

NOTAT

Projekt navn **Energy Islands - Energieø Oestersøen**
Projektnr. **1100048531-002**
Kunde **Energinet**

Til **Energinet**
Fra **Allan Jensen**

Udarbejdet af **AAJ**
Kontrolleret af **EKLN**
Godkendt af **JAKK**

1 Beregning af luftbåren støj - forudsætninger

Dato 2022-09-20

Der udføres beregning af den forventede luftbårne støj fra vindmøller tilknyttet Energi Bornholm i to scenarier:

Effekt, MW	Navnhøjde, m	Rotordiameter, m	Rotorareal, m ²
15	148	233	43.744
27	180	300	70.686

I det følgende redegøres for de forudsætninger, der vil blive anvendt ved beregning af støj fra vindmøller i de to scenarier.

Ved fastlæggelse af forudsætningerne har der været dialog med faglige eksperter på vindmølleområdet, herunder hos en vindmølleproducent.

Rambøll
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S

T +45 5161 1000
<https://dk.ramboll.com>

2 Fastlæggelse af støj kildestyrke, 15 MW havvindmølle

Der findes ikke detaljerede oplysninger om støj fra 15 MW vindmøller. Vestas oplyser dog en samlet kildestyrke (lydeffekt) for en kommende V236-15.0 MW på L_{WA} 118 dB ved vindhastigheden 8 m/s. Denne oplysning er dog ikke baseret på konkrete støj målinger, fordi vindmølle typen endnu ikke findes som prototype. Det har ikke været muligt at identificere tilsvarende oplysninger for andre vindmøller af denne størrelse.

I forbindelse med vurdering af støj fra Thor Havvindmøllepark blev oplysningen om L_{WA} 118 dB anvendt som grundlag for fastsættelse af datagrund for beregning af støj fra denne park. Det blev antaget, at støjen ved 6 m/s er 2 dB lavere end ved 8 m/s. Denne forskel er almindelig for kendte, større vindmøller. Forudsætninger om støjens frekvensfordeling, herunder den del, der betegnes som lavfrekvent støj (10 – 160 Hz), blev baseret på miljøkonsekvensvurderinger af havvindmølleparkerne Vesterhav Nord og Vesterhav Syd.

Rambøll Danmark A/S
CVR NR. 35128417

Det er valgt at anvende de samme forudsætninger ved beregning af støj fra Energiø Bornholm i scenariet med 15 MW vindmøller. Forudsætningerne fremgår af Tabel 1 og Tabel 2.

Tabel 1. 15 MW vindmøller. Forudsat støj kildestyrke (lydeffekt) for den samlede støj, L_{WA} i dB ved 6 m/s og 8 m/s

1/1 oktav centerfrekvens, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	TOTAL
L _{WA} ved 6 m/s	96,7	103,2	107,4	110	111,1	108	104,2	94,3	116,0
L _{WA} ved 8 m/s	99,9	105,3	108,7	111,4	112,4	111,3	107,6	96,7	118,0

Tabel 2. 15 MW vindmøller. Forudsat støj kildestyrke (lydeffekt) for lavfrekvent støj, L_{WA} i dB ved 6 m/s og 8 m/s

1/3 oktav centerfrekvens, Hz	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	TOTAL
L _{WA} ved 6 m/s	62,1	65,8	69,9	73,6	77,5	81	85,3	88,9	91,8	93,8	95,7	99,8	98,8	104,2
L _{WA} ved 8 m/s	61,5	65,7	70,3	74,5	79	82,8	87,4	92	94,9	97,1	98,9	101,5	100,8	106,5

3 Fastlæggelse af støj kildestyrke, 27 MW havvindmølle

Så vidt vides har ingen leverandører konkrete planer for vindmøller med effekter over 15 MW. Selvom der kan være overvejelser om 20 MW vindmøller, foreligger der ingen konkrete oplysninger om den forventede støj fra vindmøller af denne størrelse, og derfor heller ikke for 27 MW vindmøller.

