

BIJLAGE 1

Retouradres: Postbus 155, 2600 AD Delft

Royal Haskoning
Businessgroep Industrial Sustainability
Divisie Milieu
T.a.v. dr. I. Thonon
Postbus 8520
3009 AM ROTTERDAM

Onderwerp

Onderwatergeluid bij de aanleg en het in bedrijf zijn van de CO₂ opslag in het kader van het ROAD project.

Auteurs:

G. Blacquière, D. Kaptein, C.A.F.de Jong, L.J. van Lier

1 Achtergrondinformatie – Introductie

Bij de aanvraag van diverse vergunningen in het kader van het ROAD project voor CO₂ opslag speelt geluid een rol. Het gaat hier om de injectie van CO₂ in de diepe ondergrond (leeggeprocudeerde gasreservoirs) van de Noordzee, TNO is betrokken bij het gedeelte onderwatergeluid.

Onderwatergeluid speelt zowel bij de aanleg van de CCS (carbon capture and storage) installaties als bij het in bedrijf zijn daarvan. We onderscheiden de volgende vijf activiteiten die onderwatergeluid produceren:

Aanleg:

1. Het aanpassen van het satelliet-productieplatform P18-A om dit geschikt te maken voor CO₂ injectie.
2. Het boren ten behoeve van de CO₂ leiding in het havengebiedtraject
3. Het ingraven van de CO₂ leiding in de waterbodem in het zeetraject; het ingraven van de elektriciteitskabel.



TNO

Stieltjesweg 1
2628 CK Delft

Postbus 155
2600 AD Delft

www.tno.nl

T +31 88 866 20 00
F +31 88 866 06 30
Infodesk@tno.nl

Datum

5 april 2011

Onze referentie

TNO-MEM-2011-00473

E-mail

dick.kaptein@tno.nl

Doorkiesnummer

+31 88 86 68003

Doorkiesfax

+31 88 866 06 30

Projectnummer

052.01027

Op opdrachten aan TNO zijn de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, zoals gedeponeerd bij de Griffie van de Rechtbank Den Haag en de Kamer van Koophandel Den Haag van toepassing. Deze algemene voorwaarden kunt u tevens vinden op www.tno.nl. Op verzoeken zenden wij u deze toe.

Handelsregisternummer 27376655 .

Datum
5 april 2011

Onze referentie
TNO-MEM-2011-00473

Blad
2

In bedrijf:

4. Het onderwatergeluid ten gevolge van regelkleppen en het stromen van het CO₂ in de leiding en de risers bij het platform.
5. Het onderwatergeluid bij een calamiteit waarbij de leiding kapot gaat.

Deze activiteiten worden nu achtereenvolgens kort besproken, waarbij informatie is opgenomen die verkregen is in diverse gesprekken met de opdrachtgever en via diverse door de opdrachtgever aan TNO ter beschikking gestelde documenten. Deze informatie is gedurende de looptijd van het project diverse malen besproken met de opdrachtgever.

1.1 Het aanpassen van het satellietplatform om dit geschikt te maken voor CO₂ injectie

Bij dit satellietplatform komen nu meerdere gasproductieputten samen, wordt het gasvolume gemeten en wordt het gas doorgezonden naar een groter platform. Het satellietplatform is onbemand en wordt eenmaal per maand bezocht door een helikopter die onderhoudsmensen afzet en ophaalt.

De aanpassingen behelzen: ruimte creëren voor meetapparatuur, het installeren van een heater (ten behoeve van de opwarming van CO₂) met hulpsystemen, het aanpassen van enkele putten voor CO₂ toevoer/opslag.

De werkwijze is als volgt: één of meer sleepboten slepen een drijvend rig naar het platform dat zichzelf vervolgens positioneert op de zeebodem. In eerste instantie zullen twee putten worden aangepast. Later nog eens drie. De aanpassing duurt zo'n 4 à 6 weken per put. Dit betekent in totaal (2+3) * (4 à 6) is zo'n 20 à 30 weken activiteiten, verspreid over meerdere jaren.

De eerste putten P18-14A2 en P18-6A7 (respectievelijk in reservoirs P18-4 en P18-6) worden bij voorkeur gezamenlijk aangepakt om (de)mobiliseerkosten te besparen. Deze werkzaamheden zullen waarschijnlijk in 2014 plaatsvinden.

Behalve de putten die aankomen bij het satellietplatform is er nog een extra put (exploratieput P18-2) die niet rechtstreeks op dit platform uitkomt, maar deze is via een pijpleiding verbonden met het platform. Om deze put aan te passen zijn dus werkzaamheden op afstand van het platform nodig. Deze put zal pas in 2016 aangepast worden, maar de plannen hiervoor zijn echter minder concreet.

De werkzaamheden om een put aan te passen zijn als volgt:

- De bestaande tubing wordt er uit getrokken.
- Alleen bij 18-02: er worden drie pluggen (cementlaag van ongeveer 50 m lengte) weggeboord. Deze pluggen bevinden zich op ongeveer 50 m diepte, 1500 m diepte en 3000 m diepte (dus over de gehele lengte van de put). Elke boring duurt ongeveer 5 werkdagen. De overige putten (18-04 en 18-06) hebben alleen een diepe plug, dus op 3000 m diepte (orde van grootte).
- Een nieuwe tubing die geschikt is voor CO₂ injectie wordt aangebracht.

Als de putten zijn aangepast, duren de overige werkzaamheden nog zo'n zes maanden. De bemanning zal verblijven op een schip. In deze periode zal er gemiddeld één bevoorradingsschip per dag van en naar het platform gaan (vanuit IJmuiden, Rotterdam, Den Helder, etc.). Het personeel zal per helikopter reizen. De normale vlieghoogte van de helikopter is 500 m; de heli landt op het platform op ongeveer 12 m hoogte.

Datum
5 april 2011

Onze referentie
TNO-MEM-2011-00473

Blad
3

1.2. Het boren ten behoeve van de CO2 leiding in het havengebiedtraject

Onder de vaargeulen van de Rotterdamse haven wordt de buisleiding verdiept aangelegd: 7 m onder de waterbodem in het zand. De boring begint op land aan de kant van de MVII en komt uit in het water aan de zee kant. De boring is van het type HDD (Horizontal Directional Drilling).

1.3. Het ingraven van de CO2 leiding in de waterbodem in het zeetraject; het ingraven van de elektriciteitsleiding

Het ingraven vindt plaats over een traject van ongeveer 20 km lengte. Er wordt een sleuf gefreesd in de zeebodem door schip A, terwijl schip B (de pijpenlegger, zie figuur van de 'Solitaire') de pijp in de sleuf plaatst. De pijp wordt op het schip segment voor segment aan elkaar gelast, waarna de leiding via het achterschip de zee in gaat. Tijdens het pijpenleggen wordt het schip



nauwkeurig op de gewenste, stabiele positie gehouden met een dynamic positioning system, waartoe een aantal thrusters in bedrijf is (zie inzet).

Tenslotte wordt de pijp afgedekt met zand.

Een elektriciteitskabel zal op dezelfde manier worden gelegd.

De verwachting is dat bij deze activiteiten het scheepsgeluid de dominante geluidsbron is. Naar verwachting dient, naast het frezen van de sleuf voor de buisleiding en elektriciteitskabel, van een aantal onderwaterduinen het 'topje' (ca. 0,5 m) weggebaggerd te worden. Het totale volume is waarschijnlijk verwaarloosbaar klein.

De werkzaamheden duren in de orde van 3 à 4 weken per leiding, dus in totaal 6 à 8 weken. Hierbij wordt 24 uur per etmaal gewerkt.

Ten behoeve van het dynamic positioning system beschikt de Solitaire over 10 thrusters met een totaal vermogen van 50.000 kW. De thrusters zijn computergestuurd waarbij gebruik gemaakt wordt van nauwkeurige plaatsbepaling.

De pijpenlegger is 300 m lang, 41 m breed en biedt plaats aan 420 bemanningsleden.

Datum
5 april 2011

Onze referentie
TNO-MEM-2011-00473

Blad
4

1.4. Het onderwatergeluid ten gevolge van het stromen van het CO₂ in de leiding



Bij een in bedrijf zijnde CO₂ injectie kan stromingsgeluid optreden in de buisleiding. Deze bevindt zich 1 m onder de waterbodem. Gegevens bij het maken van eventuele berekeningen zijn: CO₂ transport: 47 kg/s; druk in de leiding 80 bar; dichtheid van CO₂ 200 kg/m³; pijpdiameter 16 inch; 20 mm wanddikte staal; isolatielaag van 15 mm polyethyleen en 5 mm HD cover.

Voor de riser pijpen wordt aangenomen: 16 inch diameter, 20 mm wanddikte staal; geen isolatie.

Merk op dat de regelkleppen bij een in bedrijf zijnde CO₂ injectie-installatie open staan. Dit is echter niet het geval tijdens de opstart.

Verwacht wordt dat de installatie gemiddeld 12 maal per jaar wordt opgestart.

Het opstarten duurt 57 uur als het nodig is om het gas te verwarmen (alleen bij een start nadat de installatie langere tijd niet gebruikt is).

Merk op dat de aardgaswinning nog enige tijd doorgaat, tegelijkertijd met de CO₂ injectie. De aardgasdruk is nu lager dan in het begin van de productie omdat het veld al voor een groot gedeelte is 'leeg geproduceerd'. Daarom is ook de geluidsproductie door de regelkleppen lager.

1.5. Het onderwatergeluid bij een calamiteit waarbij de leiding kapot gaat

De kans op een calamiteit wordt zodanig klein geacht (0,5 % per 40 jaar) dat een inventarisatie van het onderwatergeluid dat tengevolge van zo'n calamiteit zou kunnen ontstaan voorsnog niet onderzocht is. We verwijzen hier naar de Risicoanalyse van Tebodin (Bijlage T4) voor een nadere analyse van een dergelijke calamiteit.

2. Onderwatergeluid - inzicht van TNO

Bij het samenstellen van deze notitie is de volgende aanpak gevolgd:

- TNO gaat in op de genoemde bronnen van onderwatergeluid, waarbij de nadruk in eerste instantie ligt op kwalitatieve resultaten (of ruw-geschat kwantitatief). Hierbij speelt de aard van het geluid (frequentiebereik, tijdsduur, continu of niet, etc.) een rol. Doel is om in te schatten of de geplande activiteiten zullen leiden tot een significante toename van het onderwatergeluid. De resultaten worden besproken met de opdrachtgever en de betrokken ecooloog.

Datum
5 april 2011

Onze referentie
TNO-MEM-2011-00473

Blad
5

- Op basis van dit gesprek (heeft inmiddels plaatsgevonden) is het volgende afgesproken: Voor enkele bronnen, te weten het scheepvaartgeluid van de pijpenlegger, het wegboren van de pluggen, het stromingsgeluid van de CO₂ aanvoerleiding en overige geluiden in de directe omgeving van het platform, is vastgesteld dat een nadere analyse gewenst is.

De resultaten van deze werkwijze worden nu beschreven, maar we beginnen met een korte inleiding op het onderwerp onderwatergeluid en de expertise van TNO.

2.1 Introductie onderwatergeluid - expertise - kader

Het onderwerp onderwatergeluid staat sinds enkele jaren op de agenda als mogelijke factor die van invloed is op het onderwatermilieu. Zeezoogdieren en vis zouden negatieve effecten kunnen ondervinden van een blootstelling aan onderwatergeluid. De eerste signalen die duidelijk maakten dat onderwatergeluid van invloed zou kunnen zijn, waren de strandingen van walvissen kort na sonaruitzendingen van marineschepen in de nabije omgeving.

Inmiddels wordt onderwatergeluid gezien als een relevante factor bij allerlei activiteiten op zee, bijvoorbeeld bij baggerwerkzaamheden of bij de bouw van windmolenparken op zee, waarbij de 'klappen' van de heiwerkzaamheden de belangrijkste bron van onderwatergeluid vormen. Ook de scheepvaart staat wat betreft onderwatergeluid in de belangstelling.

In zijn algemeenheid geldt dat de kennisopbouw over de *invloed* van het onderwatergeluid op het milieu (zeezoogdieren en vis) nog volop in ontwikkeling is. Op de Noordzee is de bruinvis, een kleine dolfinachtige met een lengte van rond de 1,80 m en een gewicht van 60 kg, in dit verband een belangrijke soort. Dit dier heeft een hoog metabolisme waardoor het zeer geregeld moet eten en het vindt zijn voedsel via echolocatie. De bruinvis is dus voor zijn voortbestaan afhankelijk van geluid. Uit figuur 1 met het audiogram van de bruinvis blijkt dat hij het meest gevoelig is voor frequenties in de band van ongeveer 90 kHz tot 120 kHz, en bijvoorbeeld beduidend minder gevoelig voor frequenties onder de 500 Hz. In de praktijk betekent dit dat geluid met een frequentie van 500 Hz, luider moet zijn wil het invloed hebben op een bruinvis dan een geluid van 100 kHz. Over hoe deze frequentie-afhankelijkheid precies in rekening gebracht moet worden, zijn de deskundigen het nog niet eens. TNO hanteert in haar berekeningen de uitgangspunten zoals te vinden zijn in [3] en waarin de zogenaamde M-weging een rol speelt.

Een tweede zoogdier dat in dit kader in de belangstelling staat is de zeehond. Vissen zijn vooral gevoelig voor de lagere frequenties, in de frequentieband van 10 Hz tot 2000 Hz, terwijl de hoogste gevoeligheid voor veel vissen ligt tussen de 500 Hz en 1000 Hz [7]. Merk op dat de vissen, als voedsel voor de bruinvis en de zeehond, indirect dus ook relevant zijn voor deze (zee)zoogdieren. Het feit dat onderwatergeluid en de invloed daarvan op het milieu een relatief jong vakgebied is, brengt met zich mee dat niet over alle relevante bronnen van onderwatergeluid informatie beschikbaar is. Zo is er relatief veel informatie over schepen en het onderwatergeluid dat geproduceerd wordt bij de aanleg van windmolenparken op zee.

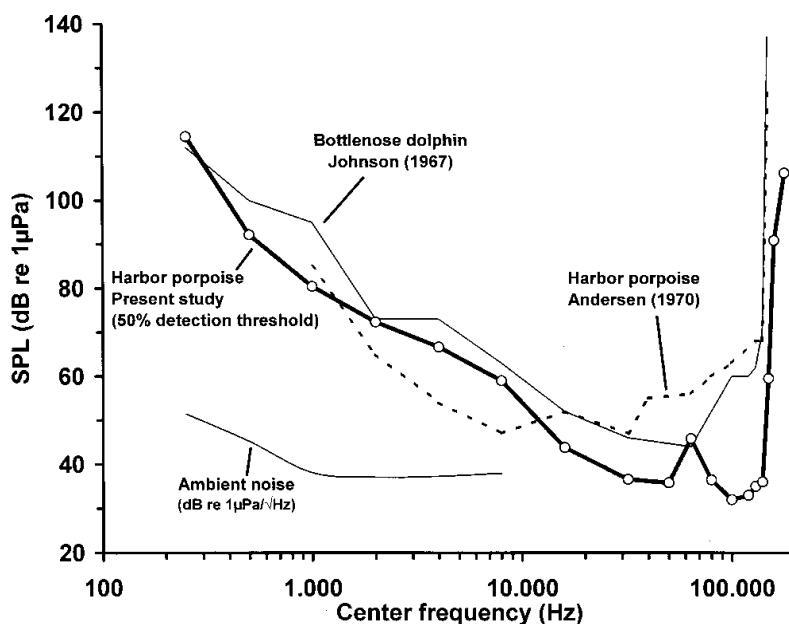
Datum
5 april 2011

Onze referentie
TNO-MEM-2011-00473

Blad
6

Er is minder of geen informatie over het onderwatergeluid dat geproduceerd wordt door bijvoorbeeld boren, het stromen van gas door een leiding onderwater of in de bodem, of van de thrusters van een pijpenlegger. Alleen door ter plekke (of aan soortgelijke installaties in soortgelijke omstandigheden) te meten kan deze informatie worden verkregen.

Omdat dit vooralsnog niet aan de orde is, baseert TNO zich in dergelijke gevallen op data uit de literatuur, geïnterpreteerd door de eigen deskundigen ('expert judgement'), met de aantekening dat voortschrijdende kennis in de toekomst mogelijk kan leiden tot andere inzichten¹.



Figuur 1. Audiogram van de bruinvis (Kastelein et al.: Audiogram of a harbor porpoise; *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 112, No. 1, July 2002).

