17.0	100.5	11.6
18.0	100.5	12.3
19.0	100.5	13.0
20.0	100.5	13.7
21.0	100.5	14.4
22.0	100.5	15.1

Figuur 2.4

Geluidvermogeniveau voor turbine OM24 in de nachtperiode (In de tabel is niet de correcte ashoogte vermeld. Deze is van toepassing voor de genoemde windsnelheid op 10 m hoogte. Deze waarde wordt niet gebruikt en is niet relevant).

Power Curves - Nordex N131/3900 STE

Mode 8

wind speed v_{hub} [m/s]	Power P_{el} [kW] at air density ρ [kg/m ³]							
	1.150	1.175	1.200	1.225	1.233	1.250	1.275	1.300
3.0	2	3	4	6	6	7	8	10
3.5	74	77	79	82	83	85	87	90
4.0	163	167	172	176	178	181	185	190
4.5	274	281	288	295	297	302	309	316
5.0	409	419	429	438	441	448	458	468
5.5	568	581	594	608	612	621	634	647
6.0	753	770	788	805	810	822	839	857
6.5	969	991	1013	1035	1042	1056	1078	1100
7.0	1218	1245	1272	1299	1308	1326	1353	1380
7.5	1489	1522	1555	1589	1600	1622	1655	1689
8.0	1773	1813	1853	1892	1905	1933	1973	2015
8.5	2061	2107	2157	2204	2220	2253	2297	2339
9.0	2350	2394	2440	2483	2498	2530	2568	2599
9.5	2587	2620	2655	2687	2698	2722	2750	2771
10.0	2752	2775	2799	2821	2829	2846	2863	2874
10.5	2858	2870	2883	2895	2899	2908	2916	2917
11.0	2912	2915	2917	2918	2919	2920	2920	2920
11.5	2920	2920	2920	2920	2920	2920	2920	2920
12.0	2920	2920	2920	2920	2920	2920	2920	2920
12.5	2920	2920	2920	2920	2920	2920	2920	2920
13.0	2920	2920	2920	2920	2920	2920	2920	2920

Figuur 2.5

Power curve voor noisemode 8

3 Metingen en berekeningen

3.1 Overzicht metingen

Om de geluidemissie van het park te controleren hebben we de geluidemissie van enkele turbines gemeten. De turbines zijn gekozen in overleg met de opdrachtgever waarbij OM11 en RH35 zijn gekozen vanwege het aantal hinderklachten uit de directe omgeving en OM24 omdat deze turbine in een noisemode in bedrijf is.

Op 4 juli 2023 zijn de volgende metingen verricht:

- Een meting van OM11 conform de methode IEC 61400-11 editie 3 en conform de uitgebreide methode van het Reken- en meetvoorschrift windturbines van de Activiteitenregeling milieubeheer. Turbine OM11 heeft serienummer NX 87542.
- Een indicatieve langdurige meting van OM12.
- Een indicatieve kortdurende meting van OM11, OM12, OM24, OM25, OM28, OM29 en DEE31.

Op 11 oktober 2023 zijn de volgende metingen verricht:

- Een meting van RH35 conform de methode IEC 61400-11 editie 3 en conform de uitgebreide methode van het Reken- en meetvoorschrift windturbines van de Activiteitenregeling milieubeheer. Turbine RH35 heeft serienummer NX 87701.
- Een indicatieve kortdurende meting van RH35, RH34, DEE31, OM24, RH15, DEE19, DEE13 en DEE11.

In de nacht van 19 op 20 september zijn de volgende metingen verricht:

- Een meting van OM24 conform de methode IEC 61400-11 editie 3 en conform de uitgebreide methode van het Reken- en meetvoorschrift windturbines van de Activiteitenregeling milieubeheer. Turbine OM24 heeft serienummer NX 87552.

Deze meting is verricht omdat deze turbine in de nachtperiode in noisemode 8 in bedrijf is.

3.2 Meetmethoden

Methode IEC 61400-11 (OM11 op 4 juli, OM24 op 19 september en RH35 op 11 oktober)

Het geluidniveau is gemeten op het voorgeschreven meetpunt op een afstand gelijk aan de tiphoogte benedenwinds. De meting is verricht in tertsbanden van 25 Hz tot en met 10.000 Hz. Het achtergrondgeluidniveau is op hetzelfde punt gemeten tijdens uitgeschakelde turbine. Tabel 3.1 toont de meteocondities tijdens de metingen.

Tabel 3.1

Weather conditions

Day	4 th July 2023	19/20 th September 2023	11 th October 2023
Time	9.44 – 13.56 uur	23.08 – 1.24 uur	9.35 – 13.09 uur
Temperature	18 C	17 C	17 C
Air Pressure	1010 hPa	1006 hPa	1011 hPa
Wind direction	WZW	ZW	W
Horizontal distance to hub	192 m	161 m	195 m

De metingen hebben we uitgevoerd door op de aangegeven afstand een microfoon te plaatsen op een reflecterende plaat. Hierop wordt, naast een halve windbol, een tweede windscherm geplaatst. De niveaus worden gecorrigeerd voor het geluidreducerend effect van dit windscherm. Het geluid-niveau van de windturbines wordt iedere minuut gemeten. Daarnaast hebben we ook de invloed van omgevingsgeluid gemeten door de turbine enige tijd stil te zetten. De gemeten geluidniveaus worden gerelateerd aan de windsnelheid op ashoogte. Hiervoor wordt de scada-data van de turbine gebruikt. Bij stilstand van de turbine is deze data niet geheel bruikbaar. Daarom is een windsnelheidsmeter op een mast van 10 m geplaatst. Deze data worden conform de methode van IEC61400-11 gecorrigeerd naar een windsnelheid op ashoogte.

De meting hebben we verricht met een Rion Na28 geluidniveaumeter en een Madgetech wind 101a cup-anemometer. Het tweede windscherm is zelfbouw en is conform IEC 61400-11 gemeten. In tabel 3.2 is de geluiddemping door het tweede windscherm gegeven.

Tabel 3.2

Insertion loss (geluiddemping) door tweede windscherm gemeten conform IEC 61400-11

Frequency	100 Hz	200 Hz	400 Hz	800 Hz	1.6 kHz	3.15 kHz	6.3 kHz
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
	160 Hz	315 Hz	630 Hz	1.25 kHz	2.5 kHz	5 kHz	10 kHz
Insertion Loss [dB]	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5
	0,0	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,5
	0,1	0,3	0,2	0,2	0,3	0,4	0,7

De volgende afwijking van de voorgeschreven meetmethode is aangehouden:

- De windsnelheid op ashoogte is bij OM11 niet bepaald per 10 s maar per 10 m. Reden hiervoor is dat het windpark de data niet per 10 s kon aanleveren maar slechts per 10 m. Dit heeft tot gevolg dat de resulterende geluidniveaus enigszins gemiddeld zijn over verschillende windsnelheden. Bij opgetreden variaties in de windsnelheid binnen een periode van 10 minuten zal deze variatie niet tot uitdrukking komen in de resulterende geluidniveaus. Deze variaties zijn vooral van belang bij de lagere windsnelheden (en niet bij de hogere omdat bij de hogere windsnelheden het geluidniveau niet meer relevant varieert). Dit betekent dat de resulterende geluidniveaus bij de lagere windsnelheden mogelijk worst-case zijn.

Methode overige metingen

Omdat meting van alle turbines van het park met de methode van paragraaf 3.2 te tijdrovend is, zijn de metingen steekproefsgewijs gedaan en aangevuld met enkele indicatieve metingen. Hierbij is de volgende methode gevolgd:

- Voor een deel gelijktijdig met de meting van OM11 is bij OM12 een meting met dezelfde microfoonopstelling gedaan. De meting is verricht met een Rion Na28 geluidniveaumeter.
- Gedurende de meting van OM11 is kortdurend (enkele minuten per turbine) een meting verricht van 7 turbines waaronder OM11 en OM12. Deze meting is verricht op 50 m afstand benedenwinds. De microfoon is hier neergelegd op een harde ondergrond zonder aanvullend windscherm. Doordat deze meting ook bij OM11 is verricht, is op deze manier de geluidemissie van de turbines onderling te vergelijken. De meting is verricht met een B&K 2270 geluidniveaumeter.
- Gedurende de meting van RH35 is kortdurend (enkele minuten per turbine) een meting verricht van 8 turbines waaronder RH35. Deze meting is verricht op 50 m afstand benedenwinds (behalve bij DEE19, DEE13, DEE11 zijdelings op de wind). De microfoon is hier neergelegd op een harde ondergrond zonder aanvullend windscherm. Doordat deze meting ook bij RH35 is verricht, is op deze manier de geluidemissie van de turbines onderling te vergelijken. De meting is verricht met Rion NA28 geluidniveaumeter.

Het doel van bovenstaande aanvullende metingen is te bepalen of de emissie van andere turbines vergelijkbaar is met dat van de turbines die uitgebreid worden gemeten.

3.3 Resultaten metingen IEC 61400 (OM11, OM24 en RH35)

In de figuren in de bijlage zijn de meetresultaten grafisch weergegeven. In tabel 3.3, 3.4 en 3.5 zijn de meetresultaten vergeleken met de specificaties van de fabrikant. De resultaten zijn uitgezet tegen de windsnelheid op ashoogte (V_{hh}) in m/s. De meetresultaten zijn vergeleken met de specificaties van de fabrikant.

Tabel 3.3 t/m 3.5 geeft de uitwerking volgens de wettelijk voorgeschreven Nederlandse methode (kolom NL) en volgens de internationale methode (kolom IEC) weer. De waarden volgens de IEC kunnen het best met de specificaties van de fabrikant worden vergeleken. De waarden volgens de Nederlandse methode worden gebruikt om de L_{den} te bepalen.

Tabel 3.3

Gemeten geluidvermogeniveau [dB(A)] turbine OM11 conform internationale methode van IEC en conform Nederlandse methode. Ook de specificaties van de fabrikant zijn opgenomen.

Vhh	IEC	NL	Specs
6	98,9	99,6	96,0
7	99,6	99,2	100,3
8	102,3	101,3	103,1
9	103,9	103,7	105,6
10	104,0	104,6	106,2
11	104,6	102,0	106,2

Uit tabel 3.3 blijkt dat de waarden conform de Nederlandse methode tot 1 dB hoger of lager zijn. Alleen bij de windsnelheid van 11 m/s is het verschil groter. Bij alle gemeten windsnelheden is de gemeten waarde lager dan de specificaties behalve bij 6 m/s. Dit is het gevolg van de middeling van 10 minuten. Hierdoor wordt het meetresultaat enigszins hoger dan het werkelijke geluid. Bij de hoogste windsnelheden kan het effect andersom worden verwacht: als hier ook een middeling optreedt met lagere windsnelheden zou de meetwaarde wat lager uitvallen. Alhoewel dit niet geheel is uit te sluiten is dit effect waarschijnlijk beperkt doordat het langere tijd (langer dan 10 minuten achter elkaar, vooral in het begin van de meetperiode) relatief hard waaide. Ook is dit effect bij de hogere windsnelheden kleiner omdat het geluidniveau van een windturbine minder varieert bij hogere windsnelheden.

Tabel 3.4

Gemeten geluidvermogeniveau [dB(A)] turbine RH35 conform internationale methode van IEC en conform Nederlandse methode. Ook de specificaties van de fabrikant zijn opgenomen.

Vhh	IEC	NL	Specs
5	94,5	95,4	95,5
6	-	-	96,0
7	100,3	100,3	100,3
8	102,0	102,2	103,1
9	103,5	103,7	105,6
10	104,6	104,7	106,2
11	104,7	105,0	106,2
12	104,7	104,4	106,2

Uit tabel 3.4 blijkt dat voldaan wordt aan de specificaties. De resultaten van de Nederlandse methode wijken weinig af van de internationale methode. Bij 6 m/s waren onvoldoende meetresultaten.

Tabel 3.5

Gemeten geluidvermogeniveau [dB(A)] turbine OM24 conform internationale methode van IEC en conform Nederlandse methode. Ook de specificaties van de fabrikant zijn opgenomen.

