

# Windpark Kabeljauwbeek

## Studie naar geluid en slagschaduw

- Vertrouwelijk -



# Windpark Kabeljauwbeek

## Studie naar geluid en slagschaduw

- Vertrouwelijk -

**Door: Bastiaan van Wijk, Valentijn van Gastel, Bram Konneman**

**Datum: 29 april 2014**

**Projectnummer: WIENL13660**

Prepared: Bastiaan van Wijk 17.04.2014  
Reviewed: Bram Konneman 23.04.2014  
Approved: Pim Rooijmans 23.04.2014  
Filename 20140429\_FINAL REP\_ENE\_Kabeljauwbeek\_Geluid\_Slagschaduw\_v1.0  
Status Final report released to client

| Version | Author | Date       | Remarks/Change                  |
|---------|--------|------------|---------------------------------|
| 0.1     | BWi    | 17/04/2014 |                                 |
| 0.4     | PRo    | 23/04/2014 |                                 |
| 0.5     | BKO    | 23/04/2014 | draft released to client        |
| 1.0     | BKO    | 29/04/2014 | final report released to client |

© Ecofys 2014 in opdracht van: Eneco Wind B.V.

# Inhoudsopgave

|                   |                                                                               |           |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>          | <b>Inleiding en samenvatting</b>                                              | <b>1</b>  |
| <b>2</b>          | <b>Uitgangspunten</b>                                                         | <b>3</b>  |
| 2.1               | Overzicht                                                                     | 3         |
| 2.2               | Windturbinevarianten                                                          | 4         |
| 2.3               | Geluidsemissie Vestas V117                                                    | 5         |
| 2.4               | Geluidsemissie Nordex N90                                                     | 5         |
| 2.5               | Normstelling                                                                  | 6         |
| 2.5.1             | Cumulatie                                                                     | 6         |
| 2.6               | Geluid- en schaduwgevoelige objecten                                          | 7         |
| <b>3</b>          | <b>Modellering geluid</b>                                                     | <b>8</b>  |
| 3.1               | Modelparameters                                                               | 8         |
| 3.1.1             | Bodemfactoren                                                                 | 8         |
| 3.1.2             | Windklimaat                                                                   | 8         |
| 3.2               | Resultaten                                                                    | 8         |
| <b>4</b>          | <b>Modellering slagschaduw</b>                                                | <b>10</b> |
| 4.1               | Modelparameters                                                               | 10        |
| 4.1.1             | Schaduwgevoelige objecten                                                     | 10        |
| 4.1.2             | Windklimaat                                                                   | 10        |
| 4.1.3             | Zonuren                                                                       | 10        |
| 4.2               | Resultaten                                                                    | 11        |
| <b>5</b>          | <b>Conclusie</b>                                                              | <b>15</b> |
| <b>Appendix A</b> | <b>Windturbine varianten windpark Kabeljauwbeek</b>                           | <b>18</b> |
| <b>Appendix B</b> | <b>Geluidcontouren</b>                                                        | <b>19</b> |
|                   | Geluidcontouren ( $L_{DEN}$ ) V117 (zonder geluidsreducerende instellingen)   | 19        |
|                   | Geluidcontouren ( $L_{night}$ ) V117 (zonder geluidsreducerende instellingen) | 20        |
|                   | Geluidcontouren ( $L_{DEN}$ ) V117 (met geluidsreducerende instellingen)      | 21        |
|                   | Geluidcontouren ( $L_{night}$ ) V117 (met geluidsreducerende instellingen)    | 22        |

|                                                       |           |
|-------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Appendix C Invoerparameters geluidberekeningen</b> | <b>24</b> |
| Bodemgebieden                                         | 25        |
| Gebouwen                                              | 25        |
| Emissie windturbines                                  | 26        |
| Spectrum windturbinegeluid                            | 26        |
| Windsnelheidsverdeling                                | 27        |

# 1 Inleiding en samenvatting

Als onderdeel van een technische ondersteuning bij de ontwikkeling van het windpark Kabeljauwbeek heeft Ecofys deze geluid- en slagschaduwstudie uitgevoerd. Hierbij is uitgegaan van een vaste windturbineopstelling, maar met een aantal varianten (typen) voor de turbinekeuze. Het doel van deze studie is om in kaart brengen of en zo ja hoe windpark Kabeljauwbeek kan voldoen aan de wettelijke normstelling voor windturbinegeluid en slagschaduw.