Tenslotte geven we aan dat de tijdsdruk op dit project, met een doorlooptijd van 14 dagen, hoog was. Dit betekent dat slechts beperkt literatuuronderzoek heeft kunnen plaatsvinden.

¹ Ter illustratie van het voortschrijdend inzicht merken we op dat het bruinvis audiogram in een recente publicatie is bijgesteld (Kastelein et al.: *The effect of signal duration on the underwater detection thresholds of a harbor porpoise (Phocoena phocoena) for single frequency-modulated tonal signals between 0.25 and 160 kHz*; *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 128, No. 5, November 2010). Die bijstelling heeft geen effect voor het frequentiegebied waarin het gehoor gevoelig is, maar wel op de niveaus.

Datum
5 april 2011

Onze referentie
TNO-MEM-2011-00473

Blad
7

2.2 Methode

Om de verwachte hoeveelheden onderwatergeluid in verband te brengen met de invloed ervan op de dieren, wordt uitgegaan van het begrip TTS (temporary threshold shift) ofwel tijdelijke gehoorschade. Dit is een veelgemaakte keus. Andere mogelijkheden zouden bijvoorbeeld kunnen zijn permanente gehoorschade of gedragsbeïnvloeding.

De verwachte hoeveelheid onderwatergeluid is bepaald op basis van een beperkt literatuuronderzoek of gebaseerd op bij TNO aanwezige informatie. Vervolgens is vastgesteld of er sprake is van TTS bij de bewuste activiteit (boren, baggeren, etc.) en zo ja, tot op welke afstand van de activiteit. We noemen dit de 'veilige' afstand.

De maat die voor TTS gehanteerd wordt is het 'Sound Exposure Level' [7]. Dit is een maat voor de hoeveelheid geluid waaraan een dier wordt blootgesteld gedurende een periode van 24 uur. Het is dus een *cumulatieve* maat. De formule voor SEL is de volgende:

$$SEL = 10 \log_{10} \left(\int_{0h}^{24h} \frac{p_w^2(t)}{p_{ref}^2 t_{ref}} dt \right) \quad [\text{dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}].$$

Hierin is p_w de geluidsdruk, p_{ref} de referentiedruk van $1 \mu\text{Pa}$ en t_{ref} de referentietijd van 1 s. Voor de bruinvis en de zeehond geldt dat de geluidsdruk gewogen wordt. De weging is de M-weging zoals gegeven door Southall et al. [3]. Deze weging brengt het effect in rekening dat elk dier een specifiek gehoor heeft en dus niet voor alle frequenties even gevoelig is. Voor vis wordt echter een ongewogen Sound Exposure Level als maat gehanteerd.

Als het TTS niveau wordt bereikt wil dit niet zeggen dat een dier dan altijd tijdelijke gehoorschade zal ondervinden. Tijdelijke gehoorschade treedt immers pas op als het dier gedurende 24 uur wordt blootgesteld aan dat niveau. In de praktijk kan het dier dus gedurende een kortere periode worden blootgesteld aan een bepaald geluidniveau zonder dat het tijdelijke gehoorschade zal oplopen. Een dier kan bijvoorbeeld van noord naar zuid voorbijtrekken in een korte periode zonder dat tijdelijke gehoorschade optreedt, terwijl een dier dat gedurende 24 uur in de omgeving verblijft bij hetzelfde geluidniveau wel tijdelijke gehoorschade kan oplopen.

Anderzijds zou een dier ook in een kortere periode al tijdelijke gehoorschade kunnen oplopen: namelijk als het TTS niveau al na minder dan 24 uur bereikt wordt.

De drempelwaarden voor TTS uitgedrukt als M-gewogen Sound Exposure Level zijn ([3], [7]):

195 dB re $1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ voor de bruinvis.

183 dB re $1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ voor de zeehond.

Voor vis zijn de TTS drempelwaarden uitgedrukt als ongewogen Sound Exposure Level:

187 dB re $1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ voor vis.

183 dB re $1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ voor kleine vis (< 2 g).

Datum
5 april 2011

Onze referentie
TNO-MEM-2011-00473

Blad
8

Nu is het zo dat in de literatuur meestal niet gesproken wordt over het (gewogen) Sound Exposure Level, maar over het Sound Pressure Level. Het verschil tussen de beide maten is dat de eerste betrekking heeft op een periode van 24 uur, terwijl de tweede betrekking heeft op een periode van 1 seconde.

Om een zinvolle vergelijking te kunnen maken, rekenen we het Sound Pressure Level in zo'n geval om naar een Sound Exposure Level door te integreren over een periode van 24 uur. Deze omrekening komt neer op +49 dB re 1s, overeenkomend met tien maal het logaritme van het aantal seconden in een etmaal: $10\log(86400)$. Concreet betekent het dat 49 dB re 1s moet worden opgeteld bij de in de literatuur genoemde waarden voor onderwatergeluid bij de diverse activiteiten om deze te kunnen vergelijken met de drempelwaarde.

We merken op dat de in de literatuur gevonden waarden voor het onderwatergeluid dat vrijkomt bij de diverse activiteiten, *niet* voorzien zijn van de M-weging, terwijl de grenswaarden hier wel van uitgaan. In de praktijk zullen daardoor de werkelijke, gewogen 'Sound Exposure Levels' wat lager uitkomen dan de berekende, hetgeen de 'gevaarzone' verkleint.

Tenslotte hanteren we het begrip 'veilige' afstand. Dit is de afstand tot de activiteit waarvoor geldt dat een dier bij een verblijf van 24 uur geen tijdelijke gehoorschade zal oplopen omdat het cumulatieve geluid op die afstand niet meer het TTS niveau overschrijdt. We geven een voorbeeld van een berekening. Stel dat we uit de literatuur vinden dat het TTS-niveau met 4 dB wordt overschreden op een afstand van 100 m van de activiteit (boren, baggeren, etc.), dan rekenen we de veilige afstand uit via de formule: $10\log(R)=10\log(100)+4$. Hierbij is R de veilige afstand. Deze formule veronderstelt een zogenaamde cilindrische uitbreiding van het geluid. Deze uitbreiding zorgt ervoor dat het geluid steeds zwakker wordt naarmate de afstand groter wordt. In de praktijk is deze formule voor cilindrische uitbreiding een 'worst case', want vaak zal de verzwakking wat sterker zijn. Het is daarmee een veilige keuze. De werkelijke verzwakking hangt echter af van veel factoren: de waterdiepte, het bodemtype, de weersgesteldheid (golven, wind), etc. We vinden in dit voorbeeld een veilige afstand van ongeveer 250 m. Een dier (bijvoorbeeld bruinvis, zeehond, vis) dat zich dus gedurende 24 uur *binnen* deze afstand ophoudt krijgt te maken met tijdelijke gehoorschade, *daarbuiten* niet. Op een soortgelijke wijze kan het begrip 'veilige' verblijfsduur worden vastgesteld. Deze tijd geeft aan hoe lang een dier zich op 100 m afstand van de bron mag bevinden zonder het TTS niveau te bereiken. Stel dat we in de literatuur vinden dat het TTS-niveau met 4 dB wordt overschreden op een afstand van 100 m, dan berekenen we de veilige verblijftijd via: $10\log(T) = 10\log(86400) - 4$. Hierbij is 86400 het aantal seconden in een periode van 24 uur en T de veilige verblijftijd in seconden. In dit voorbeeld wordt deze 34396 s, ofwel ruim 9,5 uur. Het betekent dat een dier dat zich gedurende 24 uur op 100 m afstand ophoudt tijdelijke gehoorschade zal ondervinden, maar dat een dier dat zich maximaal 9,5 uur op 100 m afstand ophoudt geen tijdelijke gehoorschade zal ondervinden.

2.3 Resultaten

In deze sectie komen de vijf eerder geïdentificeerde activiteiten die onderwatergeluid produceren aan de orde.

Datum
5 april 2011

Onze referentie
TNO-MEM-2011-00473

Blad
9

Inzicht van TNO over het onderwatergeluid bij het aanpassen van het satellietplatform om dit geschikt te maken voor CO2 injectie

2.3.1. Geluid van het boren

Het geluid onderwater wordt bij het boren veroorzaakt bij het contact van de draaiende boor met het gesteente (beton). Het geluid (de trillingen) plant zich onder meer voort via de boor die in rechtstreeks contact staat met het water. Uit de literatuur [1] blijkt dat boren vooral laagfrequent tonaal geluid veroorzaakt in de 31 Hz en 62 Hz 1/3 octaafbanden, grootteorde: 115 en 117 dB re $1\mu\text{Pa}^2$ op achtereenvolgens 405 m en 125 m afstand. De boordiepte is hier in de orde van 3 km.

In [6] worden de volgende waarden aangegeven voor boorplatforms: 'received broadband levels' tot ongeveer 150 dB re $1\mu\text{Pa}^2$ op een afstand van 100 m. Dit betreft behalve het boorgeluid ook alle machinegeluiden die op het boorplatform geproduceerd worden. Merk op dat de omstandigheden van deze literatuurresultaten niet volledig overeenkomen met de verwachte omstandigheden bij de werkzaamheden ten behoeve van ROAD. De navolgende interpretatie moet dan ook gelezen worden met dit voorbehoud. Alleen daadwerkelijke metingen tijdens de werkzaamheden kunnen de huidige kennisleemte vullen.

Het omrekenen van de literatuurgegevens van Sound Pressure Level naar Sound Exposure Level betekent dat er 49 dB moet worden bijgeteld. Hiermee komen de literatuurwaarden achtereenvolgens uit op $(115+49=)$ 164, $(117+49=)$ 166 en $(150+49=)$ 199 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$. De laatste waarde is dus 4 dB boven de drempel. Dit betekent dat een bruinvis die zich gedurende 24 uur ophoudt op een afstand van 100 m van de werkzaamheden te maken krijgt met TTS.

De 'veilige' afstand R berekenen we met de correctie: $10\log(R)=10\log(100)+4$. We vinden een waarde van ongeveer 250 m. Een bruinvis die zich dus gedurende 24 uur binnen deze afstand ophoudt krijgt te maken met tijdelijke gehoorschade, daarbuiten niet.

De veilige verblijftijd berekenen we met $10\log(T) = 10\log(86400) - 4$. Hiermee vinden we $T = 34396$ s, ofwel ruim 9,5 uur. Een bruinvis kan zich dus maximaal 9,5 uur op 100 m afstand van de boring bevinden zonder tijdelijke gehoorschade te ondervinden.

Er is aangetekend dat de in de literatuur genoemde getallen *niet* voorzien zijn van de M-weging. Deze weging zorgt er onder meer voor dat frequenties onder de 1000 Hz relatief weinig zullen bijdragen, waardoor de gewogen 'Sound Exposure Levels' vermoedelijk wat lager zullen uitkomen, hetgeen de 'gevaarzone' verkleint en de verblijftijd vergroot.

Voor vis wordt een drempelwaarde voor TTS gehanteerd van 187 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$. Deze waarde is bedoeld voor heigeluid. Het is niet duidelijk of deze waarde ook mag worden toegepast bij continu geluid. Vaak gelden voor continu geluid minder strenge eisen (ofwel een wat hogere drempelwaarde), hetgeen betekent dat onze analyses voor vis aan de pessimistische kant zijn. Voorbeeld: elke 3 dB verhoging van de drempel betekent dat de 'veilige afstand' tot de bron halveert!

Datum
5 april 2011

Onze referentie
TNO-MEM-2011-00473

Blad
10

Hastings et al. [8] geven bijvoorbeeld aan dat zij in experimenten ook bij 190 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$ nog geen TTS hebben kunnen constateren. Zij melden echter geen alternatieve drempel. Ons zijn hierover verder geen literatuurgegevens bekend. Dit voorbehoud moet gemaakt worden bij alle bronnen van geluid die hierna worden besproken in relatie tot het effect ervan op vis.

Een periode van 24 uur betekent weer dat 49 dB re 1s moet worden opgeteld bij de gevonden literatuurwaarden. Deze komen dan weer neer op achtereenvolgens 164, 166 en 199 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$. Merk op dat dit laatste getal de drempel van 187 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$ overschrijdt met 12 dB. Het betekent dat een vis die zich gedurende 24 uur op 100 m afstand van een booractiviteit ophoudt wordt blootgesteld aan een niveau dat de drempelwaarde voor TTS overschrijdt. De 'veilige' afstand kan als volgt berekend worden, uitgaand van cilindrische spreiding: $10\log(R)=10\log(100)+12$, ofwel $R = 1585$ m. De 'veilige' verblijftijd wordt berekend via $10\log(T) = 10\log(86400) - 12$, ofwel $T = 5451$ s, ofwel ruim 1,5 uur.

Voor kleine vis (< 2 gram) wordt een lagere drempelwaarde gehanteerd, namelijk 183 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$ (SEL, ongewogen, periode van 24 uur). Dit betekent dat de drempel voor kleine vis met 16 dB wordt overschreden. Dit komt overeen met een veilige afstand van 3981 m, dus bijna 4 km. De veilige verblijftijd is 2170 s, ofwel 36 minuten.

Voor de zeehond geldt voor TTS een M-gewogen SEL van 183 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$. De in dit document gegeven analyse voor kleine vis geldt daarom ook voor de zeehond: veilige afstand bijna 4 km, veilige verblijftijd 36 minuten. In de praktijk zal de afstand wat kleiner zijn en de verblijftijd wat groter omdat de literatuurwaarden niet M-gewogen zijn.

Samenvattend. Uitgaande van de literatuurgegevens blijkt dus dat bij het boren de drempelwaarde voor TTS voor de bruinvis niet wordt overschreden op afstanden van 250 m en verder, terwijl dit voor vis het geval is voor afstanden van 1585 m en verder, of 4 km en verder voor kleine vis, en ook 4 km en verder voor de zeehond, gezien vanaf de booractiviteiten. Omdat de literatuurgegevens zoals gemeld geen betrekking hebben op identieke omstandigheden, moeten deze afstanden niet gezien worden als absoluut, maar als een orde van grootte. Merk verder op dat de dieren zich kunnen verplaatsen naar een voor hen veilige afstand binnen de periode van 24 uur. Veilige verblijftijden op een afstand van 100 m zijn voor de bruinvis 9,5 uur, de zeehond 36 minuten, net als kleine vis, en grote vis 1,5 uur.

Zie Tabel 1 voor een samenvatting voor de 'veilige' afstand bij kortere verblijftijden. Hieruit blijkt dat een dier best dichterbij de bron kan komen. Bijvoorbeeld: een dier kan 8x dichterbij komen, maar ontvangt zijn 'dagdosis' dan ook 8x zo snel (uitgaande van een cilindrische uitbreiding van het geluid). Dus niet in 24 uur, maar in 3 uur. Men kan zich echter goed voorstellen dat een bruinvis in minder dan 3 uur voorbij zwemt en dus op redelijk korte afstand kan passeren zonder TTS.

Datum
5 april 2011

Onze referentie
TNO-MEM-2011-00473

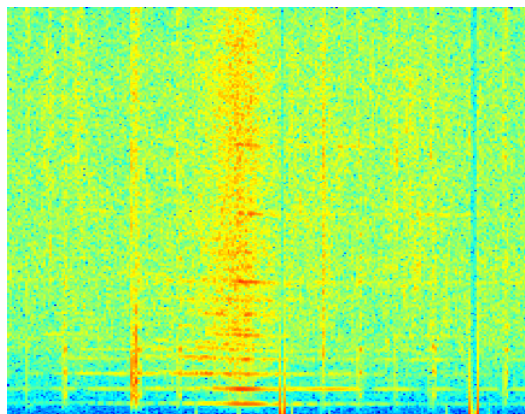
Blad
11

2.3.2. Helikoptergeluid

Het gedeelte helikoptergeluid dat vanuit de lucht doordringt tot in het water is zeer gering. Bij loodrechte inval op het water reflecteert meer dan 99,9% van het geluid aan het wateroppervlak – en blijft dus in de lucht – en minder dan 0,06% van het geluid dringt door tot in het water. Bij een hoek van 13 graden en groter dringt het geluid helemaal niet meer door in het water en reflecteert het volledig.

Dit betekent echter niet dat het helikoptergeluid onderwater onhoorbaar is. In [2] is bijvoorbeeld het spectrum te vinden van het geluid van een heli zoals dat met een hydrofoon onderwater opgenomen is. Het karakter is tonaal, met de nadruk op frequentiecomponenten onder de 50 Hz.

