

Notitie

Aan
J. Kwakernaak (PETROGAS)

Van
A.M. von Benda-Beckmann
B. Binnerts
M. Prior

Onderwerp
Akoestische berekeningen ontwikkeling A-B velden

PEPN doc number:
AB2-0009-TEC-EVA-TNO-0000-00012-00

Defensie & Veiligheid
Oude Waalsdorperweg 63
2597 AK Den Haag
Postbus 96864
2509 JG Den Haag

www.tno.nl

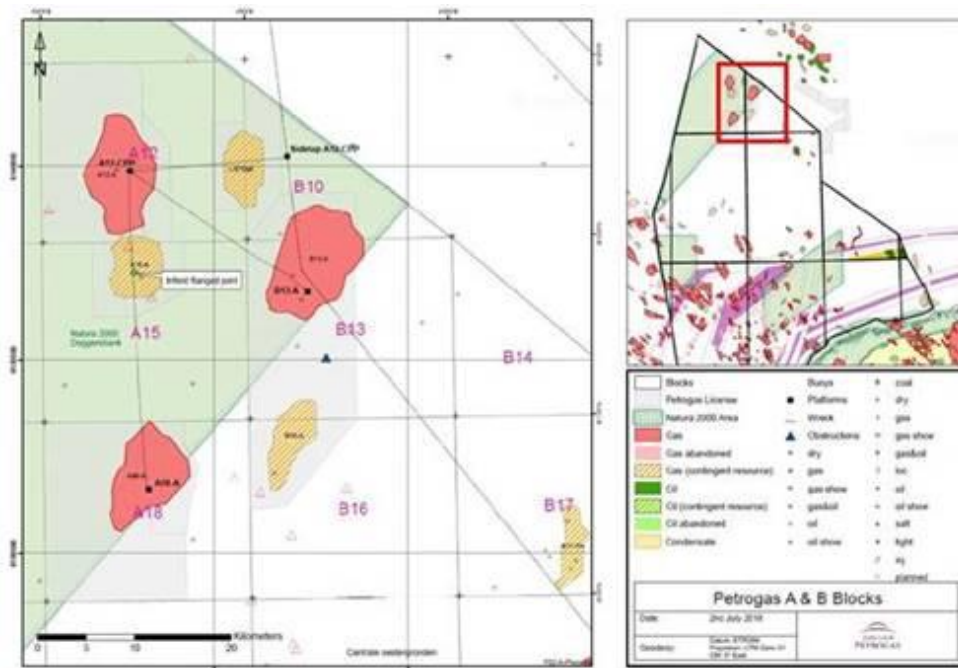
T +31 88 866 10 00
F +31 70 328 09 61

Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

E-mail
sander.vonbendabeckmann@tno.nl

Doorkiesnummer
+31(88 866 39 72)



Datum
13 juni 2019**Onze referentie**
DHW-2019-100321970

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3	Blad 2/74
2	Aanpak	4	
	2.1 Scenario ontwikkeling A-B velden	4	
	2.2 Drempelwaarden voor effecten op bruinvissen	7	
	2.3 Heiscenario	7	
	2.4 Heimodel	8	
	2.5 Locatie-specifieke surveys	9	
	2.6 Omgevingsparameters	11	
	2.7 Doorrekenen effect of de bruinvispopulatie	11	
	2.8 Bruinvisdichtheid	12	
3	Berekeningen en resultaten	13	
	3.1 Hei-activiteiten	13	
	3.2 Vertical Seismic Profiling (VSP)	20	
	3.3 Cumulatie van heiactiviteiten en geofysische surveys	22	
4	Discussie modelonzekerheden	24	
5	Conclusie	25	
6	Literatuur	26	
7	Appendix	27	
	7.1 Monopiles ongemitigeerd (hei-energie 2500 kJ)	27	
	7.2 Monopiles ongemitigeerd (hei-energie 1500 kJ)	33	
	7.3 Monopiles gemitigeerd (-10 dB; hei-energie 2500 kJ)	39	
	7.4 Monopiles gemitigeerd (168 dB re 1 μ Pa ² s; hei-energie 2500 kJ)	45	
	7.5 Jackets ongemitigeerd (hei-energie 1500 kJ)	51	
	7.6 Jackets ongemitigeerd (hei-energie 750 kJ)	57	
	7.7 Jackets gemitigeerd (-10 dB; hei-energie 1500 kJ)	63	
	7.8 Jackets gemitigeerd (168 dB re 1 μ Pa ² s; hei-energie 1500 kJ)	69	

1 Inleiding

Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

Blad
3/74

Petrogas heeft TNO gevraagd om ten behoeve van de milieueffectrapportage (MER) en passende beoordeling (PB) voor de ontwikkeling van de A-B velden akoestische berekeningen uit te voeren aan de afstanden waarop het onderwatergeluid effect kan hebben op bruinvissen.

Petrogas heeft een scenario gedefinieerd met geplande activiteiten die het in de periode van 2020 tot 2030 wil gaan ontwikkelen. Hierbij zijn een aantal activiteiten geïdentificeerd waarvoor berekeningen nodig zijn:

1. Locatie-specifieke surveys
2. Fundatiepalen platforms
3. Conductors aardgasputten.
4. 3D seismisch onderzoek

In overleg met Petrogas is besloten om de akoestische berekeningen voor heiwerkzaamheden en locatie-specifieke surveys op een aantal door Petrogas aangegeven representatieve locaties uit te voeren. Vooralsnog zijn de 3D seismische surveys van deze analyse uitgesloten. Er is een bandbreedte aan scenario's (b.v. paaltipe en hei-energie) opgesteld waarvoor de verspreiding van het onderwatergeluid bij het heien voor turbinefundaties is berekend en vertaald naar het oppervlak rond de heipaal waarbinnen het geluid tot verstoring van bruinvissen kan leiden. Hierbij is onderzocht wat de geluidsblootstelling aan de Duitse grens is en hoe deze zich verhoudt tot de Duitse geluidsnormen. Om inzicht te geven in de bijdrage van de verstoring door de ontwikkeling van de A-B velden, zijn deze activiteiten met het bestaande scenario voor de bouw van wind op zee in de periode 2016 – 2030 uit de Kader Ecologie en Cumulatie (KEC-2018, zie Heinis et al, 2019) analyse vergeleken.

Aangezien eerdere berekeningen aantonen dat bij gebruik van geschikte "Acoustic Deterrent Devices" (ADDs) voor het heien het risico op gehoorschade ("permanent threshold shift", of PTS) beperkt kan worden (KEC-2018), is ervoor gekozen niet nogmaals expliciete berekeningen voor het risico op TTS en PTS uit te voeren.

2 Aanpak

Datum

13 juni 2019

Onze referentie

DHW-2019-100321970

Blad

4/74

De gehanteerde aanpak baseert zich op de KEC-2018 methode (Heinis et al. 2019), die gebruikt wordt door RWS om de cumulatieve effecten van de bouw van windparken op zee in kaart te brengen. Hieronder vallen zowel de heiactiviteiten van turbines en platforms, als ook de geofysische surveys van de gebieden waar geheid wordt als ook de kabeltracé's. De modelaanpak bestaat uit de volgende stappen:

- 1) Bepalen van het meerjarige scenario van geluidsproducerende activiteiten
- 2) Voor relevante geluidsbronnen bepalen wat de bronniveaus zijn
- 3) Deze bronniveaus met het voor de geluidsbron toepasselijke propagatiemodel vertalen naar geluidsniveaus rond de activiteit
- 4) Op basis van verstoringsdrempels wordt de geschatte verstoorde oppervlakte bepaald
- 5) Door vermenigvuldiging met de bruinvisdichtheid wordt een schatting gegeven van het totaal aantal verstoorde bruinvissen, uitgedrukt in het aantal bruinvisverstoringsdagen (*bvvd*):

$$bvvd = \sum(\text{aantal dagen verstoring} \times \text{verstoorde oppervlakte}) \quad (\text{Vgl. 2})$$

- 6) op basis van het Interim Population Consequences of Disturbance (iPCoD) model (Harwood et al, 2014) wordt een schatting gedaan van hoe deze versturende werking de bruinvispopulatie beïnvloedt.

De modelaanpak staat hieronder per geluidsbron kort samengevat.

2.1 Scenario ontwikkeling A-B velden

Er zijn 8 representatieve locaties aangewezen door Petrogas waar de activiteiten in het A-B gebied zullen gaan plaatsvinden. Deze locaties zijn weergegeven in Figuur 1. Tabel 1 geeft de locaties weer inclusief de bijbehorende met de referentie waterdiepte per blok aangeleverd door Petrogas. Op basis van de voorgenomen activiteiten in het A-B gebied (aangedragen door Petrogas) is een overzicht gemaakt van de geluids-producerende activiteiten (Tabel 2).

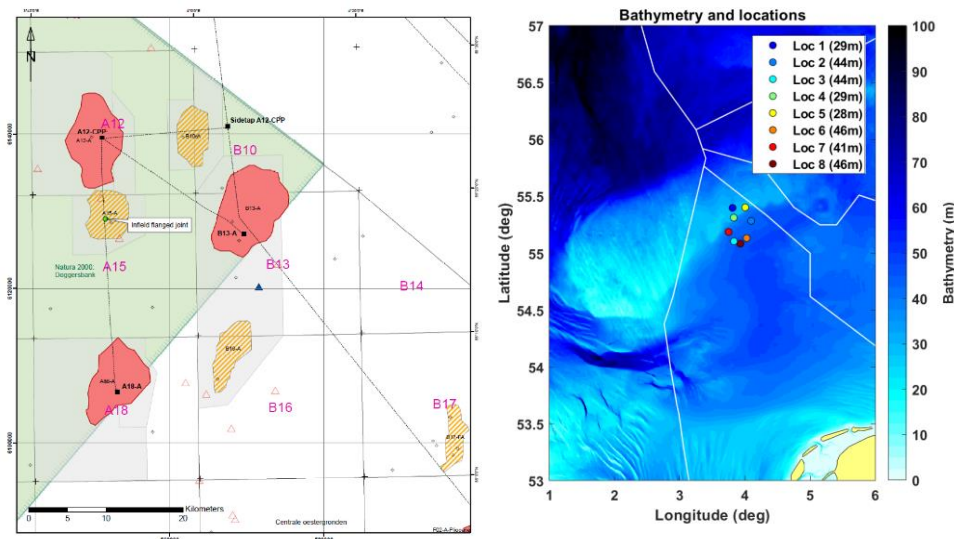
Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

Blad
5/74

Tabel 1: Representatieve locaties voor de akoestische berekeningen voor geplande activiteiten rond de ontwikkeling van de A-B velden. Hierbij een nominale waterdiepte per locatie, zoals aangegeven door Petrogas.

Locatie nr	blok	ETRS 89 Easting / m	Northing /m	Opmerking	Water diepte /m
1	A12	551.310,06	6.139.481,88	Platform Locatie	30
2	B13	569.659,92	6.127.032,08	Platform Locatie	45
3	A18	553.119,12	6.106.777,25	Platform Locatie	45
4	A15	552.605,70	6.129.940,93	Appraisal Well Locatie	30
5	B10	563.606,52	6.140.128,63	Appraisal Well Locatie	30
6	B16	565.458,00	6.110.087,00	Indicatieve Locatie	45
7	New Site 1	547.694,00	6.115.920,00	Reservoir locatie ntb (random selectie)	45
8	New Site 2	559.349,00	6.104.509,00	Reservoir locatie ntb (random selectie)	45



Figuur 1: Overzicht geselecteerde locaties voor akoestische modelberekeningen met diepte per locatie meegegeven. Dieptes zoals aangegeven zijn de nominale dieptes uit de EMODNET bathymetrie database die voor de akoestische berekeningen is gebruikt.

Tabel 2 : Overzicht geplande geluid producerende activiteiten over de periode 2020 – 2030 voor de activiteiten rond de ontwikkeling van de A-B velden.

id		activity type	blok	locatie nr	jaar	tijdsduur / d
1	survey	platformlocatie	A15	4	2020	1,3
2	survey	kabeltrace	A15	4	2020	3,9
3	piling	conductor	A12	1	2020	0,5
4	piling	conductor	B13	2	2020	0,5
5	piling	conductor	B13	2	2020	0,5
6	survey	platformlocatie	B10	5	2020	0,9
7	survey	kabeltrace	B10	5	2020	2,6
8	survey	kabeltrace	B10	5	2020	1,8
9	piling	monopile/jacket	B10	5	2021	0,5
10	piling	conductor	B10	5	2021	0,5
11	piling	conductor	B10	5	2021	0,5
12	piling	conductor	B10	5	2021	0,5
13	piling	conductor	B10	5	2021	0,5
14	piling	monopile/jacket	A15	4	2021	0,5
15	piling	conductor	A15	4	2021	0,5
16	piling	conductor	A15	4	2021	0,5
17	piling	conductor	A15	4	2021	0,5
18	piling	conductor	A15	4	2021	0,5
19	piling	conductor	A12	1	2021	0,5
20	piling	conductor	B13	2	2021	0,5
21	airgun	VSP	B16	6	2022	0,3
22	piling	conductor	B10	5	2023	0,5
23	piling	conductor	A15	4	2023	0,5
24	survey	platformlocatie	B16	6	2023	1,0
25	survey	kabeltrace	B16	6	2023	4,3
26	piling	monopile/jacket	B16	6	2024	0,5
27	piling	conductor	B16	6	2024	0,5
28	piling	conductor	B16	6	2024	0,5
29	piling	conductor	B16	6	2024	0,5
30	piling	conductor	B16	6	2024	0,5
31	piling	conductor	B10	5	2025	0,5
32	piling	conductor	A15	4	2025	0,5
33	airgun	VSP	NS1	7	2025	0,3
34	survey	platformlocatie	NS1	7	2026	1,0
35	survey	kabeltrace	NS1	7	2026	6,0
36	piling	monopile/jacket	NS1	7	2027	0,5
37	piling	conductor	NS1	7	2027	0,5
38	piling	conductor	NS1	7	2027	0,5
39	piling	conductor	NS1	7	2027	0,5
40	piling	conductor	NS1	7	2027	0,5
41	airgun	VSP	NS2	8	2027	0,3
42	survey	platformlocatie	NS2	8	2028	1,0
43	survey	kabeltrace	NS2	8	2028	4,3
44	piling	monopile/jacket	NS2	8	2029	0,5
45	piling	conductor	NS2	8	2029	0,5
46	piling	conductor	NS2	8	2029	0,5
47	piling	conductor	NS2	8	2029	0,5
48	piling	conductor	NS2	8	2029	0,5
49	piling	conductor	NS1	7	2030	0,5
50	piling	conductor	NS2	8	2030	0,5

Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

Blad
6/74

2.2 Drempelwaarden voor effecten op bruinvissen

De berekening van de geluidverspreiding heeft als doel in te kunnen schatten hoeveel bruinvissen verstoring kunnen ondervinden van de geluidbelasting tijdens de activiteiten. Dat aantal hangt samen met het voorkomen van dieren binnen een afstand tot de geluidsbron waarbinnen het blootstellingsniveau een drempelwaarde overschrijdt waarbij die effecten mogelijk optreden. Hier wordt uitgegaan van de drempelwaardes voor gedragsverstoring door verschillende type bronnen (heien, airguns, hoger frequentie seismische bronnen) zoals aangegeven in KEC-2018 (Tabel 3).

Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

Blad
7/74

Tabel 3: Gehanteerde drempelwaardes voor gedragsverstoring bij bruinvissen (zie Heinis et al, 2019).

	Dominante Frequentie / kHz	Verstoringsdrempel (SELss) / dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$
Heien / airguns	< 1 kHz	140
Sparker	1	130
Sub-bottom profiler (Secondaire frequenties)	10	100
Sub-bottom profiler (Primaire frequenties)	100	75

Duitse norm

In Duitsland wordt een geluidsnorm gehanteerd rond heipalen van SELss = 160 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ op 750 m van de bron. Er is tevens ook een norm op de piekdruk niveau, maar in de praktijk is de SEL norm conservatiever. Om deze reden ligt hier de focus op de SEL-geluidsnorm. Er zal worden aangegeven of en in welke omstandigheden deze norm overschreden wordt in het Duitse deel van de Noordzee.

Nederlandse norm voor heien Wind op Zee

Voor het heien van palen voor de bouw van wind op zee is in het KEC-2018 een norm gehanteerd. Deze geluidsnorm varieert op dit moment per locatie en type park, en is vanaf 2023 vastgelegd op een SELss = 168 dB $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ gemeten op 750 m afstand van de heipaal. Er zal worden aangegeven wat het effect is van het hanteren van deze norm op de te verwachte bruinvisverstoring.

2.3 Heiscenario

Het scenario bevat verschillende type heiwerkzaamheden:

- Conductors: met een diameter van 0.5 m (20")
- Jacket piles: met een diameter van 2.2 m
- Monopiles: met een diameter van 5.5 m

Datum

13 juni 2019

Onze referentie

DHW-2019-100321970

Blad

8/74

Het geproduceerde geluidsniveau is afhankelijk van de type paal en de daarvoor benodigde hei-energie. Beide varianten zijn doorgerekend voor een bereik aan hei-energieën. Dit biedt inzicht in welke combinatie meer versturende werking heeft. Daarnaast is er onderzocht wat het effect is van het toepassen van geluidsreducerende maatregelen. Door Petrogas is aangegeven dat het heien van de palen voor conductoren en palen voor de platforms binnen één dag per paal of conductor plaatsvindt (per activiteit in Tabel 2).

2.4 Heimodel

De effectafstanden en onderwatergeluidkaarten zijn berekend met behulp van de versie 4.0 van het TNO rekenmodel Aquarius (zoals in KEC-2018). Per locatie is de onderwater-geluidverspreiding voor het heien van een representatieve fundatiepaal (?platform) berekend.

Voor de heigeluidberekeningen in deze studie is gebruik gemaakt van het, in het kader van WOZEP verder ontwikkelde, Aquarius 4 model, zie (de Jong et al., 2018). In dit model wordt de heipaal beschouwd als eindige lijnbron om de karakteristieke afstraling van de paal beter te modelleren. De propagatie is gebaseerd op een adiabatische mode code die afgeleid is van het KrakenC model (ref oalib, de Jong et al. 2018).

De Aquarius 4 modelberekeningen leiden tot een geluidverspreiding in termen van het tertsbandspectrum van de SELss in de omgeving van de paal als functie van afstand en diepte.

- Als maat voor het kwantificeren van mogelijke verstoring van bruinvissen gebruiken we, in overeenstemming met de KEC redeneerlijn uit 2018, de ongewogen breedband waarde van de berekende SELss.
- Daarbij kiezen we de maximale waarde van de SELss over de waterdiepte. In Aquarius 4 wordt de SELss als functie van de diepte berekend in 10 equidistante stappen en vervolgens het maximum genomen.

Hamer

Het Aquarius 4 model maakt gebruik van een geïdealiseerd model van de hamer [Deeks & Randolph, 1994]. Daarvoor zijn gegevens nodig van de kinetische energie van de hamer, de massa's van de hamer en het aambeeld en van de contactstijfheid tussen hamer en aambeeld. De volgende hamers zijn als startpunt gebruikt voor het bepalen van de uiteindelijke parameters (zoals aangegeven door Petrogas):

- 20" Conductor: S-90
- 2.2mtr pile: S-600
- 5.5mtr pile: S-1400

Op aanvraag van Petrogas is er een bereik aan mogelijk hei-energieën doorgerekend:

- Conductor driving (20" = 0.5 m): 75, 150, 250 kJ
- Jacket pile driving (2.2mtr): 350, 750, 1500 kJ
- Monopile (5.5mtr) driving: 750, 1500, 2500 kJ

Hierbij moet worden opgemerkt dat de middelste waardes van de hei-energieën de meest waarschijnlijke waardes zijn waarmee gewerkt zal worden, en dat de extreme waardes als een worst-case gezien moeten worden.