Ten tijde van dit schrijven staat nog niet vast welk windturbintype op de locatie gebouwd gaat worden. Er is namelijk nog sprake van een dertigtal varianten waaruit de ontwikkelaar een definitieve turbine zal kiezen (in verband met de wettelijke Europese aanbestedingsplicht van de windturbines). Als gevolg hiervan is voor de modellering van geluid en slagschaduw gekozen voor turbinevarianten die naar verwachting leiden tot een *best case* en een *worst case*. De akoestiek en slagschaduw van de overige windturbintypen zullen binnen de bandbreedte van best- en worst case liggen. De best- en worst case zijn in onderstaande tabel weergegeven.

|             | Worst Case (type en ashoogte) | Best Case (type en ashoogte) |
|-------------|-------------------------------|------------------------------|
| Geluid      | Vestas V117 op 116.5m         | Nordex N90 op 100m           |
| Slagschaduw | Enercon E115 op 125m          | Enercon E92 op 85m           |

Mocht Eneco in de aanbestedingsprocedure kiezen voor een andere windturbine binnen de bandbreedte van worst- en best case dan dient hiervoor alsnog uit te worden gezocht of en zo ja welke terugregelmijs voor geluid nodig zijn om aan de norm in het Activiteitenbesluit te voldoen. Het bevoegd gezag kan dit als extra voorschrift opnemen binnen de omgevingsvergunning. Verder is na aanbesteding van de windturbines, doch voorafgaande aan de bouw van het windpark, een inregelrapport voor de stilstandvoorziening van de windturbines noodzakelijk.

De werkmethode voor deze studie begint met het maken van een inventarisatie geluid- en schaduwgevoelige objecten rondom het windpark op basis van de BAG database. Vervolgens is windturbinegeluid gemodelleerd volgens het wettelijk geldende rekenvoorschrift windturbinegeluid en het programma Geomilieu. Slagschaduwberekeningen zijn uitgevoerd met WindPro. De resultaten worden gegeven als geluid- en slagschaduwcontouren. Eveneens is per object aangegeven wat de geluidsimissie bedraagt ( $L_{den}$ ,  $L_{night}$ ) en hoeveel jaarlijkse slagschaduw er te verwachten is.

Uit deze studie blijkt dat er zich rondom het windpark een aantal geluidgevoelige gebouwen bevindt waarop wettelijke geluids- en slagschaduwbeperkingen gelden. De berekeningen met de huidige aannames laten zien dat voor de worst case windturbine voor geluid (Vestas V117 op 116.5 meter ashoogte) geluidsoverschrijdingen te verwachten zijn ter plaatse van drie geluidgevoelige objecten.

De windturbines zullen hierdoor teruggeregeld moeten worden<sup>1</sup> volgens onderstaande tabel. De best case windturbine (Nordex N90 op 100 meter ashoogte) hoeft niet te worden teruggeregeld.

**Geluidsreducerende instellingen Windpark Kabeljauwbeek  
(Vestas V117, 116.5 meter ashoogte)**

| Windturbine | Dag / avond / nacht (mode) |
|-------------|----------------------------|
| 1           | 2                          |
| 2           | 1                          |
| 3           | 0                          |
| 4           | 0                          |
| 5           | 2                          |

Uit de slagschaduwberekeningen volgt dat er zowel voor de worst case (Enercon E115 op 125m) als de best case windturbine (Enercon E92 op 85m) meerdere gevoelige objecten zijn waarvoor overschrijding plaatsvindt van de limiet 5 uur en 40 minuten per jaar. Om aan de norm uit het Activiteitenbesluit te kunnen voldoen zullen alle windturbine typen die zijn opgenomen in deze studie moeten worden voorzien van een automatische stilstandvoorziening. In het inregelrapport voor de stilstandvoorziening van de windturbines zal moeten worden bepaald welke windturbine wanneer moet worden stilgezet.