De lokale toename van het laagfrequente onderwatergeluid ten gevolge van helikoptervluchten zal niet leiden tot een directe beschadiging van het mariene leven. Vanwege het incidentele karakter en de beweging van helikoptervluchten zullen deze naar verwachting ook niet leiden tot een langdurige blootstelling van dieren aan geluid. De totale blootstelling zal dan ook gering zijn en niet de drempelwaarden voor TTS bereiken.



Figuur 2 Spectrogram van helikoptergeluid onderwater, opgenomen met een hydrofoon. (totale tijd op de horizontale as is 1 minuut; de verticale frequentieschaal: 0 Hz - 500 Hz) [2]

2.3.3. Scheepsgeluid

Het betreft een bezoek van een bevoorradingschip eenmaal per dag, komend vanuit Den Helder, Scheveningen, Rotterdam, etc. Als deze scheepsbeweging wordt afgezet op de totale hoeveelheid scheepvaart in dit gebied, is duidelijk dat de extra bijdrage ervan aan de totale blootstelling van dieren aan onderwatergeluid niet te kwantificeren is (te verwaarlozen).

Inzicht van TNO over het onderwatergeluid bij het boren ten behoeve van de CO₂ leiding in het havengebiedtraject

2.3.4. Geluid door boren in de ondergrond

De CO₂ leiding wordt langs dit traject geboord op 7 m diepte onder de waterbodem. De boorwerkzaamheden zullen voornamelijk lagere frequenties produceren, zie 1.1. De boring vindt plaats onder de monding van de Maas en de vaarroute, waar druk scheepvaartverkeer is.

Datum
5 april 2011

Onze referentie
TNO-MEM-2011-00473

Blad
12

De boorinstallatie bevindt zich in zijn geheel ondergronds. Er is geen direct contact van de boor met het water, zoals dat wel het geval is bij een verticale boring. Daardoor is er dus geen directe overdracht van de trillingen van de boor naar het water. Tenslotte wordt hier geboord door het bodemmateriaal en niet door het harde beton.

De verwachting is dat het boorgeluid lokaal wellicht waarneembaar zal zijn, maar ten opzichte van het scheepvaartgeluid een ondergeschikte rol zal spelen.

Inzicht van TNO over het onderwatergeluid bij het ingraven van de CO2 leiding in de waterbodem in het zeetraject; het ingraven van de elektriciteitsleiding

2.3.5. Geluid bij het leggen van de CO2 transportpijpleiding

Bij de aanleg van de buisleiding wordt een zogenaamde pijpenlegger gebruikt. Het dynamische positioneringssysteem van een dergelijk schip maakt gebruik van sterke thrusters. Zo horen de thrusters van de Solitaire met hun vermogen van rond de 5000 kW tot de grote. De verwachting is dat zij veel onderwatergeluid produceren, waarbij cavitatie ('bellen') rond de thrusters een belangrijke bron is. TNO beschikt niet over het bronniveau van dit type thrusters en alleen metingen kunnen deze kennisleemte vullen. TNO kan echter bij deze analyse een 'best guess' maken voor het bronniveau, gebaseerd op beschikbare kennis omtrent baggerschepen.



Figuur 3 Enkele thrusters van de pijpenlegger 'Solitaire' (let op de man onder de kraan om een idee te krijgen van de grootte).

Een baggerschip produceert het meeste onderwatergeluid bij frequenties onder de 4 kHz, met een maximum in de band van 125 Hz tot 1 kHz. Hierbij moet men denken aan een bronniveau van rond de 185 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{m}^2$.

Om het bronniveau – dat gerefereerd is aan een afstand van 1 m tot de bron – te kunnen vergelijken met eerdere gegevens (bij het boren) rekenen we het om naar een afstand van 100 m volgens de formule:

Datum
5 april 2011

Onze referentie
TNO-MEM-2011-00473

Blad
13

$185 - 10\log(R) - 10\log(h)$, waarbij R de afstand is (100 m), en h de waterdiepte waarvan we veronderstellen dat deze 25 m is. We vinden dan een Sound Pressure Level (SPL) van 151 dB re $1\mu\text{Pa}^2$.

We passen nu een correctie toe voor het feit dat het hier niet om een baggerschip gaat, maar om een pijpenlegger. We veronderstellen dat het niveau van de pijpenlegger dubbel zo groot is (meer en/of sterkere thrusters). Hiermee komen we +3 dB hoger uit op 154 dB re $1\mu\text{Pa}^2$. Ook hier passen we weer een correctiefactor van +49 dB re 1s voor 24 uur toe om het Sound Exposure Level te kunnen vergelijken met de drempelwaarden voor TTS uit de literatuur. Het Sound Exposure Level wordt hiermee 203 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$.

Als drempelwaarde voor de bruinvis hanteren we weer het M-gewogen 'sound exposure level' van 195 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$. Deze waarde wordt dus met 8 dB overschreden. De 'veilige afstand' tot de pijpenlegger kan berekend worden via $10\log(R)=10\log(100)+8$, ofwel $R = 631$ m. Een bruinvis die zich gedurende 24 uur ophoudt binnen deze afstand krijgt te maken met TTS.

De veilige verblijfstijd voor een afstand van 100 m is bijna 4 uur.

Merk op dat de M-weging (niet uitgevoerd) deze afstand in de praktijk wat zal verkleinen en de verblijfstijd wat zal verlengen.

Voor grote vis geldt weer een drempelwaarde van 187 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$, met de aantekening dat deze waarde betrekking heeft op heigeluid. Bij continu geluid mag vermoedelijk een hogere drempel worden gehanteerd, maar hierover is ons geen literatuur bekend. De overschrijding is dus 16 dB. De veilige afstand is $10\log(R)=10\log(100)+16$, ofwel 3981 m, dus bijna 4 km. Veilige verblijfstijd: 36 minuten.

Voor kleine vis (< 2 gram) geldt een drempelwaarde van 183 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$.

De overschrijding is dus 20 dB. De veilige afstand is $10\log(R)=10\log(100)+20$, ofwel 10 km. Veilige verblijfstijd 14 minuten.

De afstand van 10 km (bij 24 uur verblijf) en de verblijfstijd van 14 minuten (op 100 m afstand) gelden ook voor de zeehond.

Zie de 'veilige' afstand bij kortere verblijftijden in tabel 1.

2.3.6. Geluid bij het baggeren van zandduintjes

Ten opzichte van de pijpenlegger die hiervoor besproken is, gaan we voor een baggerschip uit van een SPL van 151 dB re $1\mu\text{Pa}^2$ op een afstand van 100 m. De correctie van 49 dB re 1s voor een periode van 24 leidt tot 200 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$. De TTS drempelwaarde voor de bruinvis is 195 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$, wat een overschrijding van 5 dB betekent. De veilige afstand is 316 m en vermoedelijk wat minder als de M-weging wordt toegepast. Veilige verblijfstijd: 7,5 uur.

De TTS drempelwaarde voor vis is 187 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$, wat een overschrijding van 13 dB betekent. De veilige afstand is 1995 m, dus ongeveer 2 km. Veilige verblijfstijd: 72 minuten.

Voor kleine vis is de drempel 183 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$, wat een overschrijding van 17 dB betekent. De veilige afstand is hiermee iets meer dan 5 km. Veilige verblijfstijd: 28 minuten.

Datum
5 april 2011

Onze referentie
TNO-MEM-2011-00473

Blad
14

Ook voor de zeehond geldt een veilige afstand van iets meer dan 5 km en een veilige verblijfstijd van 28 minuten.

Zie de 'veilige' afstand bij kortere verblijftijden in tabel 1.

Inzicht van TNO over onderwatergeluid ten gevolge van het stromen van het CO₂ in de leiding

Het bijgevoegde memo 2 van Leonard van Lier, TNO Delft, "CO₂ injectie P-18A: onderwater geluid afstraling" bevat informatie over dit onderwerp.

Samengevat zijn de resultaten als volgt:

- Het maximale stromingsgeluid bij de productie van aardgas (in de beginperiode van de winning) is hoger dan het maximale stromingsgeluid bij de injectie van CO₂.
- Het maximale stromingsgeluid bij de injectie van CO₂ is vergelijkbaar met het stromingsgeluid van de aardgasproductie van enkele jaren geleden.
- In de meeste doorgerkende scenario's is het stromingsgeluid van de CO₂ injectie veel lager dan het stromingsgeluid bij de aardgasproductie in de afgelopen jaren.

Als orde van grootte van het maximale stromingsgeluid bij de CO₂ productie moet men denken aan een bronniveau van 90 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{m}^2$. Dit niveau heeft betrekking op een afstand van 1 m tot de bron. Omgerekend naar een afstand van 100 m komt dit neer op Sound Pressure Level van 56 dB re 1 μPa^2 (berekend via $90 - 10\log(R) - 10\log(h)$, met $R = 100$ m en $h = 25$ m). Dit is een (zeer) lage waarde die niet leidt tot TTS bij de bruinvis, de zeehond of vis.

3. Samenvatting

Tijdens de constructiewerkzaamheden van de CO₂ injectie-installaties overschrijden diverse werkzaamheden de door Southall et al. [3] gepubliceerde (en door Ainslie [7]samengevatte) waarden voor TTS (temporary threshold shift, tijdelijke gehoorschade). Het gaat hierbij om boren, pijpenleggen en baggeren.

De resultaten zijn te vinden in Tabel 1. De getallen hebben betrekking op een periode van 24 uur, maar een 'veilige' afstand is ook uitgerekend voor een kortere verblijfstijd van 6 resp. 3 uur. In dat geval kan het dier dichterbij de bron komen omdat het zijn 'dagdosis' dan in een kortere tijd ontvangt. Daarnaast is ook de 'veilige verblijfstijd' opgenomen die geldt voor een dier dat zich op 100 m afstand van de werkzaamheden bevindt.

De veilige afstand voor de bruinvis en de zeehond zal in de praktijk overigens wat dichterbij de bron liggen omdat de drempel is gebaseerd op een M-gewogen Sound Exposure Level; deze weging is echter niet toegepast bij de geluidniveaus zoals die uit de literatuur zijn verkregen. De veilige verblijfstijd is om diezelfde reden wat hoger.

Datum
5 april 2011

Onze referentie
TNO-MEM-2011-00473

Blad
15

Voor vis geldt dat de drempel gebaseerd is op een ongewogen Sound Exposure Level. Voor vis geldt ook dat ons geen drempelwaarde bekend is die specifiek betrekking heeft op continu geluid zoals dat optreedt bij boren, pijpenleggen en baggeren. De gepubliceerde drempel is gerelateerd aan heigeluid (pulsen). Vaak geldt voor continu geluid een hogere drempel dan voor pulserend geluid (zoals heigeluid), hetgeen leidt tot een kleinere 'gevaarzone' (elke 3 dB hogere waarde betekent een halvering van de 'veilige afstand') en een langere veilige verblijftijd, maar voor vis zijn ons hierover geen literatuurgegevens bekend.

Het TTS niveau wordt overschreden bij boren, pijpenleggen en baggeren. Overige activiteiten tijdens de aanlegfase produceren weliswaar onderwatergeluid, maar niet van dien aard dat dit aanleiding geeft tot een nadere kwantitatieve analyse.

Het stromingsgeluid in de riser pipes als gevolg van de CO₂ injectie of de aardgasproductie tijdens het in bedrijf zijn van de installaties leidt niet tot het TTS niveau. In zijn algemeenheid geldt bovendien dat het stromingsgeluid van de CO₂ injectie zich op een lager niveau bevindt dan dat van de aardgasproductie.

Tabel 1 Bron van onderwatergeluid en relatie met TTS voor bruinvis en vis

Bron van onderwater geluid	Diersoort	Drempel (dB re 1µPa ² s) cumulatief 24 uur	Sound Exposure Level (dB re 1µPa ² s) op 100 m afstand cumulatief 24 uur	Veilige afstand (m) (afgerond) bij verblijf 24 uur	Idem bij 6 uur verblijf	Idem bij 3 uur verblijf	Veilige verblijftijd op 100 m afstand
boren	bruinvis	195	199	250	63	32	9,5 uur
	grote vis	187	199	1 585	400	200	1,5 uur
	kleine vis	183	199	4 000	1 000	500	36 min.
	zeehond	183	199	4000	1.000	500	36 min.
pijpen leggen	bruinvis	195	203	630	160	80	4 uur
	grote vis	187	203	4 000	1.000	500	36 min.
	kleine vis	183	203	10 000	2 500	1 250	14 min.
	zeehond	183	203	10.000	2.500	1.250	14 min.
baggeren	bruinvis	195	200	315	80	40	7,5 uur
	grote vis	187	200	2 000	500	250	72 min.
	kleine vis	183	200	5 000	1 250	625	28 min.
	zeehond	183	200	5.000	1,250	625	28 min.

Datum

5 april 2011

Onze referentie

TNO-MEM-2011-00473

Blad

16

4. Literatuur

- [1] R. McCauley, 1998, Radiated underwater noise measured from the drilling rig Ocean General, rig tenders Pacific Ariki and Pacific Frontier, fishing vessel Reef Venture and natural sources in the Timor Sea, Northern Australia
Prepared for: Shell Australia; Shell House Melbourne;
PROJECT CMST; PORT C98-20; NTRE FOR MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY; RTIN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
WESTERN AUSTRALIA 6102
- [2] Ferguson, B.G.; Lo, K.W.; Rodgers, J.D.; 2010; Sensing the underwater acoustic environment with a single hydrophone onboard an undersea glider; OCEANS 2010 IEEE - Sydney; Issue Date: 24-27 May 2010 ; On page(s): 1 - 5 Location: Sydney, NSW ; Print ISBN: 978-1-4244-5221-7
- [3] Southall, B.L., Bowles, A.E., Ellison, W.T., Finneran, J.J., Gentry, R.L., Greene Jr., C.R., Darlene, D.K., Ketten, R., Miller, J.H., Nachtigall, P.E., Richardson, W.J., Thomas, J.A., and Tyack, P.L. (2007), Marine mammal noise exposure criteria: initial scientific recommendations, Aquatic Mammals 33(4), pp. 411-522
- [4] Jean-Pierre Henriët, Wim Versteeg, Peter Staelens, Jeroen Vercruyse & David Van Rooij; 2005; Monitoring van het onderwatergeluid op de Thorntonbank Referentietoestand van het jaar nul; Eindrapport JPH/2005/sec15;
Studie uitgevoerd in opdracht van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Beheerseenheid Mathematisch Model Noordzee
- [5] Nathalie J. Patenaude¹, W. John Richardson¹, Mari A. Smultea¹, William R. Koski, Gary W. Miller, Bernd Würsig, Charles R., Greene JR., 2002, AIRCRAFT SOUND AND DISTURBANCE TO BOWHEAD AND BELUGA WHALES DURING SPRING MIGRATION IN THE ALASKAN BEAUFORT SEA, Marine Mammal Science, v18, p309-335.
- [6] W. John Richardson, Charles R. Greene, Jr., Charles I. Malme - 1998 - Marine Mammals and Noise - Nature - 576 pages
- [7] Michael A. Ainslie, 2010, Principles of Sonar Performance Modeling, Springer.
- [8] Hastings MC, Reid CA, Grebe CC, Hearn RL, Colman JG, 2008, The effects of seismic airgun noise on the hearing sensitivity of tropical reef fishes at Scott Reef, Western Australia, Proceedings of the Institute of Acoustics, Vol. 30. Pt.5

RAPPORT

Akoestisch onderzoek MER Porthos CCS

Deelrapport Compressorstation

Klant: Porthos Development C.V.

Referentie: BF8260IBRP1911111210

Status: Definitief/P02.01

Datum: 19 juni 2020

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX AMERSFOORT
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Akoestisch onderzoek MER Porthos CCS

Ondertitel: Akoestisch onderzoek Porthos compressorstation t.b.v. het MER
Referentie: BF8260IBRP1911111210
Status: P02.01/Definitief
Datum: 19 juni 2020
Projectnaam: MER CCS Porthos
Projectnummer: BF8260

Classificatie

Projectgerelateerd



Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Inhoud

1	Inleiding	3
2	Uitgangspunten	4
2.1	Algemeen	4
2.2	De inrichting	4
2.3	Varianten	5
3	Aanlegfase	6
4	Operationele fase	7
4.1	Akoestisch rekenmodel	7
4.2	Geluidbronnen	7
4.3	Representatieve bedrijfssituatie	8
5	Resultaten en toetsing	9
5.1	Uitgangspunten voor toetsing	9
5.2	Rekenresultaten en toetsing	10
5.3	Vergelijking varianten	13
6	Onderwatergeluid	14
7	Gezondheidseffecten en laagfrequent geluid (LFG)	15
8	Conclusies	17

Bijlagen

1. Uitwerking bronsterkteberekeningen
2. Invoergegevens rekenmodel
3. Rekenresultaten operationele fase

1 Inleiding

Het Porthos project (Port of Rotterdam CO₂ transport hub and offshore storage) betreft het transport van CO₂ dat geproduceerd wordt door de industrie in de Rotterdamse haven en de opslag daarvan in lege gasvelden onder de Noordzee. Voor het project zijn de volgende hoofdonderdelen te onderscheiden:

- CO₂ afvanginstallaties bij de verschillende industrieën;
- CO₂ transportleiding door de Rotterdamse haven;
- Compressorstation voor het op hoge druk brengen van CO₂;
- Transportleiding in zee naar een platform op de Noordzee;
- Opslag van CO₂ in ondergrondse voormalige gasvelden P18.