Datum

13 juni 2019

Onze referentie

DHW-2019-100321970

Blad

9/74

Mitigatie

Er zijn twee generieke mitigatieopties doorgerekend om te kijken wat voor een invloed dit heeft op de verstoringafstanden en totaal aantal bruinvis-verstoringdagen.

- 1) Er is een scenario doorgerekend waarbij een algehele breedbandige reductie van 10 dB aan de bronkant wordt veronderstelt (een realistisch behaalbare reductie, zie Discussie).
- 2) Tevens is er gekeken naar een vaste geluidsnormstelling op een afstand van 750 m van bron. Hierbij is uitgegaan van de SEL_{ss} = 168 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ norm, zoals aangehouden voor windparken die na 2023 gebouwd worden (KEC-2018).

2.5 Locatie-specifieke surveys

Geofysische surveys:

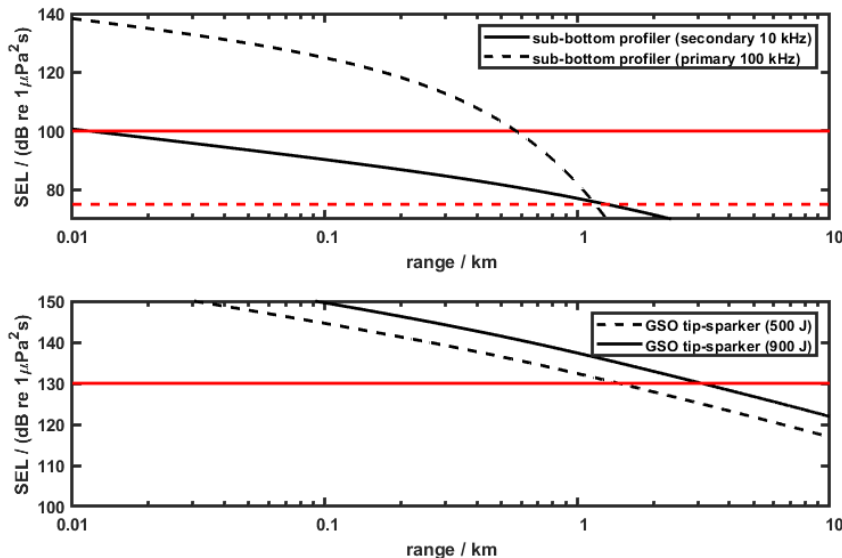
Het betreft een survey van de route van de nieuwe platforms naar de aansluiting op A12-CPP en daarnaast wordt tevens een survey van de locatie van het platform / de platforms voorzien, vooral m.b.t. obstakels en magnetische contacten. Er wordt typisch gewerkt met een multi-beam, een sidescansonar, een magnetometer, een subbottom-profiler en een multi-channel sparker.

Op basis van een inventarisatie van geluidsbronnen die tijdens een geofysische survey worden ingezet (KEC-2018; Bijlage 3.2) is gebleken dat sparkers en sub-bottom profilers de meest versturende potentiaal voor bruinvissen hebben, en dat multi-beam echosounders en andere hoogfrequentie sonar systemen te verwaarlozen zijn.

Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

Blad
10/74



Figuur 2: Berekende effect afstanden voor sub-bottom profilers en sparkers. De rode lijnen geven de verstoringsdrempels voor de representatieve frequenties (zie Tabel 3) aan.

Figuur 2 geeft berekende effectafstanden voor een bruinvis. Hierbij is uitgegaan van 45 m brondiepte. Aanname over diepte heeft hier een klein effect op de geschatte effectafstand. Hier wordt uitgegaan van het gebruik van een sparker als worst case scenario, wat leidt tot effectafstanden van $Reff = 3$ km (zie Fig. 2).

Platformlocaties:

Het te surveyen oppervlakte van een platformlocatie bedraagt ca oppervlakte = 1×1 km². Het verstoorte gebied per dag voor de platformlocaties wordt geschat als volgt:

$$\text{Verstoorte oppervlak} = (\sqrt{\text{oppervlakte}} + 2 \cdot Reff)^2$$

Kabeltracé's:

Er wordt uitgegaan dat er een gebied van ca 300 m rond de kabel gesurveyed moet worden. Het totale oppervlakte per dag bedraagt dus tracélengte per dag maal de breedte.

$$\text{Verstoorte oppervlak} = \text{tracélengte} \cdot (0,3 + 3 \cdot Reff)$$

Het aantal verstoringdagen wordt geschat door de door Petrogas aangegeven tijd (7 dagen, waarvan er uit wordt gegaan dat er 75% van de tijd de bron actief is) evenredig over de oppervlakte voor de bouw van platform en surveys te verdelen. De tijdsduur per activiteit staat in Tabel 3 weergegeven.

Vertical Seismic Profiling (VSP):

Een VSP vindt typisch plaats met een stationaire airgun array, met een volume in het bereik van 3×150 in³ (cubic inch) tot 3×250 in³. Deze worden een aantal meter diepte (typisch 5 m) met een druk van 2000 psi ingezet. Er wordt hier uitgegaan dat de VSP plaatsvindt met een stationaire airgun array, bestaande uit een volume van 3×250 in³ (750 in³ totaal), die op 5 meter diepte met een druk van 2000 psi

ingezet wordt. Het bronniveau is berekend aan de hand van het AGORA bronmodel (Sertlek & Ainslie, 2015). Deze zijn vertaald naar een monopool energetisch bronniveau voor dit type array, door het afgestraalde energieniveau te middelen over verticale hoeken die effectief propageren (hoeken tov van de bodem kleiner dan 30 graden) en een voor elke frequentie de 90 percentiel van de ESL over de horizontale hoek te nemen. Hieruit resulteert energetische bronniveau van ca $ESL = 211 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{m}^2\text{s}$. De geluidspropagatie is berekend met het Aquarius 4 model, waarbij voor de VSP een puntbron aanstoting voor een 5m waterdiepte is gerekend.

Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

Blad
11/74

2.6 Omgevingsparameters

De geluidverspreiding is uitgerekend voor de in Tabel 4 gegeven waarden van de geschatte omgevingsparameters.

Tabel 4: Omgevingsparameters voor de akoestische propagatieberekeningen

Waterdiepte bij heipaal	Zie Tabel 1
Bodem type [Ainslie 2010]	'medium sand'
Bodem geluidssnelheid	1785 m/s
Bodem dichtheid	2086 kg/m ³
Bodem absorptie	0,88 dB/golflengte*
Zeewater geluidssnelheid	1500 m/s
Zeewater dichtheid	1,0·10 ³ kg/m ³
Windsnelheid (10 m hoogte)	0 m/s

* Voor lage frequenties wordt een niet-lineaire bodem absorptie term gebruikt, zie de Jong et al. (2018).

2.7 Doorrekenen effect of de bruinvispopulatie

Om de cumulatieve verstoring van de geplande activiteiten in perspectief te plaatsen is een scenario doorgerekend, waarbij de geplande activiteiten bovenop de huidige geplande bouw van windparken op de Noordzee wordt gezet. Hiervoor is de Interim PCoD (Heinis et al. 2019; Harwood et al. 2014) aanpak gehanteerd. Dit model vertaalt het aantal verstoorde bruinvissen per dag in een jaar naar

consequenties op de bruinvispopulatie (zie Heinis et al. 2019 voor meer detail). Dit model voorspelt de kans op een populatiereductie door de accumulatie van versturende activiteiten. Binnen het KEC en de daaruit volgende normstelling voor de bouw van windparken op zee wordt uitgegaan van een 5% kans op een populatiereductie. Uit Heinis et al.(2019) bleek dat de cumulatieve effecten zoals voorspelt met het iPCoD goed gefit kunnen worden met de volgende vergelijking:

$$\text{Populatiereductie} = 1,06 \times 10^{-4} \times \text{bvvd}^{1,17} \quad (\text{Vgl. 2})$$

Om de activiteiten van de ontwikkeling van het A-B gebied in perspectief te plaatsen zullen deze worden vergeleken met de versturende werking van de geplande bouw van wind op zee in de periode van 2020 – 2030 aan hand van Vgl 2.

Bij het berekenen van verstoringsdagen zijn de aangegeven tijdsduur van activiteiten (Tabel 2) naar boven tot hele dagen afgerond. Deze tijdsduur in combinatie met een aan te nemen bruinvisdichtheid en het berekende effectoppervlak per activiteit geven tezamen het totaal aantal bruinvisverstoringsdagen (zie Vgl. 2).

2.8 Bruinvisdichtheid

Voor de berekeningen van het aantal verstoorde dieren is ervan uitgegaan een jaargemiddelde bruinvisdichtheid in het A gebied (RHDHV, 2017). Omdat er op basis van de beschikbare informatie niet gesteld kan worden dat er een opwaartse of neerwaartse trend in bruinvisdichtheid in het A-gebied is, wordt er daarom uitgegaan van een gemiddelde over alle jaren waarin waarnemingen zijn plaatsgevonden. Het jaargemiddelde voor deze locatie is 1,13 dieren per vierkante kilometer werd aangenomen (gemiddelde over Tabel 4.2 uit RHDHV, 2017). Deze waarde onderscheiden zich ten opzichte van de gehanteerde dichtheden in het KEC (max 0,721 dieren per vierkante kilometer). Dit komt doordat de waardes hier voor een ander gebied zijn bepaald (gebied D uit Geelhoed et al. 2013), die zijn aangewezen voor de bouw van wind op zee.

Datum

13 juni 2019

Onze referentie

DHW-2019-100321970

Blad

12/74

3 Berekeningen en resultaten

Datum

13 juni 2019

Onze referentie

DHW-2019-100321970

3.1 Hei-activiteiten

Blad

13/74

De effectoppervlaktes voor de heiwerkzaamheden onder verschillende aannames (hei-energie, geluidsreducerende maatregelen) staan weergegeven in Tabel 5.

Op basis van het bovenstaande Tabel 5 kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- zoals verwacht geeft het heien van monopiles op de maximale energie de grootste verstoring.
- het heien van monopiles met generieke 10 dB geluidsreductie op maximale hei-energie (2500 kJ) geeft een groter verstrend oppervlakte dan het heien van jackets zonder reductie op hun maximale hei-energie.
- voor het heien van jackets is minder dan 10 dB mitigatie nodig om NL norm (vanaf 2023) van SELss = 168 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ op 750 m afstand te halen.

Tabel 5: Overzichtstabel met verstoorde oppervlaktes (km²) voor hei-activiteiten op verschillende locaties, voor verschillende hei-energieën en mitigatieopties.

Datum
13 juni 2019

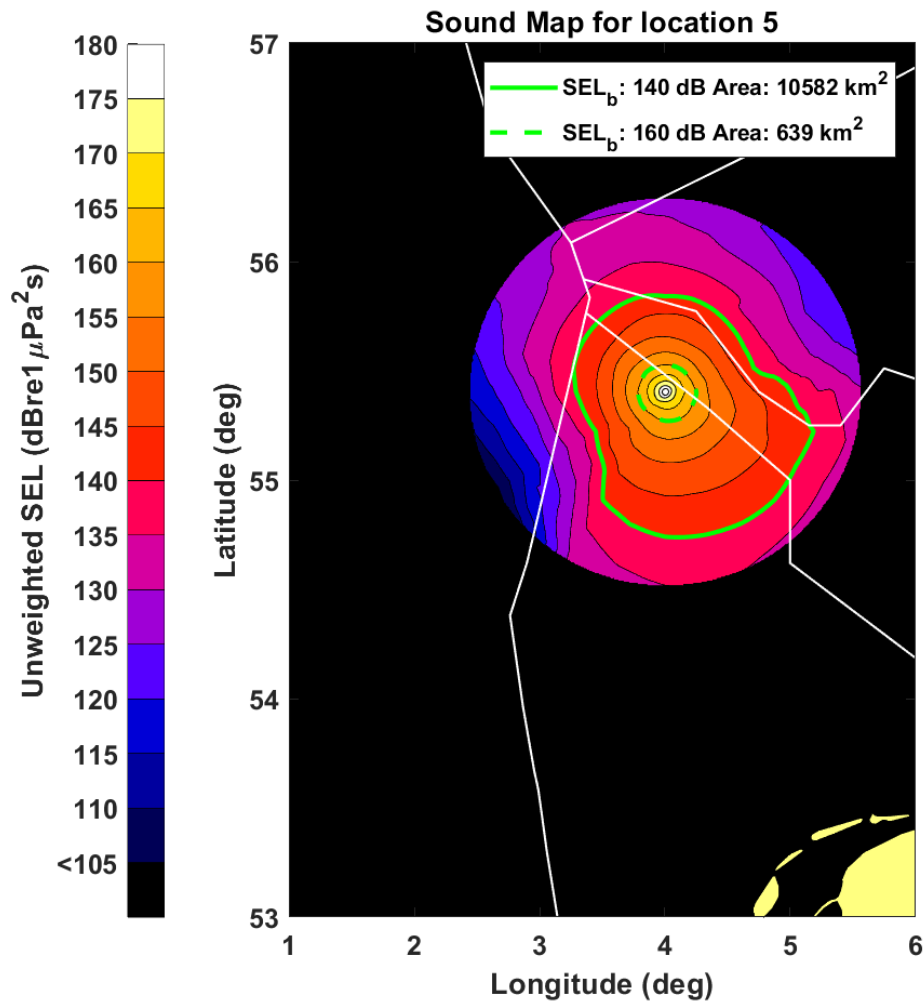
Onze referentie
DHW-2019-100321970

			Verstoorde oppervlakte (SEL = 140 dB re 1 μPa ² s) / km ² Locatie							
paaltype	Energie kJ	Mitigatie	A12	B13	A18	A15	B10	B16	NS1	NS2
Conductor	Na	168 dB @ 750m	-	-	-	-	-	-	-	-
	250	Vast -10 dB BB	26	41	42	25	24	44	38	44
	75	-	58	98	102	61	56	106	90	106
	150	-	90	154	162	98	90	166	141	167
	250	-	120	207	219	135	126	223	189	225
Jacket	Na	168 dB @ 750m				703	705	998	800	992
	1500	vast -10 dB BB				559	528	903	724	899
	350	-				1007	966	1547	1193	1542
	750	-				1666	1585	2479	1829	2440
	1500	-				2550	2421	3638	2707	3541
Monopile	Na	168 dB @ 750m				1026	1035	1418	1126	1418
	2500	vast -10 dB BB				3127	3007	4391	3333	4339
	750	-				5797	5844	7505	5954	7468
	1500	-				8363	8412	10115	8396	10111
	2500	-				10725	10582	12338	10484	12318

Een vergelijking van de geluidsniveaus door hei-activiteiten met de Duitse norm is in Tabel 6 weergegeven voor verschillende hei-scenarios. Op basis van Tabel 6 kunnen een aantal locaties worden geïdentificeerd waarbij het waarschijnlijk is dat de Duitse norm op de grens overschreden gaat worden indien geen geluidsreducerende maatregelen worden gehanteerd: locaties B10. Dit kan met name optreden indien er met monopiles geheid wordt (B10), en op één locatie ook indien er jackets op maximale hei-energie geheid worden (B10). De verstoringscontouren en contour waarop de Duitse norm wordt bereikt staan in Figuur 3 tot en met 6 weergegeven.

Datum
10 maart 2019

ferentie
19-100321970

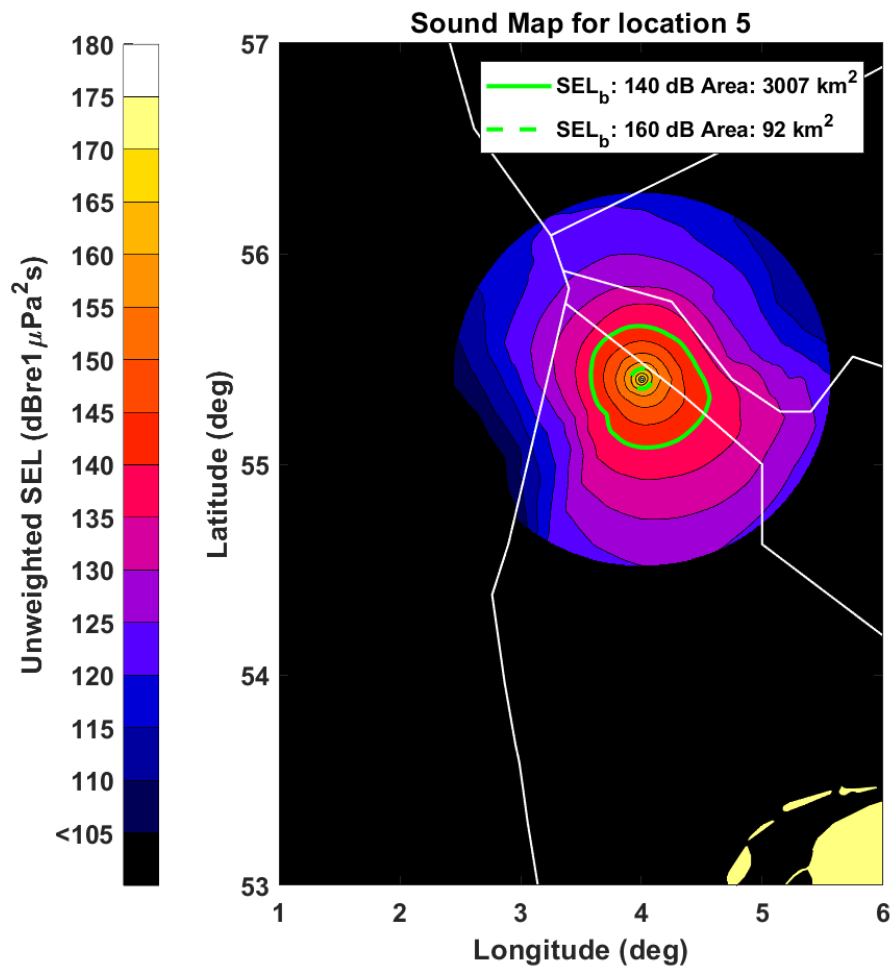


Figuur 3: Geluidsblootstelling (SELs) door heien van een monopile zonder geluidsreducerende maatregelen op een maximale hei-energie van 2500 kJ voor locatie B10. De Groene contouren geven de verstoringdrempel voor bruinvissen aan (doorgetrokken lijn) en de Duitse norm (gestreepte lijn).

Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

Blad
17/74

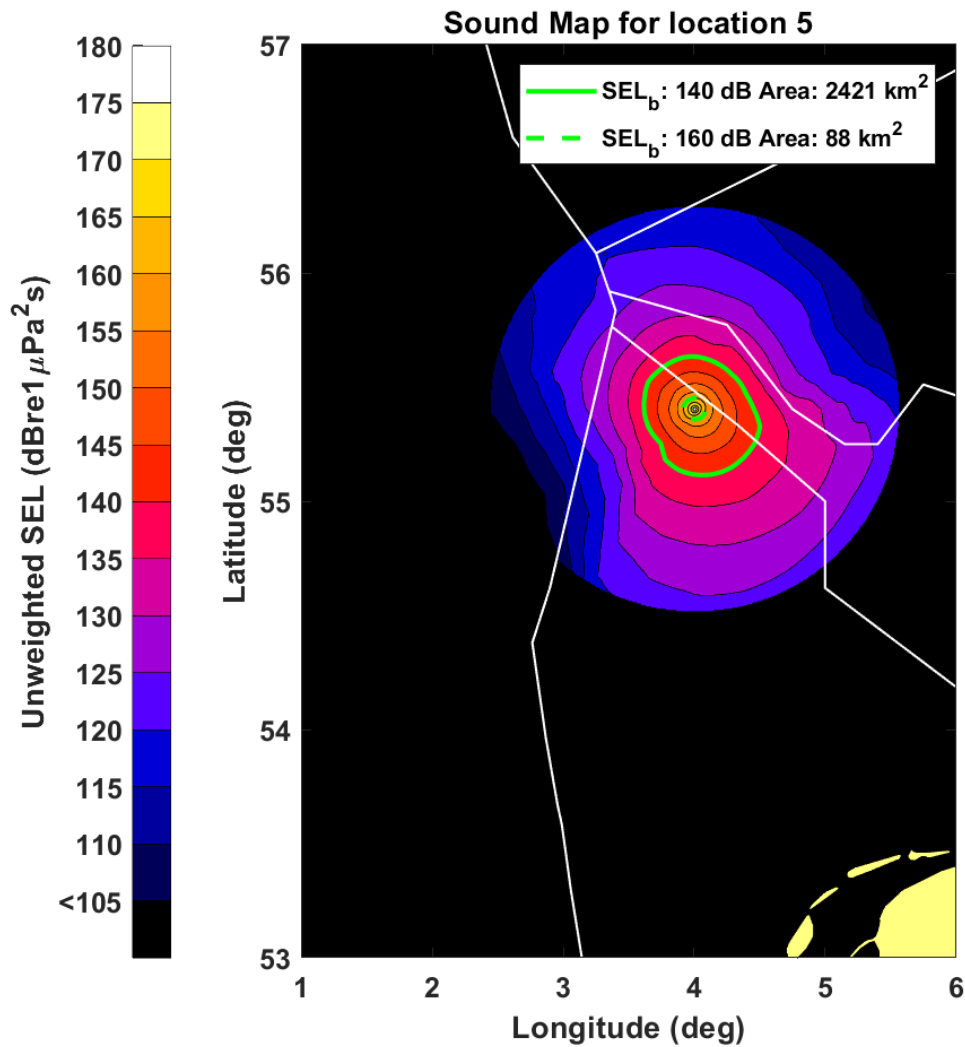


Figuur 4: Geluidsblootstelling (SELs) door heien van een monopile met een generieke geluidsreducerende maatregel van -10 dB op een maximale hei-energie van 2500 kJ voor locatie B10. De Groene contouren geven de verstoringdrempel voor bruinvissen aan (doorgetrokken lijn) en de Duitse norm (gestreepte lijn).

Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

Blad
18/74

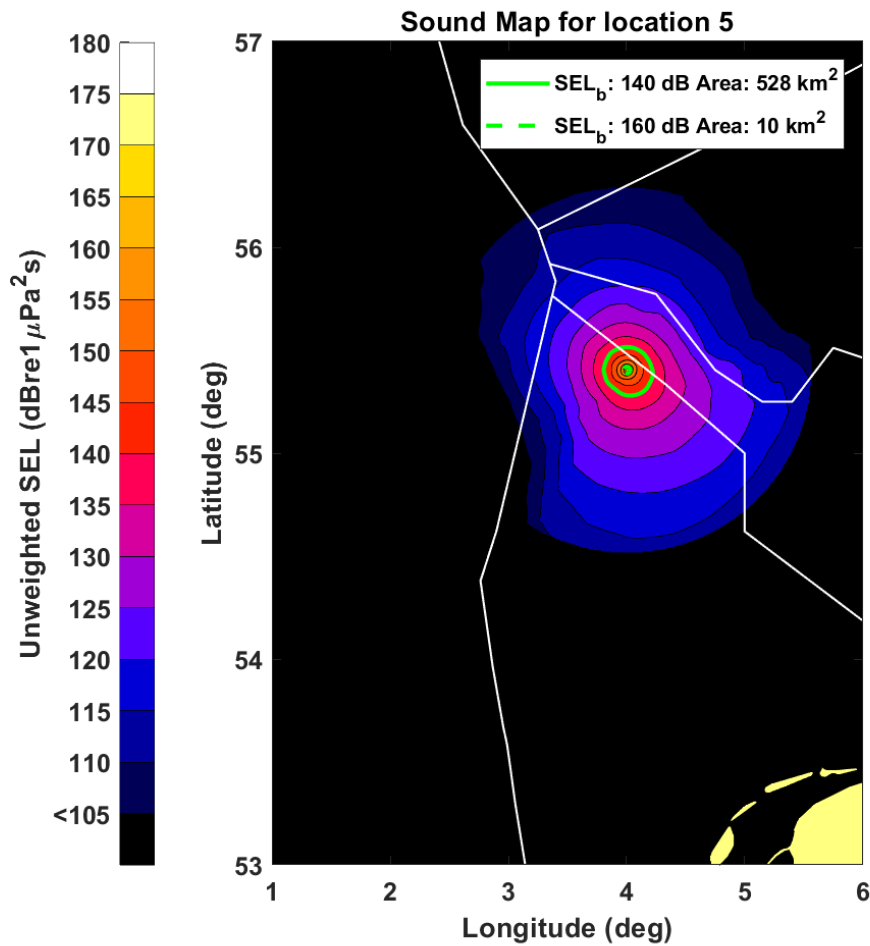


Figuur 5: Geluidsblootstelling (SELss) door heien van een jacket zonder geluidsreducerende maatregelen op een maximale hei-energie van 1500 kJ voor locatie B10. De Groene contouren geven de verstoringdrempel voor bruinvissen aan (doorgetrokken lijn) en de Duitse norm (gestreepte lijn).

Datum
13 juni 2019

nze referentie
HW-2019-100321970

lad
3/74



Figuur 6: Geluidsblootstelling (SELss) door heien van een jacket met een generieke geluidsreducerende maatregel van -10 dB op een maximale hei-energie van 1500 kJ voor locatie B13. De Groene contouren geven de verstoringdrempel voor bruinvissen aan (doorgetrokken lijn) en de Duitse norm (gestreepte lijn).

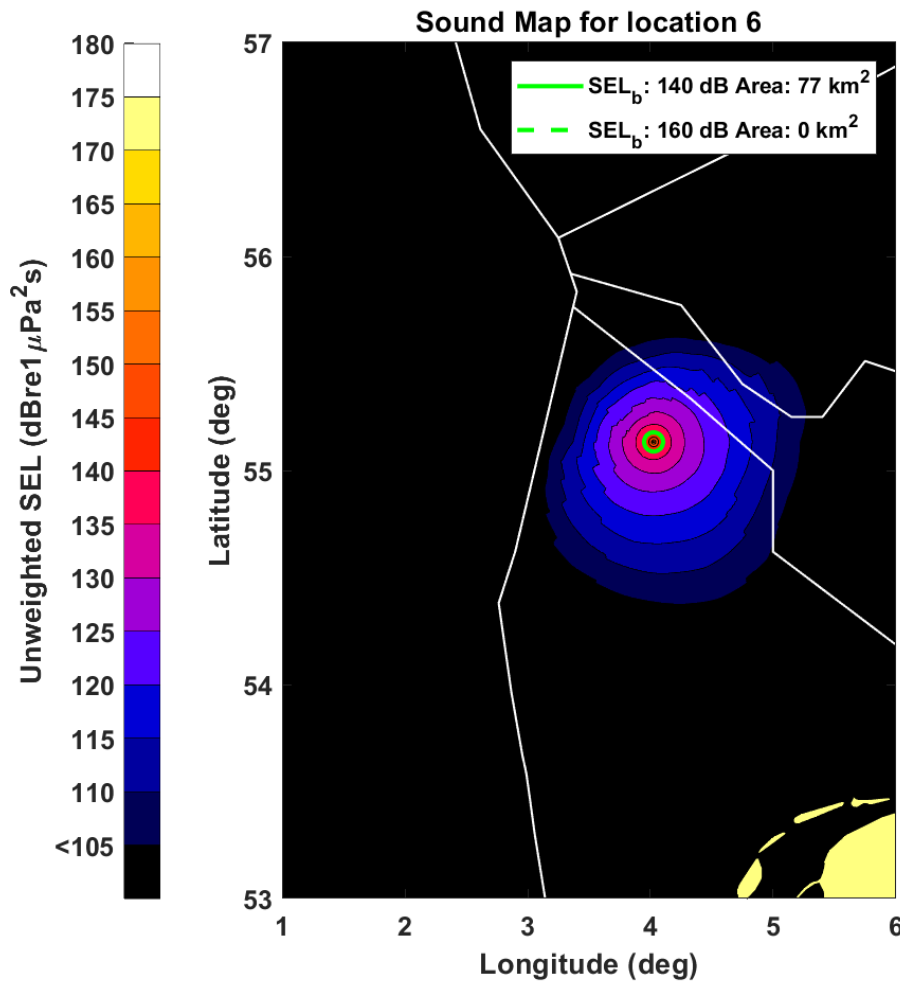
3.2 Vertical Seismic Profiling (VSP)

Het effect van de VSP op de drie locaties B16, NS1 en NS2 werd doorgerekend voor een 750 in³ airgun array (Figuren 7-9). Hiermee werd een verstoringssafstand van $Reff = 4,6$ tot 5,2 km (afhankelijk van locatie) verkregen. De Duitse norm werd hierbij niet overschreden.

Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

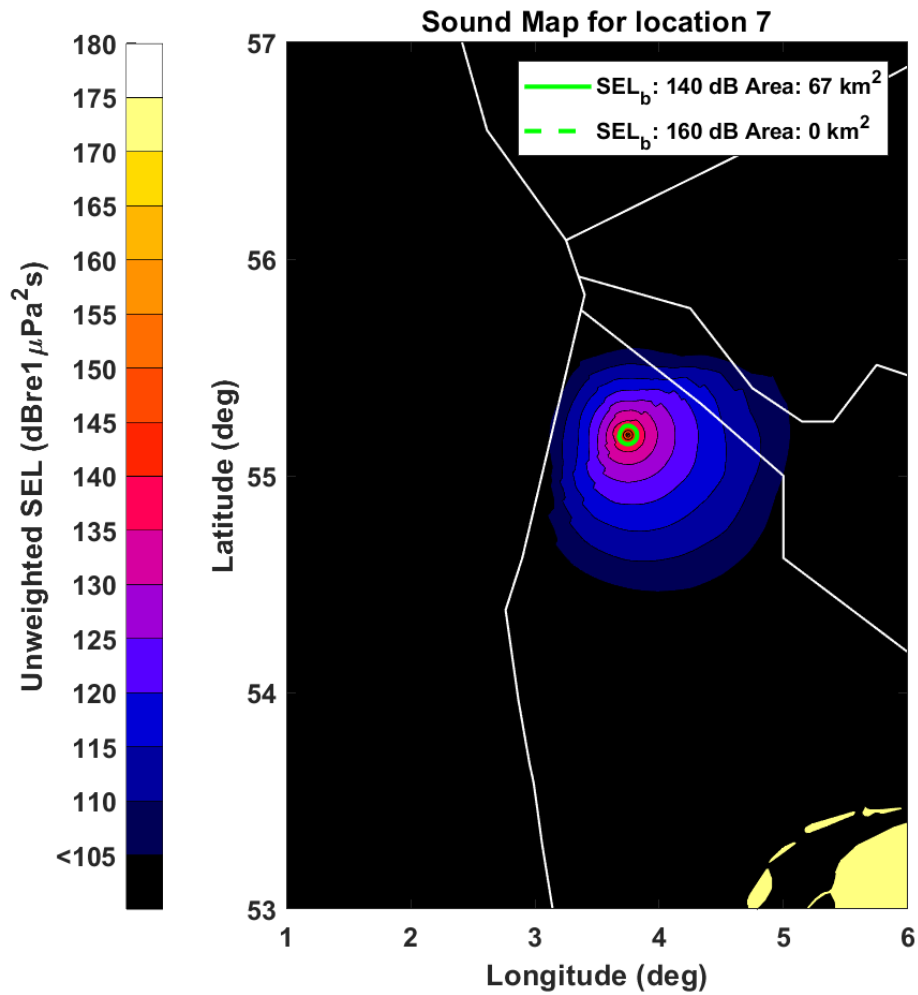
Blad
20/74



Figuur 7: Effectafstand van de Vertical Seismic Profiling (VSP), wat gemodelleerd is als een 750 in³ (cubic inch) airgun array op Locatie B16. De Groene contouren geven de verstoringdrempel voor bruinvissen aan (doorgetrokken lijn) en de Duitse norm (gestreepte lijn).

Datum
10 maart 2019

Referentie
019-100321970

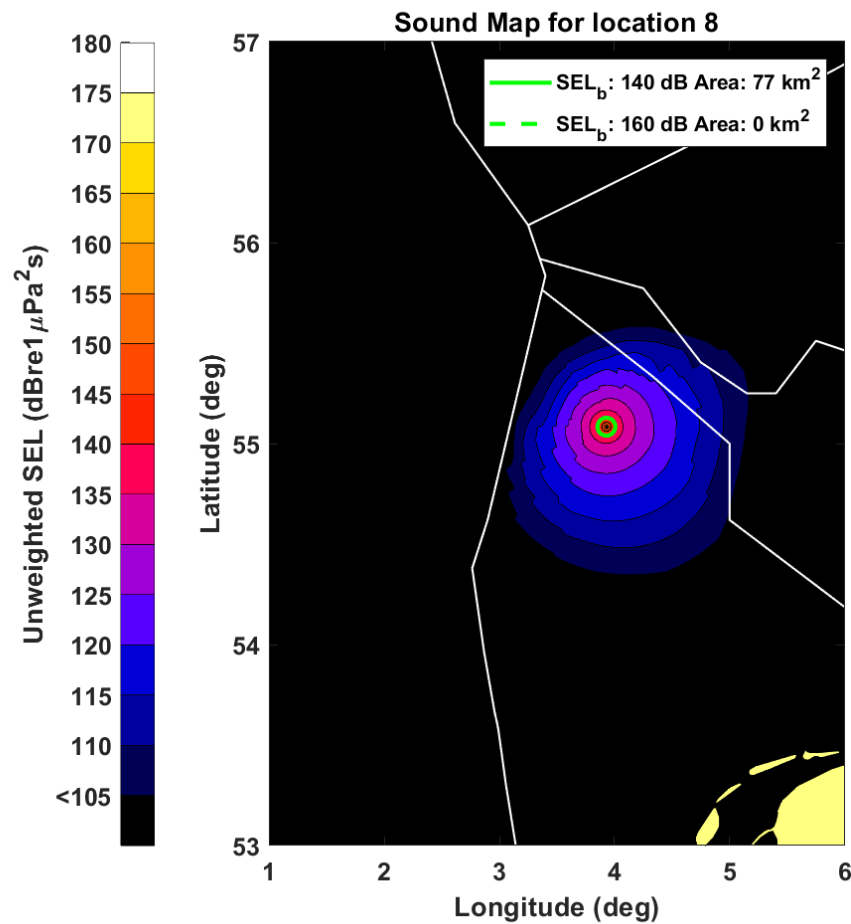


Figuur 8: Effectafstand van de Vertical Seismic Profiling (VSP), wat gemodelleerd is als een 750 in^3 (cubic inch) airgun array op Locatie NS1. De Groene contouren geven de verstoringsdrempel voor bruinvissen aan (doorgetrokken lijn) en de Duitse norm (gestreepte lijn).

Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

Blad
22/74



Figuur 9: Effectafstand van de Vertical Seismic Profiling (VSP), wat gemodelleerd is als een 750 in³ (cubic inch) airgun array op Locatie NS2. De Groene contouren geven de verstoringsdrempel voor bruinvissen aan (doorgetrokken lijn) en de Duitse norm (gestreepte lijn).

3.3 Cumulatie van heiactiviteiten en geofysische surveys

Op basis van de berekende verstoringsoppervlaktes en gedefinieerd scenario in Tabel 2 is het totaal aantal bruinvisverstoringsdagen berekend (Tabel 7). Hierbij is de aanname gemaakt dat heiactiviteiten op de maximale heienergie plaatsvinden (met of zonder geluidsreducerende maatregelen).

Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

Tabel 7: Overzicht bruinvisverstoringsdagen voor verschillende scenario's (met zonder mitigatie) in vergelijking met de verstoring verwacht voor de KEC-2018 bouw van windparken. Hierbij is er uitgegaan van het heien op maximaal vermogen (worst-case).

Blad
23/74

Jaar	Aantal bruinvisverstoringsdagen					
	monopiles (ongemitigeerd)	monopiles (gemitigeerd; -10 dB)	monopiles (gemitigeerd; 168 dB norm)	jackets (ongemitigeerd)	KEC-2018 NL bijdrage Bouw wind op zee (met NL norm)	KEC-2018 Totaal Noordzee
2020	871	871	871	871		
2021	25.719	8.539	3.927	7.222		
2022	87	87	87	87		
2023	440	440	440	440		
2024	14.980	5.982	2.616	5.129		
2025	371	371	371	371		
2026	198	198	198	198		
2027	12.814	4.717	2.218	4.008		
2028	145	145	145	145		
2029	14.967	5.932	2.625	5.029		
2030	469	469	469	469		
totaal	71.062	27.751	13.967	23.969	807.969	18.792.410

De toename van het aantal verstoringsdagen ten opzichte van de geplande activiteiten voor wind op zee tot 2030 (met geluidsreducerende maatregelen; Tabel 7) bedraagt 9% (indien alle platforms met ongemitigeerd monopiles worden gebouwd) en 4% (indien alle platforms met ongemitigeerde jackets worden gebouwd) en 2-3% (indien alle platforms met monopiles met geluidsreducerende maatregelen worden gebouwd).

Op basis van de analytische trendfit van de iPCoD output (Vgl. 2) kan gesteld worden dat de voorspelde 5% kans op een afname van de bruinvispopulatie na 10 jaar overeenkomt met een extra reductie (t.o.v. bouw wind op zee) van 17 – 90 dieren (afhankelijk van scenario) over 10 jaar op een aangenomen populatie van 51.000 bruinvissen gemiddeld op het Nederlandse deel van de Noordzee (Heinis et al. 2019). Dit betreft 0.03% tot 0.2% van het Nederlandse deel van de populatie.

4 Discussie modelonzekerheden

Datum

13 juni 2019

Onze referentie

DHW-2019-100321970

Blad

24/74

TNO heeft in de afgelopen jaren een suite van Aquarius rekenmodellen ontwikkeld waarmee de onderwatergeluidverspreiding rond een heipaal berekend kan worden. De keuze van een modelversie uit die suite hangt af van de beschikbare informatie en de complexiteit van de berekening. De onzekerheid in de berekende geluidverspreiding zou in theorie af moeten nemen wanneer meer gedetailleerde informatie beschikbaar is. De beperkte modelvalidatie (PAWP, Luchterduinen, Gemini; zie Binnerts et al. 2016) laat zien dat we nog niet goed in staat zijn om die onzekerheid te kwantificeren, omdat we de bijdragen van de diverse parameters aan de onzekerheid niet goed kunnen scheiden.

In deze studie is gekozen voor een versimpelde aanpak van de bijdrage van mitigerende maatregelen. Modellen om de effecten van verschillende type reducerende maatregelen zijn momenteel nog in ontwikkeling en ook sterk afhankelijk van de informatie over de ondergrond waarin geheid wordt. In plaats daarvan is hier gekozen naar een generieke breedbandige reductie in afgestraald geluid is gekeken, zoals ook in het KEC-2018 is gedaan.

