

# RAPPORT

## Laagfrequent geluid


MER Aramis CO2-transportinfrastructuur

Klant: Aramis

Referentie: ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2023

Status: Definitief/01

Datum: 9 februari 2024

	<b>CCS-ARAMIS Project</b>	
	<b>Environment Impact Assessment – Baseline report</b>	
	Document No.	ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2023
	Document title	Low frequency noise report
	Revision	Final 4.0

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35  
3818 EX Amersfoort  
Netherlands  
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: Laagfrequent geluid

Sub titel: MER Aramis CO2-transportinfrastructuur  
Referentie: ARM-PFE-B10-ENV-EIA-2023  
Status: 01/Definitief  
Datum: 9 februari 2024  
Projectnaam: MER CCS Aramis  
Projectnummer: BH8744-106-101

Classificatie

Projectgerelateerd

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

*Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.*

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1	Korte introductie van het Aramis initiatief	1
1.2	Korte introductie op het milieuthema laagfrequent geluid	3
1.2.1	Laagfrequent geluid	3
1.2.2	Relevante fases	3
1.2.3	Relevante milieuaspecten	3
1.3	Opbouw van het MER en dit deelrapport	4
<b>2</b>	<b>Beleid, wet- en regelgeving</b>	<b>5</b>
2.1	Vercammencurve en NSG-curve	5
2.2	Besluit bouwwerken leefomgeving	5
<b>3</b>	<b>Beschrijving onderzoeks- en beoordelingsmethodiek</b>	<b>6</b>
3.1	Onderzoeksmethodiek	6
3.2	Beoordelingsmethodiek	7
<b>4</b>	<b>Beschrijving referentiesituatie</b>	<b>8</b>
4.1	Huidige situatie	8
4.2	Referentiesituatie	8
<b>5</b>	<b>Milieueffecten gebruiksfase</b>	<b>10</b>
5.1	Uitgangspunten	10
5.2	Berekeningen	11
5.3	Effecten voorgenomen activiteit	13
5.4	Effectbeoordeling	13
<b>6</b>	<b>Milieueffecten aanleg en ontmanteling</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>Milieueffecten tijdens onderhoud en onvoorziene situaties</b>	<b>15</b>
<b>8</b>	<b>Milieueffecten buiten Aramis scope</b>	<b>16</b>
8.1	Afvang CO <sub>2</sub> voor Aramis initiatief	16
8.2	Aansluiting op Porthos-leiding en aanpassen kade	16
8.3	Periode na startfase en eerste uitbreiding	16

<b>9</b>	<b>Leemten in kennis</b>	<b>17</b>
<b>10</b>	<b>Samenvatting bevindingen en toetsing wet- en regelgeving</b>	<b>18</b>
<b>11</b>	<b>Literatuur</b>	<b>19</b>

## 1 Inleiding

Voor u ligt het detailrapport over laagfrequent geluid, onderdeel van het MER voor het Aramis initiatief.

Dit detailrapport heeft betrekking op het milieuthema laagfrequent geluid. De effecten van onder- en bovenwater geluid zullen elk in hun eigen detailrapport beschreven worden.

Dit detailrapport bevat een gedetailleerde beschrijving en beoordeling van de effecten van alle onderdelen van het Aramis initiatief, en een globale beschrijving en beoordeling van de effecten van onderdelen die niet tot het Aramis initiatief behoren, maar wel tot de CCS-keten.

### 1.1 Korte introductie van het Aramis initiatief

#### Integrale Aramis CCS-keten

Om de klimaatdoelstellingen te behalen, is er behoefte aan additionele transportinfrastructuur voor CO<sub>2</sub>, waarmee meerdere opslaglocaties op zee worden ontsloten voor verschillende industriële emissiebronnen. Het Aramis initiatief speelt in op die behoefte door een nieuwe integrale en open CCS-keten mogelijk te maken. Het Aramis initiatief vormt een onderdeel van deze CCS-keten en bestaat uit de aanleg en exploitatie van een open CO<sub>2</sub>-transportinfrastructuur. Het Aramis initiatief wordt in de rapportage dan ook wel aangeduid als Aramis CO<sub>2</sub>-transportinfrastructuur. Samen met de afvanginfrastructuur en opslaginstructuur vormt dit de integrale CCS keten met onderstaande samenhangende onderdelen (zie figuur 1-1).

#### CO<sub>2</sub>-afvanginfrastructuur

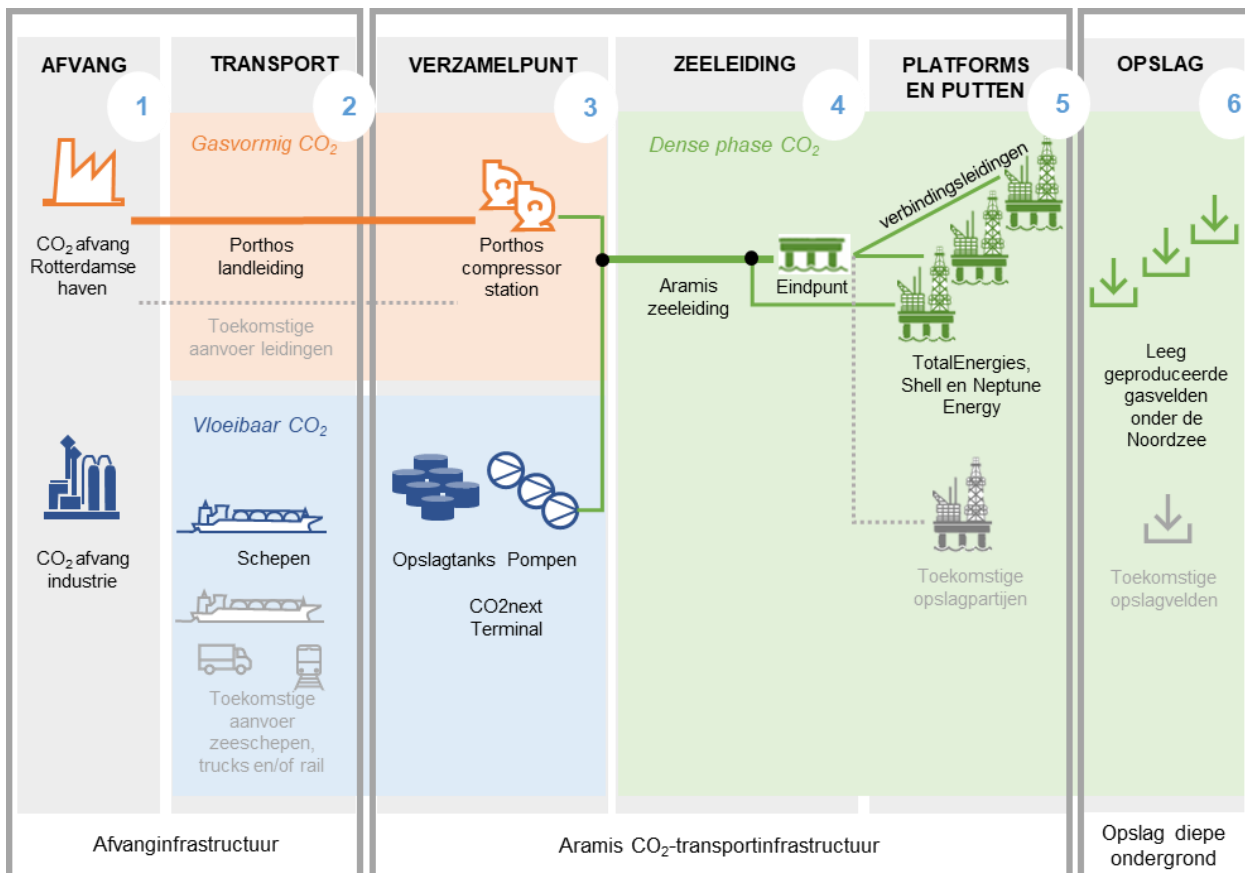
- 1 CO<sub>2</sub>-afvang bij industrie, en geschikt maken voor transport;
- 2 CO<sub>2</sub>-transport naar het verzamelpunt op de Maasvlakte, middels de Porthos landleiding of per schip;

#### CO<sub>2</sub>-transportinfrastructuur (Aramis initiatief)

- 3 CO<sub>2</sub>-verzamelpunt op de Maasvlakte met een compressorstation en een terminal.
  - Het compressorstation ontvangt gasvormig CO<sub>2</sub> dat aangevoerd wordt per landleiding (via de Porthos-landleiding) en brengt het op druk voor het transport per zeeleiding;
  - De terminal ontvangt vloeibaar CO<sub>2</sub> aangevoerd per schip. De terminal locatie bevat steigers, opslagtanks voor tijdelijke opslag van CO<sub>2</sub> en hogedrukpompen voor levering aan de zeeleiding. CO<sub>2</sub> uit het compressorstation en vanaf de terminal komen samen in de CO<sub>2</sub>-zeeleiding;
- 4 CO<sub>2</sub>-transport door de centrale CO<sub>2</sub>-zeeleiding naar het distributieplatform op de Noordzee. Dit platform is uitgerust met een verdeelstation voor toevoer van CO<sub>2</sub> naar de verschillende platforms. Er zijn tevens connectiepunten in de zeeleiding waar vandaan CO<sub>2</sub> aan platforms geleverd kan worden;
- 5 CO<sub>2</sub>-injectie: via verbindingsleidingen komt de CO<sub>2</sub> vanaf de zeeleiding bij injectieplatform. Middels putten bij deze platforms wordt CO<sub>2</sub> geïnjecteerd in leeg geproduceerde gasvelden in de diepe ondergrond van de Noordzee.