Voor een gedetailleerde beschrijving van het project wordt verwezen naar het MER waar dit onderzoek deel van uitmaakt.

Voorliggend rapport betreft het akoestisch onderzoek naar het compressorstation ten behoeve van de m.e.r.-studie. De geluidaspecten die samenhangen met de afvanginstallaties, aanleg van de transportleiding in de haven en de transportleiding in de Noordzee worden in andere deelrapporten behandeld.

Ook het akoestisch onderzoek ten behoeve van de aanvraag voor de omgevingsvergunning van het compressorstation wordt, voor de gekozen variant, in een aparte rapportage behandeld.

Deze rapportage behandelt de geluiduitstraling van de verschillende varianten voor het compressorstation (locatievarianten) ten behoeve van de m.e.r.-studie en gaat in op de verwachte operationele fase, de aanlegfase, onderwatergeluid en gezondheidsaspecten. De aspecten die samenhangen met de natuur worden in een aparte rapportage als onderdeel van het MER behandeld.

De geluidaspecten die samenhangen met de operationele fase worden kwantitatief behandeld. De overige aspecten worden, gezien de beperkte of geheel ontbrekende invloed op de geluiduitstraling alleen kwalitatief behandeld.

2 Uitgangspunten

2.1 Algemeen

Dit deelrapport betreft het onderzoek naar de geluiduitstraling van het compressorstation ten behoeve van de m.e.r.-studie. Dit betekent dat niet alle aspecten van de uitvoering van het compressorstation tot in detail bekend zijn, maar in ieder geval voldoende om een afweging te maken ten aanzien van de te verwachten milieueffecten voor geluid in de aanleg- en operationele fase. Nadat op basis van de voorgenomen activiteit een keuze is gemaakt voor de voorkeursvariant, is voor deze variant een omgevingsaanvraag opgesteld, waaraan een gedetailleerd akoestisch deelrapport is toegevoegd.

Het akoestisch onderzoek is uitgevoerd volgens de Handleiding meten en rekenen industrielawaai uitgegeven in 1999 door het toenmalig Ministerie van VROM en de modelregels zoals gehanteerd door de DCMR Milieudienst Rijnmond.

2.2 De inrichting

De inrichting concentreert zich rond de compressoren die de aangevoerde CO₂ op druk brengen voor transport naar het platform in de Noordzee van waaruit de CO₂ in de voormalige gasvelden wordt gebracht. Binnen de inrichting worden 4 compressoren opgesteld, inclusief alle randapparatuur, in één gebouw, waarbij 3 compressoren continu in bedrijf zijn en de vierde als back-up aanwezig is. De gebouwen worden voorzien van geluidgedempte roosters en overheaddeuren. Gezien het verwachte geluidsniveau binnen de gebouwen is de uitstraling via geveldelen en daken meegenomen in de prognose.

Voor de stroomvoorziening is voorzien in een tweetal trafo's inclusief schakelaars, die zijn opgesteld binnen een betonnen afscherming. Deze afscherming is gekoppeld aan het hoogspanningsgebouw. Van dit gebouw zijn met name de ventilatoren op het dak, de roosters voor de HVAC installatie en ventilatieroosters in de gevel akoestisch relevant.

Voor de koeling van de compressoren wordt gebruik gemaakt van een doorstroomkoeling met in- en uitlaat van koelwater uit de haven. De koelwaterpompen inclusief randapparatuur staan opgesteld onder een overkapping. Rekening is gehouden met het in bedrijf zijn van 5 (CCW) koelwaterpompen.

Daarnaast is voorzien in een koelwaterinlaatgebouw waarin 3 pompen zijn opgesteld van circa 450 kW tezamen met de randapparatuur. De uitstraling van de gevels en het dak is naar verwachting niet bepalend voor de geluiduitstraling. Gevelroosters, toegangsdeuren en dakventilatoren zijn wel in de berekening meegenomen.

Op het terrein is ook een kantoorgebouw aanwezig waarvan de airconditioning en dakventilatoren in de prognose zijn betrokken.

Tot slot zijn er op het terrein een groot aantal leidingen aanwezig waarbij rekening moet worden gehouden met stromingsgeluid. Een prognose van dit geluid is in het onderzoek betrokken.

Voor het overige vinden er een beperkt aantal verkeersbewegingen plaats per dag van hooguit enkele personenauto's en vrachtauto's, welke niet relevant zijn voor de totale geluiduitstraling van de inrichting.

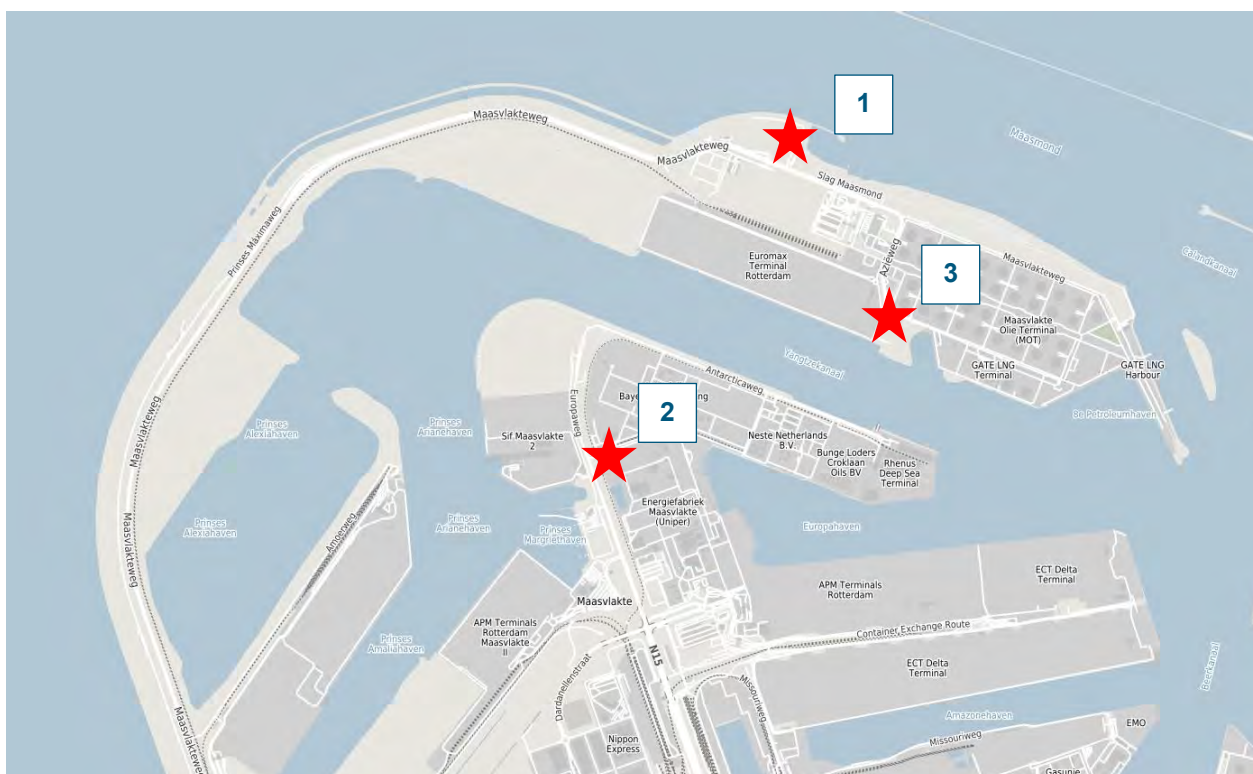
Zoals aangegeven is er voor de variant waarvoor vergunning wordt aangevraagd een meer gedetailleerde prognose opgesteld waarvan separaat verslag wordt gedaan.

2.3 Varianten

In het MER wordt rekening gehouden met drie locatievarianten voor de aanleg van het compressorstation. Deze varianten, alle gelegen op het industrieterrein Maasvlakte te Rotterdam, betreffen:

1. Variant Edisonbaai
2. Variant Europaweg (nabij de Uniper energiecentrale)
3. Variant Aziëweg (nabij de Gate terminal)

De locatie van de varianten is weergegeven in onderstaande Figuur 1.



Figuur 1. Overzicht locatievarianten compressorstation

De varianten verschillen van elkaar voor wat betreft de lay-out van het terrein en het oppervlak van het beschikbare terrein, maar ook voor wat betreft voorzieningen, omdat op sommige locaties voorzieningen kunnen worden betrokken van de naastgelegen inrichting.

3 Aanlegfase

In de aanlegfase wordt de grond bouwrijp gemaakt, vervolgens wordt geheid en worden de funderingen aangelegd. Daarna worden de gebouwen opgericht en installaties geplaatst. Tot slot wordt het terrein afgewerkt. De genoemde activiteiten worden na elkaar uitgevoerd, waarbij het mogelijk is dat er een zekere overlap plaatsvindt.

De bouwwerkzaamheden vinden in de dagperiode plaats. In beperkte gevallen kan het voorkomen dat vroeger dan 7 uur 's morgens werkzaamheden plaatsvinden en deze na 7 uur 's avonds doorgaan. Dit betreffen beperkte werkzaamheden die maar een gedeelte van de nacht- en avondperiode in beslag nemen en niet bepalend zijn voor de totale geluiduitstraling van de aanlegfase. In de avond- en nachtperiode vinden in ieder geval geen heiwerkzaamheden plaats, zodat verwacht wordt dat de geluidimmissie niet meer bedraagt dan 40 dB(A) in de avond- en nachtperiode.

De voor geluid meest intensieve bouwperiode is de fase waarin de heistellingen in bedrijf zijn. Gedurende deze periode vinden ook verkeersbewegingen met vrachtverkeer plaats en zijn generatoren op het terrein in werking. Ook kan bronbemaling plaatsvinden en zijn luchtcompressoren in bedrijf.

Uitgangspunt is dat gedurende deze periode, welke ten hoogste enkele weken in beslag neemt, ten hoogste 2 heistellingen volcontinu in bedrijf zijn gedurende een belangrijk deel (8 uur) van de dagperiode.

Waar mogelijk zal gebruik worden gemaakt van conventioneel heien, maar waar uit oogpunt van de bescherming van omliggende installaties dit vereist, worden de funderingspalen geschroefd.

Gezien het bronvermogen van het heien, circa 138 dB(A) voor twee stellingen, is het geluid van vrachtwagens, generatoren en ander materieel ondergeschikt.

Ook de andere fasen van de bouw zijn akoestisch minder relevant dan de fase waarin de funderingen worden aangebracht.

In de navolgende hoofdstukken wordt de bijdrage van de inrichting gedurende de operationele fase in beeld gebracht. Wanneer rekening wordt gehouden met de overdracht verzwakking van de gemodelleerde geluidbronnen voor de operationele fase, mag voor de bouwwerkzaamheden aangenomen worden dat voor de meest ongunstig gelegen variant (Aziëweg), het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau tijdens de bouwperiode ter plaatse van de woningen in Hoek van Holland niet meer bedraagt dan circa 45 dB(A). Ruimschoots onder de in de Circulaire Bouwlawaai geadviseerde grenswaarde van 60 dB(A). Ook na toepassing van een toeslag van 5 dB voor het impulsachtige karakter van het geluid.

Een nadere uitwerking van de akoestische gevolgen van de bouwfase wordt daarom niet noodzakelijk geacht en het uitgangspunt is dat gedurende de bouwfase kan worden voldaan aan het gestelde in de Circulaire bouwlawaai van 27 oktober 2010 waarvan hieronder de normstelling voor het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau is gegeven.

Dagwaarde	Tot 60 dB(A)	Boven de 60 dB(A)	Boven de 65 dB(A)	Boven de 70 dB(A)	Boven de 75 dB(A)	Boven de 80 dB(A)
Maximale blootstellingduur in dagen	Geen beperkingen in dagen	Ten hoogste 50 dagen	Ten hoogste 30 dagen	Ten hoogste 15 dagen	Ten hoogste 5 dagen	0 dagen

4 Operationele fase

4.1 Akoestisch rekenmodel

Voor de berekening van de verwachte geluidbelasting in de operationele fase is door de DCMR een geluidmodel aangeleverd voor de locatie Edisonbaai. Hoewel dit een model is voor de aanvraag van een omgevingsvergunning is dit model ook geschikt voor het berekenen van de geluidbelasting ten gevolge van de verschillende locatievarianten. Voor de locatie Edisonbaai is een kavel aangemaakt en is rekening gehouden met een vooraf bepaalde geluidruimte en immissiebudget, waar in het volgende hoofdstuk bij de toetsing nader op ingegaan wordt.

In het aangeleverde rekenmodel zijn alle voor de geluidoverdracht relevante objecten, zoals gebouwen, tanks, installaties en grondlichamen opgenomen. Ook zijn bodemgebieden, procesinstallatiegebieden en bebouwingsgebieden gemodelleerd.

Voor de prognose van de verwachte geluidbelasting ten gevolge van het compressorstation zijn voor elk van de drie locatievarianten de bepalende geluidbronnen in het model opgenomen, tezamen met de voor de overdracht relevante objecten op het terrein van de inrichting.

In het aangeleverd rekenmodel zijn ook de zogenaamde zone-immissiepunten (ZIP) opgenomen waarop de totale geluidbelasting ten gevolge van het industrieterrein Maasvlakte wordt bewaakt. De bijdrage van het compressorstation wordt berekend op deze punten, die veelal zijn gelegen ter plaatse van de eerstelijns woonbebouwing in de omgeving van het industrieterrein.

De invoergegevens van het rekenmodel zijn opgenomen in bijlage 2 van deze rapportage.

4.2 Geluidbronnen

Voor de modellering van de geluidbronnen is van de volgende uitgangspunten uitgegaan, waarbij bronsterktes zijn ontleend aan metingen en onderzoek naar bestaande compressorstations welke vergelijkbaar zijn met de voorgenomen activiteit.

- Gebouwen kunnen qua afmetingen en hoogte verschillen van de situatie zoals deze uiteindelijk gerealiseerd wordt, maar niet in die mate dat daardoor de geluidbelasting ingrijpend verandert.
- Voor het gebouw waarin de compressoren staan opgesteld wordt aangenomen dat de bronsterkte van een compressor 114 dB(A) bedraagt en dat het geluidniveau binnen de ruimte circa 96 dB(A) bedraagt. De geluiduitstraling van de randapparatuur is niet relevant voor de totale geluiduitstraling. Aan de hand van het geluidniveau binnen de twee gebouwen is de geluiduitstraling van de geveldelen, daken, gevelroosters en toegangsdeuren berekend. De uitwerking van de bronsterkteberekeningen is opgenomen in bijlage 1 van deze rapportage.
- Voor de twee transformatoren wordt uitgegaan van een bronsterkte van 82,5 dB(A) op basis van onderzoek bij bestaande vergelijkbare inrichtingen. De transformatoren en schakelaars zijn geplaatst binnen een betonnen afscherming van circa 8 meter hoog.
- De genoemde betonnen afscherming is gekoppeld aan het hoogspanningsgebouw. Het verwachte geluidniveau binnen dit gebouw is zodanig laag dat de uitstraling via de geveldelen en het dak niet relevant is voor de geluidbelasting ten gevolge van de inrichting. Wel meegenomen zijn 10 dakventilatoren met een bronsterkte van elk 76 dB(A), een HVAC rooster met een bronsterkte van 85,5 dB(A) en twee roosters in de gevel van de kabelruimte met elk 75 dB(A) bronsterkte. Tot slot is een bron van 78 dB(A) op het dak gemodelleerd voor de airconditioning.