Vhh	IEC	NL	Specs
7	99,7	100,8	100,3
8	99,7	100,8	100,5
9	99,5	100,8	100,5
10	99,2	100,8	100,5
11	99,7	100,9	100,5
12	99,8	100,9	100,5
13	99,5	101,0	100,5

Uit tabel 3.5 blijkt dat voldaan wordt aan de specificaties. De resultaten van de Nederlandse methode zijn ruim 1 dB hoger dan de internationale methode. Dit is vooral het gevolg van de hoge mate van omgevingslawaai in relatie tot het lage windturbinegeluidniveau. Bij de Nederlandse methode wordt de correctie voor omgevingslawaai op een andere wijze gedaan dan bij de IEC-methode. Bij de IEC-methode wordt per windsnelheid het achtergrondgeluidniveau vastgesteld onafhankelijk van het achtergrondgeluid bij andere windsnelheden. Bij de Nederlandse methode wordt een relatie tussen windsnelheid en omgevingsgeluid veronderstelt per octaafband. Deze relatie is in de praktijk niet zo eenduidig en leidt daarom tot verschillen met de internationale methode.

3.4 Resultaten aanvullende indicatieve metingen

In de figuren in de bijlage zijn de spectrale resultaten gegeven van de kortdurende metingen bij de diverse turbines. Hieruit blijkt het volgende:

- De resultaten op 4 juli 2023 zijn afhankelijk van het tijdstip van meting doordat de windsnelheid en daarmee het geluidniveau redelijk veel variatie vertoonde op de meetdag (waarschijnlijk hing dit samen met het passeren van twee korte regenbuien). Uit figuur I.9 blijkt dat bij twee metingen bij OM11 sprake is van een variatie van circa 3 dB. Dit betekent dat bij de vergelijking van de overige turbines onderling wel enig verschil is te verwachten. Op 11 oktober 2023 is de variatie in windsnelheid kleiner en geleidelijker (zie figuur I.14 en zie ook de kleinere variatie aan gemeten geluidniveaus in figuur I.4 ten opzichte van figuur I.3) waardoor minder variatie in geluidniveau tussen de turbines is te verwachten.
- Uit de kortdurende meting op 4 juli 2023 blijkt dat de geluidemissie van OM12, OM25, OM28 en OM29 praktisch gelijk is aan die van OM11 (zie figuur I.9, I.10 en I.11). De emissie van OM24 en DEE31 lijkt iets (circa 4 dB) hoger te zijn (zie figuur I.10 en I.12) maar dit kan ook het gevolg zijn van iets meer wind tijdens deze kortdurende meting. Uit de meting van 11 oktober 2023 blijkt dat de emissie van RH15, OM24 en RH34 praktisch gelijk is aan die van RH35 (zie figuur I.15 en I.16). De emissie van DEE31, DEE19, DEE13 en DEE11 is enigszins lager (zie figuur I.15, I.17 en I.18). Voor de DEE 19, DEE13 en DEE11 is dit te verwachten doordat niet downwind maar dwars op de wind is gemeten.

- Spectraal gezien zijn geen duidelijke afwijkingen zichtbaar. De verhoging in het spectrum bij sommige metingen nabij 4000 Hz is het gevolg van de korte meetafstand waardoor de hoogfrequente bijdrage van de tip belangrijker wordt. Het niveau bij deze frequentie is beduidend lager dan de middenfrequentie waardoor dit niet relevant is in de emissie naar de woning. In het spectrum is een lichte verhoging zichtbaar bij 100 Hz (OM11 op 4 juli 2023 en de meeste metingen op 11 oktober 2023) of 125 Hz (OM24 en OM31 op 4 juli 2023). Het feit dat bij OM24 en OM31 de verhoging bij 125 Hz is, duidt ook op een toegenomen toerental door een hogere windsnelheid. Dit kan de hier hoger gemeten niveaus verklaren.

3.5 Tonaliteit

Op het referentiepunt is bij turbine OM11, RH35 en OM24 de tonaliteit gemeten. In de onderstaande figuren is de tonal audibility conform de IEC 61400-11 weergegeven. Voor de tonal audibility kan het volgende worden gehanteerd:

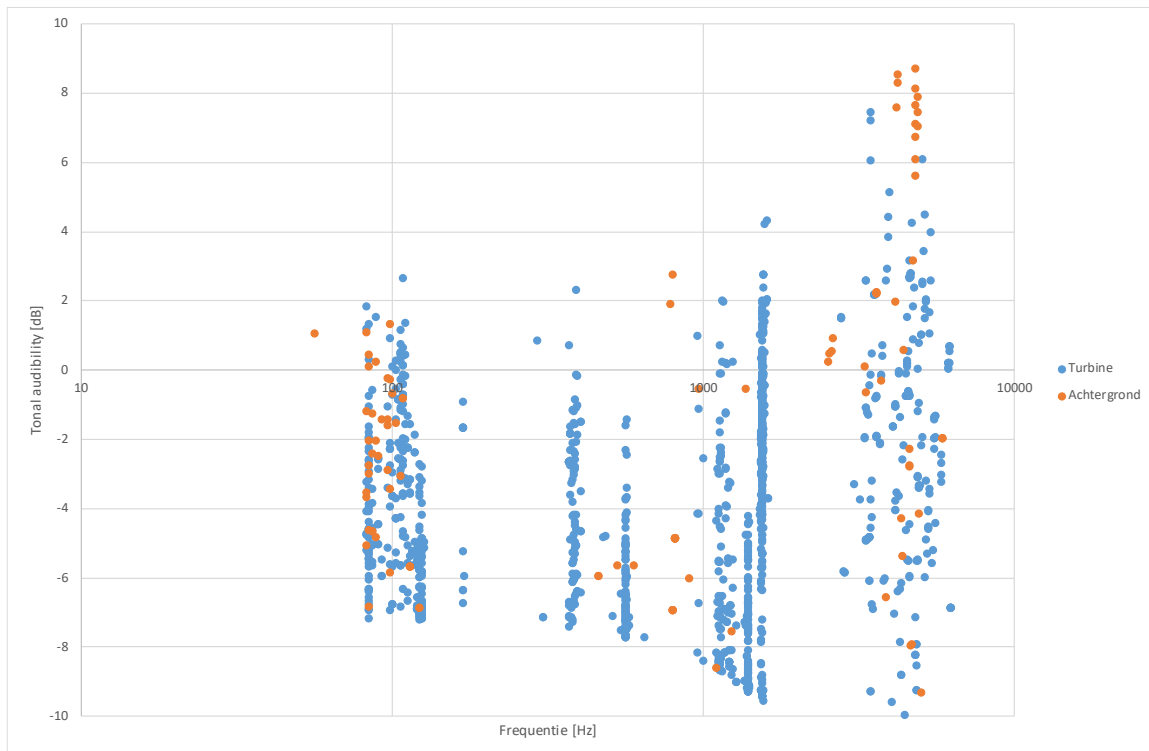
- Waarden lager dan -3 dB worden als niet tonaal aangemerkt.
- Waarden lager 0 dB zijn niet of nauwelijks hoorbaar.
- Waarden tot +3 dB worden in het algemeen als acceptabel gehanteerd. Veel fabrikanten garanderen een tonaliteit lager dan +3 dB.
- Waarden hoger dan +5 dB zijn duidelijk hoorbaar. In sommige landen (VK, Duitsland) wordt bij deze waarde een toeslag in rekening gebracht voordat aan de geluidnorm wordt getoetst.

In navolgende grafiek is voor iedere meetsample van 10 s de tonaliteit weergegeven in relatie tot de frequentie van de gevonden toon. Ook zijn resultaten bij uitgeschakelde turbine weergegeven. Bij de uitgeschakelde turbine kan nog wel enige tonaliteit van turbine OM12 mogelijk zijn gemeten aangezien deze turbine niet was uitgeschakeld en het meetpunt op circa 400 m van deze turbine lag. Uit de grafiek blijkt het volgende:

- Er is bij OM11 praktisch geen tonaliteit hoger dan +3 dB gemeten. Alleen bij het frequentiegebied hoger dan 3000 Hz worden hogere waarden gemeten. Dit zijn echter gezien de spreiding van frequenties en het feit dat ook bij uitgeschakelde turbine dit wordt gemeten, het gevolg van vogels of ander omgevingsgeluid.
- In de grafiek van OM11 zijn wel duidelijke tonen zichtbaar bij 84 Hz, 108 tot 122 Hz, 382 Hz en 1538 Hz. Daarnaast iets mindere relevant tonen tussen 382 en 1538 Hz. De tonaliteit van al deze tonen is echter lager dan 0 dB. Dit betekent dat de tonen in principe voor het menselijk gehoor niet waarneembaar zijn.
- Bij RH35 zijn diverse samples gemeten met een tonaliteit hoger dan +3 dB. Dit betreft de frequentie bij 1130 Hz. Gemiddeld is de tonaliteit hier wel lager dan +3 dB: hoogstens 0,9 dB. Hier is dus sprake van geringe tonaliteit die voor de mens hoorbaar is maar in het algemeen niet hinderlijk. Gezien de relatief hoge frequentie verwachten we dat bij woningen deze tonaliteit niet of nauwelijks hoorbaar is.
- In de grafiek van RH35 zijn naast 1130 Hz ook duidelijke tonen zichtbaar bij 550 Hz en 1548 Hz. De tonaliteit van deze tonen is lager dan 0 dB. Dit betekent dat de tonen in principe voor het menselijk gehoor niet waarneembaar zijn.

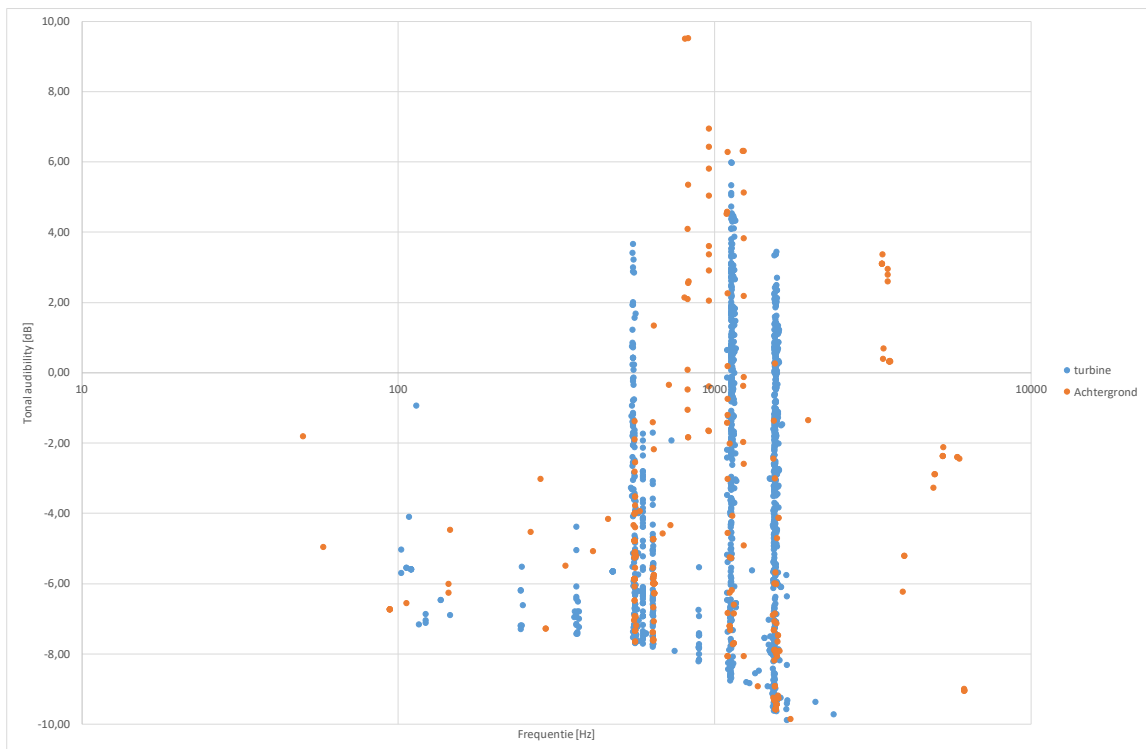
- Bij OM24 (op 19/20 september) zijn tonen zichtbaar bij 446 Hz en circa 2400 Hz. De gemiddelde tonaliteit is echter te laag en het aantal samples met tonen is te laag om van tonaliteit te spreken.

In de tabellen 3.6 en 3.7 is de tonaliteit kwantitatief weergegeven voor OM11 en RH35. Voor OM24 (noisemode 8 gedurende de nacht) is geen tabel opgenomen aangezien hier geen sprake is van tonaliteit.