<sup>1</sup> Hierbij is geen rekening gehouden met een eventueel noodzakelijk terugregeling van de windturbines om onder de MER drempelwaarde van 15MW te blijven. In dat geval zullen de windturbines hoogstwaarschijnlijk minder voor geluid dienen te worden teruggeregeld aangezien deze ongeacht daarvan al teruggeregeld worden om aan de 15 MW drempelwaarde te voldoen.

## 2 Uitgangspunten

### 2.1 Overzicht

Voor geluid- en slagschaduwberekeningen is er uitgegaan van een vaste opstelling, zoals in onderstaande figuur is weergegeven. Zowel ten noordwesten als ten zuiden van windpark Kabeljauwbeek bevindt zich een bestaand windpark (Rilland en BASF). Omdat voor toetsing aan het Activiteitenbesluit geen rekening gehouden hoeft te worden met cumulatie-effecten van bestaande windparken, zijn deze windparken niet meegenomen in de modellering (zie ook paragraaf 2.5.1).



**Figuur 1 – Overzicht windpark Kabeljauwbeek (incl. windturbines en nummering)**

## 2.2 Windturbinevarianten

Ten tijde van dit schrijven staat nog niet vast welk windturbinetype op de locatie ontwikkeld gaat worden. Er is namelijk nog sprake van een dertigtal varianten waaruit de ontwikkelaar een definitieve turbine zal kiezen (in verband met de wettelijke Europese aanbestedingsplicht van de windturbines). In Appendix A worden de belangrijkste eigenschappen van de windturbines samengevat.

Uit alle turbinevarianten (Appendix A) zijn worst-cases en best-cases geselecteerd voor zowel geluid als slagschaduw, zoals weergegeven in tabel 1.

|             | Worst Case (type en ashoogte) | Best Case (type en ashoogte) |
|-------------|-------------------------------|------------------------------|
| Geluid      | Vestas V117 op 116.5m         | Nordex N90 op 100m           |
| Slagschaduw | Enercon E115 op 125m          | Enercon E92 op 85m           |

**Tabel 1 - Geselecteerde best- en worst-case scenario's voor geluid en slagschaduw**

Selectiecriteria voor de worst-case van geluid is de jaargemiddelde emissiesterkte van de windturbine. Hierbij dient opgemerkt te worden dat emissiesterkte een functie is van de windsnelheid op hub-hoogte. De worst-case turbine voor geluid, is de turbine die bij weging van verschillende emissiesterktes bij verschillende windsnelheden, leidt tot de hoogste jaargemiddelde emissie. Verder moet worden opgemerkt dat de Vestas V110 een hogere jaargemiddelde emissie heeft dan de Vestas V117. Omdat voor de Vestas V110 slechts één enkele geluidsreducerende modus beschikbaar is en de windturbine zelfs in deze modus niet kan voldoen aan de gestelde normen in het Activiteitenbesluit is de Vestas V110 in deze studie dan ook niet als worst-case turbine meegenomen. Het advies aan Eneco is dan ook om de Vestas V110 af te laten vallen als variant voor windpark Kabeljauwbeek.

Het selectiecriteria voor de worst-case van slagschaduw is de tiphoogte van de turbine. Hierbij is uitgegaan dat het scenario met de hoogste tiphoogte leidt tot de meeste slagschaduw ter plaatse van de gevoelige objecten. Analoog hieraan is als best-case slagschaduw het scenario gekozen met de laagste tiphoogte.



## 2.3 Geluidsemissie Vestas V117

Tabel 2 de geluidsemissie van de Vestas V117 (worst-case geluid). De emissiecurve leidt, in combinatie met een gegeven windklimaat op hub-hoogte, tot bronsterktes gebruikt in het model ter bepaling van de geluidsimmissie op de gevel.