#### CO<sub>2</sub>-opslag diepe ondergrond

- 6 CO<sub>2</sub>-opslag: permanente CO<sub>2</sub> opslag in de diepe ondergrond.



Figuur 1-1. Overzicht van de integrale CCS-keten met daarin de componenten die onderdeel zijn van de voorgenomen activiteit, namelijk: transport per schip, terminal CO2next, uitbreiding compressorstation Porthos, zeeleiding met eindpunt en connectiepunten, aansluitleidingen en platforms

### Het Aramis initiatief

Het Aramis initiatief heeft als doel het verzamelpunt (onderdeel 3), de zeeleiding (onderdeel 4) en de injectie (onderdeel 5) te realiseren. Hiervoor wordt door het Aramis consortium (bestaande uit Shell, TotalEnergies, Gasunie en EBN) samengewerkt met CO2next (voor de terminal) en Porthos (voor het compressorstation). De opslag vindt plaats vanaf de platforms van Shell, TotalEnergies en Neptune Energy.

De afvang (onderdeel 1) en transport van CO<sub>2</sub> naar het verzamelpunt (onderdeel 2) vallen buiten het Aramis initiatief<sup>1</sup>. In het MER worden deze aspecten wel benoemd en op hoofdlijnen beschreven, omdat ze integraal onderdeel uitmaken van de integrale Aramis CCS keten.

De opslag in de diepe ondergrond (onderdeel 6) valt eveneens buiten het initiatief. Voor de diepe ondergrond gelden geen milieuregels. De mogelijke gevolgen van opslag in de diepe ondergrond wordt echter wel apart beschreven in het MER middels de deelrapporten opslag diepe ondergrond.

Bij de aanleg van Aramis wordt rekening gehouden met toekomstige uitbreiding met meer leveranciers van CO<sub>2</sub> en meer opslagpartijen. In eerste instantie wordt vergunning aangevraagd voor een startsituatie en de eerste uitbreidingssituatie. Dit wordt in het MER getoetst. Toekomstige initiatieven *na* de eerste uitbreidingssituatie behoren niet tot de vergunningaanvraag maar worden in het MER wel (globaal) beschreven.

<sup>1</sup> Een deel van de schepen die CO<sub>2</sub> leveren aan de terminal is afkomstig van Aramis-initiatiefnemers.

De ingebruikname verwachten de Aramis initiatiefnemers in 2028, waarbij tegelijk al de eerste activiteiten zoals beschreven in de eerste uitbreidings situatie kunnen starten. Voor het bereiken van de maximale doorvoercapaciteit is enkele jaren later als uitgangspunt in het MER aangehouden.

Een uitgebreide beschrijving van het Aramis initiatief is opgenomen in het deelrapport technische beschrijving en het samenvattend hoofdrapport MER (zie figuur 1-2).

## 1.2 Korte introductie op het milieuthema laagfrequent geluid

### 1.2.1 Laagfrequent geluid

Effecten van laagfrequent geluid treden op als gevolg van activiteiten tijdens de aanleg van de terminal en het compressorstations. Deze effecten kunnen ook optreden tijdens de gebruiksfase of bij calamiteiten. Beoordelingen van het laagfrequent geluid zijn uitgevoerd via een bureauonderzoek, waarbij gebruik is gemaakt van bestaande informatie.

### 1.2.2 Relevante fases

Het MER bestudeert die aspecten van een activiteit die de fysieke leefomgeving kunnen beïnvloeden. De milieueffecten van de alternatieven en varianten voor het milieuthema laagfrequent geluid worden beschreven. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de aanlegfase en gebruiksfase, en worden de mogelijke effecten van een incident beschreven; namelijk:

- Laagfrequent geluid ten gevolge van de installaties tijdens de gebruiksfase. Het onderzoek richt zich op het compressorstation en de terminal, op basis van ervaringen is geen laagfrequent geluid te verwachten dat afkomstig is van de platforms;
- Laagfrequent geluid ten gevolge van de bouw en aanleg van de zeeleiding en de installaties.

In de eerste fase van de m.e.r.-procedure voor het Aramis initiatief is afgebakend welke onderwerpen binnen dit thema relevant zijn om te onderzoeken en hoe. Dit is beschreven in de Notitie Reikwijdte en Detailniveau die 2 december 2022 definitief is vastgesteld door de Minister voor Klimaat en Energie.

### 1.2.3 Relevante milieuaspecten

Enkele voorgenomen activiteiten veroorzaken laagfrequent geluid. Na een beschrijving van het verschijnsel laagfrequent geluid en de bijbehorende normering komen deze activiteiten aan bod.

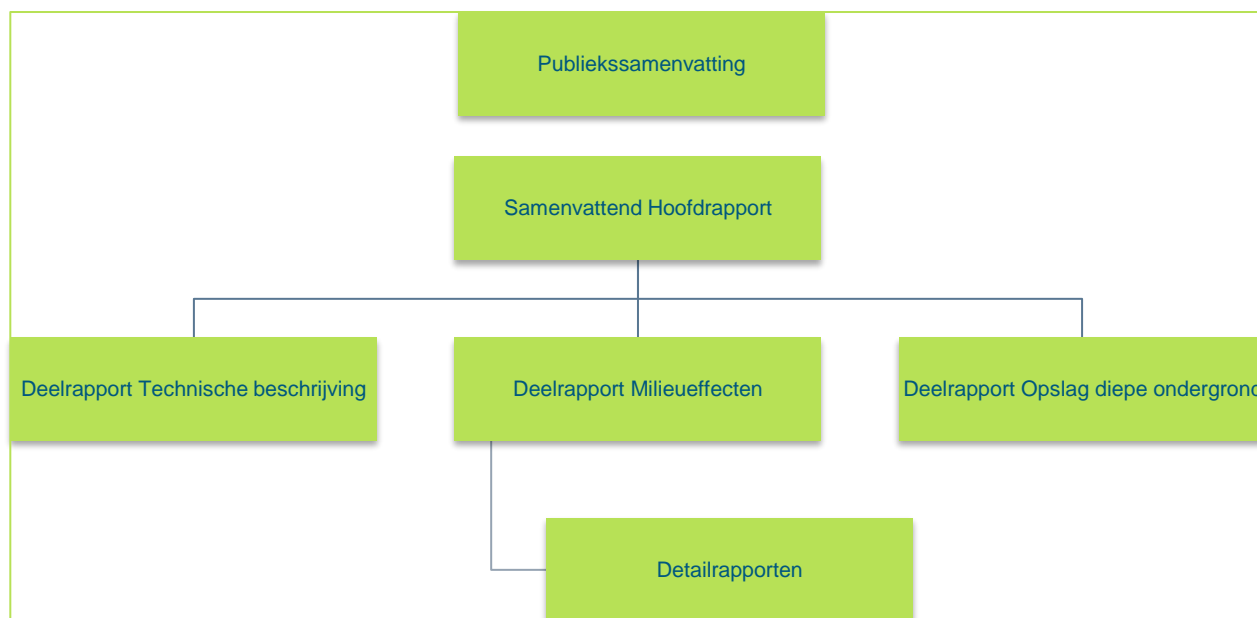
#### Laagfrequent geluid en normering

Het door de mens hoorbare geluid zijn luchtrillingen met een frequentie tussen circa 20 en 20.000 Hz. In het algemeen wordt onder laagfrequent geluid het geluid verstaan met een frequentie lager dan 125 Hz. Beneden 20 Hz spreekt men dan meestal over infrageluid. De gehoordrempel van de mens (de grens tussen het wel of niet horen van een geluid) is afhankelijk van de frequentie van het geluid. Des te lager de frequentie des te hoger de drempelwaarde. Infrageluid wordt door het grootste deel der mensen niet meer gehoord, maar het kan wel worden waargenomen. De wijze waarop verschilt van individu tot individu. Laagfrequent geluid wijkt qua eigenschappen en qua ervaren tot op zekere hoogte af van het 'normale geluid'. Zo wordt het horen van laagfrequent geluid al snel als hinderlijk ervaren. Om hinder te voorkomen zou men als grenswaarde de gehoordrempel kunnen gebruiken. Echter deze gehoordrempel verschilt nogal van individu tot individu. Sommige mensen horen voortdurend laagfrequent geluid terwijl andere mensen op dezelfde plaats niet weten waar men het over heeft. Ze horen het betreffende geluid niet. Ook fysisch verschilt laagfrequent geluid van het 'normale geluid'. Luchtdemping en bodemabsorptie vinden nauwelijks plaats; geluidwallen en -schermen hebben veel minder effect.