Den samlede støj kildestyrke kan imidlertid skønnes ud fra eksisterende viden om sammenhængen mellem det bestrøgne areal ("sweep area") og støj kildestyrke. En vindmølleproducent har oplyst, at der generelt er følgende sammenhæng:

Bestrøget areal for vindmølle 1 : S1
 Støj kildestyrke for vindmølle 1 : L1

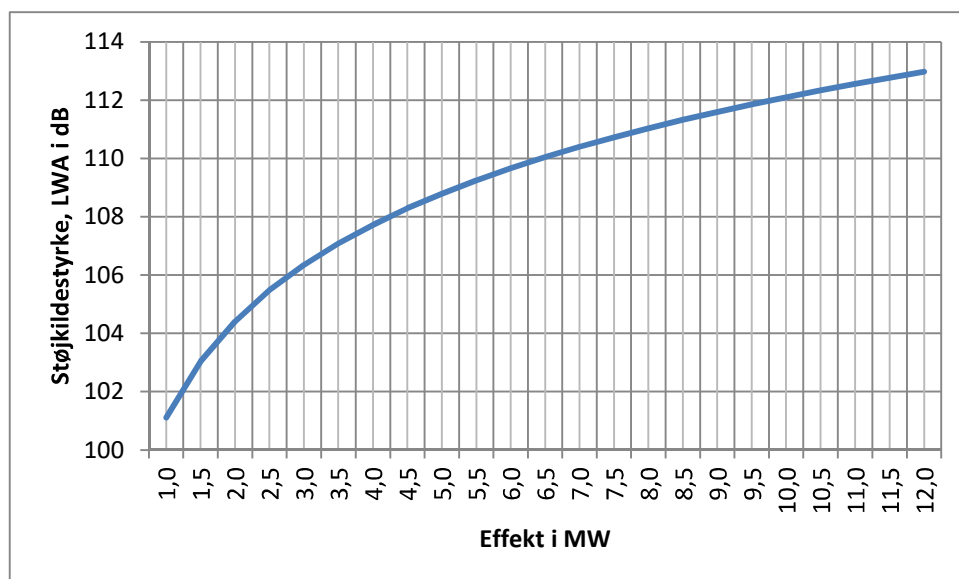
Bestrøget areal for vindmølle 2 : S2
 Støj kildestyrke for vindmølle 2 : L1 + 20 * log (S2/S1)

I Tabel 3 er med udgangspunkt i den 15 MW vindmølle, der er omtalt ovenfor, og med brug af denne sammenhæng udført en beregning af støj kildestyrken for vindmøller med forskellig effekt. Det fremgår, at sammenhængen for mindre vindmøller svarer til typiske katalogværdier. Det vurderes derfor, at korrektionen også kan anvendes for større vindmøller.

Tabel 3. Beregning af støj kildestyrke for havvindmølleparker med korrektion for bestrøget areal.

Vindmølle MW	Støj kildestyrke, L _{WA} i dB Ved 8 m/s	Rotordiameter, m	Bestrøget areal, m ²	Typiske katalogværdier, L _{WA} i dB
15 (udgangspunkt)	118	236	43.744	
Beregnete værdier				
4	105,8	117	10.751	106
9,5	112,7	174	23.779	113
20	120,4	271	57.680	Foreligger ikke
27	122,2	300	70.686	Foreligger ikke

En anden metode til vurdering af støj kildestyrke for store vindmøller blev beskrevet i en undersøgelse udført af Aalborg Universitet i 2010. Den er baseret på målinger af støj fra 48 vindmøller med en effekt mellem 450 kW og 3,6 MW¹. Undersøgelsen fandt den sammenhæng, der er illustreret i Figur 1. Det fremgår, at kurven viser en tendens til, at støj kildestyrken pr. MW er faldende med øget elektrisk effekt (MW).



Figur 1. Typisk sammenhæng mellem vindmøllers effekt i MW og møllernes støj kildestyrke (lydeffekt), L_{WA} i dB. Denne sammenhæng er ved vindhastigheden 8 m/s. Efter Aalborg Universitet (2010).

Sammenhængen på Figur 1 kan også beskrives med formlen:

Støj kildestyrke, L_{WA} i dB = 11 * log (MW) + 101,1, hvor MW er vindmøllens elektriske effekt.