Naast de standaard "mode-0" emissie, zijn de emissiesterktes van twee gereduceerde modi gegeven die benodigd zijn om aan de normstelling te voldoen.

| Windsnelheid<br>op 10m hoogte<br>[m/s] | LwA [dB]<br>Mode 0 | LwA [dB]<br>Mode 1 | LwA [dB]<br>Mode 2 |
|----------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 3                                      | 93.4               | 93.4               | 93.4               |
| 4                                      | 97.7               | 97.7               | 97.7               |
| 5                                      | 102.2              | 102.2              | 102.0              |
| 6                                      | 105.7              | 105.4              | 104.0              |
| 7                                      | 106.6              | 106.2              | 104.3              |
| 8                                      | 107.0              | 106.5              | 104.5              |
| 9                                      | 107.0              | 106.5              | 104.5              |
| 10                                     | 107.0              | 106.5              | 104.5              |
| 11                                     | 107.0              | 106.5              | 104.5              |
| 12                                     | 107.0              | 106.5              | 104.5              |
| 13                                     | 107.0              | 106.5              | 104.5              |
| 14                                     | 107.0              | 106.5              | 104.5              |

**Tabel 2 – Emissiesterkte Vestas V117 bij verschillende windsnelheden**

Een referentie naar de gebruikte brondocumentatie wordt gegeven in Appendix C.

## 2.4 Geluidsemissie Nordex N90

Tabel 3 geeft de geluidsemissie van de Nordex N90 (best-case geluid). De emissiecurve leidt, in combinatie met een gegeven windklimaat op hub-hoogte, tot bronsterktes die het model gebruikt ter bepaling van de geluidsimmissie op de gevel.

Omdat voor de Nordex N90 zonder geluidsreducerende modi aan de normstelling op relevante toetspunten wordt voldaan, is enkel de emissie gegeven onder normaal bedrijf.

| Windsnelheid<br>op 10m hoogte<br>[m/s] | LwA [dB]<br>Mode 0 |
|----------------------------------------|--------------------|
| 3                                      | 94.0               |
| 4                                      | 97.5               |
| 5                                      | 100.0              |
| 6                                      | 101.5              |
| 7                                      | 102.5              |
| 8                                      | 103.0              |
| 9                                      | 103.3              |
| 10                                     | 103.5              |
| 11                                     | 103.5              |
| 12                                     | 103.5              |

**Tabel 3 - Emissiesterke Nordex N90  
bij verschillende windsnelheden**

Een referentie naar de gebruikte brondocumentatie is gegeven in Appendix C.

## 2.5 Normstelling

Windturbines in Nederland vallen sinds 1 januari 2011 onder de geluidregelgeving van het Activiteitenbesluit. De normstelling hierin stelt dat het jaargemiddelde geluidniveau ( $L_{den}$ ) bij woningen en andere geluidgevoelige objecten ten gevolge van windturbines niet meer mag bedragen dan 47 dB. Daarnaast geldt dat het jaargemiddelde geluidniveau gedurende de nachtperiode ( $L_{night}$ ) niet meer mag bedragen dan 41 dB. De nachtperiode geldt tussen 23:00 en 7:00.

In het Activiteitenbesluit zijn ook voorschriften opgenomen voor slagschaduw ten gevolge van windturbines. Een automatische stilstandsvoorziening is vereist als er gemiddeld 17 dagen per jaar gedurende meer dan 20 minuten per dag slagschaduw kan optreden. Op basis van deze regelgeving wordt in dit rapport het criterium aangehouden dat turbines niet meer dan 5 uur en 40 minuten (5.7 uur) per jaar slagschaduw veroorzaken ter plaatse van een gevoelig object. Dit is een conservatieve uitwerking van de normstelling.