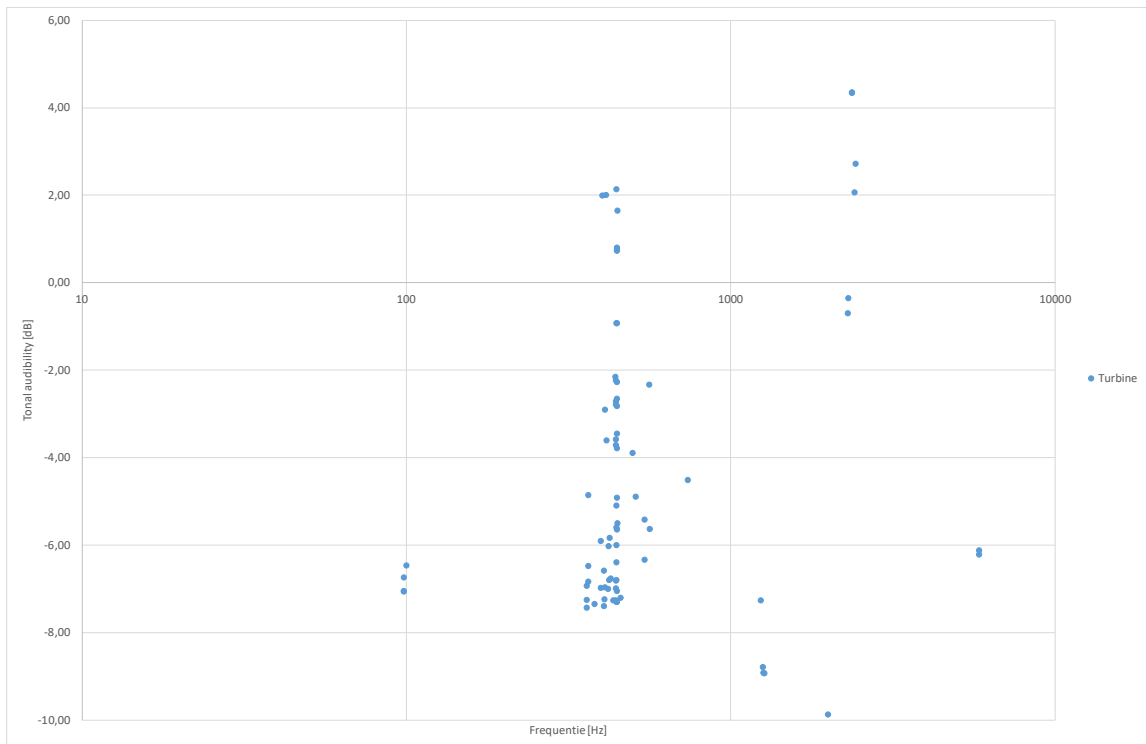
Figuur 3.1

Gemeten waarden van tonale hoorbaarheid in relatie tot frequentie per meetsample bij OM11



Figuur 3.2

Gemeten waarden van tonale hoorbaarheid in relatie tot frequentie per meetsample bij RH35



Figuur 3.3

Gemeten waarden van tonale hoorbaarheid in relatie tot frequentie per meetsample bij OM24 (19/20 september)

Tabel 3.6

Tonal audibility (kolom delta La) volgens IEC 61400-11 turbine OM11

V	Freq ¹	# tone	delta La	# samples	Tone?
6 m/s				19 #	
	110 Hz	5 #	-6,1 dB		no tone
	380 Hz	11 #	-4,1 dB		no tone
7 m/s	4250 Hz	1 #	-8,2 dB		no tone
				118 #	
	110 Hz	54 #	-2,1 dB		tone -2,1
	380 Hz	26 #	-3,3 dB		no tone
8 m/s	1100 Hz	19 #	-3,6 dB		no tone
	4250 Hz	6 #	-6,4 dB		no tone
				89 #	
	110 Hz	19 #	-3,2 dB		no tone
	380 Hz	5 #	-2,4 dB		no tone
	620 Hz	6 #	-4,5 dB		no tone
	1100 Hz	9 #	-2,8 dB		no tone
1550 Hz	18 #	-0,4 dB		tone -0,4	
9 m/s	3000 Hz	3 #	1,5 dB		no tone
	4250 Hz	10 #	-0,2 dB		no tone
				775 #	
	110 Hz	102 #	-4,7 dB		no tone
	380 Hz	4 #	-7 dB		no tone
	620 Hz	73 #	-5,9 dB		no tone
	1100 Hz	52 #	-4,5 dB		no tone
	1550 Hz	342 #	-2 dB		tone -2
10 m/s	3000 Hz	20 #	-3,6 dB		no tone
	4250 Hz	63 #	-0,9 dB		no tone
				29 #	
	110 Hz	3 #	-6,4 dB		no tone
	620 Hz	3 #	-5,9 dB		no tone
	1100 Hz	1 #	-7,1 dB		no tone

Met:

- Freq = frequentie van de toon
- # tone = aantal samples met een toon binnen de kritische bandbreedte
- Delta La = energetisch gemiddelde tonaliteit van de toon
- # samples = aantal meetsamples in de windsnelheidsklasse
- Tone ? = oordeel over de tonale hoorbaarheid conform IEC 61400-11

1 In de tabel zijn tonen die in dezelfde kritische bandbreedte liggen samen genomen. De tonen bij 84 tot en met 122 Hz zijn dus alle meegenomen bij de toon van 110 Hz.

Tabel 3.7

Tonal audibility (kolom delta La) volgens IEC 61400-11 turbine RH35

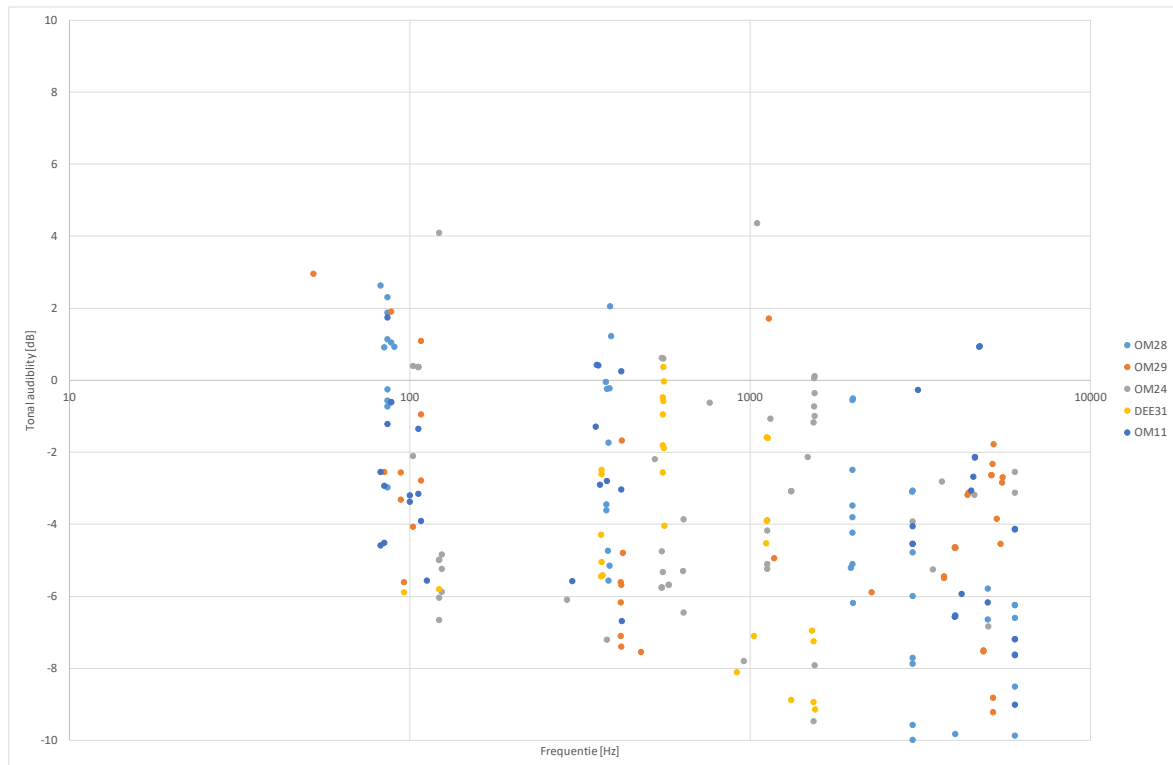
V	Freq	# tone	delta La	# samples	Tone?
7 m/s				4 #	more data
					more data
	366 Hz	1 #	-6,4 dB		more data
	580 Hz	1 #	-4,8 dB		more data
8 m/s				19 #	
	244 Hz	1 #	-7,3 dB		no tone
	580 Hz	3 #	-2,6 dB		no tone
	1150 Hz	6 #	-1,5 dB		more data
9 m/s				130 #	
	122 Hz	3 #	-6,3 dB		no tone
	580 Hz	25 #	-5 dB		no tone
	892 Hz	1 #	-7,8 dB		no tone
	1150 Hz	36 #	-1,8 dB		tone -1,8
10 m/s				518 #	
	122 Hz	7 #	-4,7 dB		no tone
	244 Hz	5 #	-6,4 dB		no tone
	366 Hz	9 #	-6,6 dB		no tone
	580 Hz	114 #	-3,7 dB		no tone
	892 Hz	7 #	-7,1 dB		no tone
	1150 Hz	144 #	0,2 dB		tone 0,2
11 m/s				349 #	
	244 Hz	1 #	-6,6 dB		no tone
	366 Hz	4 #	-6,3 dB		no tone
	580 Hz	79 #	-2,9 dB		tone -2,9
	892 Hz	4 #	-7,8 dB		no tone
	1150 Hz	122 #	-0,5 dB		tone -0,5
12 m/s				67 #	
	122 Hz	1 #	-5,7 dB		no tone
	244 Hz	2 #	-7 dB		no tone
	366 Hz	5 #	-7 dB		no tone
	580 Hz	8 #	-3,8 dB		no tone
	892 Hz	2 #	-7,7 dB		no tone
	1150 Hz	29 #	0,9 dB		tone 0,9

Met:

- Freq = frequentie van de toon
- # tone = aantal samples met een toon binnen de kritische bandbreedte
- Delta La = energetisch gemiddelde tonaliteit van de toon
- # samples = aantal meetsamples in de windsnelheidsklasse
- Tone ? = oordeel over de tonale hoorbaarheid conform IEC 61400-11

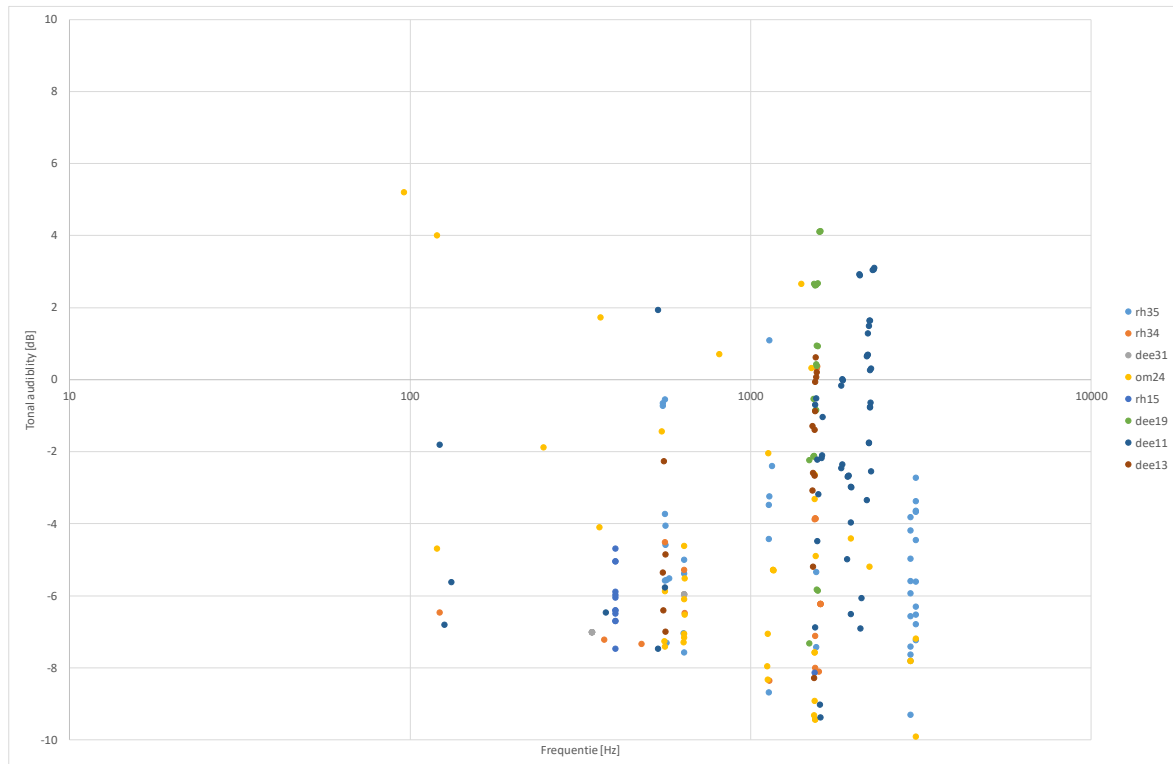
Ook de kortdurende indicatieve metingen bij diverse andere turbines zijn geanalyseerd op tonaliteit. In figuur 3.4 en 3.5 zijn de resultaten weergegeven. Uit de figuur blijkt het volgende:

- De tonaliteit van de overige turbines is gelijk of lager dan die van de uitgebreid gemeten turbines OM11 en RH35.
- Er zijn geen relevant afwijkende frequenties met tonale hoorbaarheid gevonden ten opzichte van OM11.
- De tonale hoorbaarheid is beperkt en niet of nauwelijks relevant.