Ved brug af denne formel kan følgende støj kildestyrker beregnes:

15 MW: Støj kildestyrke L_{WA} 114 dB ved 8 m/s

20 MW: Støj kildestyrke L_{WA} 115 dB ved 8 m/s

¹ Henrik Møller, Steffen Pedersen og Jan Kloster Staunstrup, Støj fra testcenter for vindmøller ved Østerild, Aalborg Universitet 2010

27 MW: Støjkildestyrke L_{WA} 117 dB ved 8 m/s.

Det fremgår, at denne metode resulterer i en støjkildestyrke, der er 4 – 5 dB lavere end metoden med korrektion for det bestrøgne areal.

Det er Rambølls vurdering, at undersøgelsen fra 2010 (Aalborg Universitet) er baseret på relativt små vindmøller. Der er ikke umiddelbart belæg for, at undersøgelsens sammenhæng mellem elektrisk effekt og støjkildestyrke uden videre kan overføres til vindmøller, der er 5 – 10 gange større. Derimod viser beregningseksemplerne ovenfor, at metoden med korrektion for det bestrøgne areal har en god sammenhæng for vindmøller med en effekt på 4 – 15 MW.

Det kan dog ikke afvises, at den simple korrektion for det bestrøgne areal er konservativ, dvs. fører til højere støjkildestyrke end der vil optræde, når vindmøllerne er færdigudviklet.

Samlet er det dog Rambølls anbefaling at anvende korrektion for det bestrøgne areal ved fastlæggelse af forudsætninger for støjberegningerne, selvom det kan indebære en overvurdering af støjen.

Det er valgt at forudsætte, at støjen fra 27 MW vindmøllerne har samme frekvensfordeling som 15 MW vindmøllerne, dog parallelforskuet til den beregnede støjkildestyrke.

De således fastsatte forudsætninger fremgår af Tabel 1 og Tabel 2.

Tabel 4. 27 MW vindmøller. Forudsat støjkildestyrke (lydeffekt) for den samlede støj, L_{WA} i dB ved 6 m/s og 8 m/s

1/1 oktav centerfrekvens, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	TOTAL
L_{WA} ved 6 m/s	100,9	107,4	111,6	114,2	115,3	112,2	108,4	98,5	120,2
L_{WA} ved 8 m/s	104,1	109,5	112,9	115,6	116,6	115,5	111,8	100,9	122,2

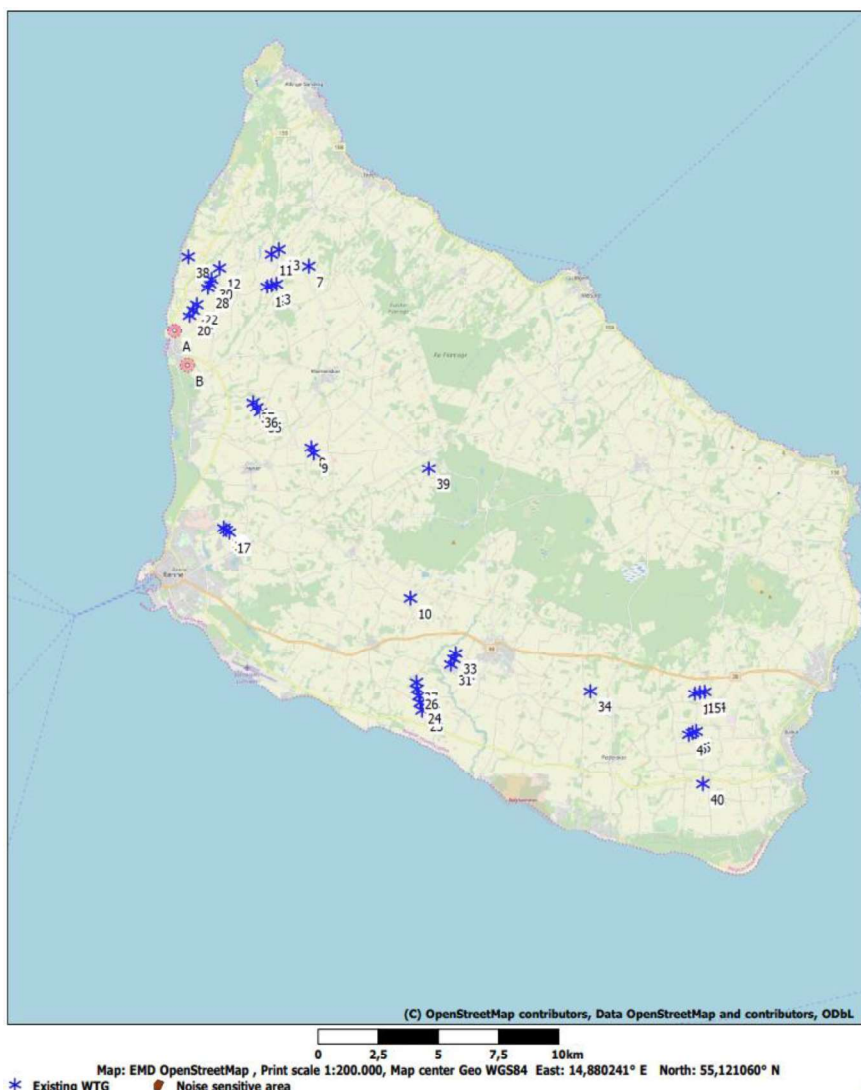
Tabel 5. 27 MW vindmøller. Forudsat støjkildestyrke (lydeffekt) for lavfrekvent støj, L_{WA} i dB ved 6 m/s og 8 m/s