### 1.3 Opbouw van het MER en dit deelrapport

Voor het Aramis initiatief is een gecombineerd Plan-/ProjectMER opgesteld. Figuur 1-2 geeft de rapportagestructuur van het MER Aramis. Het MER bestaat uit een Samenvattend Hoofdrapport, voorzien van een Publiekssamenvatting. Ter onderbouwing van het Samenvattend Hoofdrapport zijn deelrapporten opgesteld. Dit betreft het deelrapport Technische beschrijving van Aramis, het deelrapport Milieueffecten met daarbij de onderliggende technische detailstudies en de deelrapporten Opslag diepe ondergrond. Doordat CO<sub>2</sub> in meerdere geologische voorkomens wordt opgeslagen, zijn er voor de opslag diepe ondergrond meerdere deelrapporten opgesteld.

Het voorliggende rapport is het detailrapport laagfrequent geluid. De bevindingen uit dit detailrapport zijn opgenomen in het Deelrapport Milieueffecten, en op hoofdlijnen in het Samenvattend Hoofdrapport.



Figuur 1-2 - Overzicht rapportagestructuur MER Aramis

#### Opbouw van dit detailrapport

Dit detailrapport beschrijft in het volgende hoofdstuk allereerst welk kader van beleid, wet- en regelgeving van toepassing is voor het thema laagfrequent geluid. Nadat in hoofdstuk 3 is toegelicht hoe het onderzoek is uitgevoerd en hoe de effecten zijn beoordeeld, beschrijft hoofdstuk 4 de referentiesituatie. De referentiesituatie is de situatie die ontstaat op grond van de huidige situatie en alle relevante autonome ontwikkelingen die verwacht worden in het studiegebied. Het dient veelal als vergelijkingsbasis voor het bepalen van de milieueffecten. In de dan volgende hoofdstukken (5, 6 en 7) worden de milieueffecten beschreven en beoordeeld, voor de gebruiksfase, tijdens de aanleg en ontmanteling, en tijdens onderhoudswerkzaamheden en onvoorziene situaties. Hoofdstuk 8 gaat op globaal niveau in op de effecten van alle ketenonderdelen die niet binnen de scope vallen van het Aramis initiatief, maar hier wel mee samenhangen. Hoofdstuk 9 geeft inzicht in de ontbrekende informatie voor het thema laagfrequent geluid. Tot slot bevat hoofdstuk 10 de samenvatting van bevindingen en de toetsing aan de wet- en regelgeving.



## 2 Beleid, wet- en regelgeving

Dit hoofdstuk beschrijft welk beleid en welke wet- en regelgeving relevant is voor het Aramis initiatief voor het thema laagfrequent geluid. Dit maakt duidelijk binnen welke randvoorwaarden het Aramis initiatief tot stand moet komen.

### 2.1 Vercammencurve en NSG-curve

Er is in Nederland geen algemeen geaccepteerd normstelsel voorhanden waarmee laagfrequente geluidhinder kan worden bestreden. Ook de Omgevingswet bevat geen normstelsel voor laagfrequent geluid.

In 1990 is er in opdracht van het ministerie van VROM een rapport samengesteld waarin normen worden voorgesteld die gehanteerd zouden kunnen worden bij vergunningverlening. In dit rapport werd door Vercammen een grenswaarde voorgesteld waarbij 3 tot 10% van de doorsnee bevolking hinder zou kunnen ondervinden. In het vervolg van dit hoofdstuk wordt de aan deze waarden gerelateerde curve de Vercammen 3-10%-curve genoemd [Vercammen, 'Criteria for low frequency noise', 19<sup>th</sup> International congress on Acoustics, Madrid, 2007]. Tot op heden heeft het ministerie geen standpunt bekend gemaakt met betrekking tot de voorgestelde normering. Althans niet zodanig dat dit geresulteerd heeft in een richtlijn.

In dit onderzoek vindt de beoordeling plaats aan de hand van de Vercammen 3-10%-curve, ter informatie hanteren we tevens de NSG-curve. De NSG-richtlijn is gebaseerd op de 90% gehoordrempel van doorsnee 55-jarigen. 90% van deze groep hoort de geluiden onder deze drempel niet. In deze richtlijn is geen relatie gelegd met de hinderbeleving.

### 2.2 Besluit bouwwerken leefomgeving

Het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) bevat in afdeling 7.1 regels over het uitvoeren van bouw- en sloopwerkzaamheden. De geluidimmissies op de gevels van geluidgevoelige bestemmingen vanwege bedrijfsmatige bouw- en sloopwerkzaamheden dienen te voldoen aan de dagwaarden en de bijbehorende maximale blootstellingsduur volgens artikel 7.17 (geluidhinder). Middels een maatwerkvoorschrift kan van (onder andere) de dagwaarden en de blootstellingsduur worden afgeweken als gebruik wordt gemaakt van de beste beschikbare stille technieken.

### 3 Beschrijving onderzoeks- en beoordelingsmethodiek

Dit hoofdstuk beschrijft de aanpak waarmee de milieueffecten worden bepaald en beoordeeld.

#### 3.1 Onderzoeksmethodiek

##### Algemeen

Wat betreft de geprognosticeerde geluidniveaus ter plaatse van geluidgevoelige bestemmingen richten we ons uitsluitend op de dichtstbij gelegen bebouwing. Waarneembaarheid van laagfrequent geluid relateren we aan de NSG-curve (Nederlandse Stichting Geluidshinder), hinderlijkheid door laagfrequent geluid inclusief de bijbehorende beoordeling beschouwen we ten opzichte van de genoemde Vercammencurve.

##### Normstelling

In het eerdergenoemde rapport van het Ministerie van VROM heeft Vercammen een grenswaarde voorgesteld waarbij 3 tot 10% van de doorsnee bevolking hinder zou kunnen ondervinden. In het vervolg van dit hoofdstuk wordt de aan deze waarden gerelateerde curve de Vercammen 3-10%-curve genoemd. De NSG-richtlijn is gebaseerd op de 90% gehoordrempel van doorsnee 55-jarigen. 90% van deze groep hoort de geluiden onder deze drempel niet. In deze richtlijn is geen relatie gelegd met de hinderbeleving. Vandaar dat er in het hogere deel van het laagfrequente gebied heel lage waarden voorkomen. Bij hogere frequenties leidt het kunnen waarnemen van het geluid minder snel tot hinder dan in het lagere deel van het laagfrequente geluidgebied.

De referentiewaarden volgens de curven voor hinderlijkheid en waarneembaarheid van laagfrequent geluid zijn in de tabellen 3-1 en 3-2 weergegeven. De bovenste rijen van de tabellen geven de middenfrequenties aan van het geluid uitgedrukt in tertsbanden. De tweede rijen bevatten de geluidniveaus die de curves voorstellen. De geluidwering standaard gevel geeft aan in welke mate de gevel de binnenruimte tegen geluid beschermt. Ten slotte geven de onderste rijen de (maximaal te verwachten) geluidniveaus aan de buitenzijde van de gevel bij geluidniveaus volgens de curves ofwel de 2<sup>e</sup> rijen.

Tabel 3-1: Referentiecurve voor laagfrequent geluid, Vercammen 3-10%-curve (continu geluid)

	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	Hz
Vercammen 3-10% (binnen)	86	82	77	70	65	59	55	50	46	42	39	36	dB
Geluidwering standaard gevel	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	dB
Vercammen 3-10% vertaald naar buiten voor de gevel	91	88	84	78	74	69	66	62	59	56	54	53	dB

Tabel 3-2: Referentiecurve voor laagfrequent geluid, NSG (continu geluid)

	20	25	31,5	40	50	63	80	100	Hz
NSG (binnen)	74	62	55	46	39	33	27	22	dB
Geluidwering standaard gevel	8	9	10	11	12	13	14	15	dB
NSG vertaald naar buiten voor de gevel	82	71	65	57	51	46	41	37	dB

In de berekeningen is uitgegaan van de gestandaardiseerde isolatiewaarde conform Vercammen. Deze gehanteerde geluidisolatie is gebaseerd op enerzijds metingen [Vercammen MLS, Heringa PH. Laagfrequent geluid; grenswaarden, overdracht en meten. Nijmegen: Adviesbureau Peutz & ass., 1990. Rapport R 548-13.1990] en anderzijds een theoretische benadering waarbij wordt uitgegaan van een 15 dB reductie van de standaard gevel bij 100 Hz en aflopend met 3 dB/octaaf naar de lagere frequentiebanden.