Voor het bepalen van verstoringsdrempels is in deze studie uitgegaan van de normen zoals in het KEC-2018 gehanteerd. Recente metingen van verstoring van bruinvissen bij het Gemini park (Geelhoed et al. 2018) suggereren dat deze norm mogelijk tot overschatting van aantal verstoorte bruinvissen op basis van de berekende verstoringscontouren (Binnerts et al. 2016) ten opzichte van de daadwerkelijk gemeten verstoring bij het Gemini park (Geelhoed et al. 2018). Mogelijke verklaringen voor deze discrepanties kunnen zitten in de hypothese dat ook de frequentie-inhoud een rol kan spelen in de versturende werking van het geluid (Tougaard et al. 2015; de Jong & von Benda-Beckmann, 2017).

Zoals aangegeven (von Benda-Beckmann et al. 2017) is er tot nu toe beperkte validatie van het geluidsbron en propagatie model. De oorspronkelijke airgun bronmodellen waren gefocust op de laagfrequente component (< 100 Hz). Deze modellen vertonen goede overeenkomsten voor lage frequenties (< 100 Hz) maar kunnen onderling substantieel verschillen voor hogere frequenties (Ainslie et al. 2014). Verder is er ook maar beperkte model validatie gedaan voor airgun signalen op de Noordzee (von Benda-Beckmann et al. 2017).

Aangezien de hier gehanteerde normen breedbandig zijn (en dus gedomineerd door frequenties rond de 100-500 Hz en de lage voorspelde niveaus op de Duitse grens ten opzichte van de Duitse norm, wordt het onwaarschijnlijk geacht dat deze onzekerheden leiden tot normoverschrijdingen aan de Duitse grens.

Er zijn geen metingen beschikbaar om de verstoringsafstanden van geofysische surveys te valideren. Gezien de geringe verwachte verstoringsafstanden en tijdsduur van deze activiteiten zijn deze ook van lagere prioriteit.

5 Conclusie

Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

Blad
25/74

Op basis van de geplande activiteiten zijn akoestische berekeningen uitgevoerd om inzicht te geven in de verstoring van onderwatergeluid op de bruinvis over een periode van 10 jaar. De conclusies van deze studie zijn:

- Voor de meeste heilocaties zal de Duitse norm op de grens met Duitsland niet overschreden worden. Een aantal locaties uitgezonderd (zie Tabel 7)
 - Locatie B10
 - Monopile zonder mitigatie zit in alle gevallen boven Duitse norm
 - Monopile op maximale hei-energie met 10 dB reductie zit op de rand van de Duitse norm.
 - Jacket zonder mitigatie op maximale hei-energie (1500 kJ) zit op de rand van de Duitse norm
 - Met jacket met 10 dB reductie ruim onder Duitse norm.
- Voor alle type palen (zowel monopiles als jackets) en hei-energieën geldt dat met een geluidsreductie volgens de Nederlands norm voor wind op zee vanaf 2023 (168 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ op 750 m) de Duitse norm niet overschreden wordt.
- Heiactiviteiten met conductor palen blijven zonder geluidsreducerende maatregelen op alle locaties ruim onder de Duitse norm op de grens met Duitsland.
- De versturende werking van geofysische surveys is beperkt in zowel verstoringafstand als ook in tijd. De maximale effectafstanden beperken zich tot 3 km vanaf de bron (bij gebruik van sparkers).
- De versturende werking van VSP is beperkt in zowel verstoringafstand (ca 5 km) en beperkt in tijd (3 dagen over 10 jaar verdeeld). De modelvoorspelling geven aan dat het hierbij niet tot normoverschrijding in Duitse wateren leidt.
- Een inventarisatie van de cumulatie van verstoring door de dominante geluidsbronnen (heien, geofysische surveys) resulteert in en een worst-case totaal aantal bruinvisverstoringdagen van ca 14.000 tot 71.000 (afhankelijk van mitigatie en type paal) over 10 jaar verspreid.
- Op basis van het in de KEC-2018 gehanteerde iPCoD model kan gesteld worden dat de voorspelde 5% kans op een afname van de bruinvispopulatie na 10 jaar van ontwikkeling van de A-B velden overeenkomt met een extra reductie (ten opzichte van de bouw van wind op zee) van 17 – 90 dieren (afhankelijk van scenario) over 10 jaar op een aangenomen populatie van 51.000 bruinvissen dat gemiddeld op het Nederlandse deel van de Noordzee voorkomt. Dit betreft 0.03% tot 0.2% van het Nederlandse deel van de populatie.

6 Literatuur

Datum

13 juni 2019

Onze referentie

DHW-2019-100321970

Blad

26/74

Ainslie, M.A., Halvorsen, M.B., Dekeling, R.P.A., Laws, R.M., Duncan, A.J., Frankel, A.S., Heaney, K.D., Küsel, E.T., MacGillivray, A.O., Prior, M.K., Sertlek, H.Ö., & Zeddies, D.G. (2016). Verification of airgun sound field models for environmental impact assessment, POMA. 27, 070018; doi: 10.1121/2.0000339.

Binnerts, B., C. de Jong, M. Ainslie, M. Nijhof, R. Müller & E. Jansen, 2016. Validation of the Aquarius models for prediction of marine pile driving sound. TNO report TNO 2016 R11338

de Jong, C.A.F., & von Benda-Beckmann, S. (2017). Wozep underwater sound: frequency sensitivity of porpoises and seals. TNO report TNO 2017 R11238.

Geelhoed, S., Scheidat, M. & van Bemmelen, R. (2014). Marine mammal surveys in Dutch waters in 2013. IMARES report C027/14.

Geelhoed, S.C.V., Friedrich, E., Joost, M., & Stöber, N., (2018). Gemini T-c: aerial surveys and passive acoustic monitoring of harbor porpoises 2015. WUR report C020/17.

Harwood, J., King, S., Schick, R., Donovan, C. & Booth, C. (2014). A protocol for implementing the interim population consequences of disturbance (PCOD) approach: quantifying and assessing the effects of UK offshore renewable energy developments on marine mammal populations. Report SMRUL-TCE-2013-014. Scottish Marine and Freshwater Science 5(2).

Heinis, F. de Jong, C.A.F., von Benda-Beckmann, S., & Binnerts, B. (2019). Kader Ecologie en Cumulatie – 2018 : Cumulatieve effecten van aanleg van windparken op zee op bruinvissen, RWS_KEC2018 2019.

RHDHV (2017). Nadere effect analyse seismisch onderzoek Petrogas op het NCP. Report nr. WATE_BE3276_R001F03.

Sertlek, H.Ö., & Ainslie M.A. (2015). Airgun Source Model (AGORA): Its application for the Dutch North Sea seismic surveys' sound maps. Proc. UA2015 3rd International Conference and Exhibition on Underwater Acoustics. 2015, Crete, Greece.

Tougaard, J., Wright, A.J. and Madsen, P.T. (2015), 'Cetacean noise criteria revisited in the light of proposed exposure limits for harbour porpoises', Marine Pollution Bulletin 90: 196–208

von Benda-Beckmann, S., de Jong, C., Ainslie, M., Prior, M. Lam, F.P. (2017). Principles for a guideline for estimating the effects of underwater sound from seismic airgun arrays on porpoises, TNO 2017 R10739.

7 Appendix

7.1 Monopiles ongemitigeerd (hei-energie 2500 kJ)

Datum

13 juni 2019

Onze referentie

DHW-2019-100321970

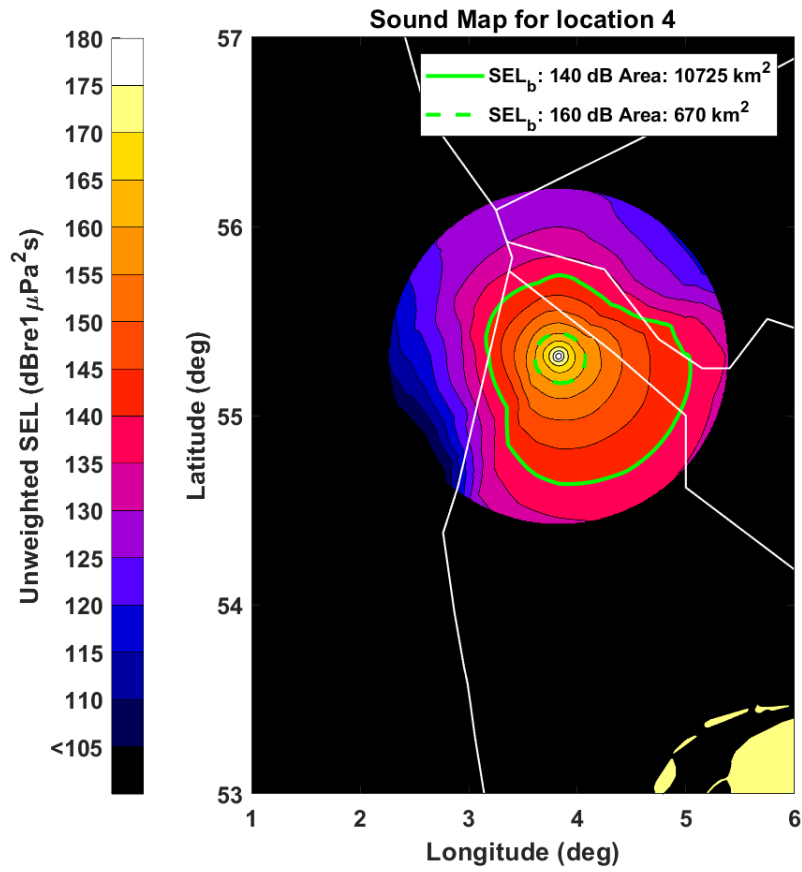
Blad

27/74

Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

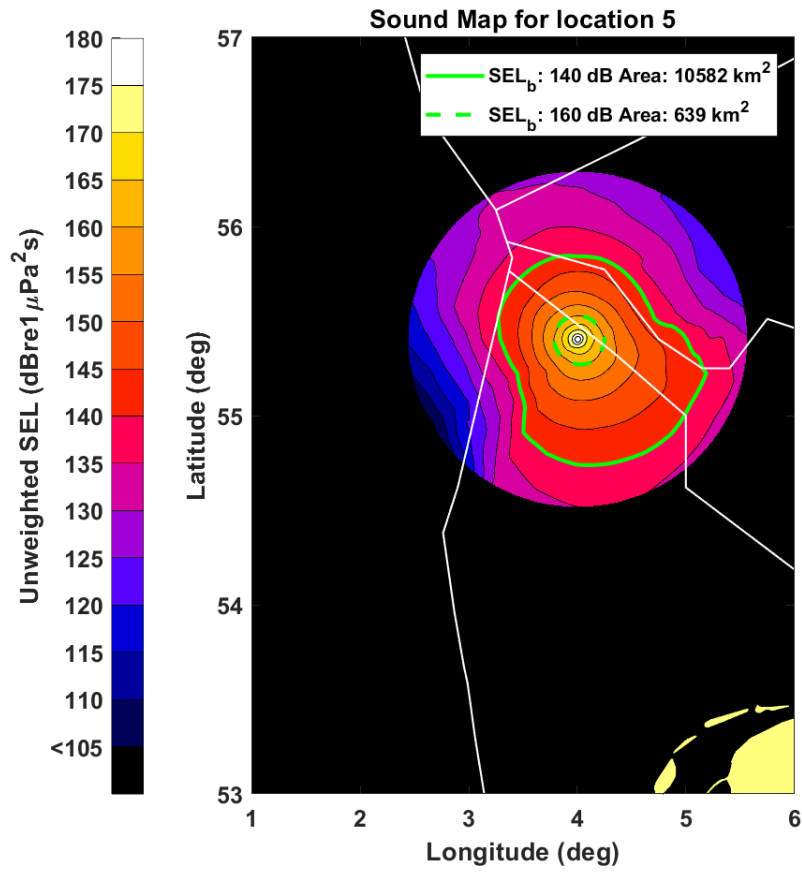
Blad
28/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

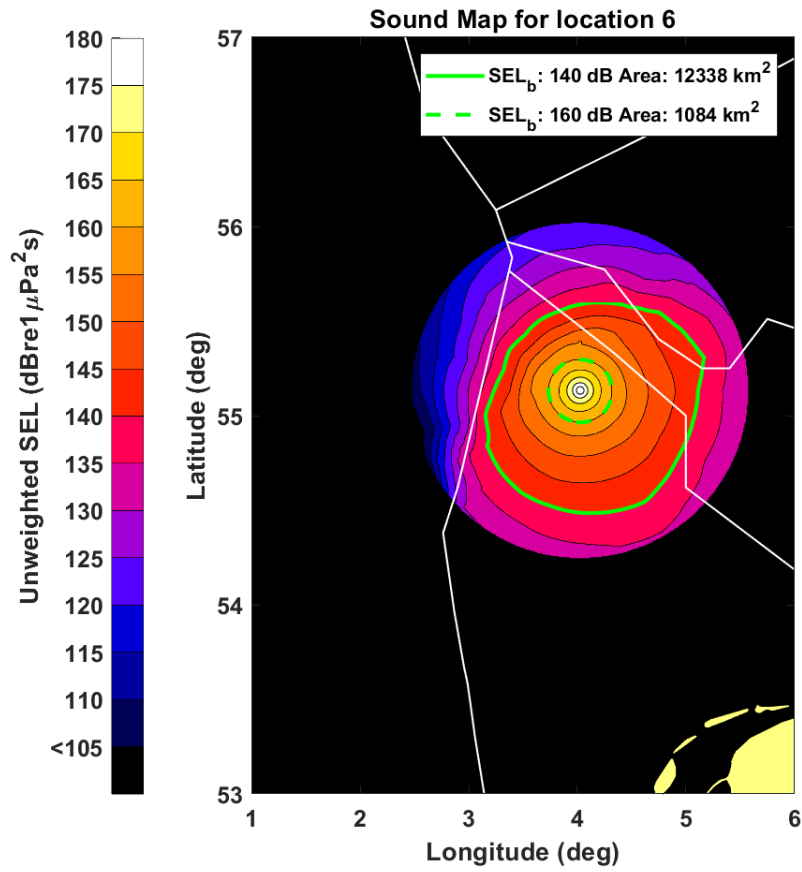
Blad
29/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

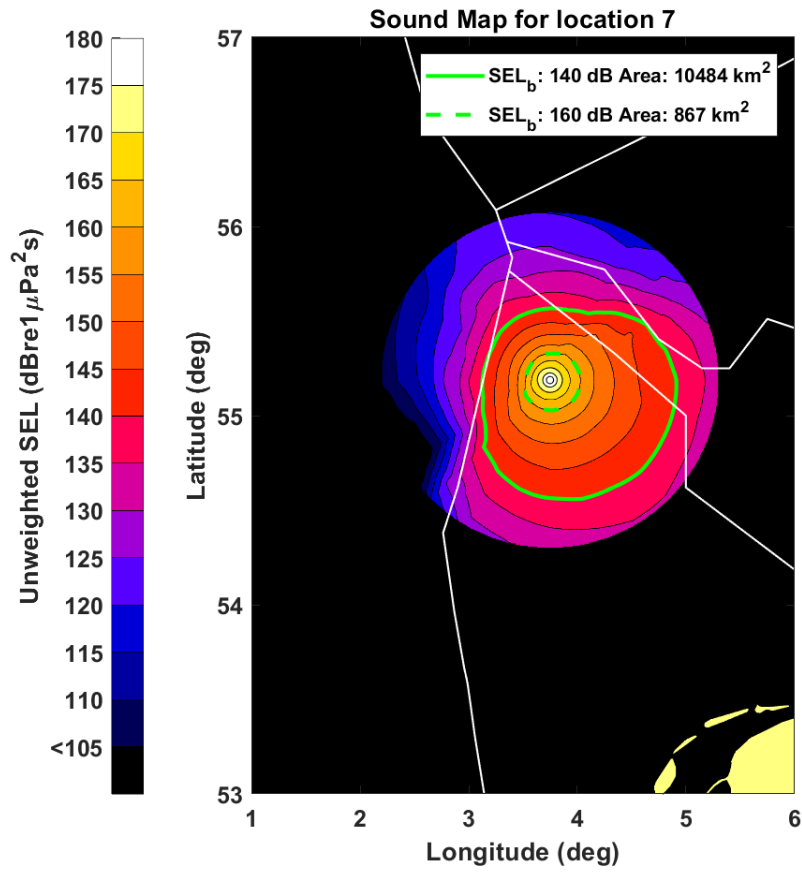
Blad
30/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

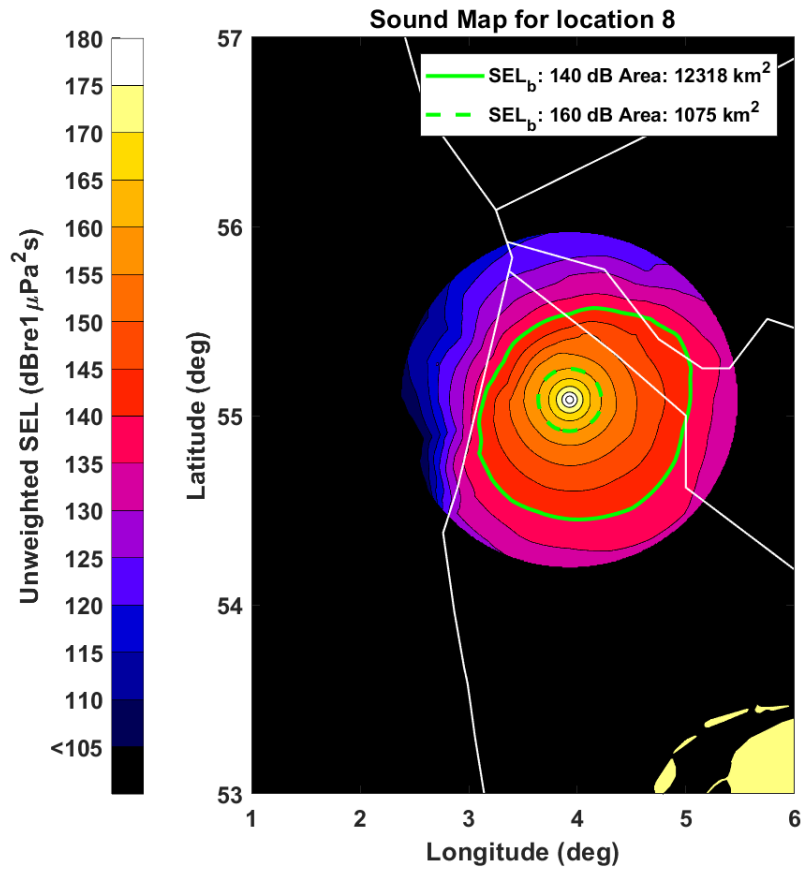
Blad
31/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