1/3 oktav center- frekvens, Hz	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	TOTAL
L_{WA} ved 6 m/s	66,3	70	74,1	77,8	81,7	85,2	89,5	93,1	96	98	99,9	104	103	108,4
L_{WA} ved 8 m/s	65,7	69,9	74,5	78,7	83,2	87	91,6	96,2	99,1	101,3	103,1	105,7	105	110,7

4 Eksisterende vindmøller på land

Grænseværdierne for støj fra vindmøller gælder for den samlede støj fra alle vindmøller i et område. Der kan dog ses bort fra ubetydelige støjbidrag fra enkeltvindmøller i et punkt, hvis støjbidraget er 10 – 15 dB under grænseværdien.

Der er identificeret i alt 40 eksisterende vindmøller på land på den vestlige og sydvestlige del af Bornholm. Disse møller vil som udgangspunkt indgå i støjundersøgelsen, hvis de kan have betydning for den samlede støj, når der indgår bidrag fra Energiø Bornholm. Alle møllerne er identificeret med relevante støjdata. En liste er vedlagt.



Figur 2. Oversigt over eksisterende vindmøller på den vestlige og sydvestlige del af Bornholm.

5 Støjfølsomme områder på land

Støjfølsomme områder, hvor grænseværdier for støj fra vindmøller skal være overholdt, omfatter:

- Områder for støjfølsom arealanvendelse
- Beboelse i det åbne land.

Støjfølsom arealanvendelse omfatter områder, der anvendes til eller i lokalplan eller byplanvedtægt er udlagt til:

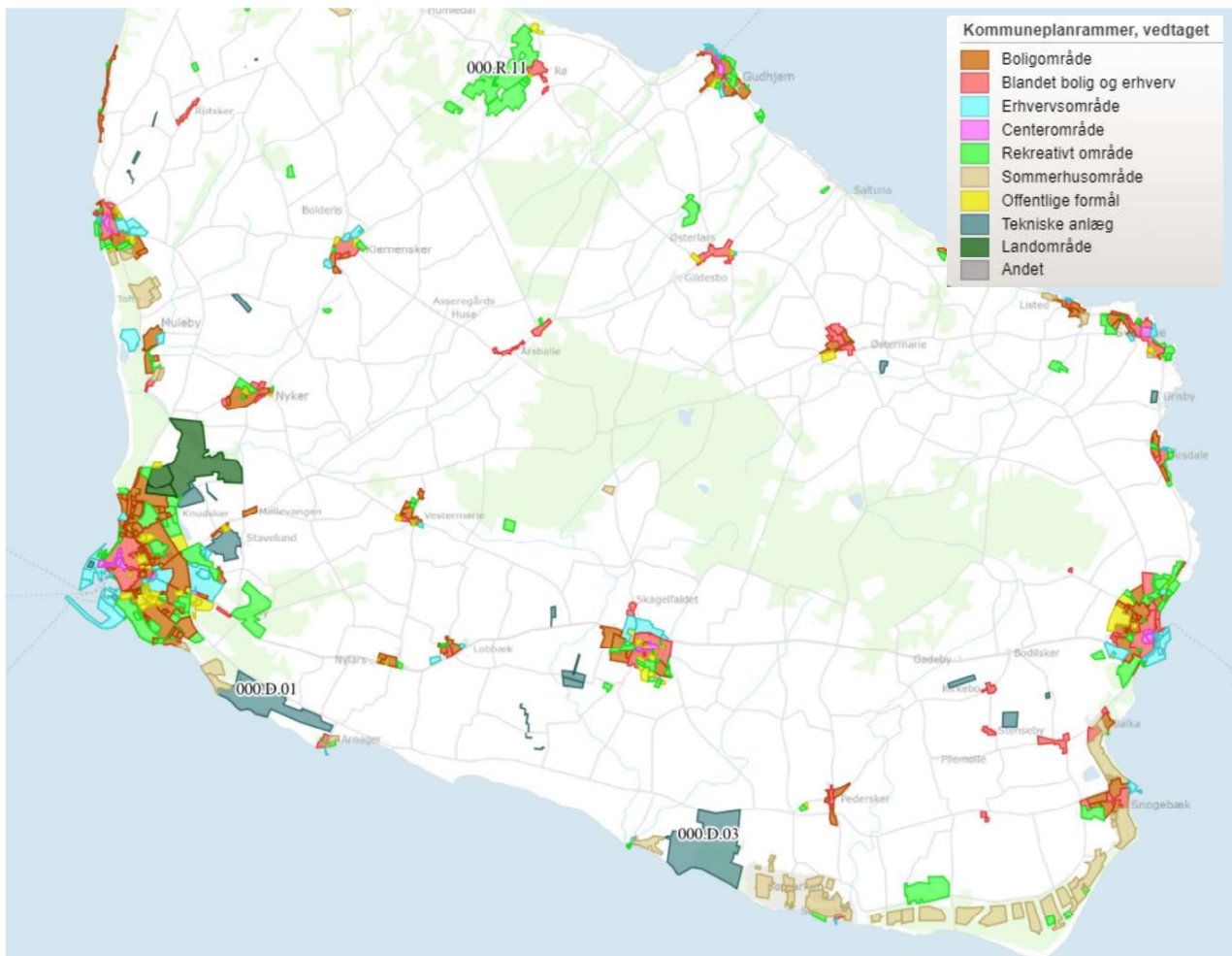
- Boligformål
- Institutionsformål
- Sommerhusformål
- Campingformål
- Kolonihaveformål

Endvidere omfatter støjfølsom arealanvendelse områder, der er udlagt i lokalplan eller i byplanvedtægt til støjfølsom rekreativ aktivitet.

Grænseværdier for støj fra vindmøller skal være overholdt overalt i områder for støjfølsom arealanvendelse. Ved beboelse i det åbne land, skal grænseværdierne være overholdt i det mest støjbelastede punkt ved udendørs opholdsarealer højst 15 meter fra beboelsen.

Grænseværdierne er lavere for områder for støjfølsom arealanvendelse end for beboelse i det åbne land (det gælder dog ikke lavfrekvent støj). For sommerhusområder gælder endvidere særlige regler for beregning af lavfrekvent støj indendørs, der betyder, at disse områder er mere følsomme overfor denne del af støjen end andre områder. I praksis vil det ofte vise sig, at de mest kritiske områder ved vurdering af støj fra havvindmøller er sommerhusområder på grund af de særlige regler for beregning af lavfrekvent støj. Det er især tilfældet, hvis der findes eksisterende vindmøller i nærheden af disse områder.

Figur 3 er en aktuel oversigt over kommuneplanrammer i Bornholms Regionskommune. Områder for støjfølsom arealanvendelse vil indgå i støjberegninger og vurderinger. Endvidere vil i relevant omfang indgå beboelse i det åbne land, som er placeret ved kysten og/eller tæt ved eksisterende vindmøller.