### 3.2 Beoordelingsmethodiek

In een milieueffectrapportage worden de milieueffecten van een voornemen in beeld gebracht en beoordeeld. De effecten bepalen we veelal door de toekomstige situatie die ontstaat door het voornemen te vergelijken met de situatie die ontstaat zonder het voornemen, ook wel de referentiesituatie genoemd. Aan het verschil tussen die twee situaties, het effect, wordt een kwalitatief oordeel toegekend. Op die manier worden de effecten voor alle relevante milieuthema's bepaald en beoordeeld.

Voor de realisatie van het compressorstation en de terminal geldt dat geluid in zowel de hoge frequenties als de lage frequenties in de omgeving per definitie zullen toenemen ten opzichte van de situatie zonder het compressorstation. Anderzijds zijn deze geluidsniveaus (tot op zekere hoogte) reeds ingecalculeerd ten tijde van de vaststelling van de geluidszone om het industrieterrein. Dit betekent dat de toename kan worden gezien als de omzetting van een reservering in een feitelijke invulling, die ook zonder het voornemen zou (kunnen) plaatsvinden in het kader van een andere ontwikkeling op het industrieterrein; zie verder paragraaf 4.2.

In het licht van de tweede alinea hierboven wordt het voornemen als licht negatief gewaardeerd indien het laagfrequente geluid toeneemt maar voldoet aan de genoemde Vercammen 3-10%-curve. De waardering is negatief als dat niet het geval is.

#### Algemene aanpak

Tabel 3-3 geeft de maatlat weer voor de effectbeoordeling van het Milieuthema Laagfrequent geluid.

Tabel 3-3 Maatlat effectbeoordeling laagfrequent geluid

Effect	Omschrijving	Operationalisering effectscores
+++	Sterk positief effect, groot van omvang en zodanig dat een overschrijding van normen wordt opgeheven	Permanente sterke afname geluid.
++	Positief effect, relatief groot of in een kritische periode of gebied	Permanente beperkte afname geluid.
+	Licht positief effect, relatief beperkt, tijdelijk of lokaal	Beperkte tijdelijke afname geluid.
0	Geen effect	Geen toename geluid
-	Licht negatief effect, relatief beperkt, tijdelijk of lokaal	Beperkte toename geluid binnen de Vercammen 3-10%-curve
--	Negatief effect, relatief groot of in een kritische periode of gebied, onderzoek mitigerende maatregelen nodig	Toename geluid deels buiten de Vercammen 3-10%-curve
---	Zeer negatief effect, zodanig dat milieueffect zonder mitigerende maatregelen buiten de normen van regelgeving en beleid valt	Teveel toename geluid
Nvt	Niet van toepassing	

## 4 Beschrijving referentiesituatie

In een milieueffectrapportage worden de milieueffecten van een voornemen in beeld gebracht en beoordeeld. De effecten bepalen we veelal voor de toekomstige situatie die ontstaat door het voornemen te vergelijken met de situatie die ontstaat zonder het voornemen, ook wel de referentiesituatie genoemd. Aan het verschil tussen die twee situaties, het effect, wordt een kwalitatief oordeel toegekend. Dit hoofdstuk beschrijft allereerst de huidige situatie voor het thema geluid. Vervolgens beschrijft het welke situatie ontstaat als gevolg van alle autonome ontwikkelingen; de referentiesituatie.

### 4.1 Huidige situatie

De huidige situatie is de situatie zonder de voorgenomen activiteit. De voorgenomen locaties van het compressorstation en de terminal liggen nog deels braak. Nabij de terminal bevinden zich al meerdere steigers. Bij een steiger bestaat een kans dat losactiviteiten laagfrequent geluid richting de omgeving veroorzaken. Afhankelijk van de vergunningensituatie wordt op korte termijn gestart met de bouw van het compressorstation ten behoeve van Porthos.

### 4.2 Referentiesituatie

In de referentiesituatie veroorzaken de volgende activiteiten en ontwikkelingen mogelijk een laagfrequente geluidemissie:

- 1 Afgemeerde (zee-)schepen;
- 2 Het manoeuvreren van (zee-)schepen ten behoeve van het afmeren;
- 3 Installaties samenhangend met het compressorstation van Porthos en de losactiviteiten bij de bestaande steigers nabij de toekomstige terminal.

#### Ad 1. Afgemeerde (zee-)schepen

De aan de kades gelegen schepen zijn vrijwel hun volledige ligduur aan het lossen. Hierbij is een lospomp in bedrijf die zich meestal onder in het schip bevindt. Deze lospomp heeft dan geen relevante geluidemissie richting de omgeving. De pomp zelf heeft een beperkt geluidvermogen. Veel belangrijker dan het boven- of benedendeks aanwezig zijn van pompen is het type aandrijving. Bij de schepen worden de pompen elektrisch aangedreven. Eén of meerdere generatoren verzorgen de stroomvoorziening van afgemeerde schepen, het elektrisch vermogen ten behoeve van de pompen is klein ten opzichte van de totale stroombehoefte van een afgemeerd schip. Dit betekent dat de geluidemissie vanwege in bedrijf zijnde generatoren ten behoeve van het lossen beperkt is. We beschouwen de generatoren inclusief de uitlaat als de meest relevante laagfrequente bron van een afgemeerd schip.

Naast elektrisch aangedreven pompen kunnen pompen in theorie ook zijn voorzien van een hydraulische aandrijving. De hydraulische aandrijving heeft een hogere geluidemissie. Onze ervaringen met geluidmetingen aan schepen is dat zeeschepen zowel breedbandig als laagfrequent, een hogere geluidemissie bezitten dan binnenvaartschepen. Bij het onderzoek naar laagfrequent geluid bij (de dichtstbij gelegen) woningen aan de rand van Hoek van Holland richten we ons dan ook op zeeschepen met multi-megawatt systemen. Rekentechnisch gaan we uit van een afgemeerd zeeschip met generatoren van in totaal 17 MW, het bijbehorende geluidvermogen is 138 dB in de tertsbanden van 40 en 50 Hertz.

**Ad 2. Het manoeuvreren van (zee-)schepen ten behoeve van het afmeren**

Het geluid van de scheepsmotoren behoort tot 'scheepsgeluid' en is niet toe te kennen aan de terminal locatie. Dit geluid wordt getoetst als indirecte hinder. Hierbij merken we op dat de duur van het manoeuvreren significant korter is dan de losduur en dat de onder punt 1 genoemde generatoren (geheel of grotendeels) ook tijdens het manoeuvreren in werking zijn.

Dit onderzoek naar laagfrequent geluid is gebaseerd op situaties waarin door DCMR-geluidmetingen zijn verricht aan meerdere afgemeerde schepen met generatoren tot 17 MW. Voor de omgeving was ten tijde van de geluidmetingen sprake van overmatige overlast door laagfrequent geluid. De uitlaat van de hoofdmotor is bij moderne schepen voorzien van een geluiddemper. Tijdens manoeuvreren is het geluidvermogen van de uitlaat van de hoofdmotor lager dan het geluidvermogen van de 17 MW-generatoren. Een en ander volgens de publicatie 'Noise from ships in ports, Possibilities for noise reduction' Environmental Project No. 1330 2010 Miljøprojekt. Het is daarom reëel om ervan uit te gaan dat de activiteiten van Aramis nooit leiden tot meer laagfrequent geluid dan onder punt 1 is beschreven.

**Ad 3. Installaties**

Door TNO is uitgebreid onderzoek gedaan naar de overdracht van laagfrequent geluid van classeerinstallaties op een ponton ten behoeve van grindwinning (ook grindwinschepen genoemd).

Het voornoemde onderzoek gaat om classeerinstallaties. De installaties in de referentiesituatie betreffen het compressorstation van Porthos en de installaties samenhangend met de (los-)activiteiten bij de bestaande steigers nabij de terminal. Het bronniveau van de classeerinstallaties kan als bovengrens worden gezien voor de laagfrequente geluidemissie van de genoemde gezamenlijke installaties in de referentiesituatie. Gegevens over de geluidemissie zijn ontleend aan de rapportage 'LF-geluid en trillingen in woningen ten gevolge van grindwinning door grindwinschepen' rapportnr. 2003-CI-R0001. Het geluidvermogen in de tertsband van 12,5 Hertz is hierin vastgesteld op 132 dB, ook treden boventonen op bij onder andere 25 en 50 Hz. De laagfrequente bron bevindt zich rekentechnisch gezien aan de oostzijde van de terminal. Uitgaande van deze oostelijke bronpositie is door ons de laagfrequente bijdrage te Hoek van Holland berekend, zie paragraaf 5.2 voor de rekenresultaten.