Figuur 3.4

Gemeten waarden van tonale hoorbaarheid in relatie tot frequentie per meetsample bij indicatieve kortdurende metingen turbines op 4 juli



Figuur 3.5

Gemeten waarden van tonale hoorbaarheid in relatie tot frequentie per meetsample bij indicatieve kortdurende metingen turbines op 11 oktober

3.6 Laagfrequent geluid

Het gemeten geluidsspectrum in octaven is bij OM11 conform specificaties. Bij de hoogste frequenties is de bijdrage lager (4000 en 8000 Hz) en bij de middenfrequenties (500 en 1000 Hz) in geringe mate (1 dB) hoger. Bij RH35 is de laagfrequente emissie wel circa 2 dB hoger.

Tabel 3.8

Vergelijking² gemiddeld gemeten spectrale verdeling [dB] met specificaties OM11

Freq.	31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Specs	-27,5	-17,5	-11,1	-7,9	-7,3	-6,5	-7,0	-10,1	-19,7
Meting	-28,0	-18,1	-11,2	-8,1	-6,3	-5,5	-7,4	-14,3	-26,3
Vershil	-0,6	-0,6	-0,1	-0,2	0,9	1,0	-0,4	-4,2	-6,6

Tabel 3.9

Vergelijking gemiddeld gemeten spectrale verdeling [dB] met specificaties RH35.

Freq.	31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Specs	-27,5	-17,5	-11,1	-7,9	-7,3	-6,5	-7,0	-10,1	-19,7
Meting	-24,9	-15,5	-11,3	-8,5	-6,4	-5,8	-7,2	-12,7	-26,6
Vershil	2,6	2,0	-0,2	-0,6	0,9	0,7	-0,2	-2,7	-7,0

3.7 L_{den}

Bij de L_{den}-berekening wordt het volgende gehanteerd:

- Voor alle turbines wordt uitgegaan van de hoogst gemeten waarde van de uitgebreide metingen van OM11 en RH35 volgens de Nederlandse methode. Uitzondering is de nachtwaarde van turbine OM24 waarvoor de meting van OM24 in noisemode 8 wordt gebruikt.
- Voor alle turbines wordt het gemeten spectrum van RH35 gehanteerd. Dit betreft de meting met de iets hogere laagfrequente emissie.
- Voor de niet-gemeten windsnelheden (de windsnelheden lager dan 5 à 7 m/s en hoger dan 11 à 13 m/s³) worden de specificaties gehanteerd voor het totale niveau (maar voor het spectrum de gemeten waarde bij RH35).

In navolgende tabel zijn de resultaten weergegeven. Hierbij zijn de niveaus bij de meest maatgevende woningen berekend die zich het dichtst bij de L_{den} 47-contour bevinden. Daarnaast zijn de niveaus berekend bij de meetpunten van het rapport R068502aa.22CH7TH van 30 januari 2023.

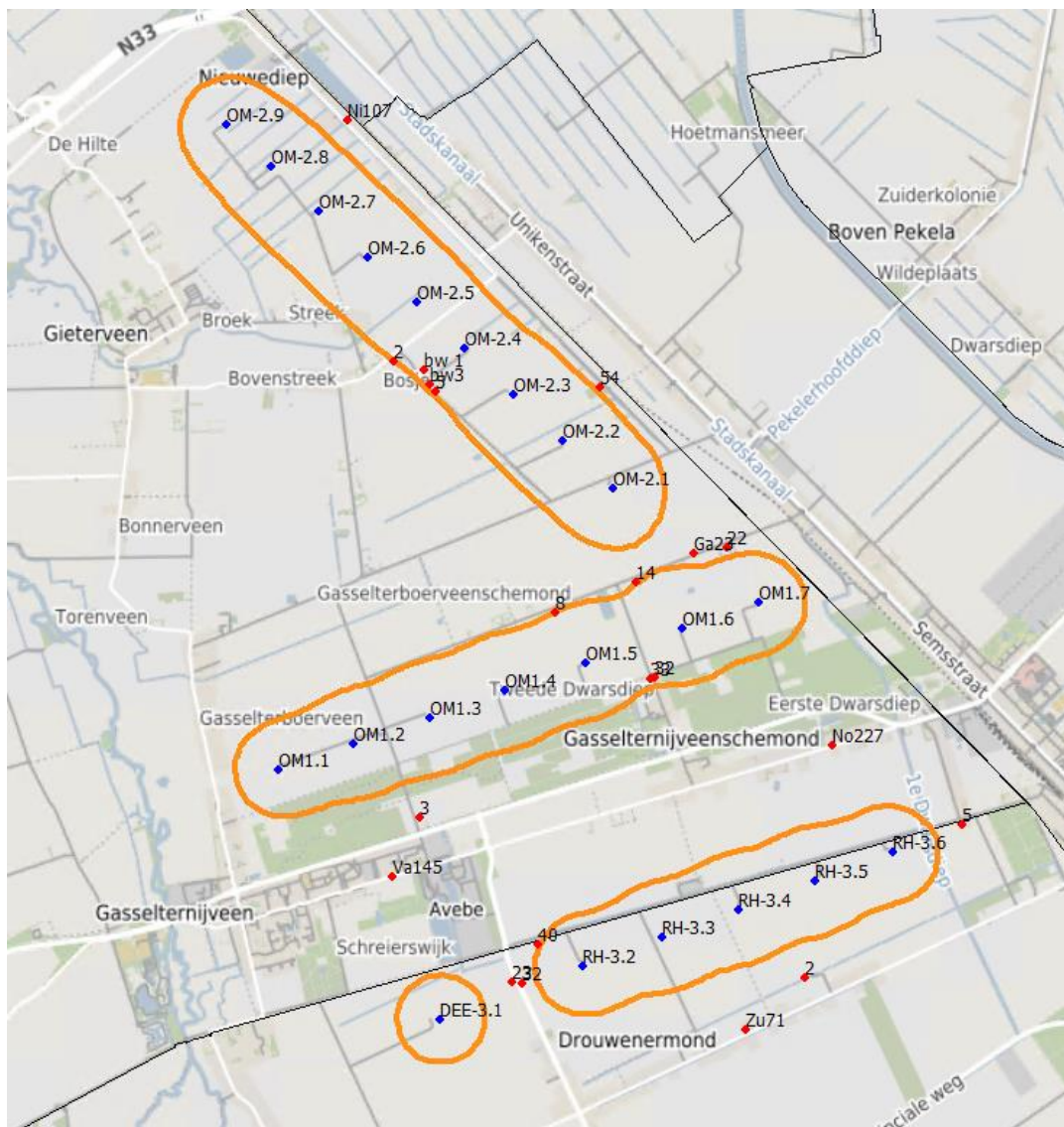
- 2 Let op dat dit negatieve waarden zijn aangezien per octaafband het verschil met het totale A-gewogen geluidniveau wordt gegeven. De gemeten waarden van -28,0 bij 31,5 Hz is dus lager dan de opgegeven waarde van -27,5..
- 3 Voor de L_{den} zijn de windsnelheden van 9 t/m 11 m/s het meest belangrijk.

Tabel 3.10

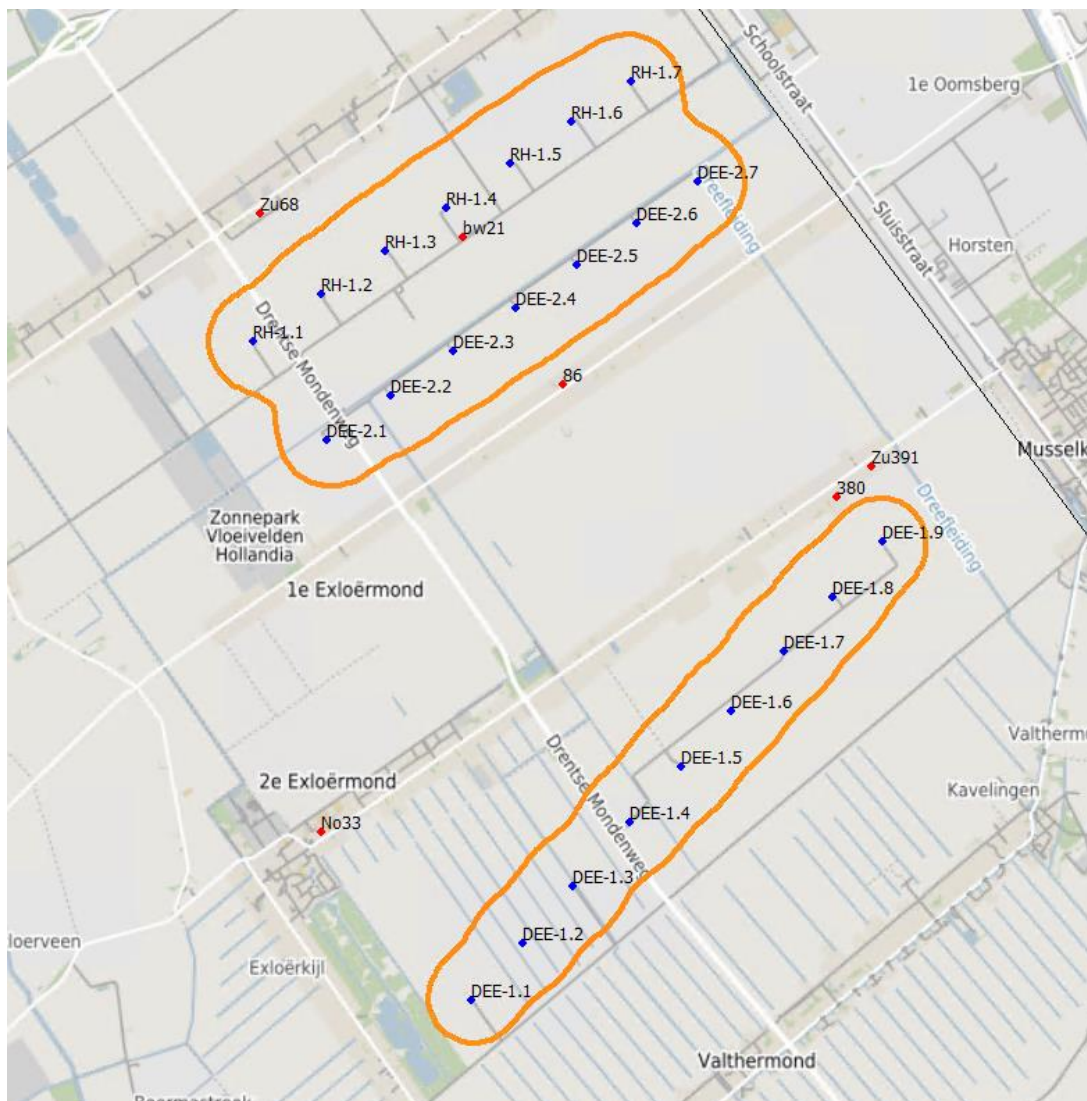
Geluidniveau op basis van gemeten bronsterkte