Figur 3. Oversigt over kommuneplanrammer, Bornholms Regionskommune (kilde: Plandata 2022-09-20)

Øversigt over eksisterende vindmøller på den vestlige og sydvestlige del af Bornholm

Longitude	Latitude	Z	Row data/Description	WTG type Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Noise data Creator Name	First wind speed [m/s]	LwaRef [dB(A)]	Last wind speed [m/s]	LwaRef [dB(A)]
1 14,767396° E	55,207644° N	96,1	570714700000002601: 225 kW Vesta... No	VESTAS		V27-225/50	225	27,0	31,5	8m/s Man.	6,0	100,0	8,0	101,2
2 14,770479° E	55,208019° N	98,4	570714700000002618: 225 kW Vesta... No	VESTAS		V27-225/50	225	27,0	31,5	8m/s Man.	6,0	100,0	8,0	101,2
3 14,773543° E	55,208395° N	97,3	570714700000002625: 225 kW Vesta... No	VESTAS		V27-225/50	225	27,0	31,5	8m/s Man.	6,0	100,0	8,0	101,2
4 15,042699° E	55,039604° N	33,1	570714700000002731: 225 kW Vesta... No	VESTAS		V29-225/50	225	29,0	31,5	Noise (1)	6,0	100,0	8,0	101,2
5 15,045108° E	55,040251° N	31,1	570714700000002748: 225 kW Vesta... No	VESTAS		V29-225/50	225	29,0	31,5	Noise (1)	6,0	100,0	8,0	101,2
6 15,047508° E	55,040897° N	30,3	570714700000002755: 225 kW Vesta... No	VESTAS		V29-225/50	225	29,0	31,5	Noise (1)	6,0	100,0	8,0	101,2
7 14,794960° E	55,215026° N	124,8	570714700000011313: 55 kW Ukendt... No	WINDMATIC		-55/11	55	15,5	18,0	Runtime input	6,0	93,2	8,0	95,1
8 14,796273° E	55,147131° N	98,3	570714700000011634: 130 kW Wind... No	NEG MICON		W-4800 OSC-750	750	48,0	31,0	USER	6,0	101,0	8,0	103,9
9 14,861003° E	55,144998° N	100,6	570714700000011641: 130 kW Wind... No	WINDMATIC		-130/29	130	19,4	31,0	USER	6,0	100,0	8,0	101,2
10 14,770448° E	55,090780° N	79,1	570714700000011658: 18 kW Ukendt... No	VESTAS		-19/4	19	10,8	25,0	USER	6,0	93,2	8,0	95,1
11 14,736278° E	55,214381° N	104,0	570714700000013010: 660 kW Vesta... No	VESTAS		V47-660/200	660	47,0	40,0	END	6,0	102,6	8,0	103,0
12 14,724811° E	55,214376° N	121,4	5707147000000105423: 660 kW Vesta... No	VESTAS		V47-660/200	660	47,0	40,0	END	6,0	102,6	8,0	103,0
13 14,735350° E	55,055328° N	47,6	5707147000000105458: 900 kW NEG ... No	NEG MICON		NM52/900-900/200	900	52,0	49,0	END	6,0	101,0	8,0	103,9
14 15,050125° E	55,055084° N	47,5	5707147000000105463: 900 kW NEG ... No	NEG MICON		NM52/900-900/200	900	52,0	49,0	END	6,0	101,0	8,0	103,9
15 15,046908° E	55,054846° N	47,1	5707147000000105476: 900 kW NEG ... No	NEG MICON		NM52/900-900/200	900	52,0	49,0	END	6,0	101,0	8,0	103,9
16 14,742554° E	55,115041° N	58,7	5707147000000105487: 800 kW Nord... Yes	NORDEX		N50-800/200	800	50,0	45,0	END	6,0	101,0	8,0	103,9
17 14,740944° E	55,117011° N	54,5	5707147000000105494: 800 kW Uken... Yes	NORDEX		N50-800/200	800	50,0	45,0	END	6,0	101,0	8,0	103,9
18 14,739340° E	55,196478° N	55,5	5707147000000105500: 800 kW Uken... Yes	NORDEX		N50-800/200	800	50,0	45,0	END	6,0	101,0	8,0	103,9
19 14,716946° E	55,196478° N	55,5	5707147000000105678: 1300 kW Nord... No	NORDEX		N60-1300/250	1.300	60,0	60,0	END	6,0	100,7	8,0	102,9