We achten het onderzoeken van laagfrequent geluid op basis van de resultaten van het door TNO verrichte onderzoek, gezien de overeenkomsten in laagfrequente bijdragen, zinvol.

## 5 Milieueffecten gebruiksfase

Dit hoofdstuk gaat in op de effecten op het thema laagfrequent geluid, zoals die verwacht wordt tijdens het gebruik van het compressorstation en de terminal. Voor het milieuthema laagfrequent geluid zijn de maatgevende effecten bij de startfase en de eerste uitbreidingsfase identiek. Tevens bevat het hoofdstuk een doorkijk naar de effecten die verwacht worden bij de uiteindelijke maximale doorvoercapaciteit.

### 5.1 Uitgangspunten

In de gebruiksfase kan laagfrequent geluid worden veroorzaakt door het compressorstation en de terminal. Als uitgangspunt geldt dat de (zee-)schepen bij de terminal als bron potentieel luider zijn dan het deels inpandig opgestelde zestal compressoren (5 stuks compressoren in werking en 1 compressor als backup). De kans op laagfrequente geluiduitstraling naar de omgeving is bij de terminal dan ook groter dan bij het compressorstation.

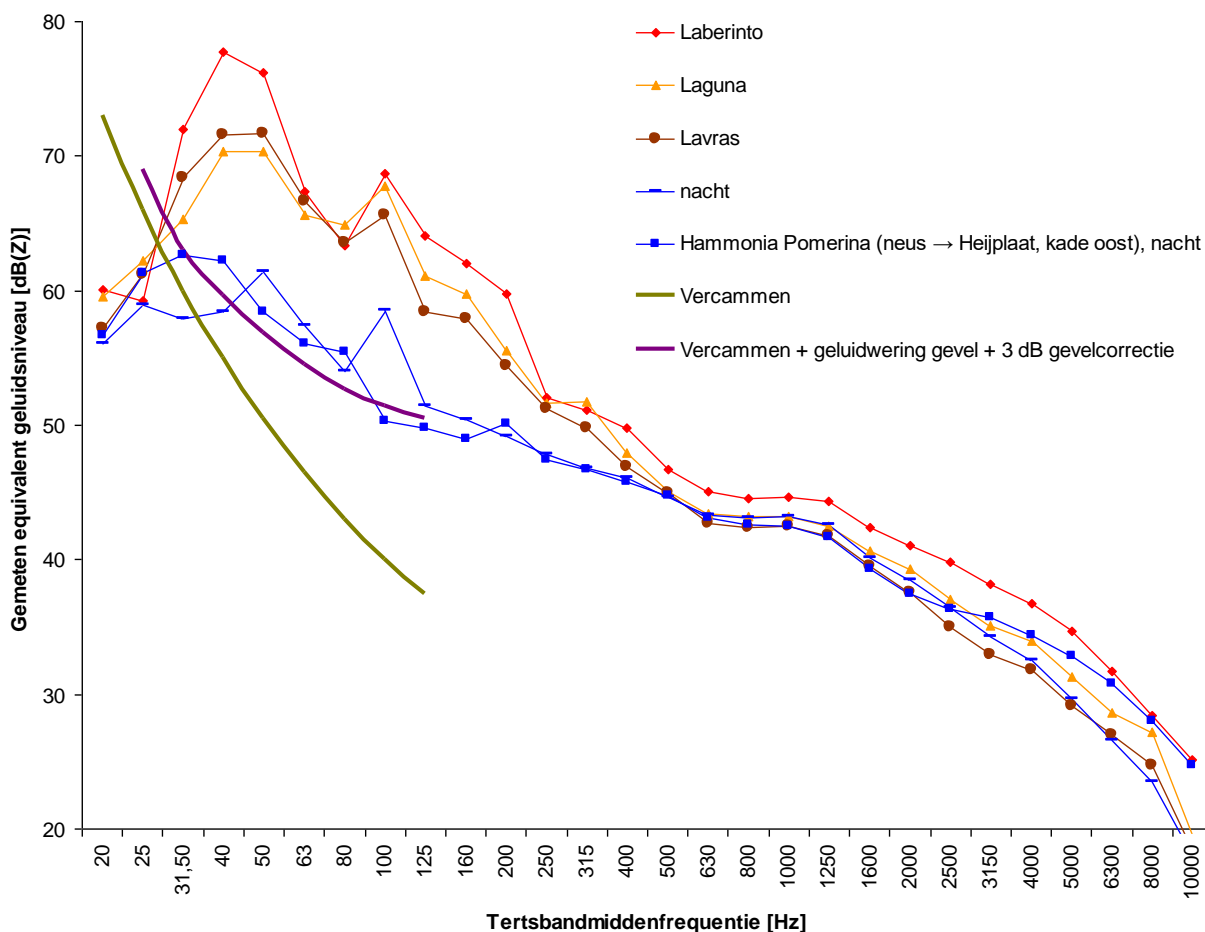
De worst case situatie in de gebruiksfase is daarom gebaseerd op afgemeerde (zee-)schepen. Als maat voor laagfrequent geluid van afgemeerde (zee-)schepen hanteren we een bijzonder luide situatie die in het verleden in het Rijnmondgebied is opgetreden. Het betrof een overlast veroorzakend afgemeerd containerschip waaraan laagfrequent geluidmetingen zijn verricht. De kans dat een afgemeerd (zee-)schip laagfrequent geluid produceert, is klein. De kans dat tegelijkertijd twee of meer (zee-)schepen bijzonder luid en tevens vergelijkbaar luid zijn, zodat cumulatie van geluid kan optreden, is verwaarloosbaar klein. De worst case situatie Aramis, die de terminal en het compressorstation representeert, bestaat daarom uit één afgemeerd (zee-)schip dat is beladen met een groot aantal koelcontainers, dat zeer veel laagfrequent geluid uitstraalt. De worst case situatie voor laagfrequent geluid is daarmee in de startfase en in de eerste uitbreidingsfase identiek.

#### Maatgevende situatie

In 2014 is door de milieudienst DCMR een onderzoek uitgevoerd naar het geluid van containerschepen die regelmatig in de Rotterdamse haven liggen afgemeerd. Zie het meetrapport d.d. 8 dec. 2014 met nr. 21855890 (verder genoemd de meetrapportage). Het gaat hierbij om geluidmetingen aan containerschepen met afmetingen van globaal 300 x 45 meter. Deze meetresultaten hanteren we ter berekening van de worst case situatie Aramis.

De notitie 21919473 'Laagfrequent geluid van containerschepen in de Waalhaven' d.d. 4 maart 2015 verwijst naar de meetrapportage en stelt dat: 'Uit het meetrapport blijkt dat overmatige overlast wordt ondervonden in de situatie dat de uitlaat op circa 500 meter afstand van de woning ligt (schip omgekeerd, westelijk afgemeerd). En dat de aanwezigheid van een overlastgevend schip niet is opgemerkt toen de uitlaat op 900 meter afstand van de woning lag (schip omgekeerd, oostelijk afgemeerd)'. In de onderstaande figuur zijn de gemeten geluidniveaus in tertsen bij de woning Heysedijk 19 opgenomen.

Overmatige overlast door laagfrequent geluid werd ondervonden bij de zeeschepen de Laberinto, de Laguna en de Lavras. De spectra van het voornoemde drietal zeeschepen hanteren we in het onderhavige onderzoek om laagfrequent geluid aan de rand van Hoek van Holland op minimaal 2.500 meter van het initiatief te onderzoeken. De genoemde 2.500 meter betreft de afstand tussen de mogelijk laagfrequente bron oostelijk op de terminal en het adres Zeekant 241 te Hoek van Holland. Dit doen we door met een inverse overdrachtsberekening het geluidvermogen in tertsen aan de bronzijde te berekenen gevolgd door een berekening van de overdrachtsweg tussen bron en ontvanger (te Hoek van Holland). Hierbij maken we gebruik van het Geomilieu-rekenmodel, dat ook voor de realisatie- en gebruiksfase van de terminal is gehanteerd.