Naam	Omschrijving	Hoogte	Dag	Avond	Nacht	Lden
bw21_A	woning in sfeer Zuidelijke Tweederdeweg 21	5,00	44	44	44	51
bw 1_A	woning in sfeer Bosje 1	5,00	42	42	42	48
32_A	Tweede Dwarsdiep 32	5,00	40	41	41	47
bw3_A	woning in sfeer Bosje 3	5,00	41	42	41	47
5_A	Bosje 5	5,00	41	42	41	47
33_A	Tweede Dwarsdiep 33	5,00	40	41	41	47
8_A	Gasselterboerveenschemond 8	5,00	40	40	41	47
2_A	Langestraat 2	5,00	40	41	41	47
14_A	Gasselterboerveenschemond 14	5,00	40	40	41	47
40_A	Noorderblokken 40	5,00	40	40	41	47
54_A	Nieuwediep 54	5,00	40	40	40	47
22_A	Gasselterboerveenschemond 22	5,00	39	39	40	46
Ga23_A	2 Gasselterboerveenschemond 23	3,00	39	39	40	46
32_A	Noorderblokken 32	5,00	39	39	39	46
23_A	Noorderblokken 23	5,00	38	39	39	45
380_A	Zuiderdiep 380	5,00	38	38	39	45
86_A	1e Exloërmond 86	5,00	38	38	38	45
Ni107_A	1 Nieuwediep 107	3,00	37	38	38	44
3_A	Dideldomweg 3	5,00	37	38	38	44
2_A	Noorderdiep 2	5,00	37	37	38	44
5_A	Noorderdiep 5	5,00	36	36	37	43
Zu391_A	8 Zuiderdiep 391	3,00	36	36	36	43
Zu68_A	7 Zuiderdiep 68	3,00	35	36	36	43
No227_A	3 Noordzijde 227	3,00	35	35	36	42
Zu71_A	5 Zuiderdiep 71	3,00	35	35	35	42
Va145_A	4 Vaart 145a	3,00	34	35	35	41
Dw41_A	6 Dwarsdiep 41	3,00	29	29	30	36
No33_A	9 Noorderdiep 33	3,00	27	28	28	34

Uit de tabel blijkt dat voor alle geluidgevoelige gebouwen voldaan wordt aan de Lden 47 en Lnight 41. Hierbij is niet rekening gehouden met andere noisemodes dan noisemode 8 van turbine OM24. In navolgende figuur zijn de Lden 47-contouren weergegeven. De woningen Zuidelijke Tweederdeweg 21 en Bosje 1 zijn door het inpassingsplan 'Windpark De Drentse Monden – Oostermoer' aangeduid als woning in de sfeer van het windpark. Conform jurisprudentie behoeven deze woningen geen bescherming voor het geluid van het windpark.



Figuur 3.6
Lden 47 contour noordelijk deel



Figuur 3.7

L_{den} 47 contour zuidelijk deel

4 Beoordeling en conclusie

Uit het onderzoek blijkt dat de gemeten geluidemissie van de turbines voldoet aan de specificaties. Het gemeten geluidsspectrum is bij lage frequenties enigszins hoger dan conform de specificaties maar dit is weinig relevant voor de geluidemissie. Het geluidniveau van de windturbines is niet of nauwelijks tonaal. Bij één turbine is bij een relatief hoge frequentie van 1150 Hz een beperkte tonaliteit gemeten. Deze zou hoorbaar kunnen zijn maar de tonaliteit is lager dan de gebruikelijke grenswaarde van 3 dB. In het laagfrequente spectrum zijn geen bijzondere tonen gemeten.

Op basis van de meetresultaten is de L_{den} berekend. Uit de berekening blijkt dat voldaan wordt aan de geluidnormen. Hierbij is rekening gehouden met de toepassing van noisemode 8 bij turbine OM24 in de nachtperiode. Deze turbine is ook in de nachtperiode gemeten.

LBP|SIGHT



ir. M.T. (Mike) Dijkstra

Bijlage I
Figuren



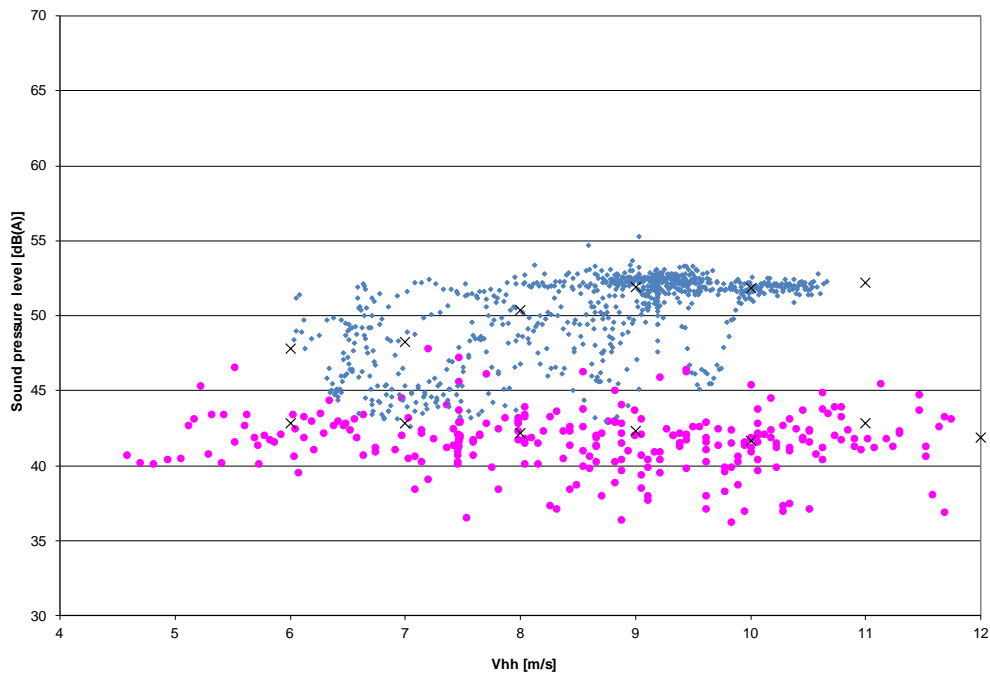
Figuur I.1

Opstelling microfoon bij OM12 (vergelijkbare opstelling bevindt zich bij OM11)



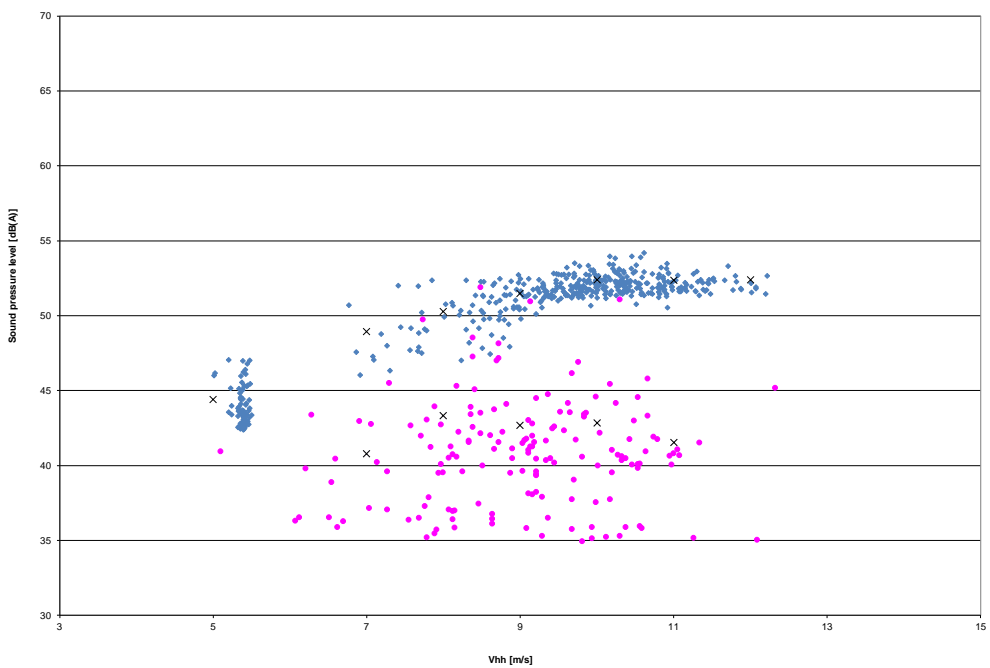
Figuur I.2

Opstelling microfoon bij RH35



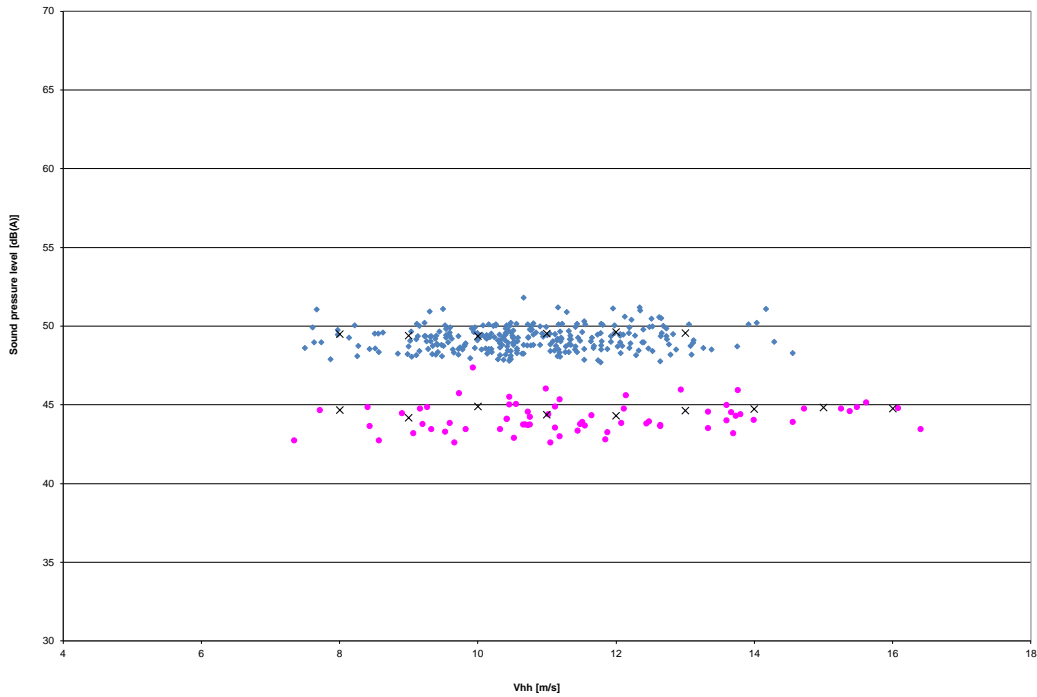
Figuur I.3

Meetsamples Om11 4 juli 2023 met in blauw bij turbine in bedrijf en in magenta bij turbine buiten bedrijf