Blad
32/74



7.2 Monopiles ongemitigeerd (hei-energie 1500 kJ)

Datum
13 juni 2019

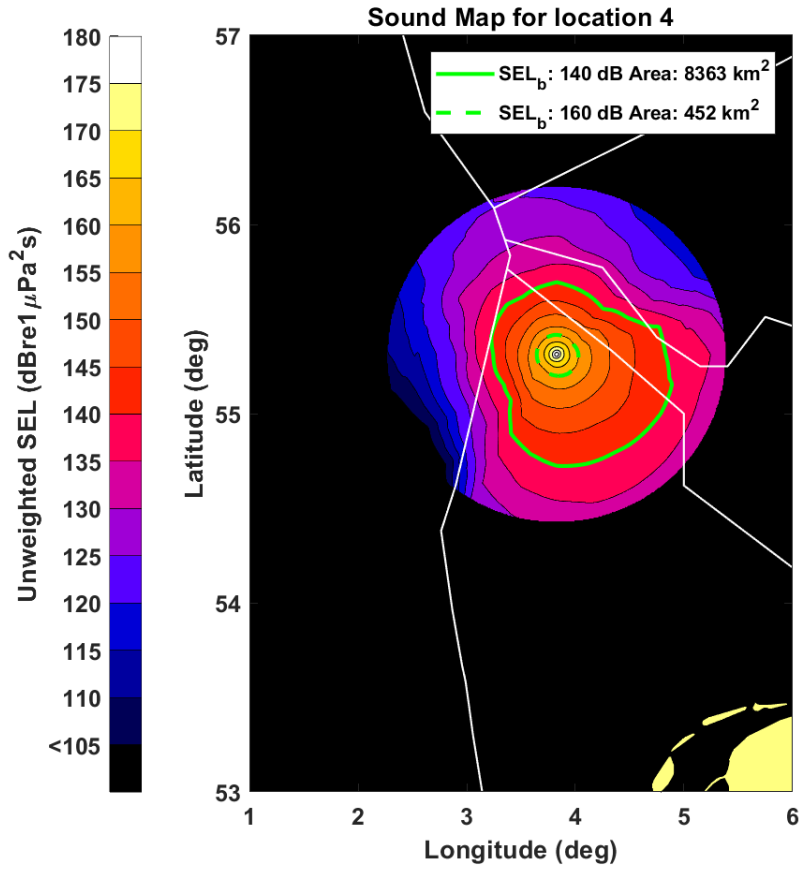
Onze referentie
DHW-2019-100321970

Blad
33/74

Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

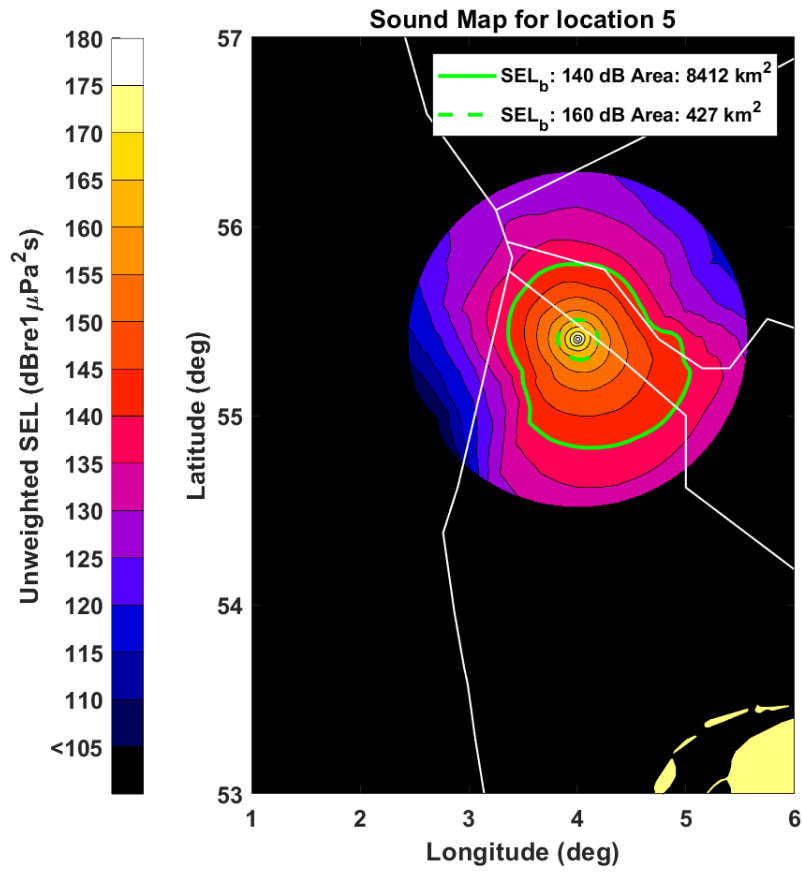
Blad
34/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

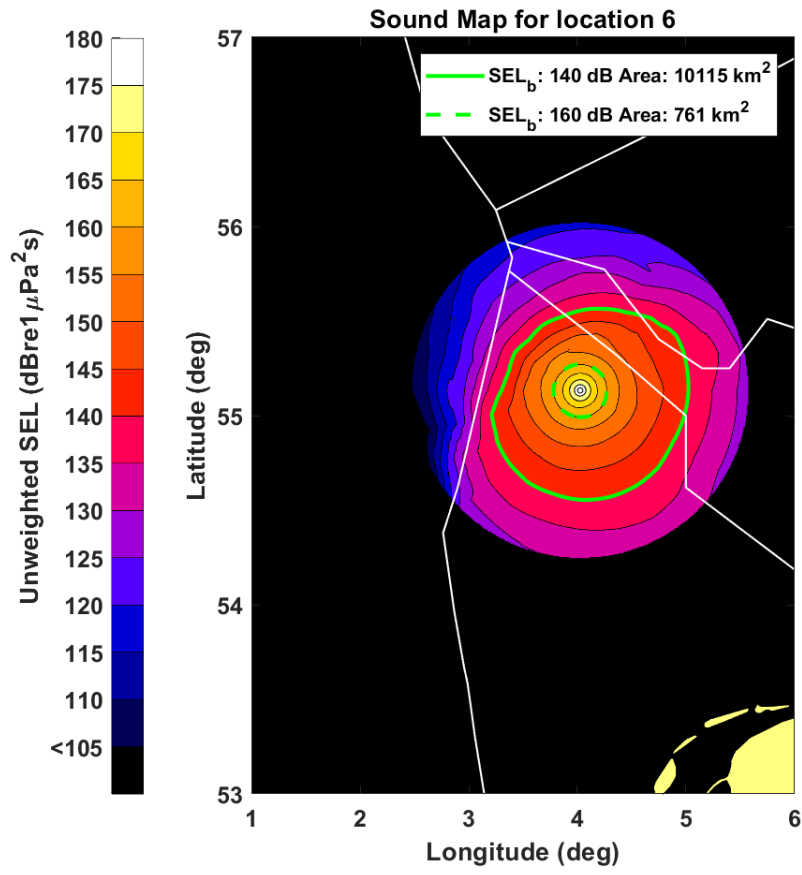
Blad
35/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

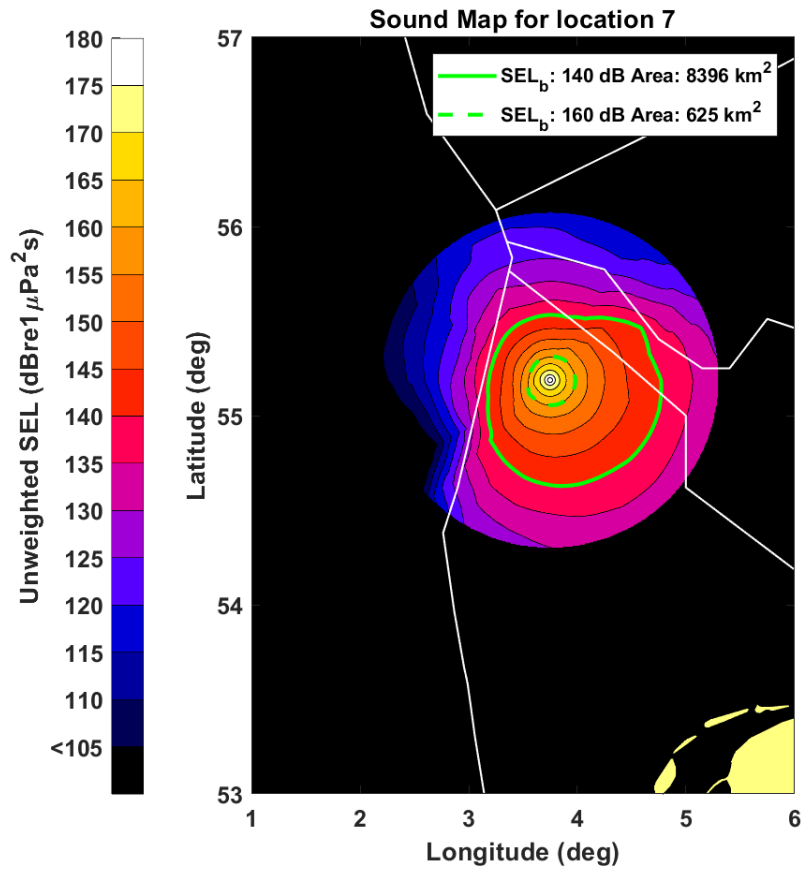
Blad
36/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

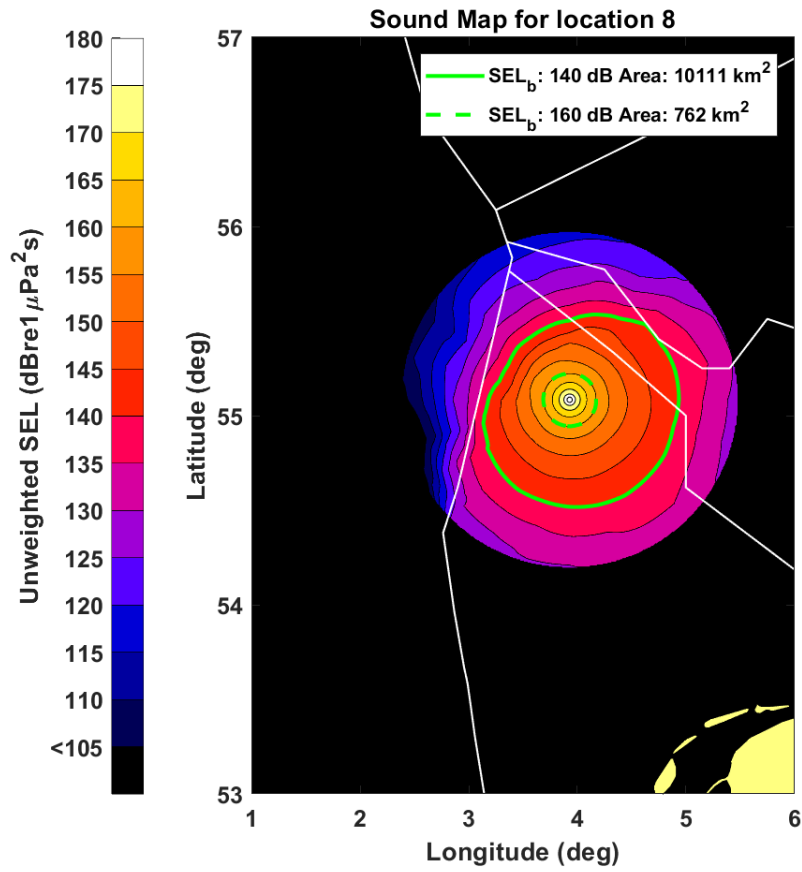
Blad
37/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

Blad
38/74



7.3 Monopiles gemitigeerd (-10 dB; hei-energie 2500 kJ)

Datum

13 juni 2019

Onze referentie

DHW-2019-100321970

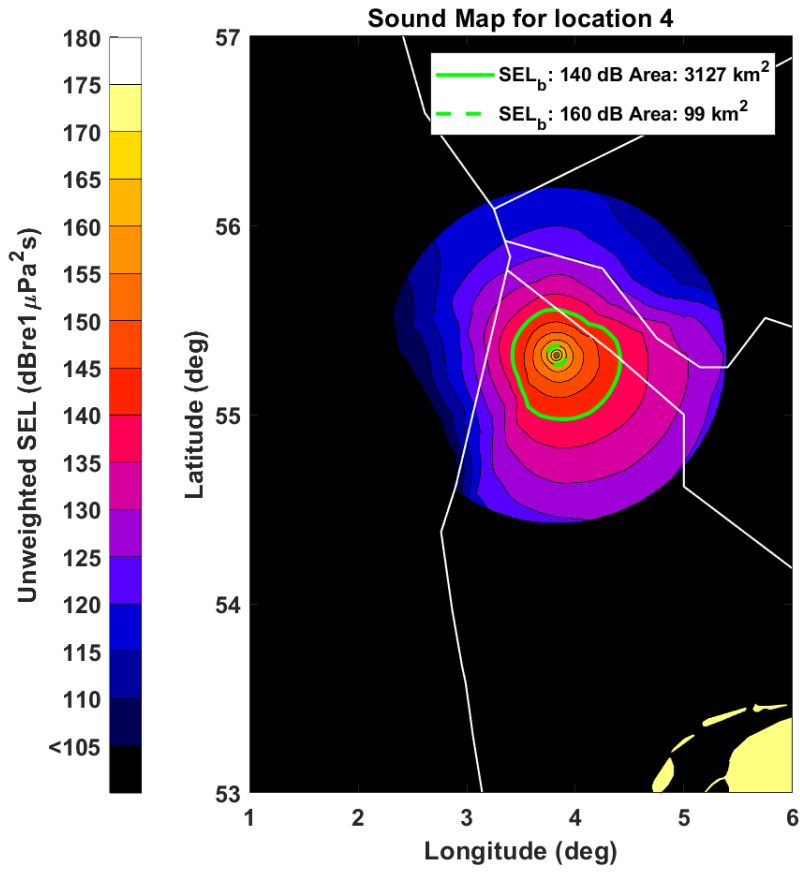
Blad

39/74

Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

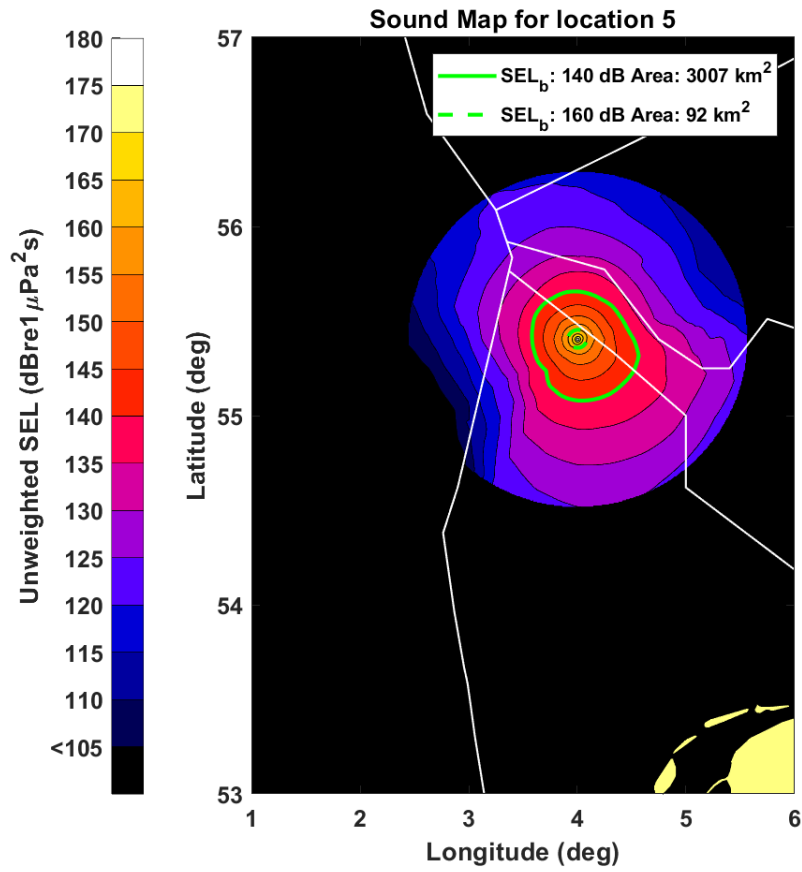
Blad
40/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

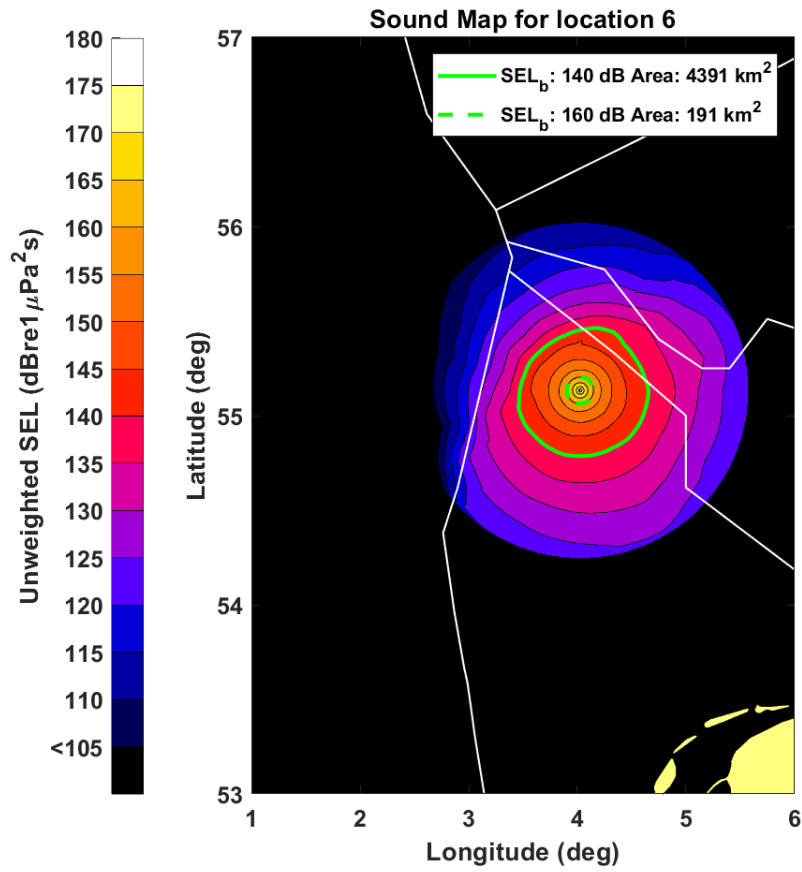
Blad
41/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

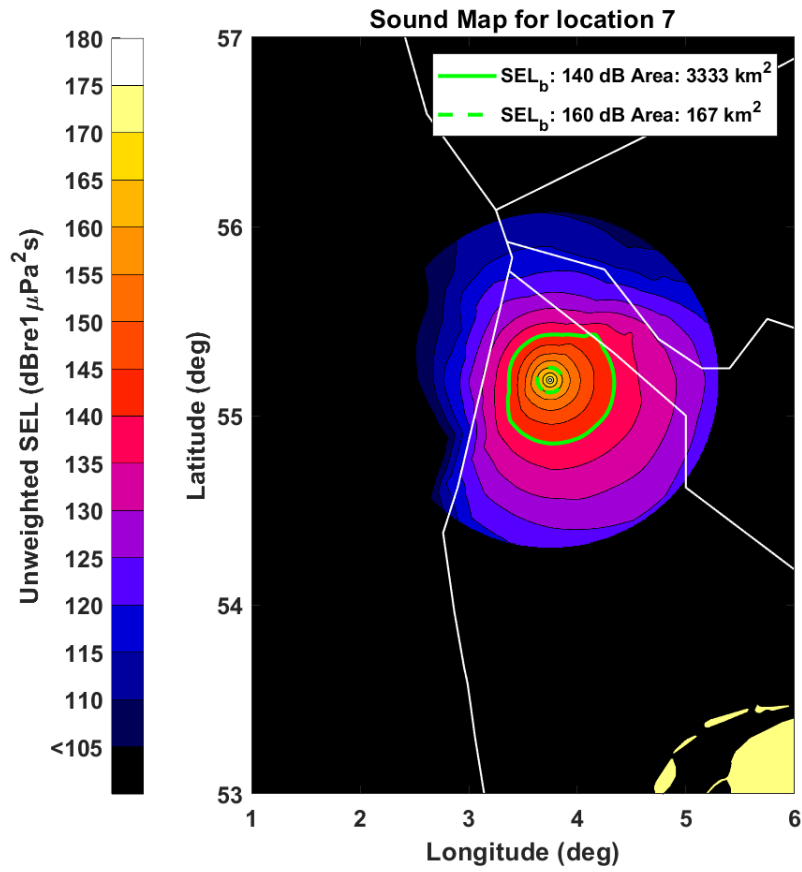
Blad
42/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