- De 5 CCW koelwaterpompen zijn opgesteld op een betonnen plaat onder een stalen overkapping. Voor elk van de pompen van circa 350 kW is uitgegaan van een bronsterkte van 94 dB(A) op basis van stand der techniek. Voor de overige randapparatuur wordt uitgegaan van een bronsterkte van 95 dB(A) per pomp. Het totale bronvermogen van dit onderdeel van de inrichting bedraagt 101 dB(A).
- Het kantoorgebouw is voorzien van een vijftal dakventilatoren, een rooster voor de HVAC installatie en airconditioning. Totaal wordt rekening gehouden met een bronsterkte van 80 dB(A) voor deze installatieonderdelen.
- Het koelwaterinlaatgebouw heeft 3 pompen van circa 450 kW en is ongeveer 7 meter hoog. Voor de pompen wordt uitgegaan van een bronsterkte van 95 dB(A) per stuk op basis van stand der techniek. Voor de randapparatuur wordt uitgegaan van een bronsterkte van totaal 98 dB(A). Totaal geïnstalleerde bronsterkte bedraagt daarmee 102 dB(A). In een dergelijk grote ruimte leidt dit tot een binnenniveau van circa 78,8 dB(A). De hal wordt uitgevoerd als een geïsoleerde stalen gevel- en dakconstructie waarbij aangenomen wordt dat de uitstraling via deze geveldelen niet bepalend is. Wel is rekening gehouden met de uitstraling via deuren en gevelroosters en dakventilatoren (3 stuks).
- Voor de geluiduitstraling van stromingsgeluid van leidingen is rekening gehouden met circa 350 meter aan leidingen met een totale bronsterkte van circa 90 dB(A), gebaseerd op eerder onderzoek bij vergelijkbare installaties.

4.3 Representatieve bedrijfssituatie

In de representatieve bedrijfssituatie zijn alle in het model ingevoerde bronnen volcontinu in bedrijf. Mogelijk dat binnen de inrichting noodstroomaggregaten en brandbluspompen worden opgesteld, maar deze worden hooguit maandelijks getest, waarmee deze activiteiten geen onderdeel uitmaken van de representatieve bedrijfssituatie. Het aantal voertuigen dat de inrichting dagelijks bezoekt (hooguit 2 à 3 voertuigen) is zodanig laag dat deze activiteit niet akoestisch relevant is.

5 Resultaten en toetsing

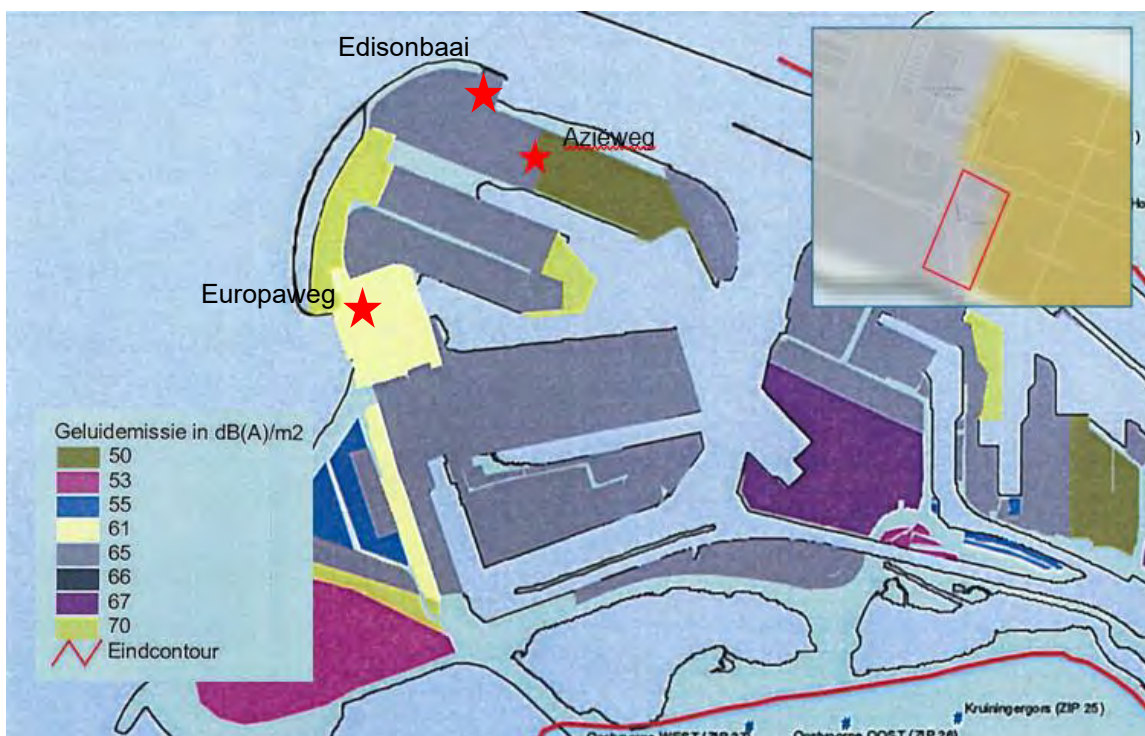
5.1 Uitgangspunten voor toetsing

Zonetoets

Het geluid veroorzaakt door de inrichting kan op verschillende manieren getoetst worden. Enerzijds bestaat de wettelijke toets die er op toe ziet dat al het vergunde en toelaatbare geluid ten gevolge van de inrichtingen gelegen op het gezoneerde industrieterrein de grenswaarde van 50 dB(A) etmaalwaarde op de zonegrens niet overschrijdt (de zonetoets conform artikel 2.14 lid c van de Wabo).

emissietoets

Daarnaast worden er voor nog niet ingevulde kavels op het gezoneerde industrieterrein reserveringen gemaakt voor toekomstige ontwikkelingen, zodat ook deze binnen de geluidzone inpasbaar zijn. Een belangrijk hulpmiddel daarbij is de *Beleidsregel zonebeheerplan industrielawaai Rijnmond-West* (maart 2002) die gebaseerd is op de afspraken die gemaakt zijn in het Geluidconvenant Rijnmond-West. In dit beleidsdocument is een kaart opgenomen waarin de geluidemissie in dB(A)/m² per kavel is vastgelegd en waarop de overheid stuurt binnen de vastgestelde eindcontour rond het industrieterrein. In onderstaande Figuur 2 is een fragment van deze kaart opgenomen met daarin de locaties die voorzien zijn voor het compressorstation.



Figuur 2 Gereserveerde geluidruimte overeenkomstig de Beleidsregel zonebeheerplan industrielawaai Rijnmond-West

Voor locatie Edisonbaai is een geluidruimtereservering van 65 dB(A)/m² beschikbaar. Voor Aziëweg en Europaweg respectievelijk 65 en 61 dB(A)/m². Uiteraard is de uiteindelijke geluidruimte die wordt ingenomen afhankelijk van de totaal geïnstalleerde bronsterkte, maar zeker ook van de kavelgrootte. Deze laatste is voor de voorgenomen activiteit nog niet vastgesteld.

In het geluidconvenant Rijnmond-West zijn ook kentallen opgenomen voor kenmerkende industrieën in het Rijnmondgebied. Hoewel een compressorstation niet expliciet genoemd is, kan gezien de installaties

en activiteiten (pompen voor doorstroomkoeling, pompen, compressoren, transformatoren en leiding-systemen) deze inrichting grofweg worden gepositioneerd tussen elektriciteitscentrales en procesindustrie, wat neerkomt op een benodigde geluidruimte tussen de 61 en 65 dB(A)/m².

Immissietoets

Naast de gereserveerde geluidruimte per kavel wordt door de overheid ook aangegeven wat de immissiebijdrage op de zone-immissiepunten (ZIP) is per kavelreservering. Dit wordt door het bevoegde gezag gedaan door in het akoestisch rekenmodel van het industrieterrein een oppervlaktebron¹ op te nemen met een bronsterkte gelijk aan de gereserveerde geluidruimte. Vervolgens wordt berekend wat de bijdrage van deze kavel is op de ZIP's in de omgeving. Bij uiteindelijke invulling van de kavel door een bedrijf kan zo gecontroleerd worden of de activiteiten inpasbaar zijn overeenkomstig de gemaakte reservering (budget).

Compressorstation

Alleen voor de locatie Edisonbaai is bij de DCMR een deelmodel van het industrieterrein opgevraagd ten behoeve van een vergunningaanvraag. Hoewel toen nog niet duidelijk was voor welke variant gekozen wordt, is wel een kavel aangemaakt overeenkomstig de vermoedelijke afmetingen van het bedrijfsterrein en is op basis van het kental van 65 dB(A)/m² een immissiebudget vastgesteld.

In eerste instantie wordt deze variant dan ook getoetst aan deze waarden.

Voor de andere twee varianten zijn de afmetingen van het bedrijfsterrein nog niet bekend en is het toetsen aan de geluidruimtereservering niet mogelijk. Voor de toetsing is aangehouden dat de benodigde geluidruimte in dB(A)/m² voor de andere twee varianten gelijk zal zijn aan die van de Edisonbaai.

Een immissietoets voor de varianten Europaweg en Aziëweg is eveneens niet mogelijk. De wettelijke zonetoets zal plaatsvinden op basis van de vergunningaanvraag en het daarbij horende geluidrapport. Op basis van de nu bekende gegevens zal een vergelijking worden gemaakt tussen de milieueffecten voor geluid die de varianten veroorzaken.

5.2 Rekenresultaten en toetsing

Langtijdgemiddeld beoordelingsniveau en geluidbelasting

In onderstaande tabellen zijn de bijdragen op de dichtstbij gelegen ZIP's gegeven. Het betreffen de vijf toetspunten die ook in figuur 2 zijn aangegeven. Omdat alle ingevoerde geluidbronnen volcontinu in bedrijf zijn, kan worden volstaan met het in beeld brengen van de etmaalwaarde welke gebaseerd is op de hoogste waarde van het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau voor de dagperiode, de avondperiode +5 dB en de nachtperiode +10 dB.

Tabel 1. Geluidbelasting in dB(A) ten gevolge van het in bedrijf zijn van het compressorstation

Omschrijving	Geluidbelasting (etmaalwaarde) in dB(A)
Variant Edisonbaai	
Hoek van Holland WEST (ZIP 1)	18.2
Hoek van Holland OOST (ZIP 2)	13.6
Kruiningergors (ZIP 25)	7.2
Oostvoorne OOST (ZIP 26)	8.1
Oostvoorne WEST (ZIP 27)	9.0
Variant Europaweg	
Hoek van Holland WEST (ZIP 1)	15.3

¹ Deze oppervlaktebron wordt gebruikt voor het door het bevoegde gezag gehanteerde planmodel en wordt niet uitgegeven aan de vergunningaanvrager.

Omschrijving	Geluidbelasting (etmaalwaarde) in dB(A)
Hoek van Holland OOST (ZIP 2)	11.0
Kruiningergors (ZIP 25)	2.2
Oostvoorne OOST (ZIP 26)	5.6
Oostvoorne WEST (ZIP 27)	6.8
Variant Aziëweg	
Hoek van Holland WEST (ZIP 1)	20.4
Hoek van Holland OOST (ZIP 2)	15.2
Kruiningergors (ZIP 25)	11.5
Oostvoorne OOST (ZIP 26)	13.0
Oostvoorne WEST (ZIP 27)	14.1

Op basis van de bijdrage op de meest relevante zone-immissiepunten is de bijdrage van de variant Aziëweg het hoogst en die van de variant Europaweg het kleinst. De bijdragen op de ZIP's zijn echter zo laag dat de invloed op de totale bijdrage op de zone zeer gering is. Deze waarden zijn niet door metingen te controleren. Daarom worden doorgaans in de vergunning toetspunten opgenomen die dicht bij de inrichting zijn gelegen. Op deze vergunning-immissiepunten (VIP) worden wel controleerbare geluidniveaus vastgelegd.

De rekenresultaten zijn tevens opgenomen in bijlage 3 van deze rapportage.

Maximale geluidniveaus

Maximale geluidniveaus zijn geluidspieken die getoetst worden ter plaatse van woningen en andere geluidgevoelige bestemmingen in de omgeving van de inrichting. In de nabije omgeving van de inrichting zijn geen woningen gelegen. De dichtstbij gelegen woningen bevinden zich op grote afstand, ongeveer ter hoogte van de ZIP's.

De geluidbronnen van het compressorstation zijn continu van karakter en kennen alleen geluidspieken tijdens schakelmomenten of ten gevolge van verkeer. Deze maximale geluidniveaus zullen in de regel niet meer bedragen dan het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau plus 10 à 15 dB(A). Gezien de berekende bijdrage op de ZIP's kan gesteld worden dat maximale geluidniveaus ter plaatse van woningen niet waarneembaar zijn.

Geluidruimte en immissietoets

Voor de variant Edisonbaai is door het bevoegd gezag een kavel aangemaakt met een oppervlakte van circa 79.000 m². Op basis van de geïnstalleerde bronsterkte bedraagt het emissiekental van het compressorstation 59,4 dB(A)/m². In onderstaande Figuur 3 is de kavel in oranje aangegeven.



Figuur 3. Model variant Edisonbaai met in oranje de kavel met geluidreservering

Volgens de reservering zoals weergegeven in figuur 2 is voor deze kavel 65 dB(A)/m² beschikbaar en op basis van deze waarde is het compressorstation inpasbaar.

Voor de andere locaties is nog geen kavelafmeting bekend. Op basis van de kavelafmetingen van de variant Edisonbaai zou de variant Europaweg (reservering 61 dB(A)/m²) ook inpasbaar kunnen zijn. Voor de locatie Aziëweg is 65 dB(A)/m² gereserveerd en dus ook inpasbaarheid.

Omdat voor de locatie Edisonbaai een kavel is aangemaakt is ook een immissiebudget bekend. Voor de 5 eerder genoemde immissiepunten zijn hieronder in Tabel 2 de bijdragen vergeleken met het immissiebudget.

Tabel 2. Vergelijking berekende bijdrage met immissiebudget voor variant Edisonbaai

Omschrijving	Immissiebudget in dB(A)	Geluidbelasting in dB(A)
Hoek van Holland WEST (ZIP 1)	24.1	18.2
Hoek van Holland OOST (ZIP 2)	20.2	13.6
Kruiningergors (ZIP 25)	13.1	7.2
Oostvoorne OOST (ZIP 26)	14.7	8.1
Oostvoorne WEST (ZIP 27)	16.0	9.0

Uit deze vergelijking blijkt dat voor de variant Edisonbaai geldt dat deze voor de representatieve immissiepunten ruim inpasbaar is binnen het immissiebudget.

5.3 Vergelijking varianten

Voor wat betreft de akoestisch relevante geluidbronnen zijn er in deze fase geen verschillen tussen de varianten, voor wat betreft bronsterkte en bedrijfsduur. De positionering van de geluidbronnen op het bedrijfsterrein varieert wel, maar gezien de grote afstand van de bronnen tot de ontvangerpunten (ZIP's) en woningen wordt niet verwacht dat dit een relevante invloed heeft op de totale bijdrage van de inrichting aan immissiezijde.

Variant Edisonbaai

In deze variant is het compressorstation gelegen op een kavel waarvoor 65 dB(A)/m² is gereserveerd. Met een verwachte bijdrage van 59,4 dB(A)/m² is de inrichting binnen het industrieterrein inpasbaar. Ook is geconstateerd dat op grond van de nu bekende gegevens deze variant inpasbaar is binnen het gereserveerde immissiebudget. Dit is een goede aanwijzing dat voor de variant geldt dat deze voldoet aan de wettelijke zonetoets.

Variant Europaweg

Voor deze variant is alleen het beschikbare geluidbudget van 61 dB(A)/m² gegeven en is geen immissiebudget bekend. De inrichting is, bij gelijke kavelafmeting als variant Edisonbaai, naar verwachting inpasbaar binnen het industrieterrein, temeer doordat de verwachte bijdrage op de zone-immissiepunten circa 3 à 4 dB lager is dan voor de variant Edisonbaai. Gezien de lage bijdrage op deze toetspunten wordt verwacht dat kan worden voldaan aan de wettelijke zonetoets.

Variant Aziëweg

Voor de variant Aziëweg is door de overheid een reservering gemaakt van 65 dB(A)/m². Van alle varianten heeft deze variant de hoogste bijdrage op de zone-immissiepunten, waarbij aangemerkt dat de hoogste bijdrage een geluidbelasting van slechts 20 dB(A) betreft. Deze variant is eveneens inpasbaar binnen het gereserveerde immissiebudget.