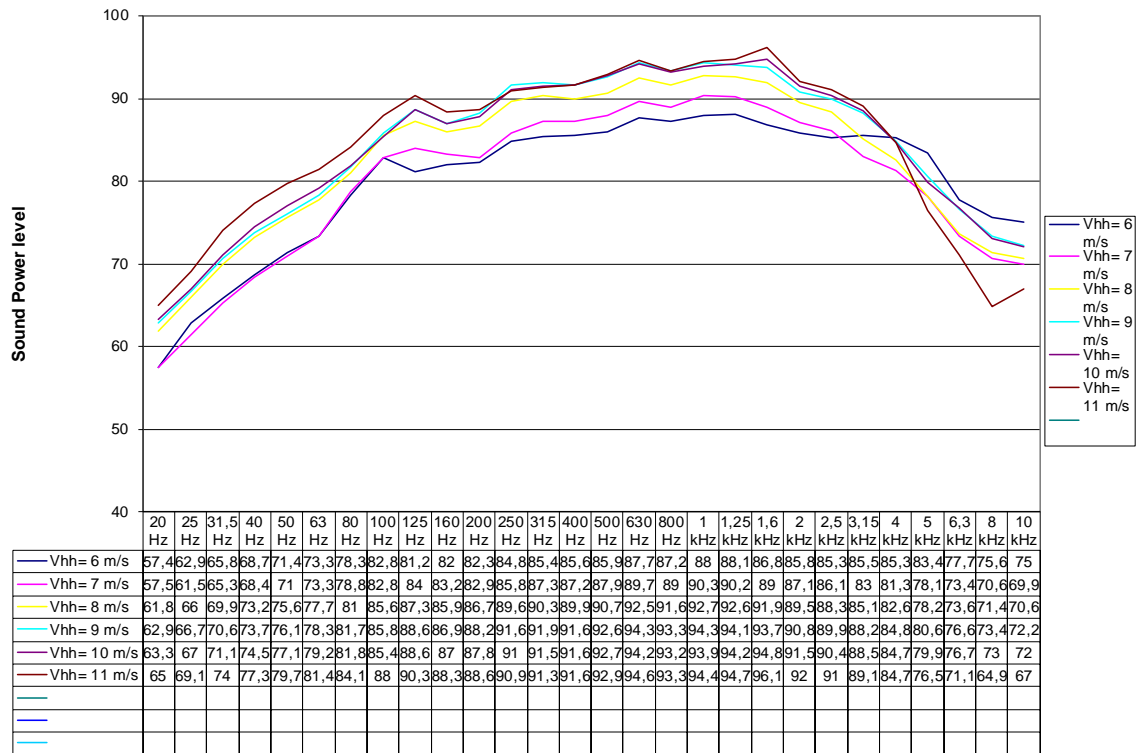
Figuur I.4

Meetsamples RH35 11 oktober 2023 met in blauw bij turbine in bedrijf en in magenta bij turbine buiten bedrijf



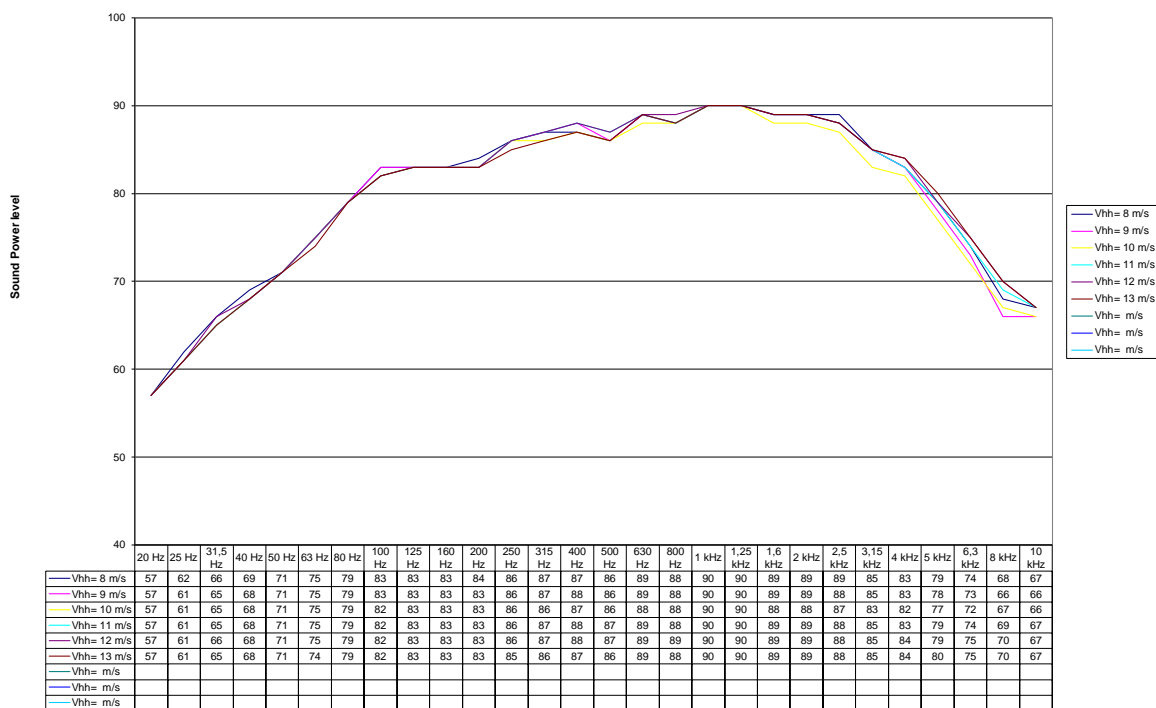
Figuur I.5

Meetsamples Om24 19/20 september 2023 met in blauw bij turbine in bedrijf en in magenta bij turbine buiten bedrijf

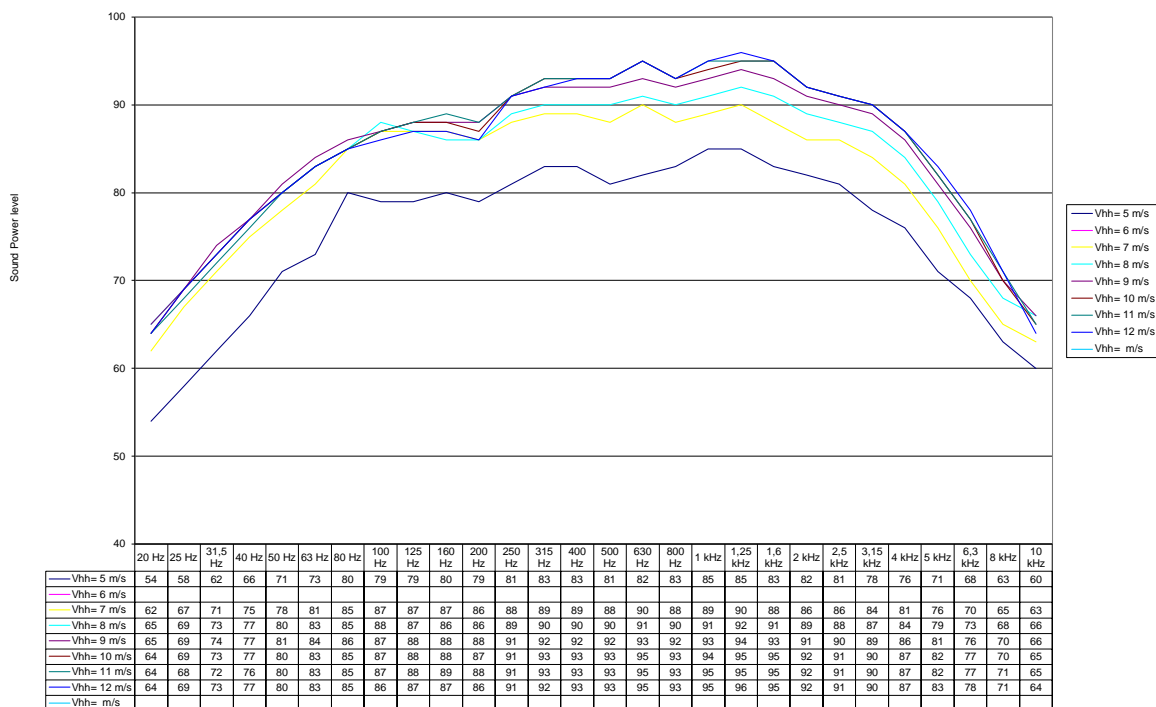


Figuur I.6

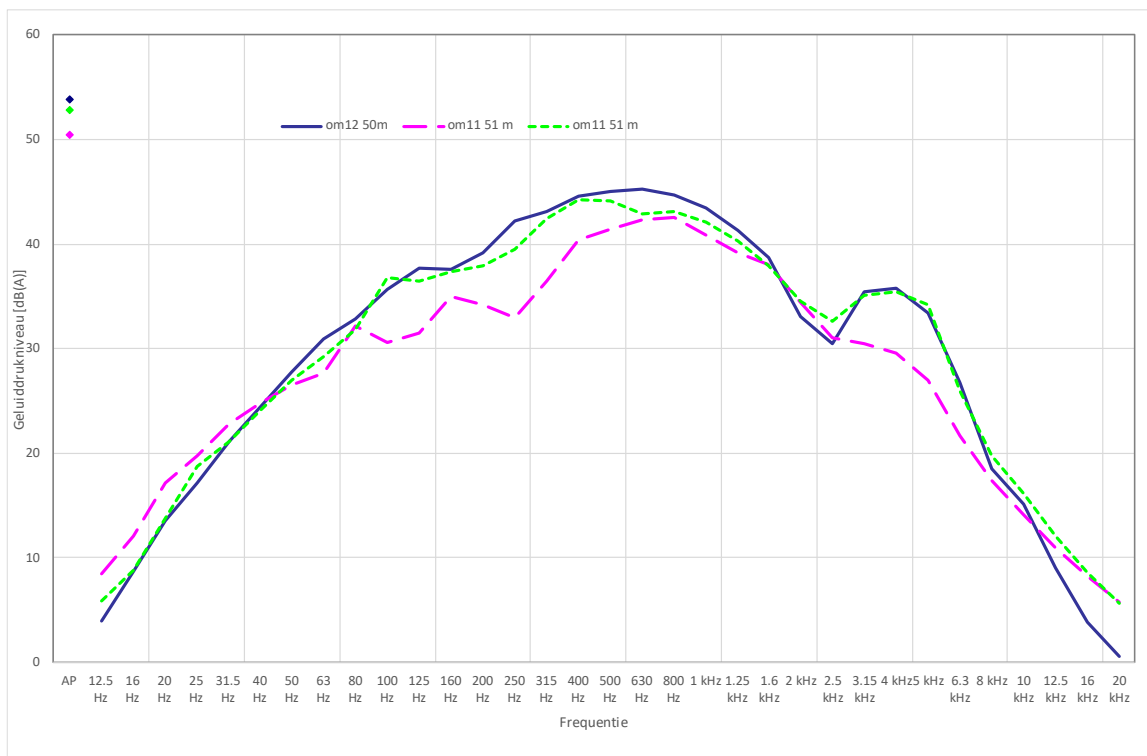
Spectrum OM11 4 juli 2023



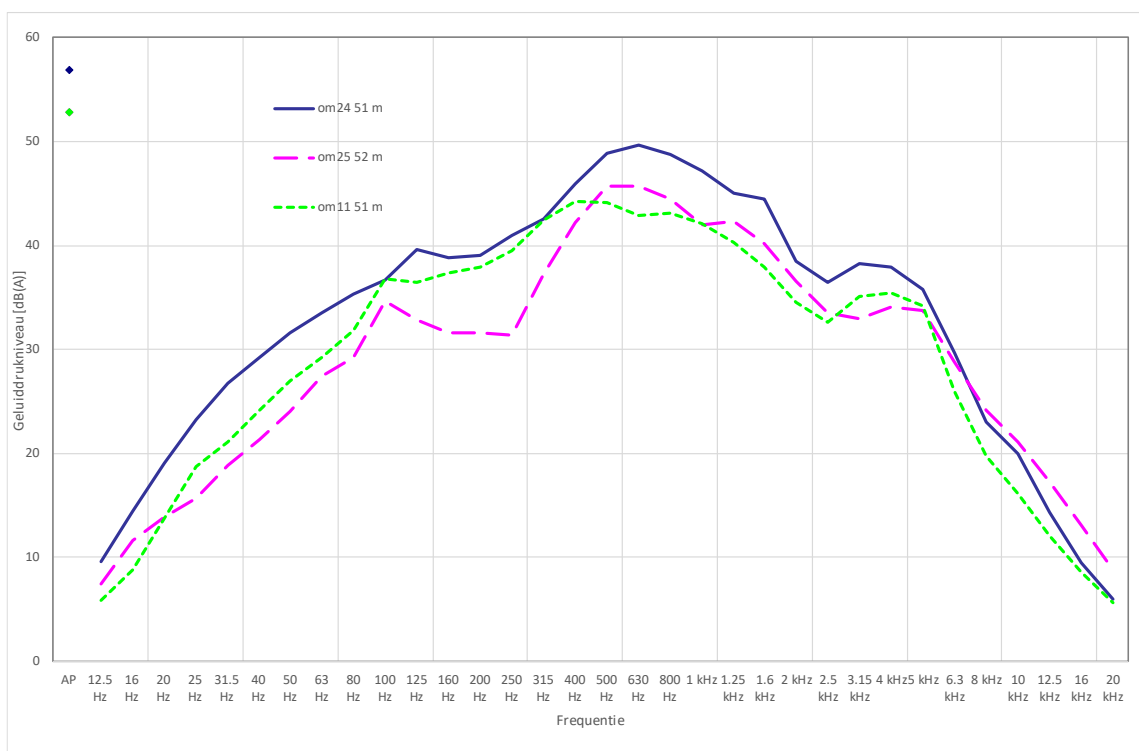
Figuur I.7
Spectrum OM24 19/20 september 2023