Figuur 5-1 Geluidniveaus gemeten 2 meter voor de gevel Heysedijk 19 op 5 meter hoogte

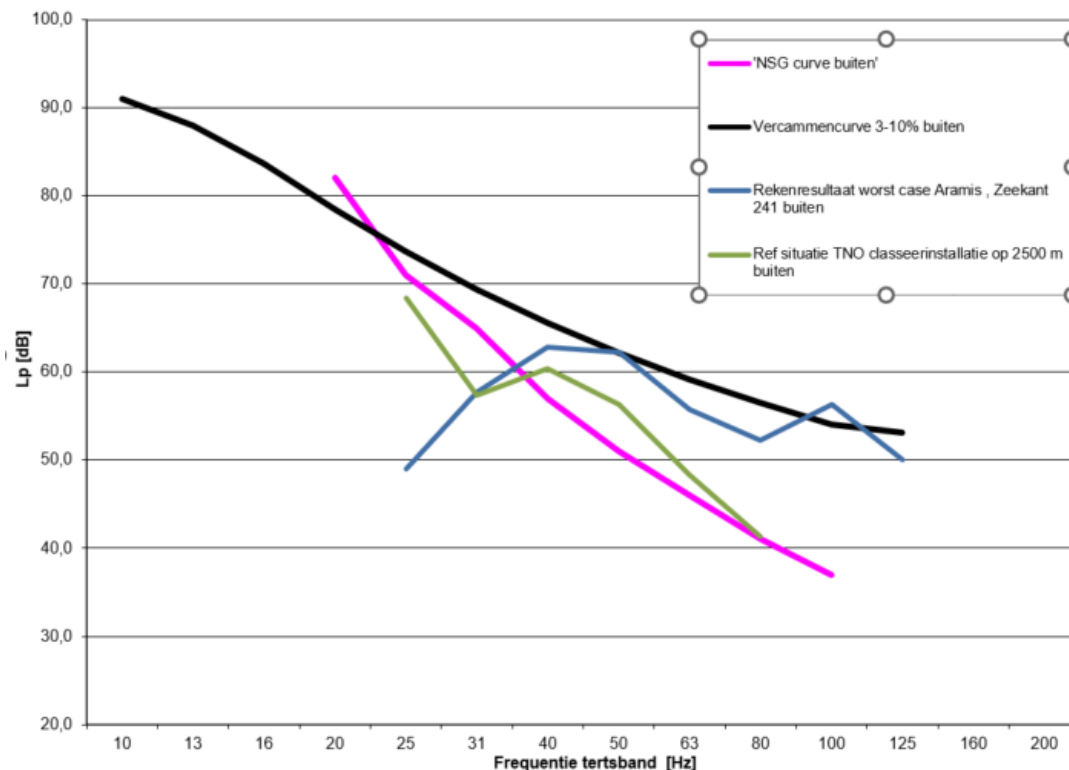
**Aanname**

Als worst case uitgangspunt kiezen we op grond van de bovenstaande feiten voor het hanteren van de meetresultaten volgens de meetrapportage in combinatie met een afstand (tot de dichtstbij gelegen woning) van 500 meter.

**5.2 Berekeningen**

Bij het berekenen van de te verwachten laagfrequente geluidniveaus in de referentiesituatie en de worst case situatie Aramis is onder andere gebruik gemaakt van de meetresultaten van DCMR die inclusief gevelreflectie zijn verricht. Om een uitspraak te kunnen doen over woningen in algemene zin op afstanden van 2.500 meter hebben we gekozen voor het berekenen en beoordelen van LF-geluid buiten voor de gevel. De NSG-curve en de Vercammencurve zijn daarom bewerkt voor het gebruik in posities voor de gevel. Figuur 5-2 geeft de rekenresultaten van de referentiesituatie (groene lijn) en de worst case situatie Aramis (blauwe lijn) ten opzichte van de genoemde curves.

Grafiek 1: Prognose LF geluid ter plaatse van adres Zeekant 241 aan de rand van Hoek van Holland. De afstand van het compressorstation en de terminal tot Zeekant 241 is minimaal 2500 meter.



Figuur 5-2 Prognose LF-geluid ter plaatse van Zeekant aan de rand van Hoek van Holland. De kortste afstand van een mogelijke LFG bron tot de woning Zeekant 241 is ca. 2.500 meter.

In de inleiding noemden we het door TNO verrichte onderzoek naar laagfrequent geluid vanwege de classeerinstallaties bij grindwinning. Door de bron, die wordt beschreven in de TNO-studie, op de kortst mogelijke afstand tot woonbestemmingen te projecteren is de laagfrequente bijdrage te Hoek van Holland berekend, zie ook bijlage 1.

De voornoemde rapportage 'LF-geluid en trillingen in woningen ten gevolge van grindwinning door grindwinschepen' nr. 2003-CI-R0001 geeft op de pagina's 76 t/m 80 de vastgestelde geluidniveaus binnen een woning. De gepresenteerde geluiddrukkniveaus betreffen woningen gelegen op een afstand van 150 tot 1.200 meter van de geluidbron. We merken op dat grotere afstanden dan 1.200 meter vanaf de bron niet in de rapportage nr. 2003-CI-R0001 voorkomen. In Hoek van Holland is de afstand tot de bron echter groter, namelijk 2.500 meter. Ter berekening van de afname in het bereik van 1.200 tot 2.500 meter hanteren we het rekenprogramma Geomilieu. Dit programma verschaft informatie in de octaafbanden van 31,5 en 63 Hz. De bijbehorende afname is circa 5 á 6 dB over het genoemde frequentiebereik. We benutten deze informatie ter berekening van de afname in de tertsen van 25 tot en met 80 Hz, zie bijlage 1. Na sommatie met de geluidwering van de gevel volgens paragraaf 3.2 leidt dit tot het geluidniveau in tertsen buiten voor de gevel op 2500 meter van de bron. Het rekenresultaat is in groen in figuur 5-2 weergegeven.



### 5.3 Effecten voorgenomen activiteit

Wat betreft de geprognosticeerde geluidniveaus ter plaatse van geluidgevoelige bestemmingen richten we ons uitsluitend op de woonbebouwing die zich in noordelijke richting van de terminal bevindt in de gemeente Hoek van Holland. Waarneembaarheid van laagfrequent geluid relateren we aan de NSG-curve, de beoordeling betreft uitsluitend de hinderlijkheid door laagfrequent geluid, hiervoor hanteren we de Vercammencurve 3-10%.

De onderzochte situatie bestaat uit de zogenoemde 'worst case situatie Aramis' conform paragraaf 5.1. Uitgaande van de geformuleerde uitgangspunten, behorend bij bronnen met extreem grote laagfrequente bijdragen, wordt de 3-10%-hindercurve van Vercammen (nagenoeg) gerespecteerd. De NSG-referentiecurve wordt alleen boven de 40 Hz tertsbands overschreden.

De voorgenomen activiteiten van Aramis veroorzaken nooit meer laagfrequent geluid dan de bovengenoemde onderzochte worst case situatie. Dat de verwachte laagfrequente bijdragen in de gemeente Hoek van Holland lager zullen zijn dan de berekende curve (in blauw) in figuur 5-2 komt omdat:

- De kortste afstand van de bedrijfsoppervlakte van het compressorstation en de terminal tot Hoek van Holland is in de berekeningen gehanteerd, de overige posities binnen deze bedrijfsoppervlakte bevinden zich verder van de woonomgeving. Dit geldt ook voor het alternatief waarin de gehele terminal meer westelijk en dus verder van woonbebouwing af is geprojecteerd;
- Het aantal gelijktijdig afgemeerde (zee-)schepen is beperkt tot enkele stuks, het gezamenlijke aanwezige generatorenvermogen van afgemeerde zeeschepen zal in de praktijk lager zijn dan 17 MW behorend bij de worst case situatie Aramis. Een lager wattage leidt normaliter tot minder laagfrequent geluid.

#### Conclusie

De rekenresultaten laten zien dat het laagfrequent geluid van alle voorgenomen installaties en de (zee-)schepen die bij de CO2Next terminal afmeren in de woningen van Hoek van Holland hoorbaar kan zijn. Enige geluidhinder is hierdoor niet uit te sluiten. Omdat de worst case rekenresultaten vrijwel geheel voldoen aan de Vercammencurve en de verwachte bijdragen van laagfrequent geluid vanwege het initiatief lager zullen zijn dan de berekende worst case situatie, stellen we dat de omvang van de hinder voldoende beperkt blijft.

### 5.4 Effectbeoordeling

Het verschil tussen laagfrequent geluid in de referentiesituatie en de gebruiksfase is klein. Zowel de referentiesituatie als de gebruiksfase voldoen aan de grenswaarden (Vercammencurve). Het voornemen wordt als licht negatief gewaardeerd.