20 14,719259° E	55,198613° N	63,5	5707147000000105685: 1300 kW Nord... No	NORDEX		N60-1300/250	1.300	60,0	60,0	END	6,0	100,7	8,0	102,9
21 14,721579° E	55,200754° N	67,3	5707147000000105692: 1300 kW Nord... No	NORDEX		N60-1300/250	1.300	60,0	60,0	END	6,0	100,7	8,0	102,9
22 14,868531° E	55,048499° N	37,8	5707147000000105760: 1300 kW Uke... No	NORDEX		N60-1300/250	1.300	60,0	60,0	END	6,0	100,7	8,0	102,9
23 14,867585° E	55,051152° N	40,8	5707147000000105777: 1300 kW Uke... No	NORDEX		N60-1300/250	1.300	60,0	60,0	END	6,0	100,7	8,0	102,9
24 14,866630° E	55,053810° N	46,6	5707147000000105784: 1300 kW Uke... No	NORDEX		N60-1300/250	1.300	60,0	60,0	END	6,0	100,7	8,0	102,9
25 14,866630° E	55,053810° N	43,8	5707147000000105791: 1300 kW Uke... No	NORDEX		N60-1300/250	1.300	60,0	60,0	END	6,0	100,7	8,0	102,9
26 14,865670° E	55,056462° N	46,6	5707147000000105791: 1300 kW Uke... No	NORDEX		N60-1300/250	1.300	60,0	60,0	END	6,0	100,7	8,0	102,9
27 14,864711° E	55,059114° N	49,3	5707147000000105807: 1300 kW Uke... No	NORDEX		N60-1300/250	1.300	60,0	60,0	END	6,0	100,7	8,0	102,9
28 14,728668° E	55,207034° N	93,3	5707147000000106988: 1750 kW Vest... No	VESTAS		V66-1750	1.750	66,0	60,0	END	6,0	100,7	8,0	102,9
29 14,729828° E	55,208097° N	98,3	5707147000000106996: 1750 kW Vest... No	VESTAS		V66-1750	1.750	66,0	60,0	END	6,0	100,7	8,0	102,9
30 14,730968° E	55,210370° N	99,6	5707147000000107008: 1750 kW Vest... No	VESTAS		V66-1750	1.750	66,0	60,0	END	6,0	100,7	8,0	102,9
31 14,889145° E	55,065751° N	59,6	5707147000000107016: 2000 kW Vest... No	VESTAS		V80-2000M offshore-2.000	2.000	80,0	80,0	END	6,0	104,8	8,0	106,7
32 14,890681° E	55,067812° N	59,6	5707147000000107023: 2000 kW Vest... No	VESTAS		V80-2000M offshore-2.000	2.000	80,0	80,0	END	6,0	104,8	8,0	106,7
33 14,890681° E	55,069878° N	63,5	5707147000000107038: 2000 kW Vest... No	VESTAS		V80-2000M offshore-2.000	2.000	80,0	80,0	END	6,0	104,8	8,0	106,7
34 14,978620° E	55,055789° N	57,2	5707150000001457417: 25 kW Solid ... Yes	Solid Wind Power		SWP-25-25	25	14,0	18,0	END	6,0	84,1	8,0	84,4
35 14,763112° E	55,160420° N	68,8	5707150000001465047: 2300 kW SIE ... Yes	Siemens		SWT-2.3-93-2.300	2.300	92,6	80,0	END	6,0	103,8	8,0	105,4
36 14,760698° E	55,162199° N	68,7	5707150000001465054: 2300 kW SIE ... Yes	Siemens		SWT-2.3-93-2.300	2.300	92,6	80,0	END	6,0	103,8	8,0	105,4
37 14,758286° E	55,163979° N	61,5	5707150000001465061: 2300 kW SIE ... Yes	Siemens		SWT-2.3-93-2.300	2.300	92,6	80,0	END	6,0	103,8	8,0	105,4
38 14,715919° E	55,218465° N	63,7	5707150000001481054: 10 kW Ukendt... Yes	KVA Diesel		Wind t-6	6	7,1	21,5	END	6,0	89,6	8,0	95,4
39 14,873224° E	55,138808° N	114,7	5707150000001481085: 10 kW Ukendt... Yes	KVA Diesel		Wind t-6	6	7,1	21,5	END	6,0	89,6	8,0	95,4
40 15,052099° E	55,020645° N	24,3	5707150000001498687: 10 kW Ukendt... Yes	KVA Diesel		Wind t-6	6	7,1	21,5	END	6,0	89,6	8,0	95,4

f) Data from other hub height
b) Data from Danish Environmental Agency