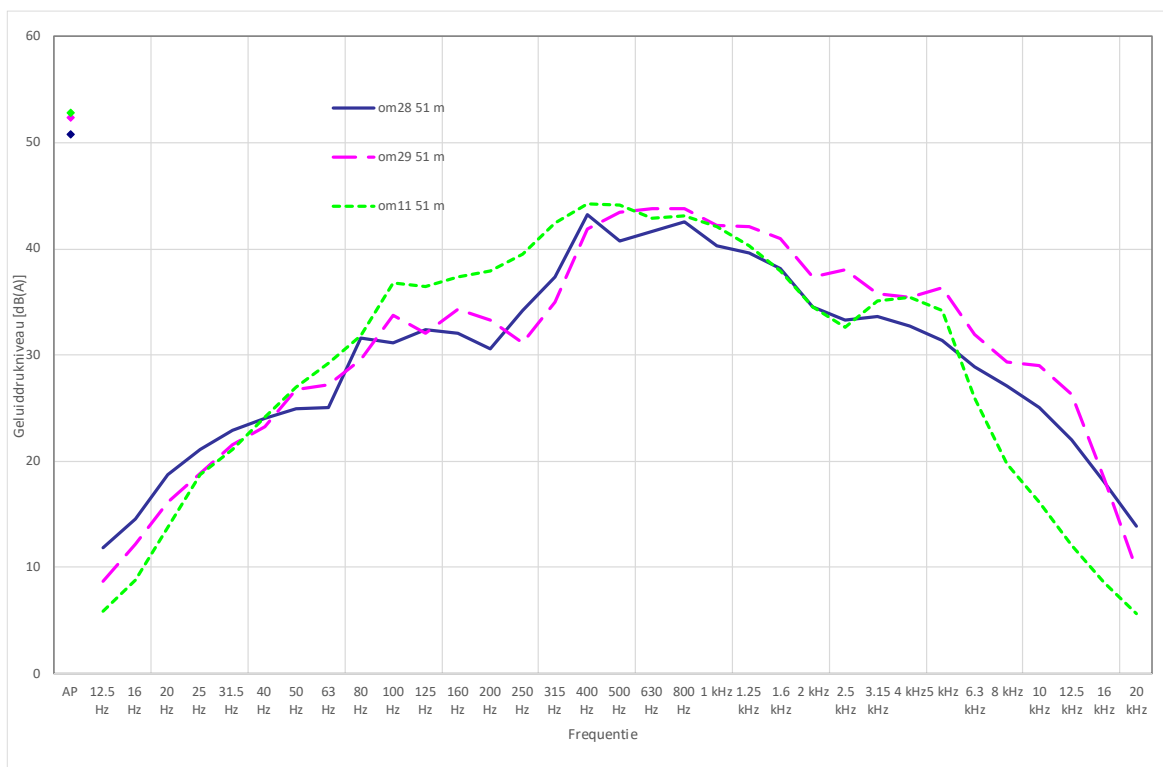
Figuur I.8
Spectrum RH35 11 oktober 2023



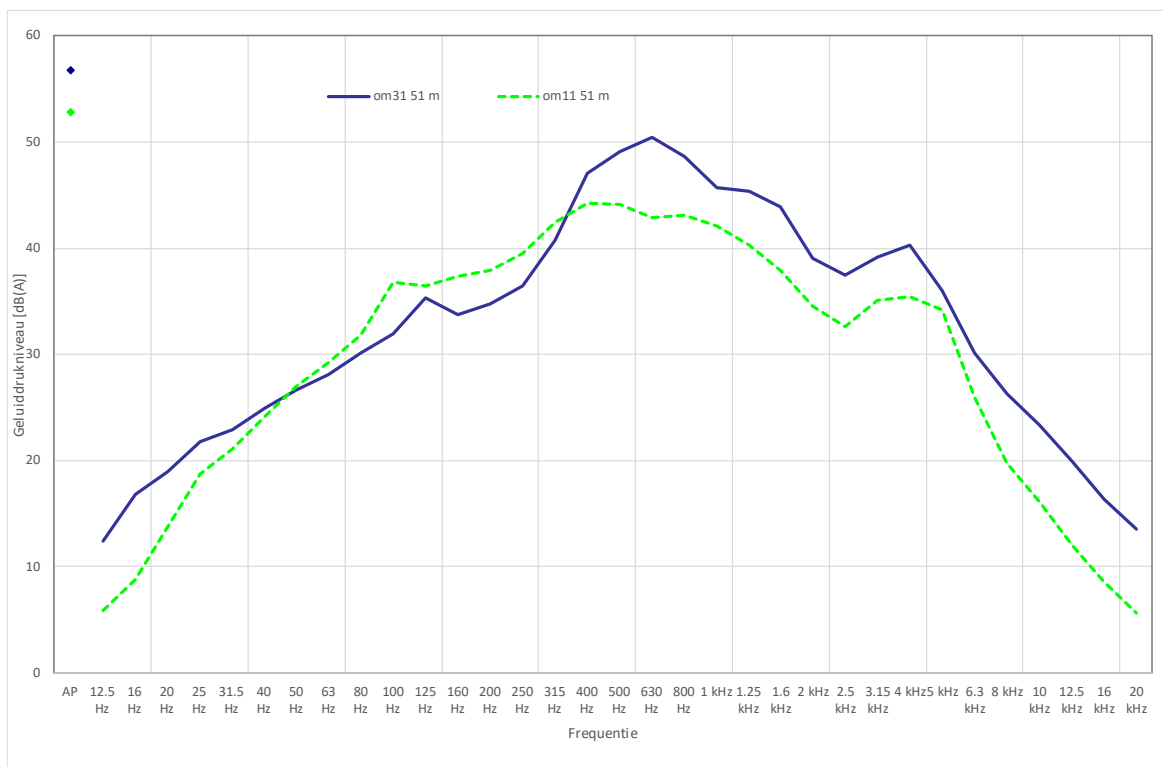
Figuur I.9
Spectrum kortdurende indicatieve metingen 4 juli 2023



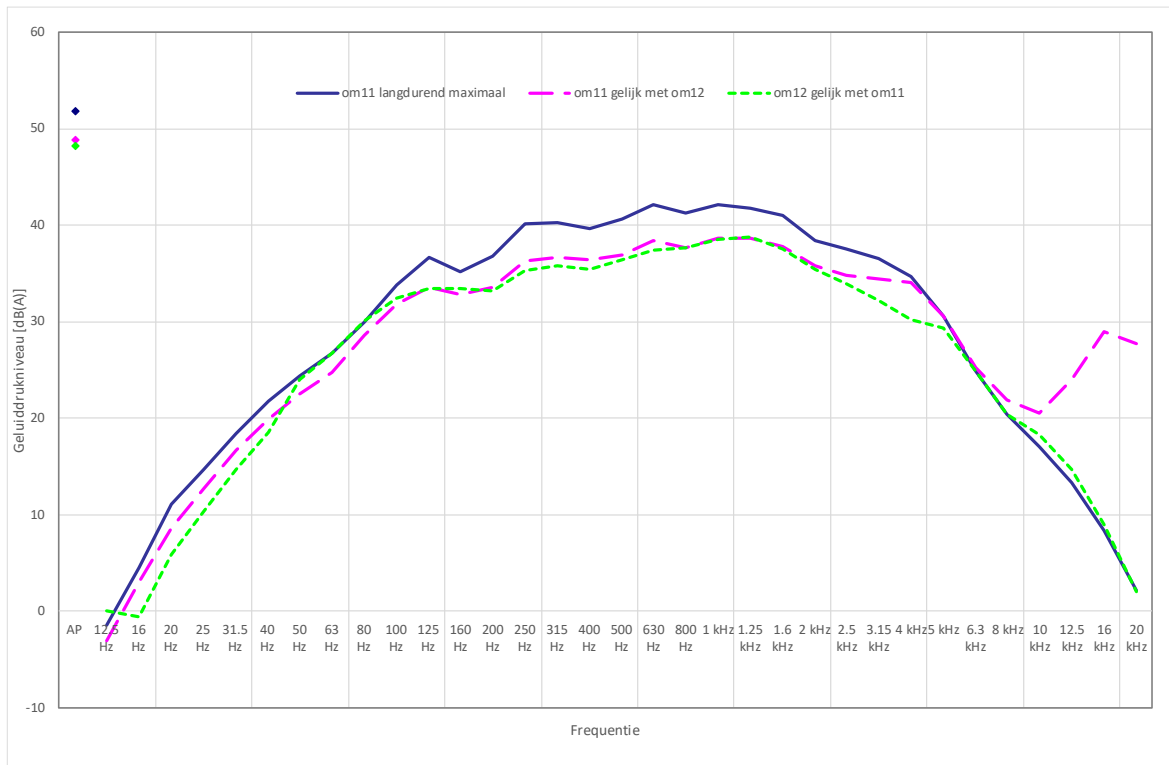
Figuur I.10
Spectrum kortdurende indicatieve metingen 4 juli 2023