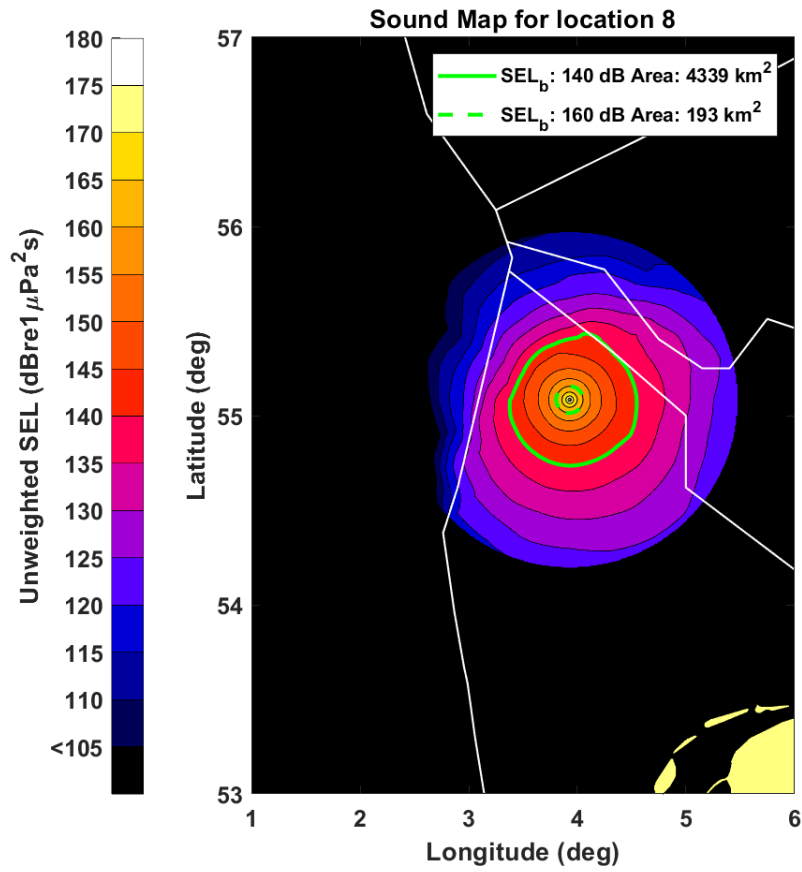
Blad
43/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

Blad
44/74



7.4 **Monopiles gemitigeerd (168 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$ @750 m; hei-energie 2500 kJ)**

Datum

13 juni 2019

Onze referentie

DHW-2019-100321970

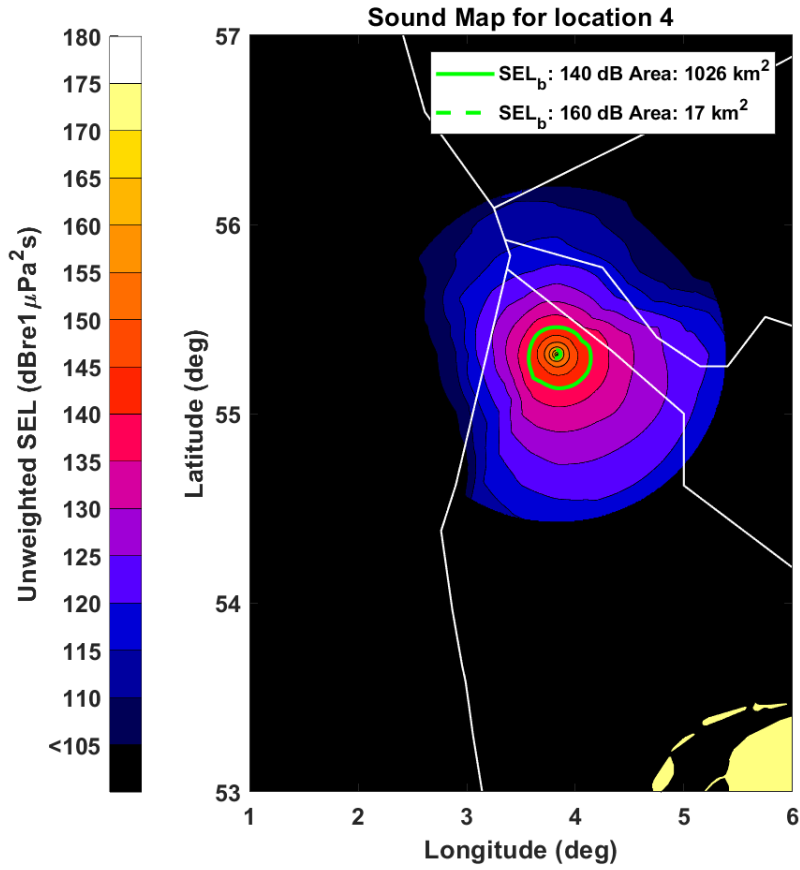
Blad

45/74

Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

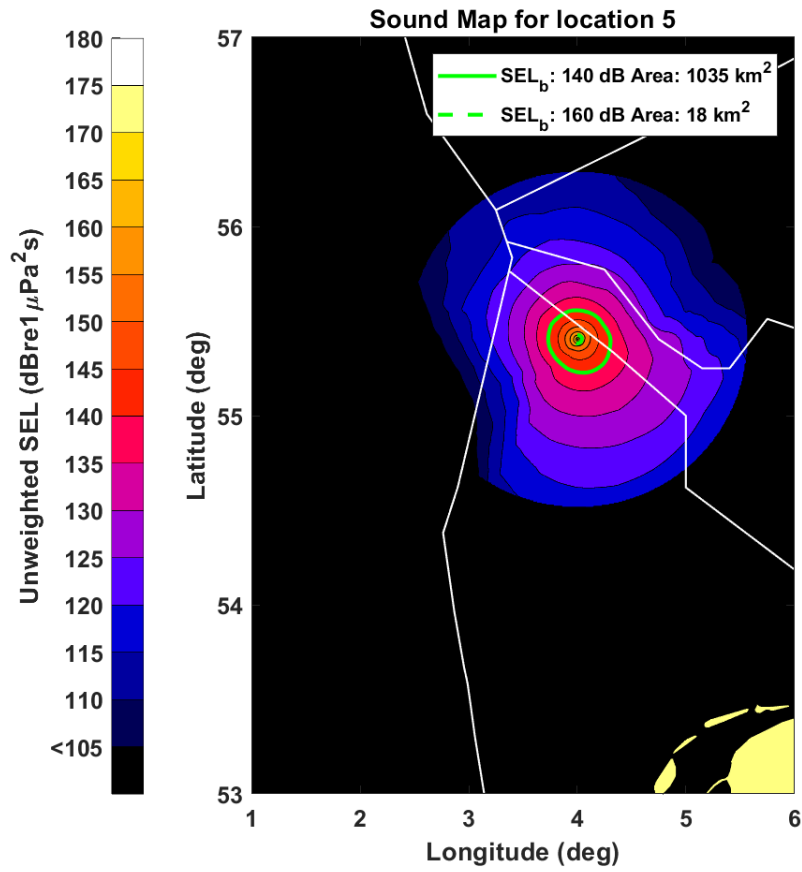
Blad
46/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

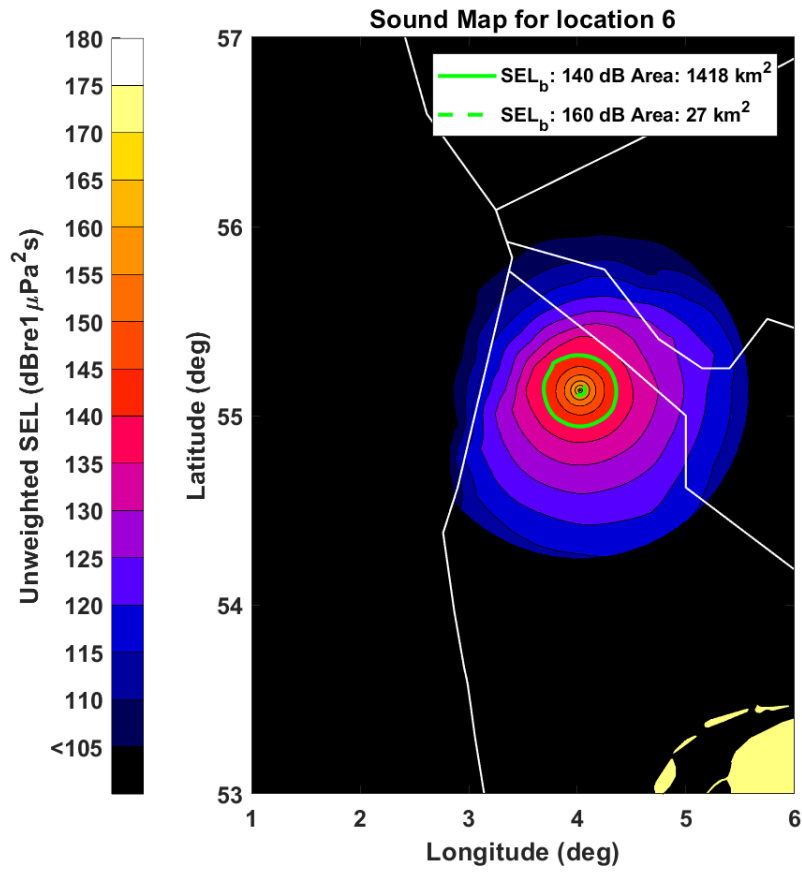
Blad
47/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

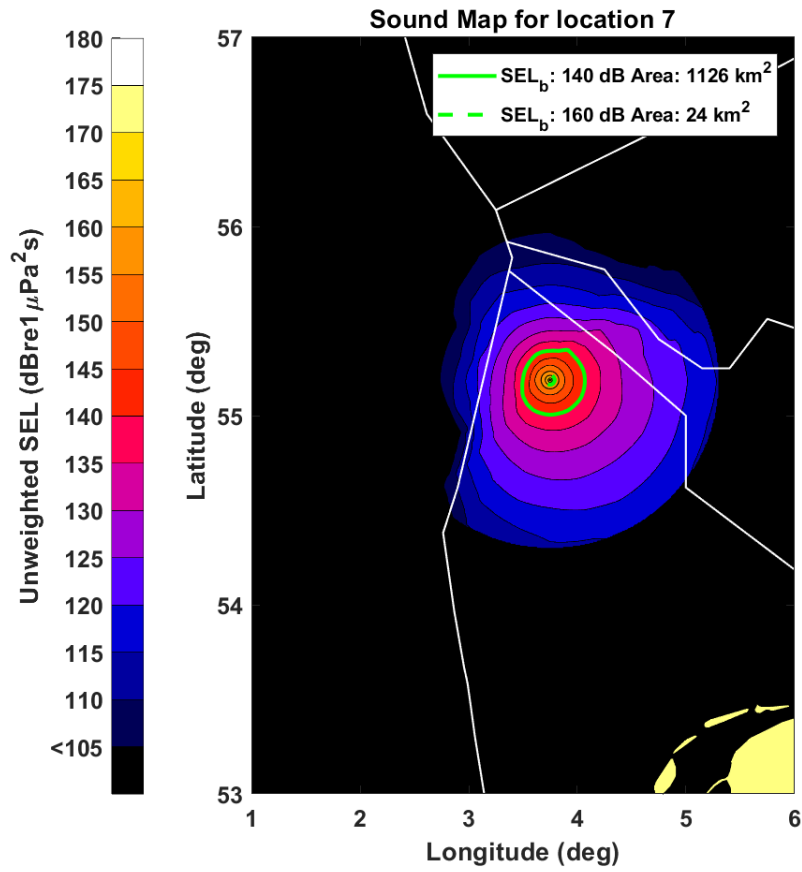
Blad
48/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

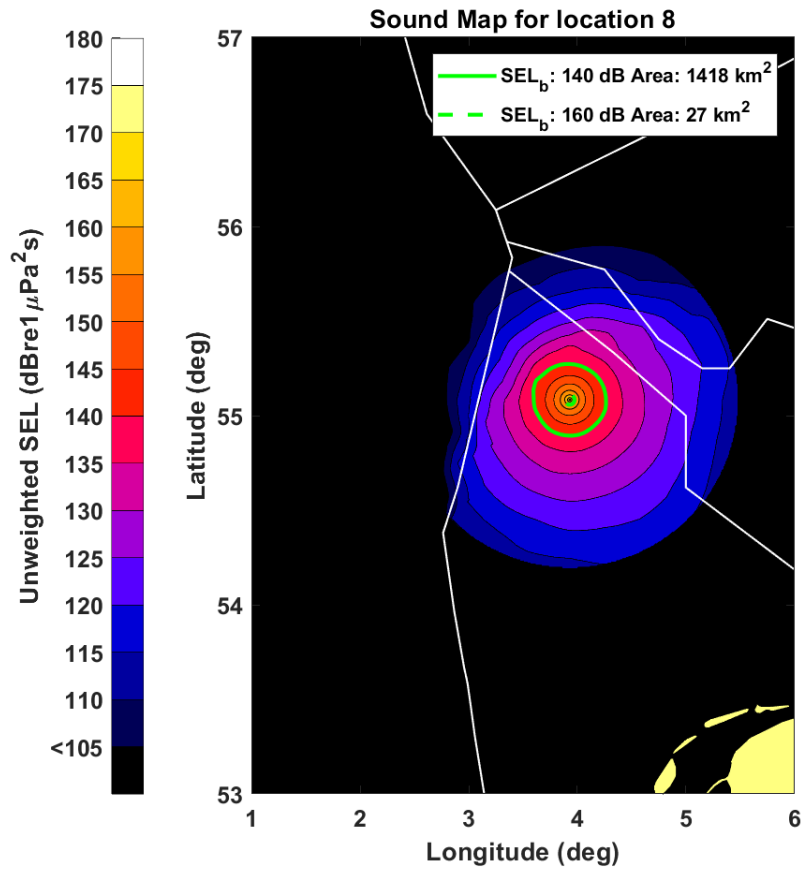
Blad
49/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

Blad
50/74



7.5 Jackets ongemittigeerd (hei-energie 1500 kJ)

Datum

13 juni 2019

Onze referentie

DHW-2019-100321970

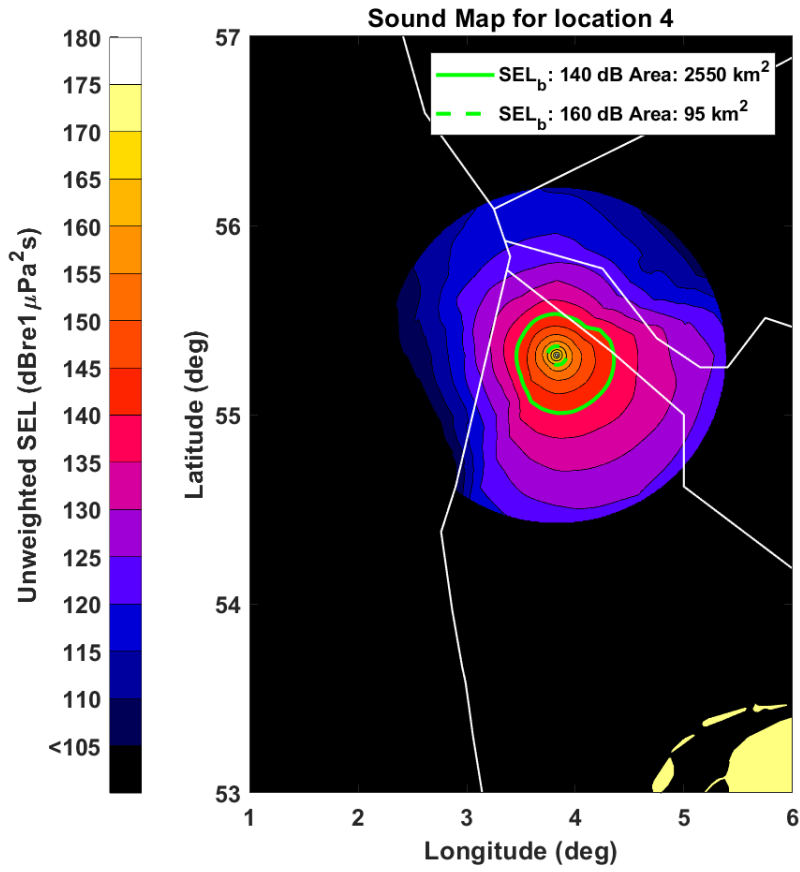
Blad

51/74

Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

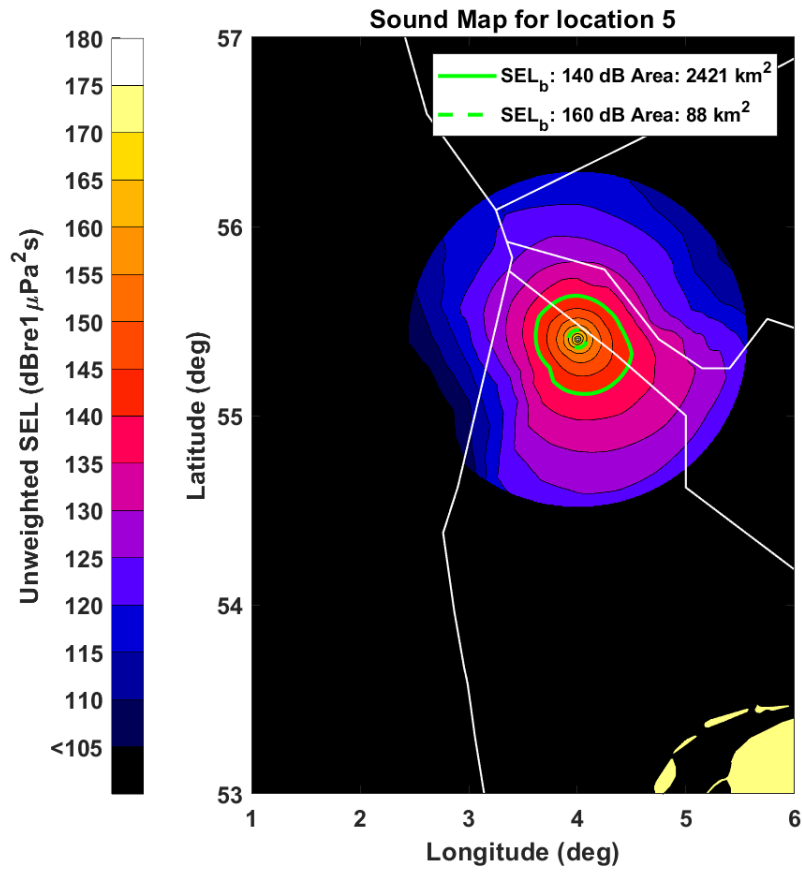
Blad
52/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