6 Onderwatergeluid

In de gebruiksfase is onderwatergeluid in verband met het compressorstation niet te onderscheiden van andere (achtergrond)geluiden in de haven. In de aanlegfase vinden nauwelijks werkzaamheden aan de oevers plaats en in het geheel niet buiten de oevers. Alleen voor het inlaatpunt van het koelwatersysteem vinden beperkte werkzaamheden aan de oever plaats. De verwachting is niet dat deze werkzaamheden leiden tot tijdelijke of permanente gehoordrempelverschuiving bij zeezoogdieren en vissen.

Geadviseerd wordt om in geval van heiwerkzaamheden aan de waterlijn een zogenoemde zachte start toe te passen waarbij het heien gestart wordt op een laag vermogen dat geleidelijk toeneemt. Hierdoor krijgen de incidenteel aanwezige zeezoogdieren en vissen de mogelijkheid om het gebied te ontvluchten.

7 Gezondheidseffecten en laagfrequent geluid (LFG)

Gezondheidseffecten ten gevolge van geluid treden over het algemeen op bij langdurige blootstelling aan geluid. Het wel of niet optreden van gezondheidseffecten is, evenals het ervaren van hinder, van het individu afhankelijk. Daarom zijn er in de literatuur ook niet veel objectiveerbare normen te vinden voor geluidniveaus die leiden tot gezondheidsschade.

Over het algemeen kunnen de volgende gezondheidseffecten optreden bij langdurige blootstelling aan geluid:

- Gehoorschade (op termijn of acuut).
- Stress en hypertensie als gevolg van een verhoogde cortisolwaarde.
- Psychologische effecten zoals algemeen welbevinden, gevoel van onrust en prikkelbaarheid.
- Slaapverstoring.
- Verminderd prestatievermogen.

Het is dus moeilijk om geluidniveaus te verbinden aan het optreden van deze effecten.

Gehoorschade treedt over het algemeen op bij een lange blootstelling aan geluidniveaus van 80 dB(A) of hoger. Dit effect speelt geen rol in de beleving van industrielawaai op woon- en leefniveau rond het industrieterrein waarop het compressorstation is gelegen.

Onder andere de Gezondheidsraad (Geluid en gezondheid, 1994) geeft aan dat psychosomatische effecten (stress en hypertensie) en effecten op het prestatievermogen op kunnen treden bij langdurige blootstelling aan geluidniveaus van rond de 70 dB(A).

Slaapverstoring kan optreden bij geluidniveaus ('s nachts) van rond de 40 dB(A). Dit geldt ook voor psychologische effecten. De genoemde geluidniveaus betreffen gemiddelde geluidniveaus gemeten in de woonomgeving.

Daarnaast heeft het soort geluid ook invloed op de mate waarin gezondheidseffecten optreden. Zo zijn tonaal en impulsachtig geluid hinderlijker dan continu geluid. Aangenomen mag worden dat bepaalde gezondheidseffecten ook eerder optreden bij dergelijke geluidsoorten. Sterke incidentele verhogingen van het geluidniveau (geluidpieken) leiden tot schrikreacties. Aanhoudende schrikreacties kunnen de gezondheid eveneens nadelig beïnvloeden.

Daarnaast wijst onderzoek uit dat laagfrequent geluid, geluid op de grens van het voor de mens hoorbare spectrum, grote invloed kan hebben op de hinderbeleving en daarmee het algemeen welbevinden beïnvloedt.

In de operationele fase bestaat het geluidbeeld van het compressorstation op leefniveau (referentie ZIP's geluidmodel nabij woningen in de omgeving) uit continu geluid, waarbij het equivalente geluidniveau gemiddeld over het etmaal de 15 dB(A) niet zal overschrijden.

Tonaal of impulsachtig geluid is niet hoorbaar op leefniveau. In de normale bedrijfssituatie zullen eveneens geen geluidpieken optreden die waarneembaar zijn op leefniveau.

De installaties zoals die als onderdeel van de voorgenomen activiteit in gebruik zijn, vertonen geen ander geluidbeeld dan het gebruikelijke geluidbeeld van industrielawaai. Vanwege de grote overdrachtsweg zal alleen het geluid in de octaafbanden tussen de 31,5 Hz en 500 Hz octaafband bepalend zijn, maar vanwege de lage bijdrage op leefniveau zal ook het geluid in dit frequentiegebied niet waarneembaar zijn tussen het overige hoorbare geluid vanwege het industrieterrein en het lokale geluid in de omgeving (zoals verkeer). Ook geluid lager dan genoemd frequentiegebied (LFG) zal ten gevolge van deze inrichting niet waarneembaar zijn op leefniveau omdat de afstand tot de woongebieden groot is en de installaties onvoldoende vermogen hebben voor een waarneembare geluidoverdracht in dit lage frequentiespectrum., zodat toetsing aan bijvoorbeeld de Vercammen curve voor LFG niet aan de orde is. Bij vergelijkbare installaties, ook dicht bij woningen, zijn geen gevallen bekend van hinder ten gevolge van LFG.

Omdat in de aanlegfase de werkzaamheden van korte duur zijn en in principe alleen in de dagperiode plaatsvinden zijn daarvan geen gezondheidseffecten te verwachten. Ook van waarneembaar laagfrequent geluid zal geen sprake zijn.

8 Conclusies

Het Porthos project (Port of Rotterdam CO₂ transport hub and offshore storage) betreft het transport van CO₂ dat geproduceerd wordt in de Rotterdamse haven en de opslag daarvan in lege gasvelden in de Noordzee. Voor het transport van de uit de haven aangevoerde CO₂ naar de opslagvelden onder de Noordzee, wordt op de Maasvlakte voorzien in de bouw van een compressorstation om de CO₂ op hoge druk te brengen.

Dit rapport behandelt de geluidstraling van het compressorstation in de aanleg- en operationele fase voor drie locatievarianten zoals beschreven in het MER waar dit rapport onderdeel van uitmaakt. Voor de aanvraag van de omgevingsvergunning voor het compressorstation is een separaat geluidrapport opgesteld.

Naast de geluidbelasting ten gevolge van het compressorstation is ook het onderwatergeluid beoordeeld en de mogelijke gezondheidseffecten en laagfrequent geluid die samenhangen met de voorgenomen activiteit.

Aanlegfase

Tijdens de aanlegfase treden er bij de woningen en andere geluidgevoelige bestemmingen geen geluidniveaus op die de normen zoals gegeven in de Circulaire bouwlawaai overschrijden.

Operationele fase

In de operationele fase zijn compressoren in bedrijf tezamen met pompen voor het koelsysteem en transformatoren voor de energievoorziening. De meeste akoestisch relevante activiteiten vinden binnen gebouwen plaats. Daarbij is rekening gehouden met het geluid van gebouwgebonden installaties.

Het aspect geluid is beoordeeld voor een drietal locatievarianten, waarbij dezelfde geluidbronnen als uitgangspunt zijn gekozen, maar de opstelling van deze geluidbronnen onderling kan verschillen. Voor de gekozen voorkeursvariant is een gedetailleerd akoestisch onderzoek opgesteld voor de vergunningaanvraag. Voor het MER volstaat een vergelijking van de varianten.

Gezien de geringe geluidbelasting op de zone-immissiepunten van ten hoogste 20 dB(A) voor de variant Aziëweg mag verwacht worden dat inpassing binnen de zone mogelijk is.

Omdat de bijdrage van de variant Aziëweg het hoogst is op de toetspunten en voor die locatie in de *Beleidsnotitie zonebeheerplan industrielawaai Rijnmond-West* (maart 2002) is deze variant het minst gunstig voor het aspect geluid. De geluidsreservering bedraagt 65 dB(A)/m².

De variant Edisonbaai is gezien de reservering van 65 dB(A)/m² het meest gunstig voor de geprognosticeerde geluidruimte van 61,7 dB(A)/m² voor het compressorstation (op basis van de door het bevoegd gezag aangeleverde bedrijfskavel).

Voor de locatie Europaweg is een reservering beschikbaar van 59 dB(A)/m², maar vanwege de ligging ten opzichte van de zone-immissiepunten is de verwachte bijdrage op de zone en woningen binnen de zone hier het laagst.

Onderwatergeluid

Het onderwatergeluid ten gevolge van de aanleg- en operationele fase heeft naar verwachting geen effect op zeezoogdieren en vissoorten in de nabijgelegen havens.

Gezondheidseffecten

Gezien de zeer geringe geluidbelasting op de gevels van woningen en andere geluidgevoelige bestemmingen rond de inrichting zijn gezondheidseffecten in de aanleg- en operationele fase uit te sluiten. Laagfrequent geluid ten gevolge van de inrichting zal in beide fasen eveneens niet waarneembaar zijn.

Bijlage

1. Uitwerking bronsterkteberekeningen

Porthos compressorstation

**Geluidsniveau binnen galmende ruimte,
berekening op basis van nagalmtijden**



Project :

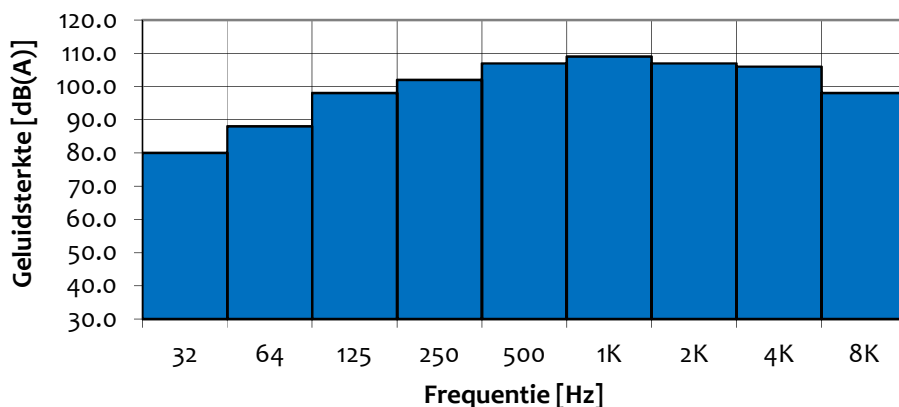
Volume hal 5000 m³
afstand tot bron 3 m
Richtingsfactor 1 □

Compressorgebouwen Gasunie CCU

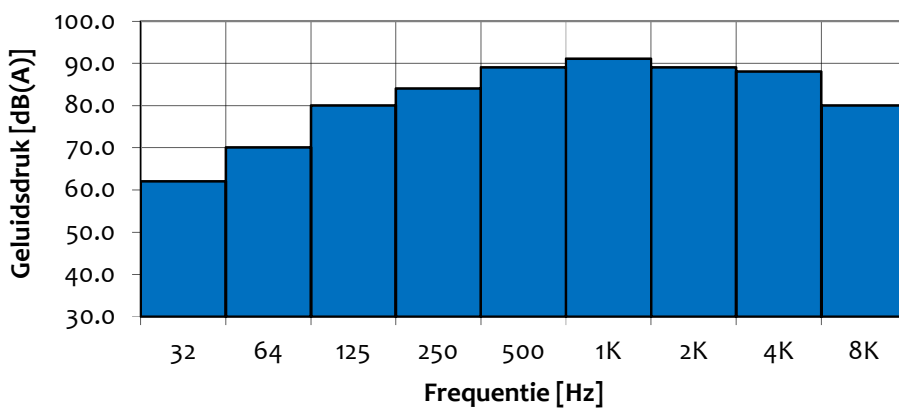
Compressor

	32	64	125	250	500	1K	2K	4K	8K	Tot
Invoergegevens										
opgesteld vermogen : L _w [dB(A)]	80.0	88.0	98.0	102.0	107.0	109.0	107.0	106.0	98.0	114.0
gemeten/geschatte nagalmtijd : T _g	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Berekeningsresultaten										
"Open raam": A [m ²]	555.6	555.6	555.6	555.6	555.6	555.6	555.6	555.6	555.6	555.6
galmstraal : R _g [m]	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
geluidsniveau : L _p [dB(A)]	62.1	70.1	80.1	84.1	89.1	91.1	89.1	88.1	80.1	96.0

Opgesteld vermogen L_w



Geluidsniveau L_p



**Geluidsniveau binnen galmende ruimte,
berekening op basis van nagalmtijden**



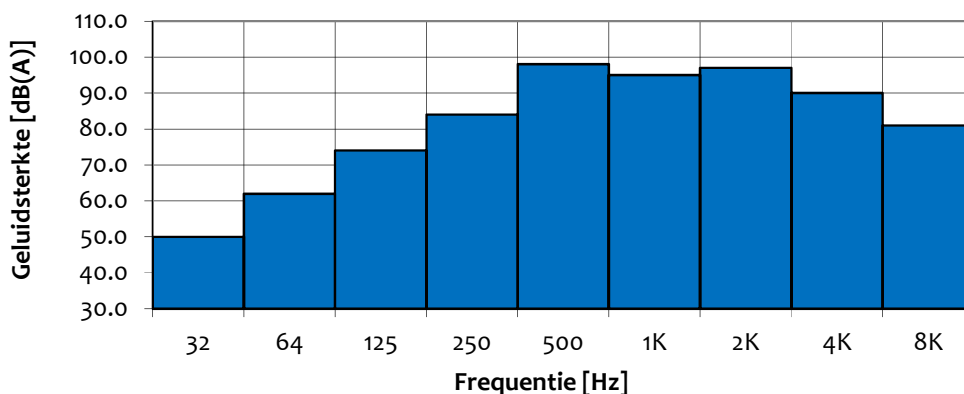
Project : Porthos CCUS BF8260
 Volume hal 14000 m³
 afstand tot bron 6 m
 Richtingsfactor 1 []

Koelwaterinlaatgebouw Gasunie CCU

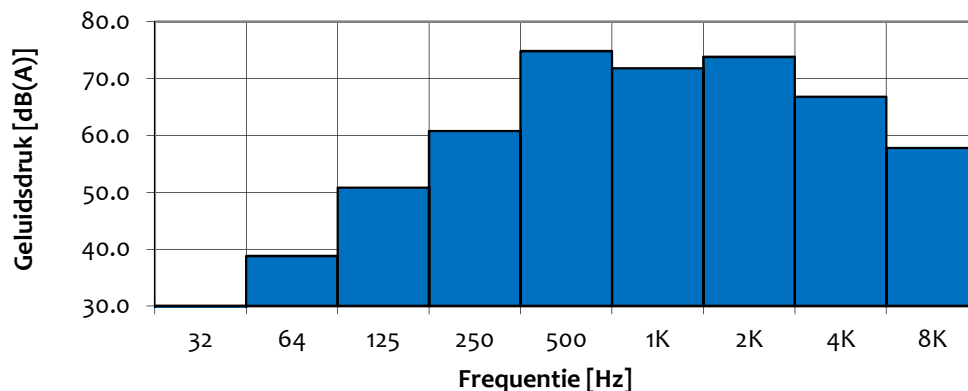
Compressor

	32	64	125	250	500	1K	2K	4K	8K	Tot
Invoergegevens										
opgesteld vermogen : L_w [dB(A)]	50.0	62.0	74.0	84.0	98.0	95.0	97.0	90.0	81.0	102.0
gemeten/geschatte nagalmtijd : T_g	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Berekeningsresultaten										
"Open raam": A [m ²]	1555.6	1555.6	1555.6	1555.6	#####	#####	#####	#####	#####	#####
galmstraal : R_g [m]	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
geluidsniveau : L_p [dB(A)]	26.8	38.8	50.8	60.8	74.8	71.8	73.8	66.8	57.8	78.8

Opgesteld vermogen L_w



Geluidsniveau L_p



methode II.7 HMRI 1999

Bronsterktebepaling volgens uitstraling door gebouwen

Project : Porthos operationele fase GasUnie compressorstation variant Edisonbaai BF8260
 Brongroep : compressorgebouw voor 3 compressoren
 Bronnaam : lange gevels
 Bronnummer : 1001-1004
 Vlak verdeeld in n bronnen : 1 Verdelingsfactor $10 \log n =$ 0.0