Figuur I.11
Spectrum kortdurende indicatieve metingen 4 juli 2023

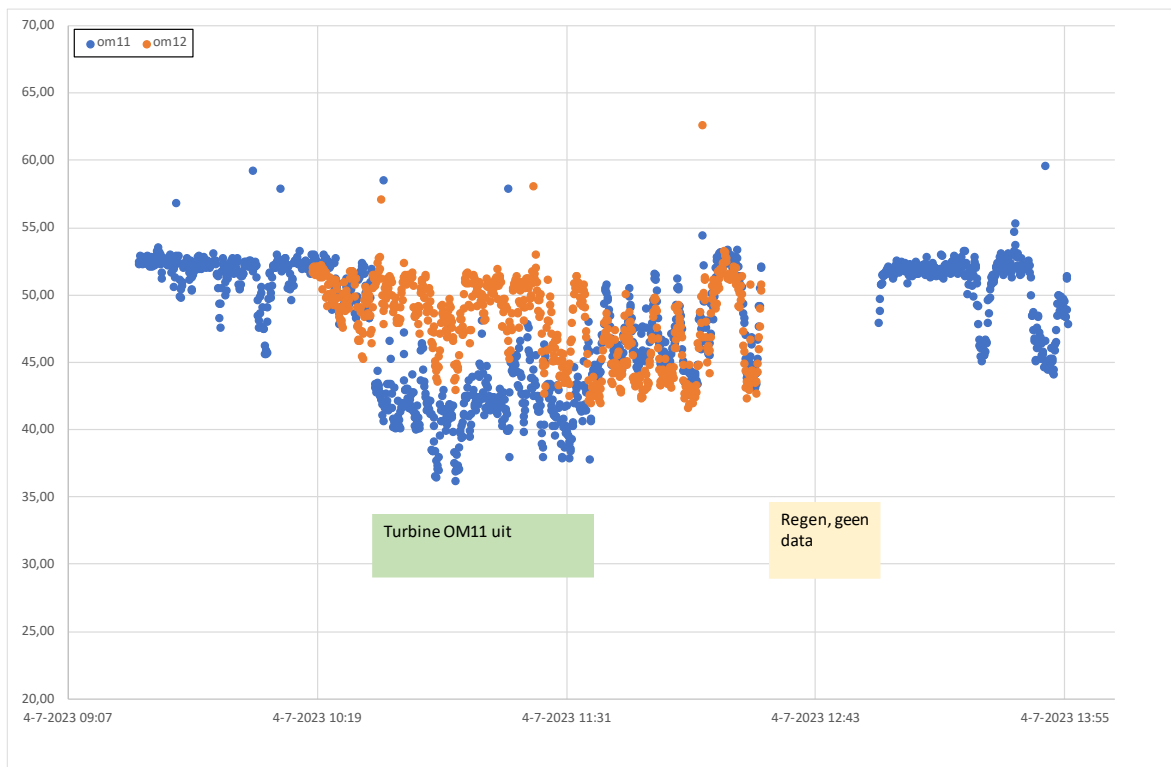


Figuur I.12
Spectrum kortdurende indicatieve metingen 4 juli 2023

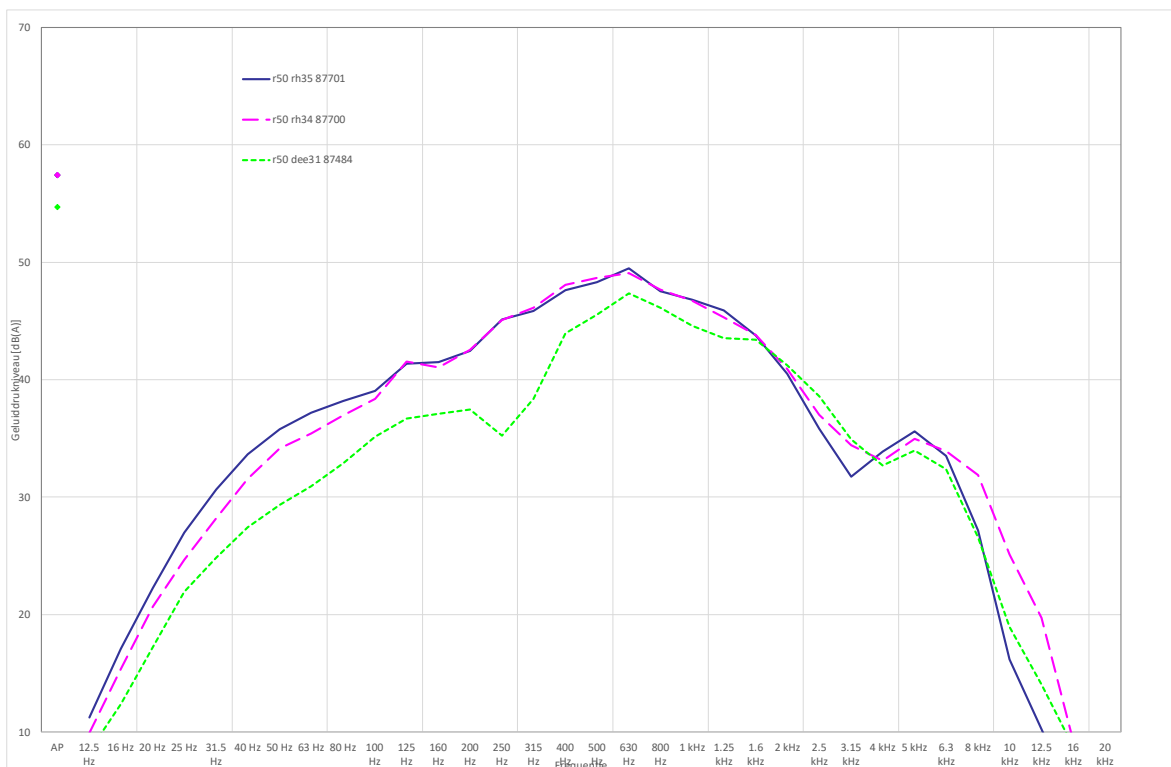


Figuur I.13

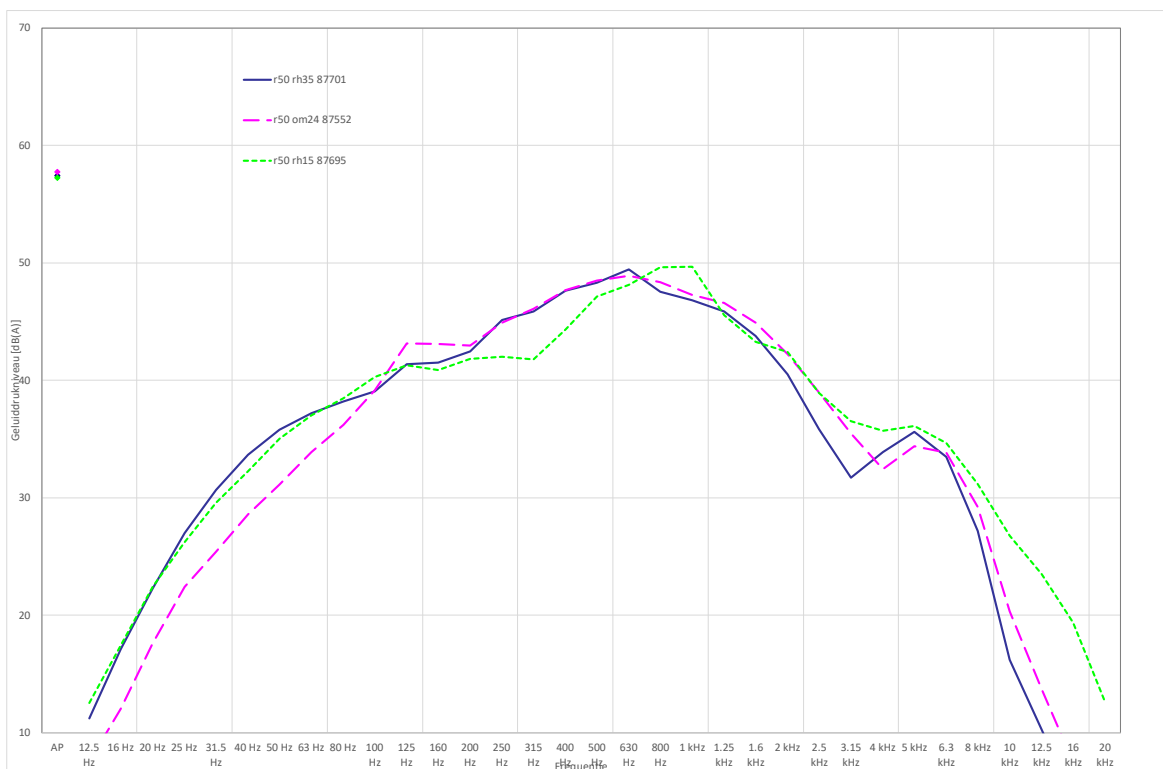
Spectrum van IEC-meting OM11 vergeleken met langdurende indicatieve meting bij OM12. Deze figuur vertoont een opvallende verhoging bij de extreem hoge frequenties van 12.500 Hz en hoger. Dit zijn nauwelijks hoorbare frequenties die niet relevant zijn voor de emissie naar de omgeving. De verhoging is mogelijk een gevolg van een krekel of ander insect nabij de microfoon.



Figuur I.14
Verloop over tijd van de IEC-meting bij OM11 en de langdurende indicatieve meting bij OM12

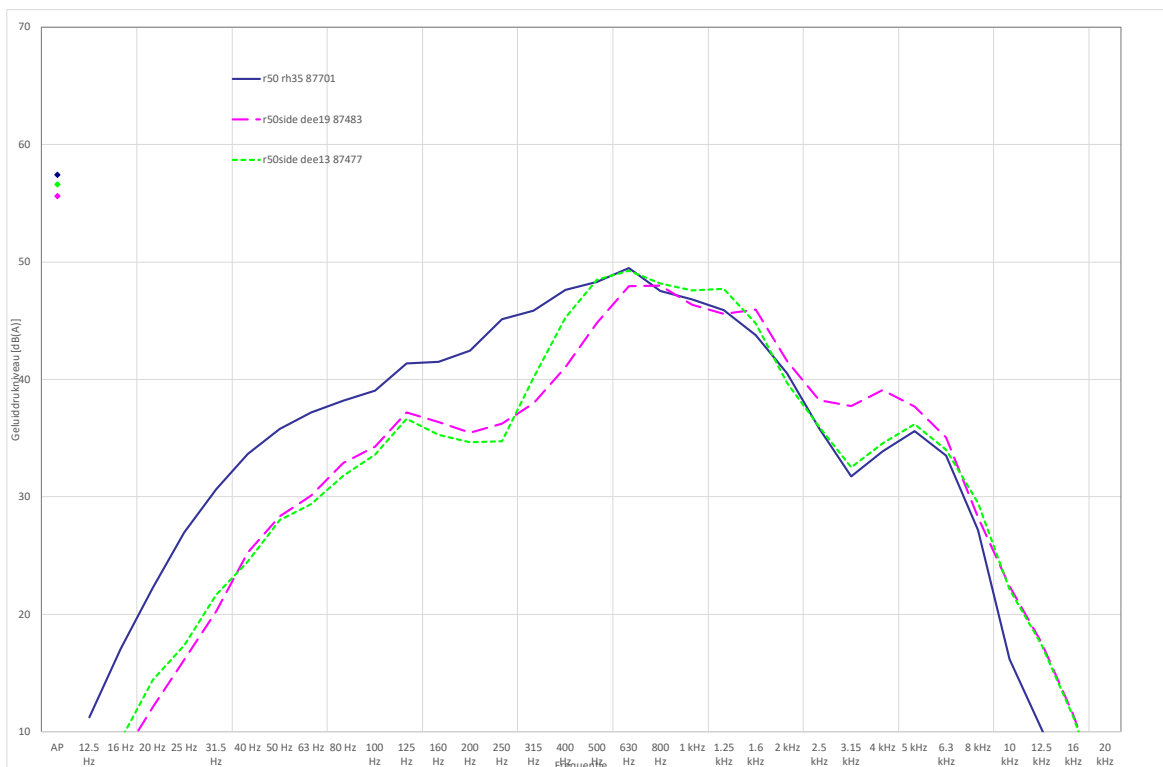


Figuur I.15
Spectrum kortdurende indicatieve metingen 11 oktober 2023



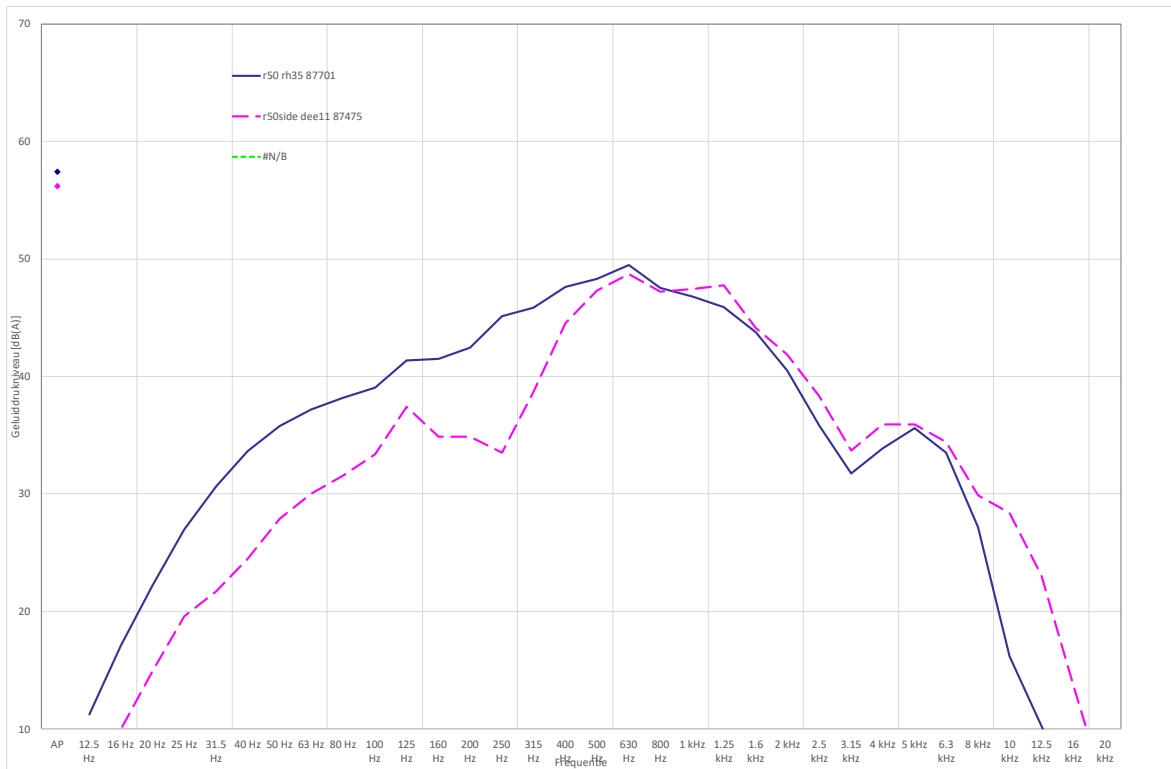
Figuur I.16

Spectrum kortdurende indicatieve metingen 11 oktober 2023



Figuur I.17

Spectrum kortdurende indicatieve metingen 11 oktober 2023



Figuur I.18

Spectrum kortdurende indicatieve metingen 11 oktober 2023