## 6 Milieueffecten aanleg en ontmanteling

**Dit hoofdstuk gaat in op de effecten op het thema laagfrequent geluid, zoals die verwacht worden tijdens de aanleg en de ontmanteling van het compressorstation en de terminal. Op basis van ervaringen zijn platforms en het aanleggen van de pijpleiding geen relevante bronnen.**

De uit akoestisch oogpunt maatgevende activiteiten in verband met de aanleg en ontmanteling van het compressorstation en de terminal betreffen heiwerkzaamheden van palen en damwanden in de aanlegfase. Een traditionele heistelling heeft een bronsterkte van circa 135 dB(A), daarmee is de heistelling de luidste geluidbron ten tijde van de aanleg en ontmanteling. Tijdens de aanlegfase van de transportleiding valt er ook een paar dagen tot weken laagfrequent geluid te verwachten van de tijdelijke mobiele compressoren.

De dichtstbijzijnde woningen bevinden zich op een afstand van circa 3,5 km van het compressorstation. Dit betekent dat door geometrische uitbreiding van geluid en luchtabsorptie het bij de betreffende woningen optredende langtijdgemiddelde beoordelingsniveau lager zal zijn dan 60 dB(A), ook indien er meerdere heistellingen worden ingezet en rekening wordt gehouden met het impulsachtige karakter van het geluid.

Hieruit kan worden geconcludeerd dat het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau ten gevolge van alle bouw- en sloopactiviteiten (ruimschoots) zal voldoen aan de grenswaarde van 60 dB(A) uit het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl). Wel is maatwerk op grond van het Bbl nodig indien de betreffende activiteiten plaatsvinden tussen 19:00 en 07:00 uur en/of op zondag dan wel op feestdagen. In dat geval kan, afhankelijk van de aard van de werkzaamheden, een nadere akoestische onderbouwing noodzakelijk zijn.

Ten tijde van de aanleg, testen en ontmanteling zijn het compressorstation en de terminal niet in gebruik. De maatgevende bronnen bestaan dan uit bouwmachines en tijdens testen uit onder meer een mobiele compressor. We veronderstellen op grond van ervaringen met grootschalige bouwprojecten dat laagfrequent geluid dan geen rol van betekenis speelt.

## 7 Milieueffecten tijdens onderhoud en onvoorziene situaties

Dit hoofdstuk gaat in op de effecten die te verwachten zijn tijdens onderhoudswerkzaamheden en onvoorziene situaties.

Tijdens het opstarten of uit bedrijf nemen van de installaties zijn geen afwijkende geluidsniveaus te verwachten. Wel kunnen kortstondige verhogingen van de door de installaties veroorzaakte geluidsniveaus optreden wanneer de noodstroomgenerator van de CO2Next terminal wordt getest (eens per maand) of de compressoren door een storing uitvallen en druk wordt afgelaten via het drukaflaatsysteem. Alleen dit laatste geluid zou bij de dichtstbijzijnde woningen waarneembaar kunnen zijn.

## 8 Milieueffecten buiten Aramis scope

Zoals eerder beschreven behoren sommige CCS-ketenonderdelen niet tot het Aramis initiatief. Het is belangrijk om van deze onderdelen op hoofdlijnen wel de milieugevolgen in beeld te brengen. Het betreft immers effecten die mede via het Aramis initiatief ontstaan. Door de effecten van deze onderdelen ook te beschouwen ontstaat een beeld van de gevolgen van de totale CCS keten. Omdat deze onderdelen niet door de Aramis initiatiefnemers worden ondernomen en omdat hierover slechts beperkt informatie beschikbaar is, worden deze milieugevolgen slechts op globaal niveau beschouwd.

### 8.1 Afvang CO<sub>2</sub> voor Aramis initiatief

De bedrijven die CO<sub>2</sub> gaan leveren in het kader van het Aramis initiatief hebben waarschijnlijk een omgevingsvergunning nodig voor de verandering van hun inrichting (uitbreiding met een afvanginstallatie en een compressor). Het effect hiervan op de geluidsuitstraling is niet op voorhand te kwantificeren en is sterk afhankelijk van de gebruikte afvangtechniek alsmede bedrijfs- en locatiespecifieke omstandigheden.

### 8.2 Aansluiting op Porthos-leiding en aanpassen kade

We gaan ervan uit dat emitters of aansluiten op de Porthos landleiding of via schepen hun CO<sub>2</sub> naar CO<sub>2</sub>next transporteren.

#### Aansluiten op Porthos leiding

Voor aansluitleidingen is in dit kader alleen de aanleg potentieel akoestisch relevant. De belangrijkste activiteit is het ingraven van de leiding, waarbij mobiele kranen met graafbakken en boormotoren de meest relevante geluidsbronnen zijn. De als gevolg hiervan optredende langtijdgemiddelde beoordelingsniveaus zullen naar verwachting voldoen aan de van toepassing zijnde grenswaarden uit het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl).

#### Aanpassen kade

Bij de leveranciers worden mogelijk damwanden aangebracht. Hierbij kan gedacht worden aan het verstevigen van een kade bij een emitter en aan damwanden samenhangend met het plaatsen van een nieuwe steiger. Een kraan met trilblok en hulpkraan worden dan ingezet. Als we ervan uitgaan dat deze activiteit per locatie niet meer dan enkele dagen in beslag neemt, zullen ook de als gevolg hiervan optredende langtijdgemiddelde beoordelingsniveaus in de omgeving naar verwachting voldoen aan de van toepassing zijnde grenswaarde volgens het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl).

Volledigheidshalve wordt hierbij aangetekend dat bouw- en sloopwerkzaamheden niet zonder maatwerkvoorschrift mogen plaatsvinden tussen 19:00 en 07:00 uur en/of op zondagen dan wel op feestdagen.

### 8.3 Periode na startfase en eerste uitbreiding

Toekomstige initiatieven na de eerste uitbreiding kunnen extra pompen op de terminal en extra aanlegsteigers betekenen. De kans dat afgemeerde (zee-)schepen laagfrequent geluid produceren is klein. De kans dat meerdere (zee-)schepen vergelijkbaar luid laagfrequent geluid veroorzaken, met relevante cumulatie tot gevolg, is verwaarloosbaar klein. Verder zijn schepen qua eventuele laagfrequente geluiduitstraling veel luider dan bijvoorbeeld kleinere installaties met geringere elektrische vermogens (al dan niet omkast of in pandig opgesteld). Extra pompen zijn voor het aspect laagfrequent geluid dan ook niet bepalend. De onderzochte worst case situatie samenhangend met de startfase en de eerste uitbreiding is daarom ook geschikt als maatgevende situatie in de periode na de vergunning.

## 9 Leemten in kennis

**Dit beschrijft de leemten in kennis voor de besluitvorming over het Aramis initiatief.**

De voor deze studie aangehouden terreinindeling en installaties geven een indicatie van de te realiseren situatie. De gebruikte gegevens zijn gebaseerd op kengetallen, eigen ervaring en informatie van leveranciers. Hoewel de onderdelen van het Aramis initiatief in dit stadium onvoldoende zijn uitgewerkt om een betere inschatting te maken, zijn de betreffende gegevens op zichzelf realistisch.

## 10 Samenvatting bevindingen en toetsing wet- en regelgeving

### *Gebruiksfase*

Het verschil tussen laagfrequent geluid in de referentiesituatie en de gebruiksfase is klein. Zowel de referentiesituatie als de gebruiksfase voldoen aan de grenswaarden (Vercammencurve). Een toename van activiteiten leidt tot (een grotere kans op) meer laagfrequent geluid. Het voornemen wordt als licht negatief gewaardeerd.

### *Aanleg en ontmanteling*

Ten tijde van de aanleg, testen en ontmanteling zijn het compressorstation en de terminal niet in gebruik. De maatgevende bronnen bestaan dan uit bouwmachines en tijdens testen uit onder meer een mobiele compressor. We veronderstellen op grond van ervaringen met grootschalige bouwprojecten dat laagfrequent geluid dan geen rol van betekenis speelt.

### *Onderhoud en onvoorziene situaties*

Tijdens het opstarten of uit bedrijf nemen van de installaties zijn geen afwijkende geluidsniveaus te verwachten. Wel kunnen kortstondige verhogingen van de door de installaties veroorzaakte geluidsniveaus optreden wanneer de noodstroomgenerator van de CO2Next terminal wordt getest (eens per maand) of de compressoren door een storing uitvallen en druk wordt afgelaten via het drukaflaatsysteem. Alleen dit laatste geluid zou bij de dichtstbijzijnde woningen waarneembaar kunnen zijn.