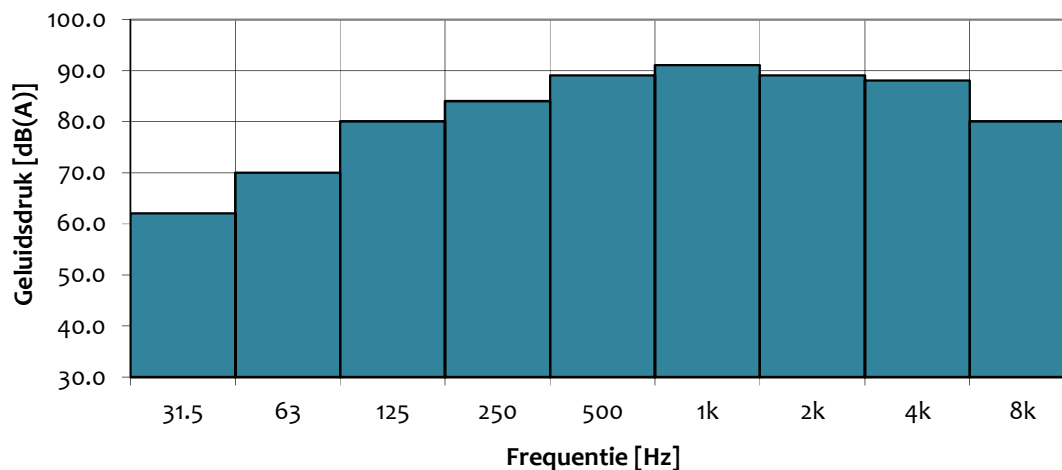
Code materiaal	Partiele geluidsisolaties									S [m ²]
	Oktaafbandmiddenfrequentie [Hz]									
	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
bp2a Sandw.p+min.wol. (50-85mm)	15	20	23	22	17	33	43	43	43	465
DR3 Roldeur Crawford 342, Al	5	8	11	12	16	16	20	22	22	15
DR5 Aluminium deur	6	6	12	17	20	20	20	20	20	2.5
DV5 Openingen (SF1 in HRGG'89)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	13.7	17.7	20.6	20.4	16.8	26.3	28.4	28.8	28.8	483.0

Meetgegevens :

	Oktaafbandmiddenfrequentie [Hz]									tot
	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
geluidsdruk L_{PA} [dB(A)]	62.1	70.1	80.1	84.1	89.1	91.1	89.1	88.1	80.1	96.0
oppervlak : $10 \log(S)$ [dB]	26.8	26.8	26.8	26.8	26.8	26.8	26.8	26.8	26.8	26.8
-geluidsisolatie R_S [dB]	-13.7	-17.7	-20.6	-20.4	-16.8	-26.3	-28.4	-28.8	-28.8	-21.9
-diffusiteit C_d [dB]	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0
uitstralende gevel, $DI = 3$ [dB]	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Bronsterkte L_{WR} [dB(A)]	75.2	79.2	86.3	90.5	99.1	91.6	87.5	86.1	78.1	100.9

Bronsterkte L_{WRi} [dB(A)] per deelbron in het vlak	75.2	79.2	86.3	90.5	99.1	91.6	87.5	86.1	78.1	100.9
--	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------

Gemeten geluidsniveau





methode II.7 HMRI 1999

Bronsterktebepaling volgens uitstraling door gebouwen

Project : Porthos operationele fase GasUnie compressorstation variant Edisonbaai BF8260
 Brongroep : compressorgebouw voor 3 compressoren
 Bronnaam : korte gevels
 Bronnummer : 1005-1008
 Vlak verdeeld in n bronnen : 1 Verdelingsfactor $10 \log n =$ 0.0

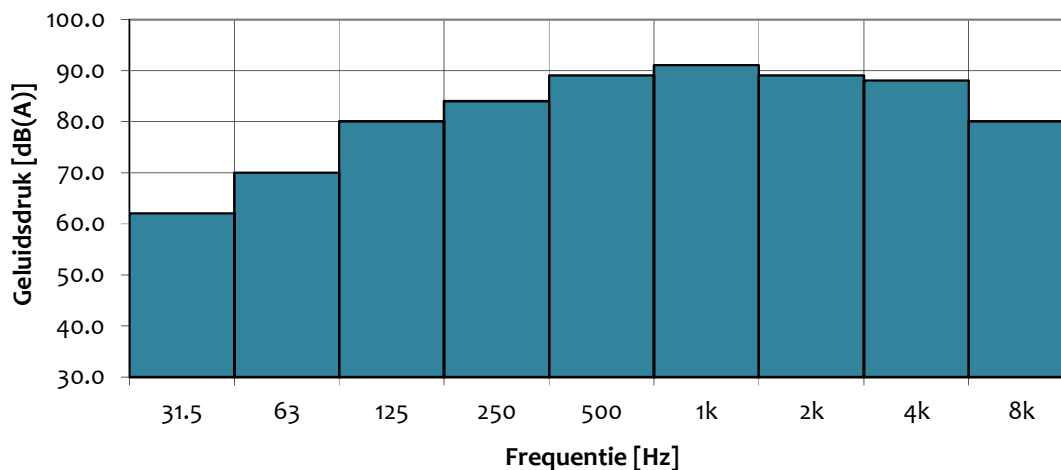
Code materiaal	Partiele geluidsisolaties									S [m ²]
	Oktaafbandmiddenfrequentie [Hz]									
	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
bp2a Sandw.p+min.wol. (50-85mm)	15	20	23	22	17	33	43	43	43	330
DV5 Openingen (SF1 in HRGG'89)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	15.0	20.0	23.0	22.0	17.0	33.0	43.0	43.0	43.0	330.0

Meetgegevens :

	Oktaafbandmiddenfrequentie [Hz]									tot
	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
geluidsdruk L _{PA} [dB(A)]	62.1	70.1	80.1	84.1	89.1	91.1	89.1	88.1	80.1	96.0
oppervlak : 10 log(S) [dB]	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2
-geluidsisolatie R _s [dB]	-15.0	-20.0	-23.0	-22.0	-17.0	-33.0	-43.0	-43.0	-43.0	-23.2
-diffusiteit C _d [dB]	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0
uitstralende gevel, DI =3 [dB]	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Bronsterkte L _{WR} [dB(A)]	72.2	75.2	82.2	87.2	97.2	83.2	71.2	70.2	62.2	98.0

Bronsterkte L _{WRi} [dB(A)] per deelbron in het vlak	72.2	75.2	82.2	87.2	97.2	83.2	71.2	70.2	62.2	98.0
---	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Gemeten geluidsniveau





methode II.7 HMRI 1999

Bronsterktebepaling volgens uitstraling door gebouwen

Project : Porthos operationele fase GasUnie compressorstation variant Edisonbaai BF8260
 Brongroep : compressorgebouw voor 3 compressoren
 Bronnaam : dak
 Bronnummer : 1009-1010
 Vlak verdeeld in n bronnen : 1 Verdelingsfactor $10 \log n =$ 0.0

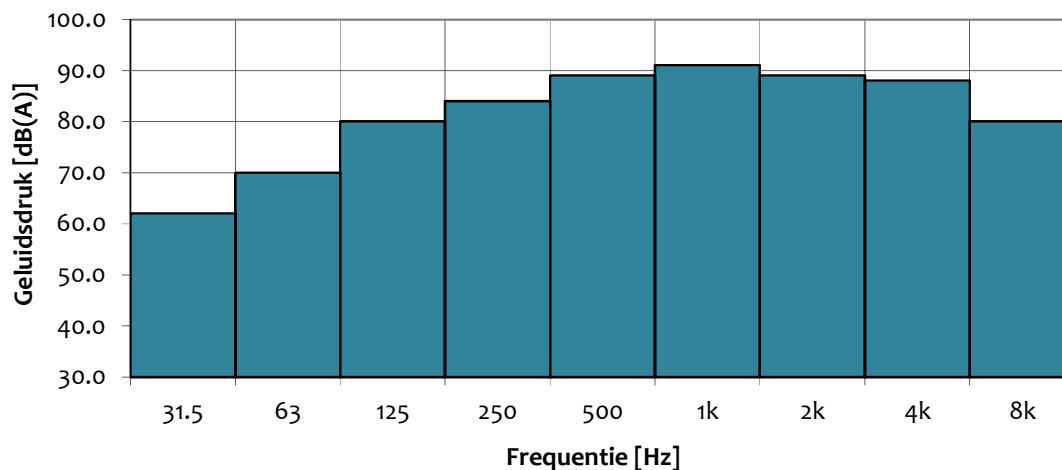
	Partiele geluidsisolaties									S [m ²]
	Oktaafbandmiddenfrequentie [Hz]									
Code materiaal	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
SAB18 Perfo dakplaat (120R;1,00mm;pe	10	16	22	26	32	39	43	40	40	1350
DV5 Openingen (SF1 in HRGG'89)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10.3	16.3	22.3	25.6	32.3	39.4	43.3	40.0	40.0	1,350.0

Meetgegevens :

	Oktaafbandmiddenfrequentie [Hz]									tot
	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
geluidsdruk L _{PA} [dB(A)]	62.1	70.1	80.1	84.1	89.1	91.1	89.1	88.1	80.1	96.0
oppervlak : 10 log(S) [dB]	31.3	31.3	31.3	31.3	31.3	31.3	31.3	31.3	31.3	31.3
-geluidsisolatie R _s [dB]	-10.3	-16.3	-22.3	-25.6	-32.3	-39.4	-43.3	-40.0	-40.0	-30.4
-diffusiteit C _d [dB]	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0
uitstralend dak, DI =0/2 [dB]	0.0	0.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Bronsterkte L _{WR} [dB(A)]	80.1	82.1	88.1	88.8	87.1	82.0	76.1	78.4	70.4	93.9

Bronsterkte L _{WRi} [dB(A)] per deelbron in het vlak	80.1	82.1	88.1	88.8	87.1	82.0	76.1	78.4	70.4	93.9
---	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Gemeten geluidsniveau





methode II.7 HMRI 1999

Bronsterktebepaling volgens uitstraling door gebouwen

Project : Porthos operationele fase GasUnie compressorstation variant Edisonbaai BF8260
 Brongroep : compressorgebouw voor 3 compressoren
 Bronnaam : gevelroosters
 Bronnummer : 1011-1014
 Vlak verdeeld in n bronnen : 1 Verdelingsfactor $10 \log n =$ 0.0

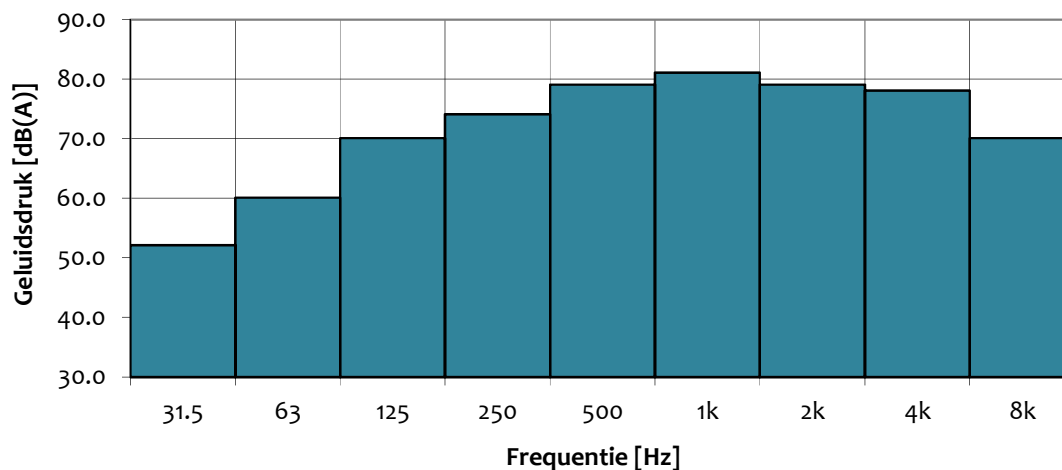
Code materiaal	Partiele geluidsisolaties									S [m ²]
	Oktaafbandmiddenfrequentie [Hz]									
	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
bp2a Sandw.p+min.wol. (50-85mm)	15	20	23	22	17	33	43	43	43	0
DR3 Roldeur Crawford 342, Al	5	8	11	12	16	16	20	22	22	0
DR5 Aluminium deur	6	6	12	17	20	20	20	20	20	0
DV5 Openingen (SF1 in HRGG'89)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0

Meetgegevens :

	Oktaafbandmiddenfrequentie [Hz]									tot
	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
geluidsdruk L _{PA} [dB(A)]	52.1	60.1	70.1	74.1	79.1	81.1	79.1	78.1	70.1	86.1
oppervlak : 10 log(S) [dB]	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8
-geluidsisolatie R _s [dB]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-diffusiteit C _d [dB]	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0
uitstralende gevel, DI =3 [dB]	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Bronsterkte L _{WR} [dB(A)]	62.9	70.9	80.9	84.9	89.9	91.9	89.9	88.9	80.9	96.8

Bronsterkte L _{WRi} [dB(A)] per deelbron in het vlak	62.9	70.9	80.9	84.9	89.9	91.9	89.9	88.9	80.9	96.8
---	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Gemeten geluidsniveau





methode II.7 HMRI 1999

Bronsterktebepaling volgens uitstraling door gebouwen

Project : Porthos operationele fase GasUnie compressorstation variant Edisonbaai BF8260
 Brongroep : koelwaterinlaatgebouw deuren en roosters
 Bronnaam : gevels
 Bronnummer : 1025-1028
 Vlak verdeeld in n bronnen : 1 Verdelingsfactor $10 \log n =$ 0.0

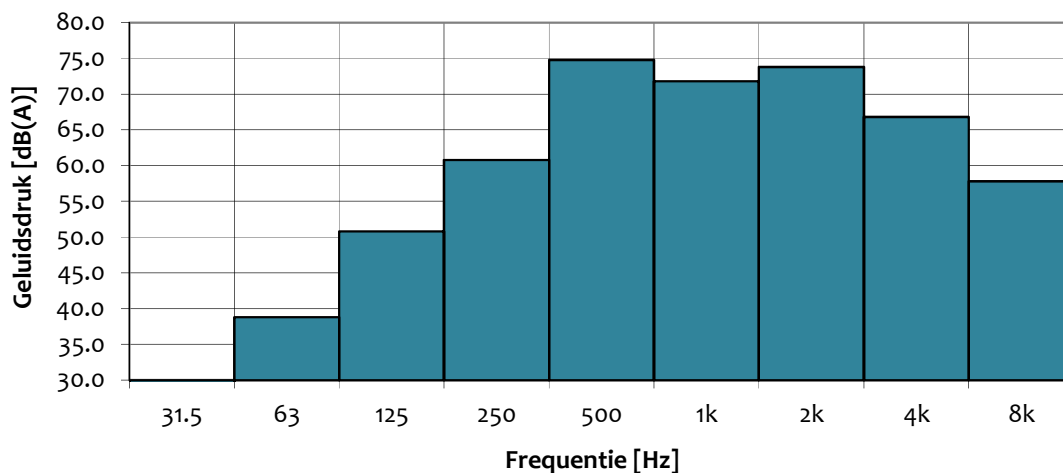
		Partiele geluidsisolaties								S [m ²]	
		Oktaafbandmiddenfrequentie [Hz]									
Code	materiaal	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
DR3	Roldeur Crawford 342, Al	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
DR5	Aluminium deur	5	8	11	12	16	16	20	22	22	2.5
DV5	Openingen (SF1 in HRGG'89)	6	6	12	17	20	20	20	20	20	12
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		2.3	2.9	3.4	3.6	3.8	3.8	3.8	3.9	3.9	29.5

Meetgegevens :

	Oktaafbandmiddenfrequentie [Hz]								tot	
	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k		8k
geluidsdruk L _{PA} [dB(A)]	26.8	38.8	50.8	60.8	74.8	71.8	73.8	66.8	57.8	78.8
oppervlak : 10 log(S) [dB]	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7
-geluidsisolatie R _S [dB]	-2.3	-2.9	-3.4	-3.6	-3.8	-3.8	-3.8	-3.9	-3.9	-3.8
-diffusiteit C _d [dB]	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-3.0
uitstralende gevel, DI =3 [dB]	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Bronsterkte L _{WR} [dB(A)]	39.2	50.6	62.1	71.9	85.7	82.7	84.7	77.6	68.6	89.7

Bronsterkte L _{WRi} [dB(A)] per deelbron in het vlak	39.2	50.6	62.1	71.9	85.7	82.7	84.7	77.6	68.6	89.7
---	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Gemeten geluidsniveau