### 2.5.1 Cumulatie

Cumulatie van geluid en slagschaduw van verschillende windturbines kan leiden tot een hogere geluids- en schaduw belasting op de gevel van gevoelige gebouwen of op de grens van gevoelige terreinen dan de normstelling toelaat. In dat geval kan het bevoegd gezag normen met een lagere

waarde voorschrijven aan een of meer windturbines die een bijdrage leveren aan de geluid- en schaduwbelasting ter plaatse. Afhankelijk van de omstandigheden kan de norm zowel aan bestaande windturbines als aan de nieuw te vestigen windturbines opgelegd worden, al vereist het eerste geval wel een extra aandacht bij de motivering. Het bevoegd gezag houdt dus bij voorkeur rekening met de te verwachten ontwikkelingen. De geluid- en schaduwbelasting van bestaande windturbines waarvoor voor 1 januari 2011 een vergunning in werking en onherroepelijk was dan wel een melding was gedaan, wordt hierbij niet meegerekend (art. 6.21a lid 2 van het Activiteitenbesluit). Cumulatieve effecten ten gevolge bestaande windturbines in de omgeving van windpark Kabeljauwbeek zijn in deze analyse niet meegenomen, omdat de vergunningen van deze windturbines voor 1 januari 2011 in werking en onherroepelijk waren.

## 2.6 Geluid- en schaduwgevoelige objecten

Er is een inventarisatie gemaakt voor geluid- en schaduwgevoelige objecten binnen een straal van 1.200 meter rondom de windturbines. Hierbij is uitgegaan van de type geluidgevoelige objecten beschreven in de Wet Geluidhinder. Ecofys baseert zich in deze studie op informatie uit de Basis Administratie Gebouwen (BAG) database. Er is geen site visit gedaan om deze bevindingen te verifiëren.

De geluid- en slagschaduwgevoelige objecten die zijn meegenomen in deze studie zijn weergegeven in tabel 4. Woningen g en h staan tussen haakjes omdat deze tot het windpark (de inrichting) behoren hetgeen deze woningen geen geluidgevoelig object maakt waar rekening mee gehouden dient te worden volgens het Activiteitenbesluit.

| Object ID  | Adres                      | X coördinaat (RD) | Y coördinaat (RD) |
|------------|----------------------------|-------------------|-------------------|
| <b>a</b>   | Langeweg 32, Ossendrecht   | 80268             | 377847            |
| <b>b</b>   | Langeweg 39, Ossendrecht   | 80312             | 377615            |
| <b>c</b>   | Armendijk 3, Ossendrecht   | 79792             | 377061            |
| <b>d</b>   | Havenweg 1, Ossendrecht    | 77966             | 377586            |
| <b>e</b>   | Nieuwe Dijk 1, Ossendrecht | 78693             | 377838            |
| <b>f</b>   | Nieuwe Dijk 2 Ossendrecht  | 78628             | 377825            |
| <b>(g)</b> | Nieuwe Dijk 3 Ossendrecht  | 78813             | 377389            |
| <b>(h)</b> | Nieuwe Dijk 4 Ossendrecht  | 78724             | 377337            |
| <b>i</b>   | Vijdtpolder 1 Woensdrecht  | 77579             | 377632            |
| <b>j</b>   | Langeweg 40 Ossendrecht    | 80272             | 377633            |

**Tabel 4 - Geluidgevoelige objecten binnen 1200 meter van windpark Kabeljauwbeek**

## 3 Modelling geluid

De akoestische modellering is uitgevoerd volgens het Reken- en meetvoorschrift windturbines dat is opgenomen in de ministeriële regeling van het activiteitenbesluit. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van het softwarepakket *Geomilieu 2.12* van *DGMR*.

### 3.1 Modelparameters

De berekende geluidimmissie door windturbines ter plaatse van een gevoelig object is afhankelijk van de bronsterkte en de geluidsoverdracht tussen de windturbine en de ontvanger. In de modellering worden windturbines voorgesteld als puntbronnen.

#### 3.1.1 Bodemfactoren

De geluidsoverdracht wordt gemodelleerd door bodemfactoren toe te kennen aan het gebied tussen de windturbines en het immissiepunt. Bij de huidige berekeningen is een bodemfactor van 0 (harde bodem) toegekend aan wegen, watergebieden en bebouwde gebieden. Voor alle overige gebieden is een bodemfactor toegekend van 1 (absorberend). Appendix B geeft een overzicht van alle bodemgebieden waaraan een bodemfactor 0 is toegekend.