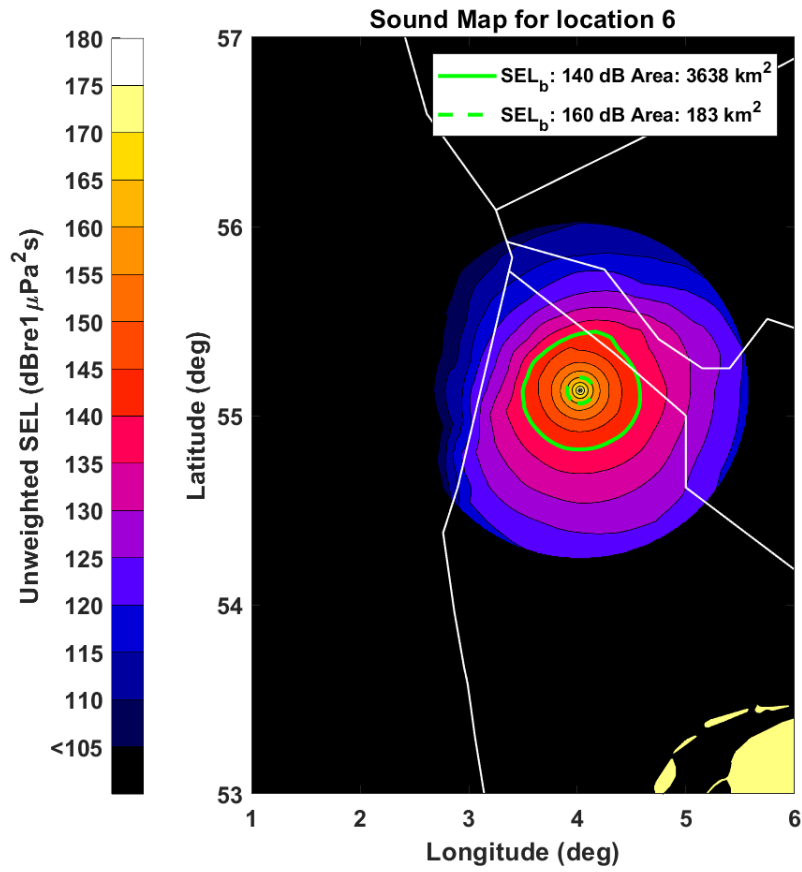
Blad
53/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

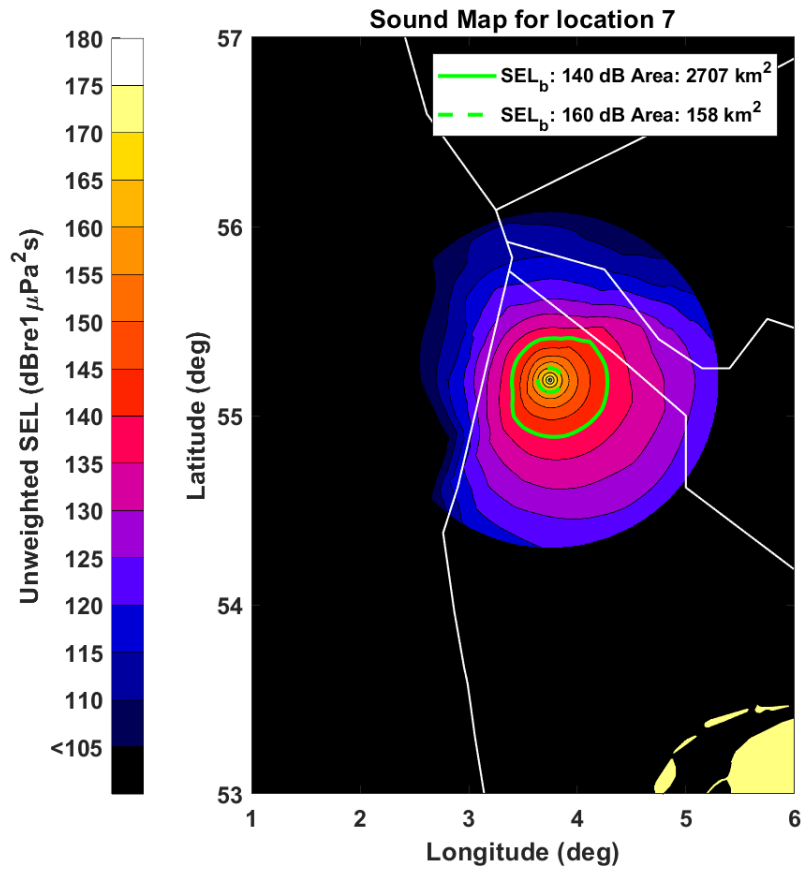
Blad
54/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

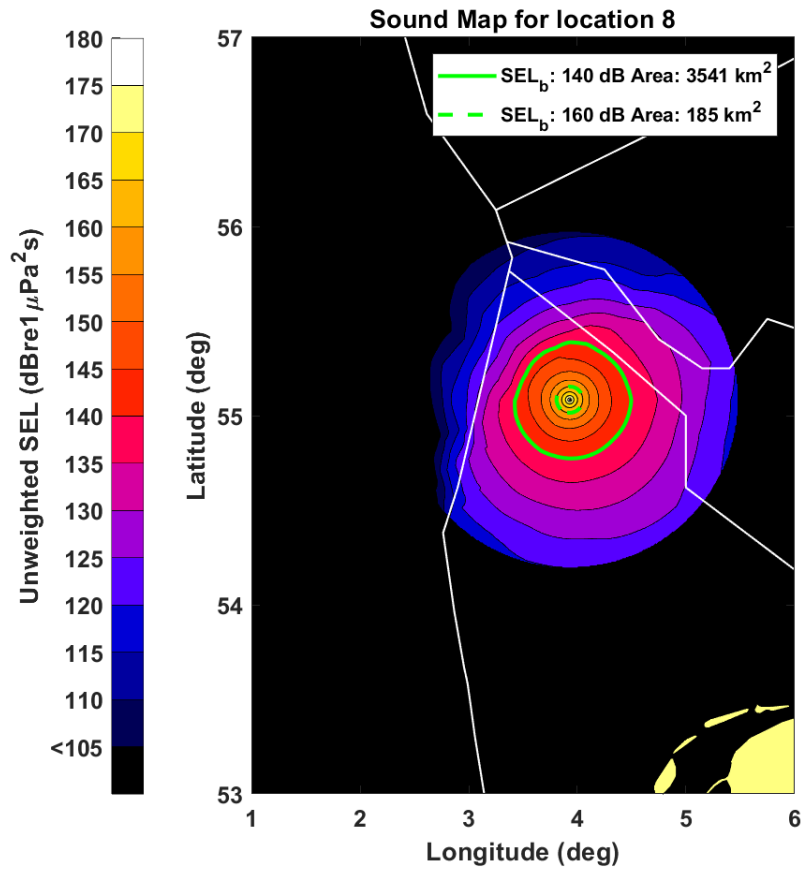
Blad
55/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

Blad
56/74



7.6 Jackets ongemittigeerd (hei-energie 750 kJ)

Datum

13 juni 2019

Onze referentie

DHW-2019-100321970

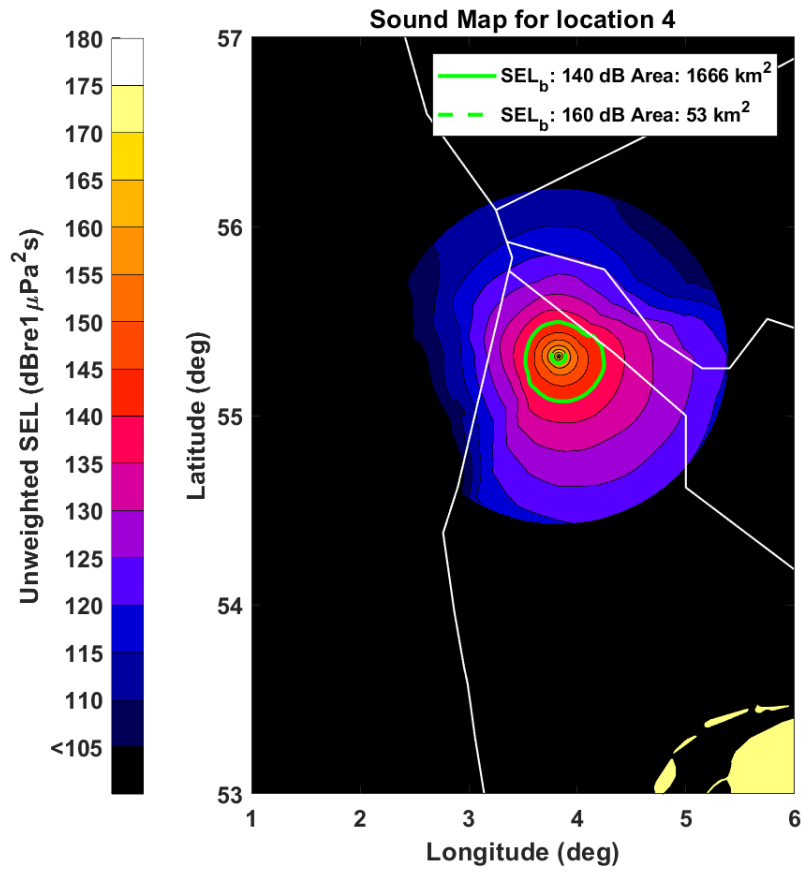
Blad

57/74

Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

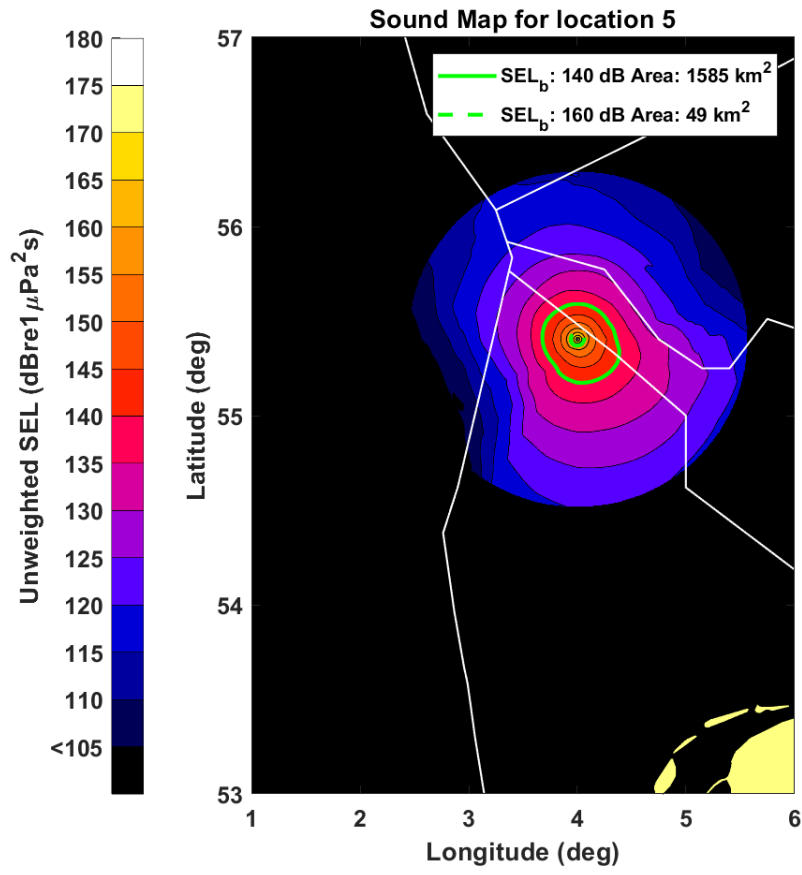
Blad
58/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

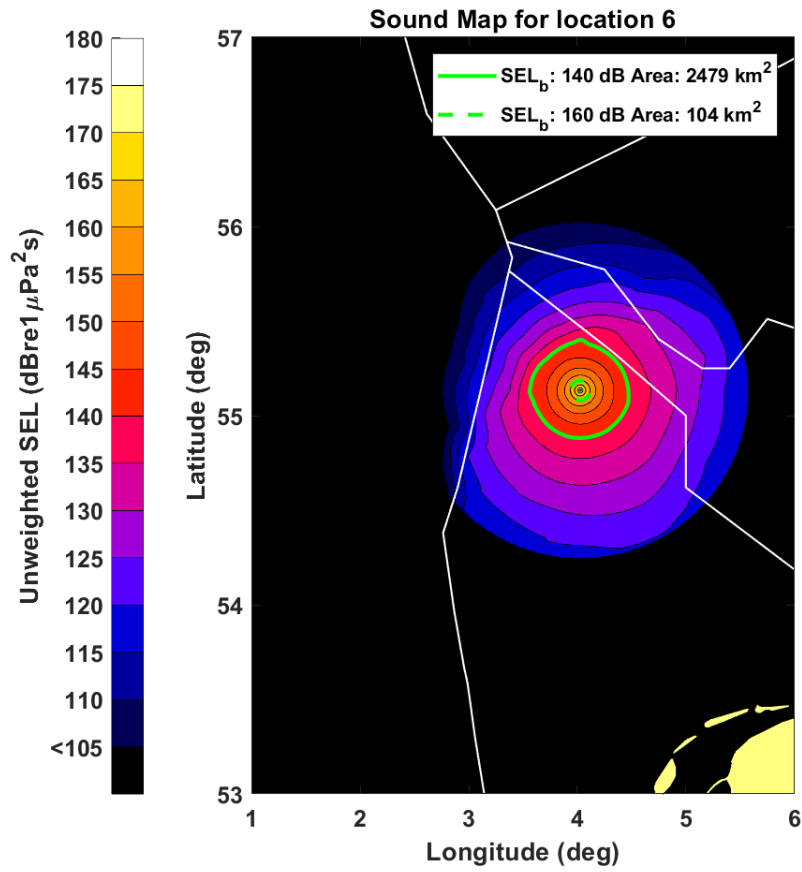
Blad
59/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

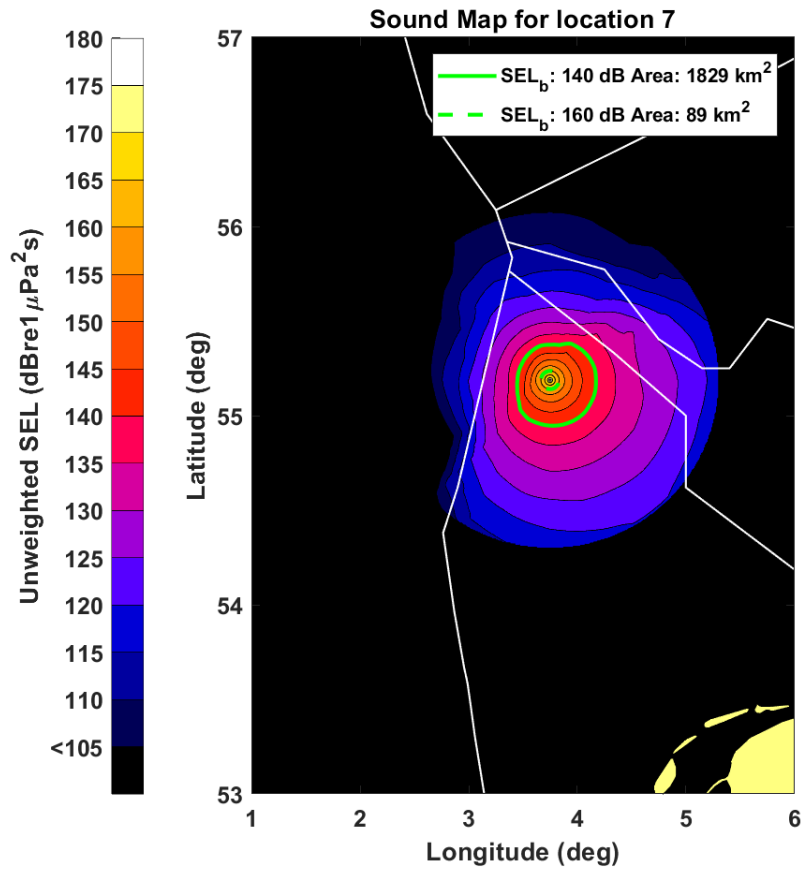
Blad
60/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

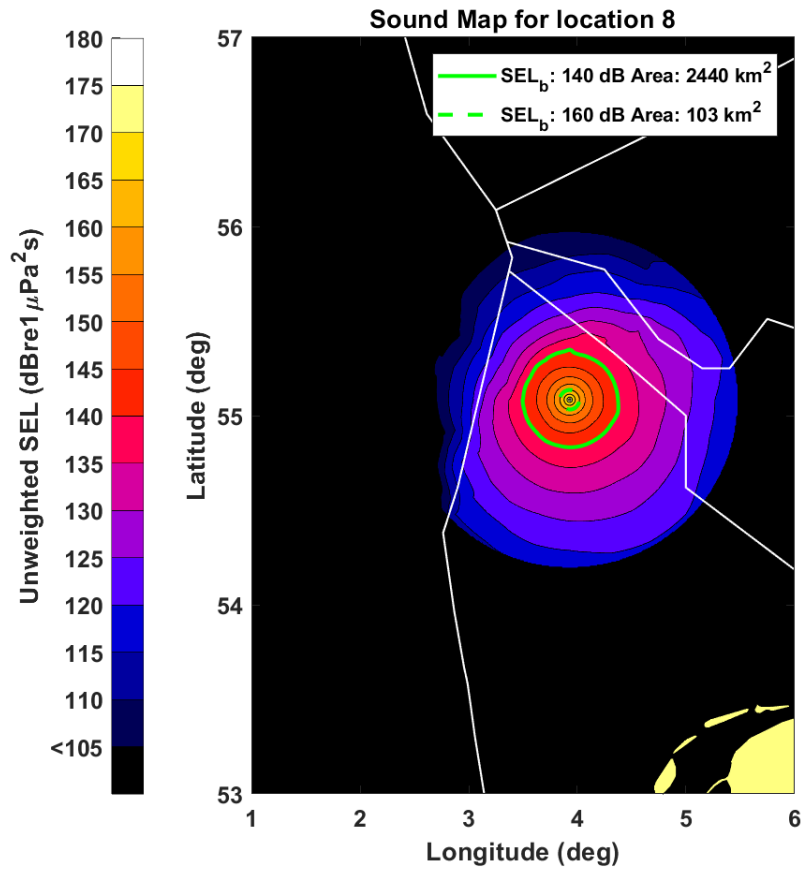
Blad
61/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