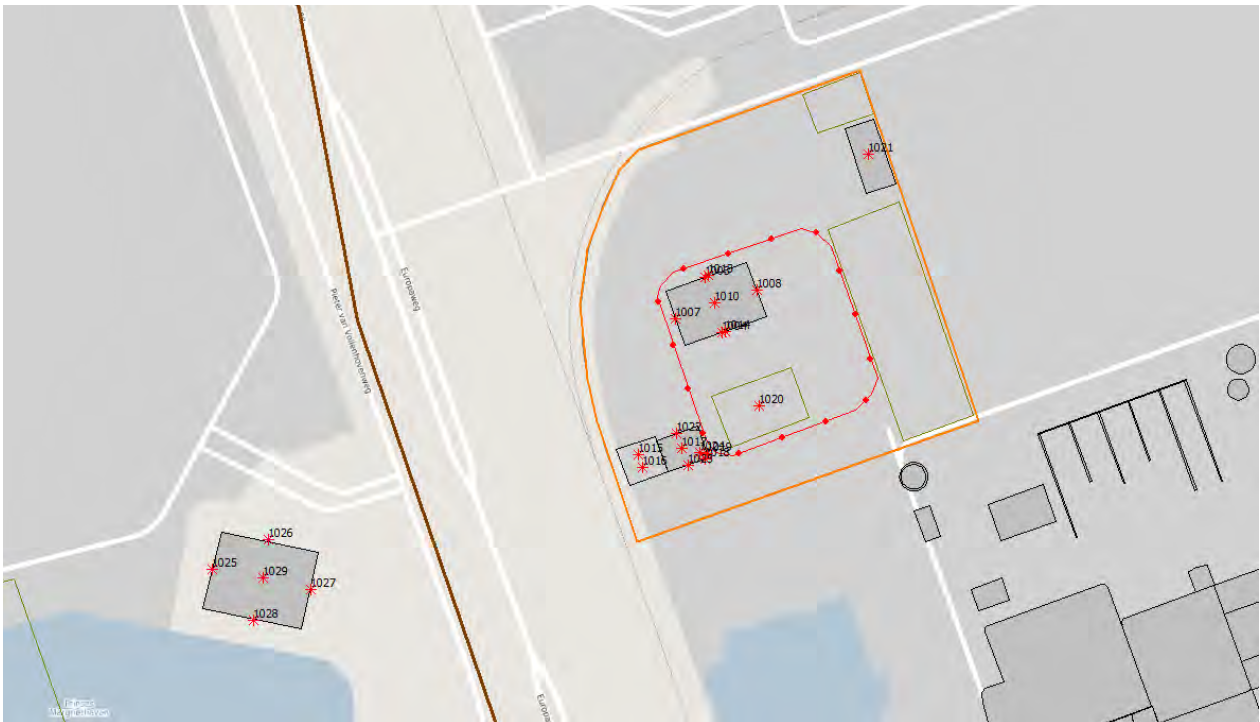
Bijlage

2. Invoergegevens rekenmodel

Porthos compressorstation



Variant Edisonbaai



Variant Europaweg



Variante Aziëweg

Ingevoerde puntbronnen

Naam	Omschr.	X	Y	Hoogte	Maaiveld	Type	Richt.	Hoek	Cb(u)(D)	Cb(u)(A)	Cb(u)(N)	GeenRef.	GeenDemping	GeenProces	Lw 31	Lw 63	Lw 125	Lw 250	Lw 500	Lw 1k	Lw 2k	Lw 4k	Lw 8k	Lw Totaal
1003	compressorhal lange zijde	62854.24	443588.09	6	5.5	Normale puntbron	0	360	12	4	8	Ja	Nee	Nee	75.2	79.2	86.3	90.5	99.1	91.6	87.5	86.1	78.1	100.9
1004	compressorhal lange zijde	62881.61	443575.96	6	5.5	Normale puntbron	0	360	12	4	8	Ja	Nee	Nee	75.2	79.2	86.3	90.5	99.1	91.6	87.5	86.1	78.1	100.9
1007	compressorhal korte zijde	62860.21	443562.64	8	5.5	Normale puntbron	0	360	12	4	8	Ja	Nee	Nee	72.2	75.2	82.2	87.2	97.2	83.2	71.2	70.2	62.2	97.9
1008	compressorhal korte zijde	62876.8	443603.89	8	5.5	Normale puntbron	0	360	12	4	8	Ja	Nee	Nee	72.2	75.2	82.2	87.2	97.2	83.2	71.2	70.2	62.2	97.9
1010	compressorhal dak	62867.58	443583.11	0.1	16.5	Normale puntbron	0	360	12	4	8	Nee	Nee	Nee	80.1	82.1	88.1	88.8	87.1	82.0	76.1	78.4	70.4	93.9
1013	compressorhal gevelrooster in/uitlaat	62854.85	443590.19	4	5.5	Normale puntbron	0	360	12	4	8	Ja	Nee	Nee	62.9	70.9	80.9	84.9	89.9	91.9	89.9	88.9	80.9	96.9
1014	compressorhal gevelrooster in/uitlaat	62882.1	443577.24	4	5.5	Normale puntbron	0	360	12	4	8	Ja	Nee	Nee	62.9	70.9	80.9	84.9	89.9	91.9	89.9	88.9	80.9	96.9
1015	hoogspanningsgebouw trafo en schakelaar	62858.4	443792.94	5	5.5	Normale puntbron	0	360	12	4	8	Nee	Nee	Nee	47.6	60.4	68.8	73.7	72.2	77.3	75.5	75.2	68.4	82.5
1016	hoogspanningsgebouw trafo en schakelaar	62851.44	443792	5	5.5	Normale puntbron	0	360	12	4	8	Nee	Nee	Nee	47.6	60.4	68.8	73.7	72.2	77.3	75.5	75.2	68.4	82.5
1017	hoogspanningsgebouw dakventilatoren 10x	62856.68	443770.77	1	16.5	Normale puntbron	0	360	12	4	8	Nee	Nee	Nee	54.0	56.0	60.0	67.0	72.0	70.0	68.0	63.0	56.0	76.2
1018	hoogspanningsgebouw rooster HVAC	62848.93	443759.97	3	5.5	Normale puntbron	0	360	12	4	8	Ja	Nee	Nee	45.7	56.3	66.8	70.5	80.2	82.6	76.6	68.3	58.0	85.5
1019	hoogspanningsgebouw rooster HVAC	62851.54	443758.19	3	5.5	Normale puntbron	0	360	12	4	8	Ja	Nee	Nee	45.7	56.3	66.8	70.5	80.2	82.6	76.6	68.3	58.0	85.5
1020	CCW koelwaterpompen + equipment 5 stuks	62870.81	443438.82	1	5.5	Normale puntbron	0	360	12	4	8	Nee	Nee	Nee	50.0	62.0	74.0	83.0	97.0	94.0	96.0	90.0	81.0	101.1
1021	Hoofdgebouw - luchtbehandelingsinstallaties	62907.19	443833.45	1	15.5	Normale puntbron	0	360	12	4	8	Nee	Nee	Nee	50.8	59.7	67.6	71.2	73.5	75.4	71.2	69.4	62.5	80.0
1022	Hoogspanningsgebouw - rooster kabelruimte	62865.01	443771.79	1.6	5.5	Normale puntbron	0	360	12	4	8	Ja	Nee	Nee	42.2	47.2	53.4	58.9	75.2	63.0	58.0	56.7	47.5	75.7
1023	Hoogspanningsgebouw - rooster kabelruimte	62847.79	443769.1	1.6	5.5	Normale puntbron	0	360	12	4	8	Ja	Nee	Nee	42.2	47.2	53.4	58.9	75.2	63.0	58.0	56.7	47.5	75.7
1024	Hoogspanningsgebouw - Airco	62852.63	443761.76	1	16.5	Normale puntbron	0	360	12	4	8	Nee	Nee	Nee	48.8	57.9	65.6	69.2	71.5	73.4	69.2	67.4	60.5	78.0
1025	koelwaterinlaatgebouw - deuren en roosters	62834.06	443494.95	2.5	5.5	Normale puntbron	0	360	12	4	8	Ja	Nee	Nee	39.2	50.6	62.1	71.9	85.7	82.7	84.7	77.6	68.6	89.7
1026	koelwaterinlaatgebouw - deuren en roosters	62823.41	443527.67	2.5	5.5	Normale puntbron	0	360	12	4	8	Ja	Nee	Nee	39.2	50.6	62.1	71.9	85.7	82.7	84.7	77.6	68.6	89.7
1027	koelwaterinlaatgebouw - deuren en roosters	62851.07	443542.88	2.5	5.5	Normale puntbron	0	360	12	4	8	Ja	Nee	Nee	39.2	50.6	62.1	71.9	85.7	82.7	84.7	77.6	68.6	89.7
1028	koelwaterinlaatgebouw - deuren en roosters	62861.03	443511.52	2.5	5.5	Normale puntbron	0	360	12	4	8	Ja	Nee	Nee	39.2	50.6	62.1	71.9	85.7	82.7	84.7	77.6	68.6	89.7
1029	koelwaterinlaatgebouw dakventilatoren 3x	62843.08	443519.79	1	12.5	Normale puntbron	0	360	12	4	8	Nee	Nee	Nee	54.0	56.0	60.0	67.0	72.0	70.0	68.0	63.0	56.0	76.2

Ingevoerde lijnbron

Vormpunten	Lengte	Lengte3D	Min.lengte	Max.lengte	Cb(u)(D)	Cb(u)(A)	Cb(u)(N)	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal
13	411.62	411.62	5.59	106.46	12	4	8	54.00	58.00	64.00	73.00	84.00	86.50	83.00	79.00	68.00	90.03

Ingevoerde gebouwen

Naam	Omschr.	Hoogte	Maaiveld	Hdef.	Functie	Cp	Ref. 31	Ref. 63	Ref. 125	Ref. 250	Ref. 500	Ref. 1k	Ref. 2k	Ref. 4k	Ref. 8k
1002	compressorgebouwen 04C tm 06C	11	5.5	Eigen waarde	Industriefunctie	0 dB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
1004	hoogspanningsgebouw	11	5.5	Eigen waarde	Industriefunctie	0 dB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
1005	hoofdgebouw	10	5.5	Eigen waarde		0 dB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
1006	koelwaterinlaatgebouw	7	5.5	Eigen waarde	Industriefunctie	0 dB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Bijlage

3. Rekenresultaten operationele fase

Porthos compressorstation

Variant Edisonbaai

Naam	Omschrijving	Hoogte	Dag	Avond	Nacht	Etmaal
G54661_A	Hoek van Holland WEST (ZIP 1)	5	8.2	8.2	8.2	18.2
G54662_A	Hoek van Holland OOST (ZIP 2)	5	3.6	3.6	3.6	13.6
G54663_A	Maassluis WEST (ZIP 3)	5	-6.4	-6.4	-6.4	3.6
G54664_A	Maassluis MIDDEN (ZIP 4)	5	-8.4	-8.4	-8.4	1.6
G54665_A	Maassluis OOST (ZIP 5)	5	-8.7	-8.7	-8.7	1.3
G54666_A	Rozenburg ZUID-WEST (ZIP 22)	5	-9.0	-9.0	-9.0	1.0
G54667_A	Rozenburg NOORD-WEST (ZIP 23)	5	-8.7	-8.7	-8.7	1.3
G54668_A	Brielle meeroever (ZIP 24)	5	-6.8	-6.8	-6.8	3.2
G54669_A	Kruiningergors (ZIP 25)	5	-2.8	-2.8	-2.8	7.2
G54670_A	Oostvoorne OOST (ZIP 26)	5	-1.9	-1.9	-1.9	8.1
G54671_A	Oostvoorne WEST (ZIP 27)	5	-1.1	-1.1	-1.1	9.0
G54672_A	Voornes-Duin (ZIP 28)	5	-2.9	-2.9	-2.9	7.1
G83635_A	Brielle woon (ZIP 30)	5	-7.0	-7.0	-7.0	3.0
G83636_A	Rozenburg West woon (ZIP 31)	5	-8.5	-8.5	-8.5	1.5
ZIP015a_A	woning Nieuw Oranjekanaal 15a	5	-1.7	-1.7	-1.7	8.3
ZIP024a_A	Oosterlandseweg 2 Brielle	5	-4.5	-4.5	-4.5	5.5

Variant Europaweg

Naam	Omschrijving	Hoogte	Dag	Avond	Nacht	Etmaal
G54661_A	Hoek van Holland WEST (ZIP 1)	5	5.3	5.3	5.3	15.3
G54662_A	Hoek van Holland OOST (ZIP 2)	5	1.0	1.0	1.0	11.0
G54663_A	Maassluis WEST (ZIP 3)	5	-6.7	-6.7	-6.7	3.3
G54664_A	Maassluis MIDDEN (ZIP 4)	5	-8.5	-8.5	-8.5	1.5
G54665_A	Maassluis OOST (ZIP 5)	5	-11.2	-11.2	-11.2	-1.2
G54666_A	Rozenburg ZUID-WEST (ZIP 22)	5	-11.8	-11.8	-11.8	-1.8
G54667_A	Rozenburg NOORD-WEST (ZIP 23)	5	-11.2	-11.2	-11.2	-1.2
G54668_A	Brielle meeroever (ZIP 24)	5	-11.2	-11.2	-11.2	-1.2
G54669_A	Kruiningergors (ZIP 25)	5	-7.8	-7.8	-7.8	2.2
G54670_A	Oostvoorne OOST (ZIP 26)	5	-4.4	-4.4	-4.4	5.6
G54671_A	Oostvoorne WEST (ZIP 27)	5	-3.2	-3.2	-3.2	6.8
G54672_A	Voornes-Duin (ZIP 28)	5	2.8	2.8	2.8	12.8
G83635_A	Brielle woon (ZIP 30)	5	-11.6	-11.6	-11.6	-1.6
G83636_A	Rozenburg West woon (ZIP 31)	5	-10.9	-10.9	-10.9	-0.9
ZIP015a_A	woning Nieuw Oranjekanaal 15a	5	-4.5	-4.5	-4.5	5.5
ZIP024a_A	Oosterlandseweg 2 Brielle	5	-7.2	-7.2	-7.2	2.8

Variant Aziëweg

Naam	Omschrijving	Hoogte	Dag	Avond	Nacht	Etmaal
G54661_A	Hoek van Holland WEST (ZIP 1)	5	10.4	10.4	10.4	20.4
G54662_A	Hoek van Holland OOST (ZIP 2)	5	5.2	5.2	5.2	15.2
G54663_A	Maassluis WEST (ZIP 3)	5	-5.1	-5.1	-5.1	4.9
G54664_A	Maassluis MIDDEN (ZIP 4)	5	-9.0	-9.0	-9.0	1.0
G54665_A	Maassluis OOST (ZIP 5)	5	-9.3	-9.3	-9.3	0.7
G54666_A	Rozenburg ZUID-WEST (ZIP 22)	5	-7.9	-7.9	-7.9	2.1
G54667_A	Rozenburg NOORD-WEST (ZIP 23)	5	-7.7	-7.7	-7.7	2.3
G54668_A	Brielle meeroever (ZIP 24)	5	-4.1	-4.1	-4.1	6.0
G54669_A	Kruiningergors (ZIP 25)	5	1.5	1.5	1.5	11.5
G54670_A	Oostvoorne OOST (ZIP 26)	5	3.0	3.0	3.0	13.0
G54671_A	Oostvoorne WEST (ZIP 27)	5	4.1	4.1	4.1	14.1
G54672_A	Voornes-Duin (ZIP 28)	5	1.6	1.6	1.6	11.6
G83635_A	Brielle woon (ZIP 30)	5	-4.2	-4.2	-4.2	5.8
G83636_A	Rozenburg West woon (ZIP 31)	5	-7.4	-7.4	-7.4	2.6
ZIP015a_A	woning Nieuw Oranjekanaal 15a	5	-0.7	-0.7	-0.7	9.3
ZIP024a_A	Oosterlandseweg 2 Brielle	5	-1.1	-1.1	-1.1	8.9



With its headquarters in Amersfoort, The Netherlands, Royal HaskoningDHV is an independent, international project management, engineering and consultancy service provider. Ranking globally in the top 10 of independently owned, nonlisted companies and top 40 overall, the Company's 6,000 staff provide services across the world from more than 100 offices in over 35 countries.

Our connections

Innovation is a collaborative process, which is why Royal HaskoningDHV works in association with clients, project partners, universities, government agencies, NGOs and many other organisations to develop and introduce new ways of living and working to enhance society together, now and in the future.

Memberships

Royal HaskoningDHV is a member of the recognised engineering and environmental bodies in those countries where it has a permanent office base.

All Royal HaskoningDHV consultants, architects and engineers are members of their individual branch organisations in their various countries.

Integrity

Royal HaskoningDHV is the first and only engineering consultancy with ETHIC Intelligence anti-corruption certificate since 2010.