### *Werkzaamheden buiten de Aramis scope*

De bedrijven die CO<sub>2</sub> gaan leveren in het kader van het Aramis initiatief zullen een afvanginstallatie en een compressor gaan installeren. Het effect hiervan op de geluidsuitstraling is niet op voorhand te kwantificeren en is sterk afhankelijk van de afvangtechniek alsmede bedrijfs- en locatiespecifieke omstandigheden. Het aansluiten op de Porthosleiding en het eventueel aanpassen van kades vereist bouw materieel, zoals kranen en een trilblok ter realisatie van damwanden. Deze werkzaamheden zijn kortdurend. Als we ervan uitgaan dat deze activiteit per locatie niet meer dan enkele dagen in beslag neemt, zullen ook de als gevolg hiervan optredende geluidsniveaus in de omgeving naar verwachting voldoen aan de van toepassing zijnde grenswaarde volgens het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl).

## 11 Literatuur

- 'LF-geluid en trillingen in woningen ten gevolge van grindwinning door grindwinschepen' rapportnr. 2003-CI-R0001
- meetrapport d.d. 8 dec. 2014, notitie 21855890
- 'Laagfrequent geluid van containerschepen in de Waalhaven' d.d. 4 maart 2015, notitie 21919473



## **Appendix 1**

### **Berekeningen LFG, worst case situaties**

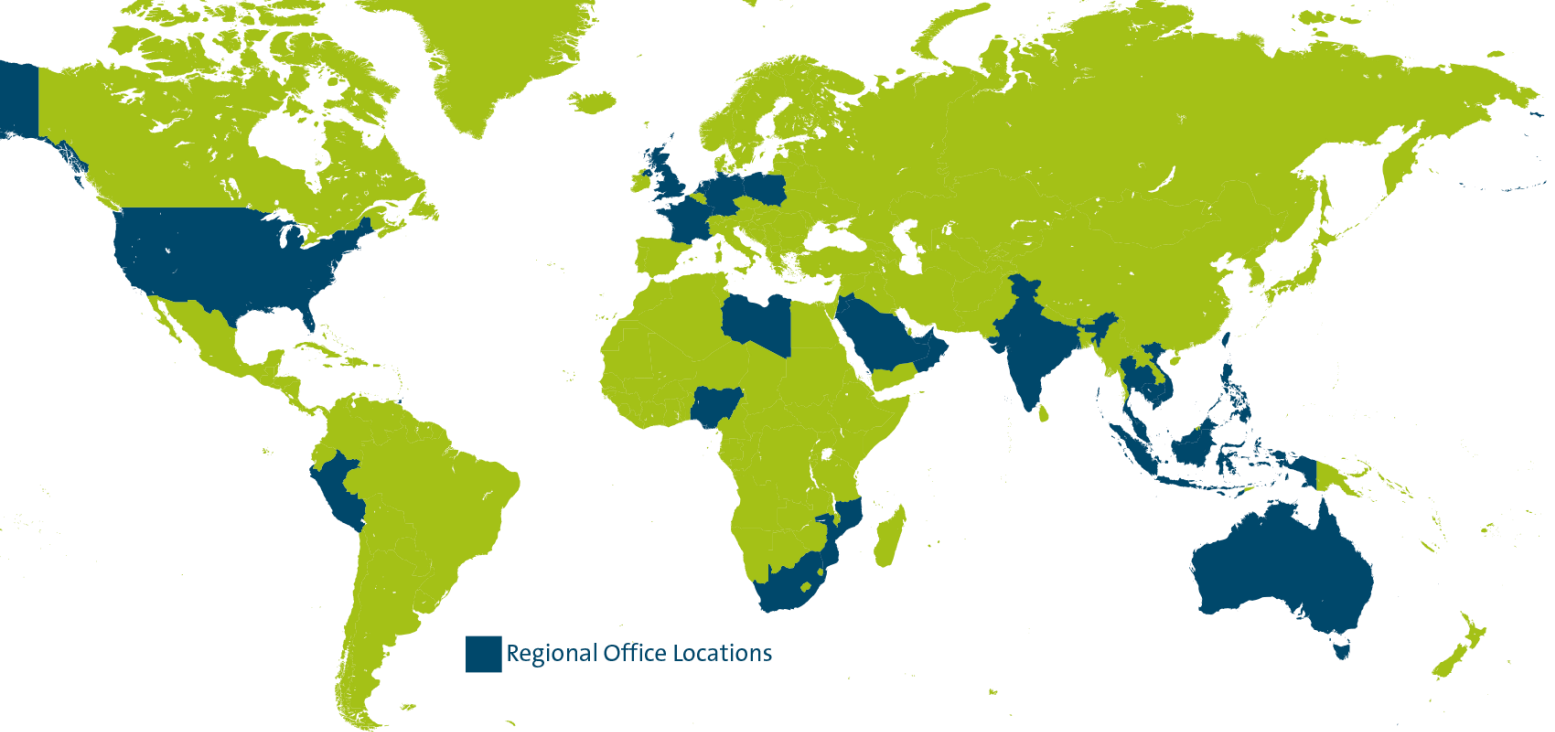


**1.1 Worst case situatie**

Meetresultaten DCMR 2014 op 500 m van zeekeade				Geomilieu		Worst case situatie				Resultaat			
Tertsen Freq in Hz	Worst case overmatige overlast		Lag una	Gemiddelde Immis-sie Worst case	Gemiddelde immissie dB octaaf	Overdrachts-verlies obv 500m in dB octaaf	Bron-spectrum dB tertsen	Logsum octaaf	dBlin Resultaat 2500 m	AFNAME	AFNAME	TERTS	
	dB	dB	dB										
20	60	58	60	59,4									
25	59	61	62	60,8		63,6	124,4			75,4		49,0	
31,5	72	69	65	69,5	75,9	63,6	63,6	133,1	139,5	64,1	75,4	75,4	57,7
40	78	71	70	74,6			63,6	138,2				75,4	62,8
50	76	72	70	73,4			64,7	138,1				75,8	62,3
63	68	67	65	66,8	74,6	64,7	64,7	131,5	139,3	63,5	75,8	75,8	55,7
80	63	63	64	63,4			64,7	128,1				75,8	52,3
100	69	65	68	67,6			72,7	140,3				84	56,3
125	63	59	61	61,3	68,5	72,7	72,7	134,0	141,3	57,3	84,0	84	50,0
							72,7	122,0					

**1.2 TNO studie**

Geomilieu afname 1200-2500m: 31,5Hz - 5 dB en bij hogere tertsen -6 dB			
M.b.v. TNO-studie 2003-CI_R0001 & HMRI			
Lp binnen [dB]		-5 dB HMRI 1200->2500m	
1200m	2500m	Gevelwering in [dB]	Lp 2500m buiten [dB]
65 (25 Hz)	59,4	9	68,4
53 (31,5 Hz)	47,4	10	57,4
55 (40 Hz)	49,4	11	60,4
50 (50 Hz)	44,3	12	56,3
41 (63 Hz)	35,3	13	48,3
33 (80 Hz)	27,3	14	41,3



Royal HaskoningDHV is een onafhankelijk internationaal advies- en ingenieursbureau. We combineren 140 jaar engineering- en ontwerpexpertise met consultancy, software en technology diensten. We leveren hiermee toegevoegde waarde voor klanten en hebben een positieve impact op mensen en onze leefomgeving. Dat is onze drijfveer: Enhancing Society Together. Daar hoort bij dat we onszelf en anderen voortdurend uitdagen om bij te dragen aan duurzame oplossingen voor lokale en wereldwijde vraagstukken in de gebouwde omgeving en de industrie.

In onze snel veranderende wereld wordt de agenda bepaald door onder meer klimaatverandering, de digitale transformatie, een veranderende consumentenvraag en hybride werken. Met onze geïntegreerde duurzame oplossingen willen we bijdragen aan het bredere technologische en maatschappelijke plaatje.

Gesteund door de kennis en ervaring van meer dan 6.000 collega's werken we vanuit kantoren in meer dan 20 landen. We ondersteunen klanten om de transitie te maken naar een slimme en duurzame organisatie. We koppelen onze engineering- en ontwerpexpertise aan onze software- en technologische diensten om toegevoegde waarde te leveren voor onze klanten en de lifecycle van hun assets.

We zijn oprecht, handelen integer en transparant in al onze activiteiten, ook onze bedrijfsvoering. Ons team is divers en inclusief. De veiligheid en het welzijn van mensen, in ons team en daarbuiten, staat onder alle omstandigheden voorop.

In projecten en initiatieven werken we actief samen met overheden en het bedrijfsleven, partners en stakeholders. We zien een belangrijke rol voor onszelf in innovatieve duurzame ontwikkeling en willen bijdragen aan een betere leefomgeving, nu en in de toekomst.

Ons hoofkantoor is gevestigd in Nederland en we hebben kantoren in Europa, Azië, Afrika, Australië en Amerika.