Blad
62/74



7.7 Jackets gemitigeerd (-10 dB; hei-energie 1500 kJ)

Datum

13 juni 2019

Onze referentie

DHW-2019-100321970

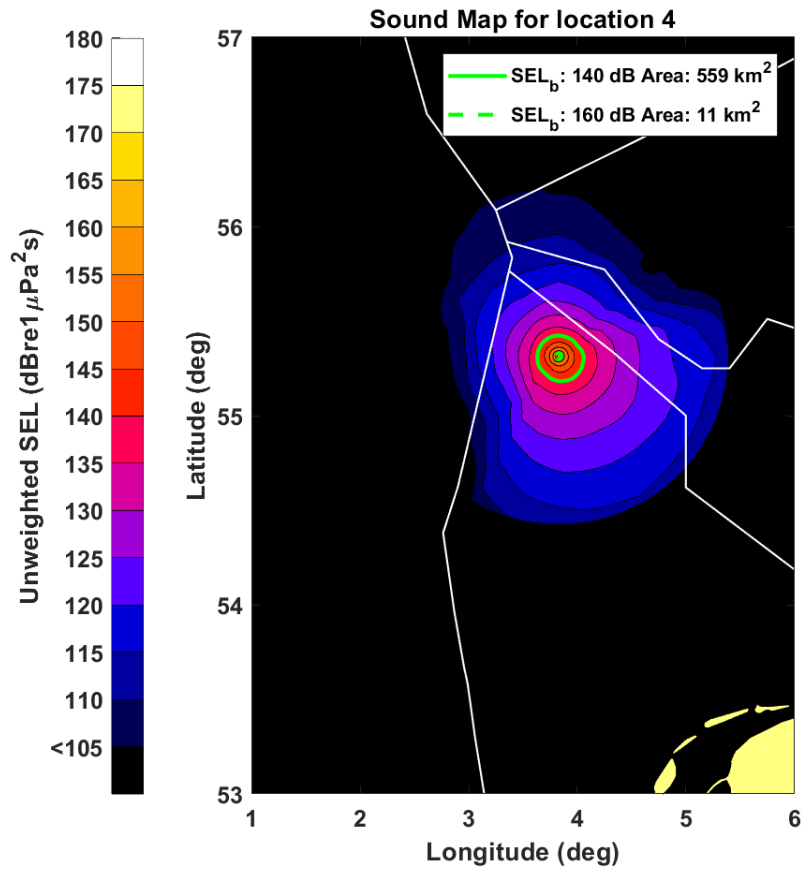
Blad

63/74

Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

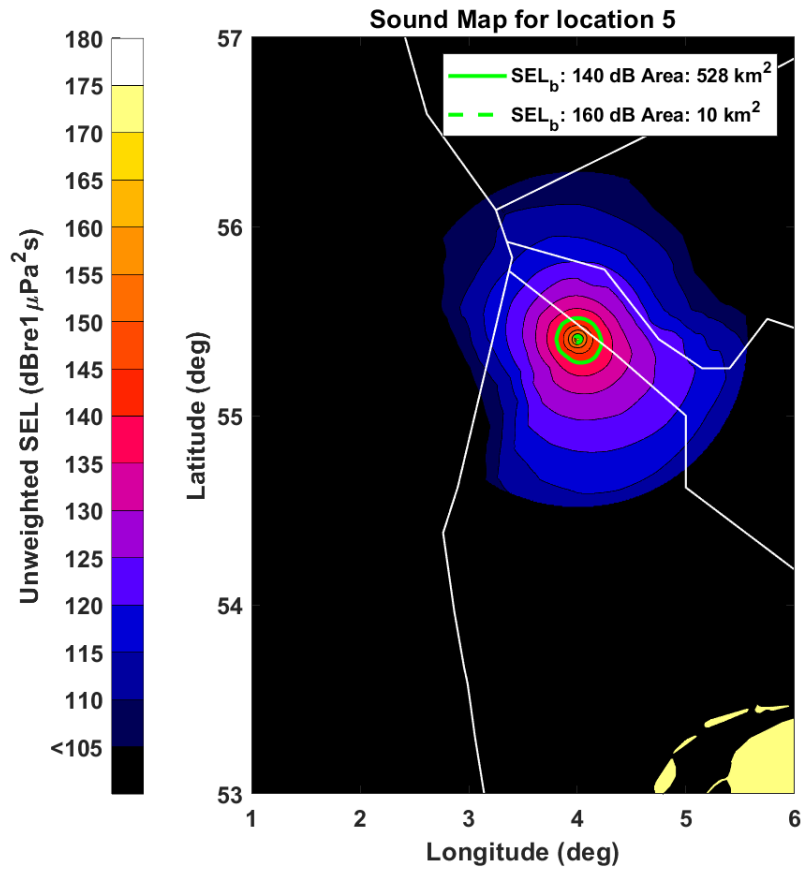
Blad
64/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

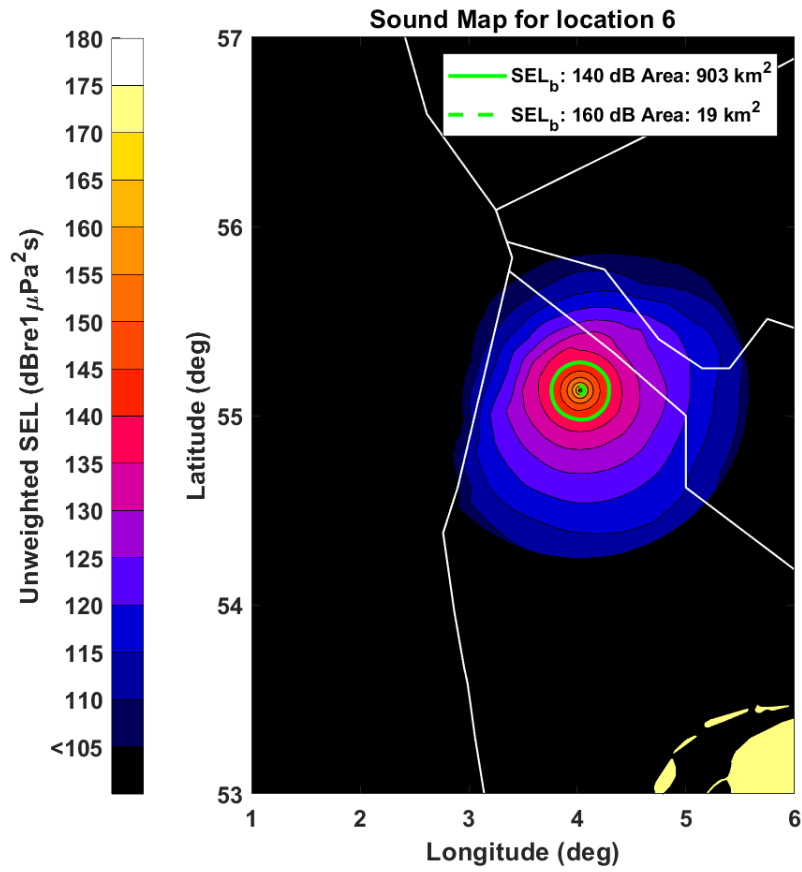
Blad
65/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

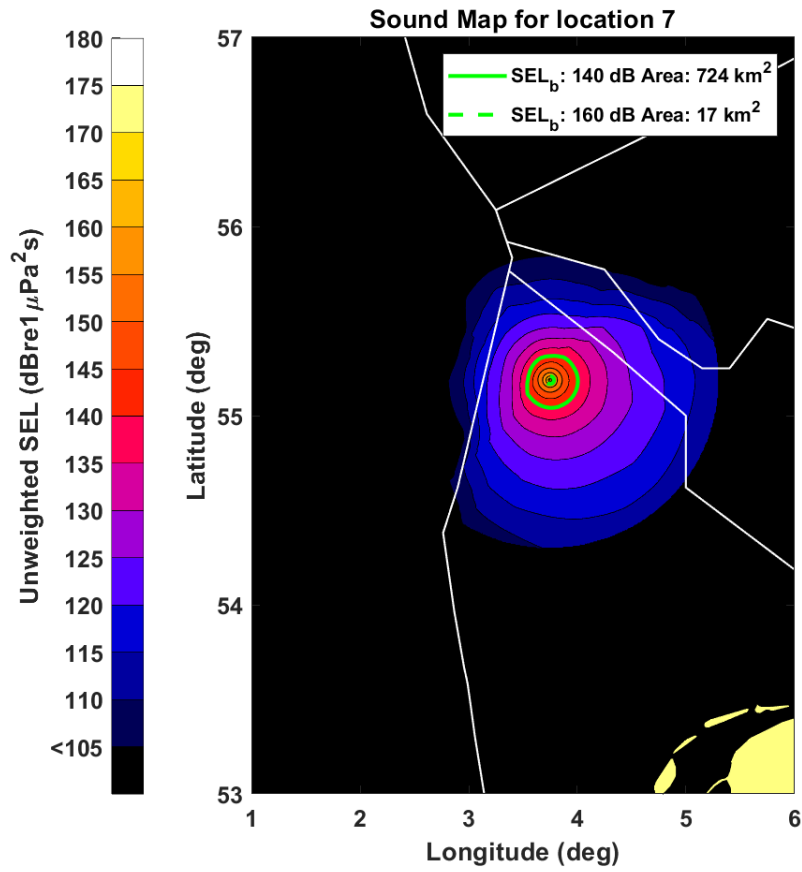
Blad
66/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

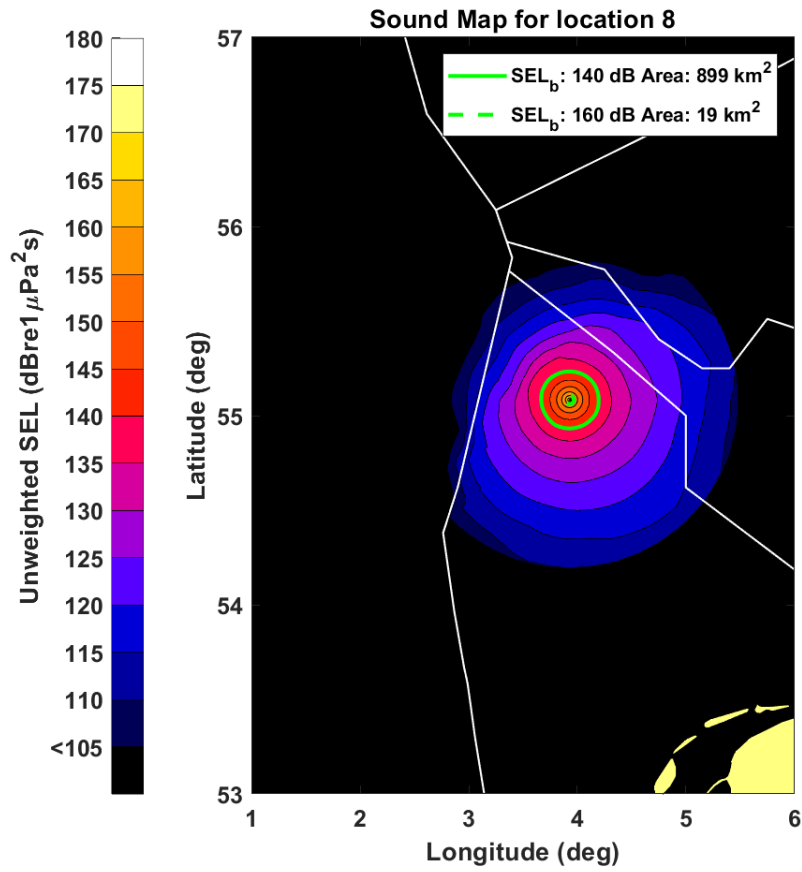
Blad
67/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

Blad
68/74



7.8 **Jackets gemitigeerd (168 dB re 1 μ Pa²s @750 m; hei-energie 1500 kJ)**

Datum

13 juni 2019

Onze referentie

DHW-2019-100321970

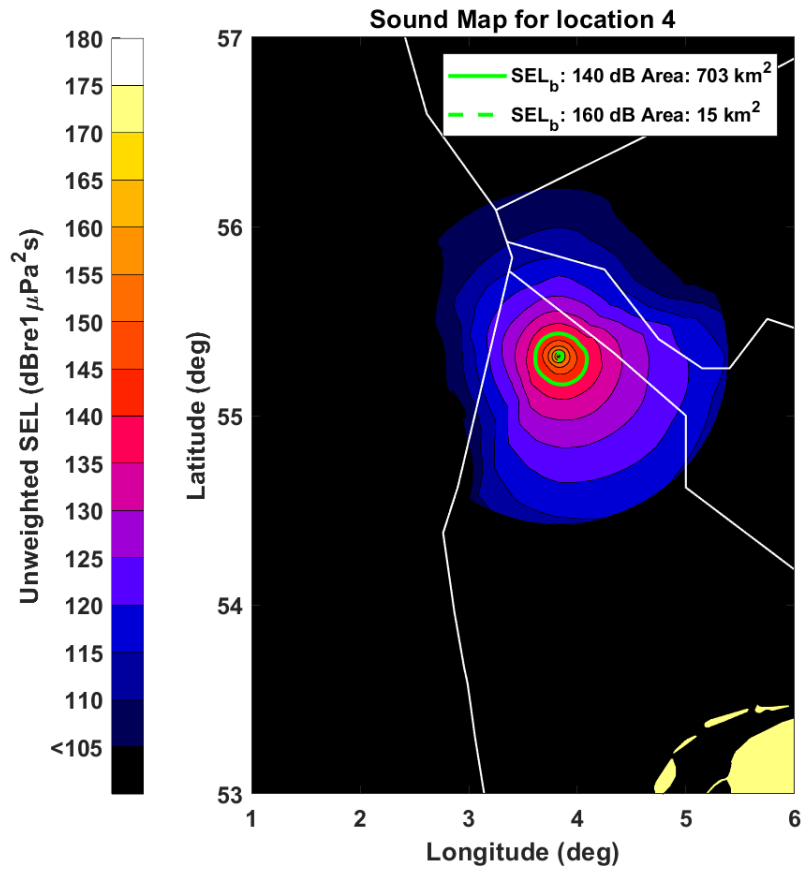
Blad

69/74

Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

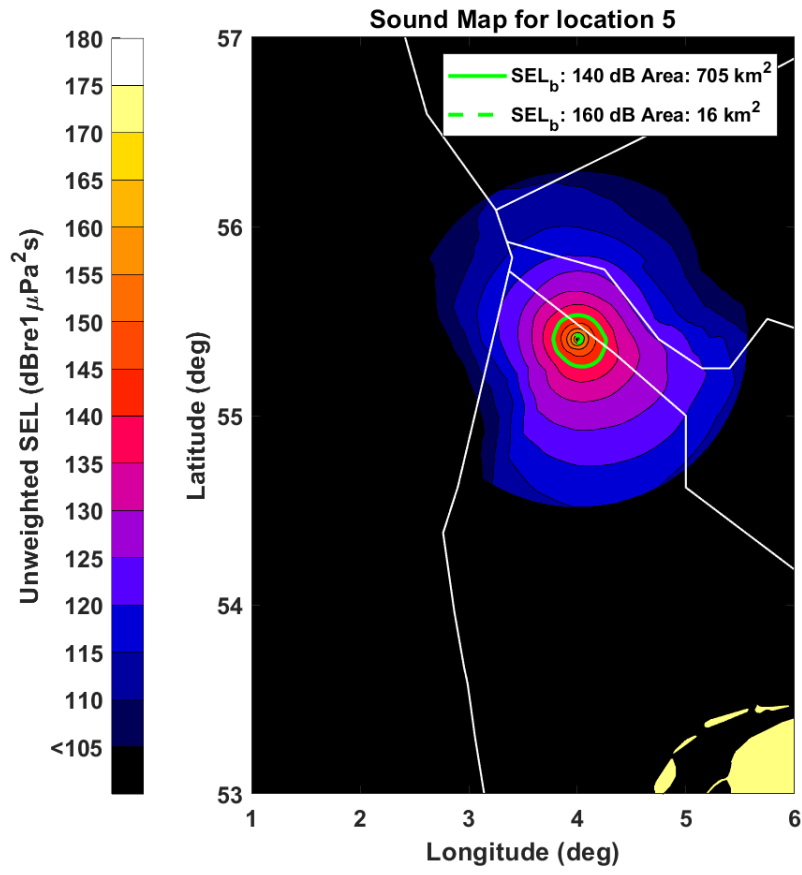
Blad
70/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

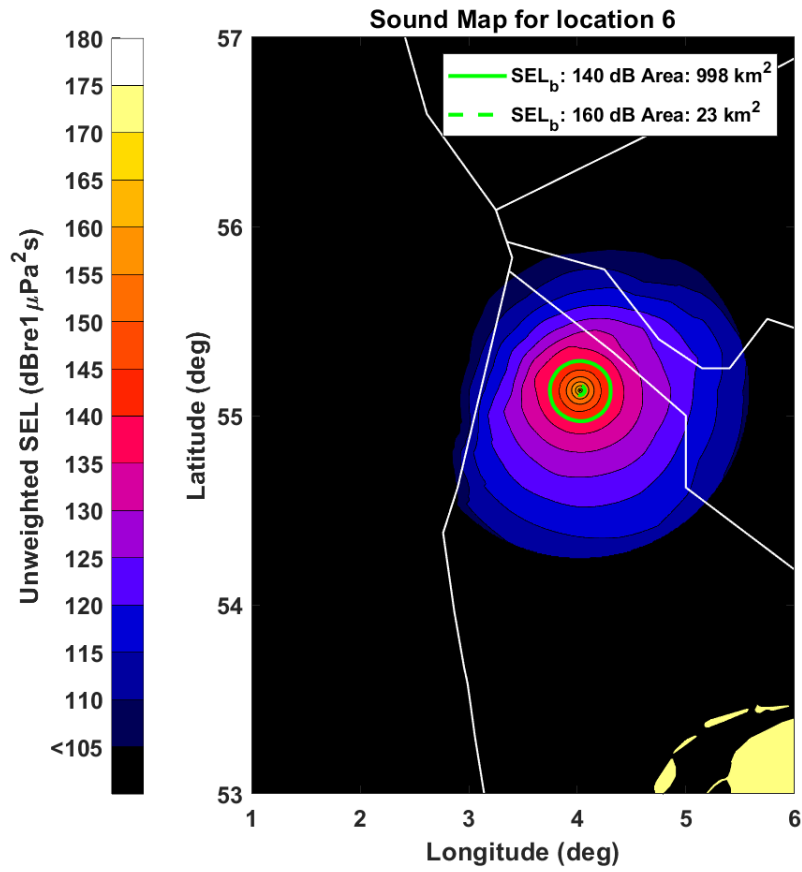
Blad
71/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

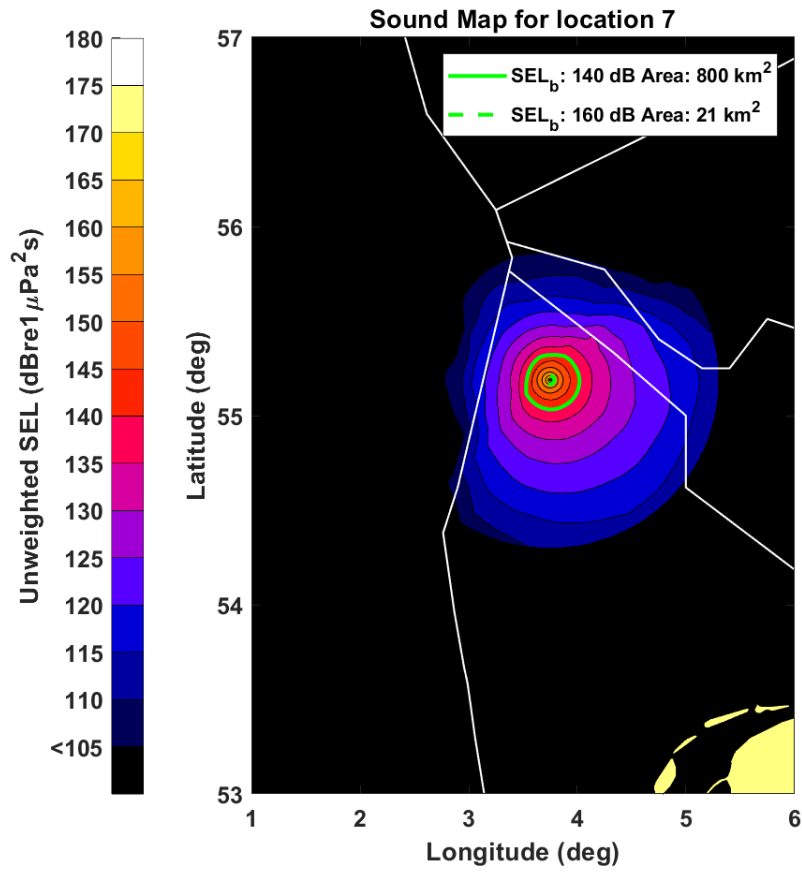
Blad
72/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

Blad
73/74



Datum
13 juni 2019

Onze referentie
DHW-2019-100321970

Blad
74/74