#### 3.1.2 Windklimaat

Omdat bij de beoordeling van de geluidsemmissie wordt gekeken naar  $L_{den}$  en  $L_{night}$ , dient een onderscheid gemaakt te worden tussen het windklimaat tijdens de dag-, avond- en nachtperiode. De benodigde windsnelheidsverdelingen zijn per periode door het KNMI samengesteld uit langjarige modelgegevens (Hirham). Deze informatie is voor Geomilieu beschikbaar via het internet voor hoogten van 80 tot 120 m boven het maaiveld op vaste roosterpunten boven Nederland.

De gebruikte windsnelheidsverdeling in de dag- avond- en nachtperiode is gegeven in Appendix C.

### 3.2 Resultaten

Op basis van de uitgangspunten en modelparameters is de geluidimmissie ten gevolge van het windpark berekend voor rekenpunten op een hoogte van 4 m boven het maaiveld.

Hiervoor is eerst bepaald welke bedrijfsmodi nodig zijn om aan de normstelling te voldoen. De best-case windturbine voldoet aan de normstelling zonder toepassing van geluidsreducerende instellingen. Voor de worst-case windturbine (de Vestas V117), zijn de volgende geluidsreducerende instellingen noodzakelijk om aan de normstelling te voldoen:

| Windturbine | Dag / avond / nacht (mode) |
|-------------|----------------------------|
| 1           | 2                          |
| 2           | 1                          |
| 3           | 0                          |
| 4           | 0                          |
| 5           | 2                          |

**Tabel 5 Geluidsreducerende instellingen Vestas V117 op 116.5 meter ashoogte**

Tabel 6 geeft per geluidgevoelig object voor zowel de best- (Nordex N90) als de worst case windturbine (Vestas V117) de Lden en Lnight immissies. In de tabel wordt verder voor de V117 zowel de emissie met, als de emissie zonder geluidsreducerende instellingen gegeven. Wat opvalt, is dat woningen g en h ook met reducerende instelling een hogere belasting hebben dan in de normstelling is toegestaan. Deze woningen behoren echter bij de inrichting (het windpark) hetgeen deze woningen geen geluidgevoelig object maakt waar rekening mee gehouden dient te worden (zie ook paragraaf 2.6).

| Object ID  | V117 @ 116.5m |             | V117 @ 116.5m – teruggeregeld |             | N90 @ 100m  |             |
|------------|---------------|-------------|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|            | Lden          | Lnight      | Lden                          | Lnight      | Lden        | Lnight      |
| <b>a</b>   | 39.4          | 33.1        | 38.6                          | 32.3        | 35.9        | 29.6        |
| <b>b</b>   | 40.0          | 33.7        | 39.2                          | 32.9        | 36.6        | 30.3        |
| <b>c</b>   | <b>47.7</b>   | <b>41.3</b> | 46.5                          | 40.2        | 44.5        | 38.2        |
| <b>d</b>   | <b>47.4</b>   | <b>41.1</b> | 46.7                          | 40.4        | 44.2        | 37.8        |
| <b>e</b>   | 45.4          | 39.0        | 44.9                          | 38.6        | 42.1        | 35.8        |
| <b>f</b>   | 45.5          | 39.2        | 45.1                          | 38.8        | 42.3        | 35.9        |
| <b>(g)</b> | <b>50.8</b>   | <b>44.5</b> | <b>50.6</b>                   | <b>44.3</b> | <b>47.7</b> | <b>41.4</b> |
| <b>(h)</b> | <b>51.6</b>   | <b>45.3</b> | <b>51.4</b>                   | <b>45.1</b> | <b>48.5</b> | <b>42.2</b> |
| <b>i</b>   | 45.1          | 38.8        | 44.2                          | 37.9        | 41.8        | 35.4        |
| <b>j</b>   | 40.2          | 33.9        | 39.4                          | 33.1        | 36.9        | 30.6        |

**Tabel 6 – Geluidsimmissie ter plaatse van de geluidgevoelige objecten**

Appendix B geeft de Lden contouren voor ieder scenario. In deze contouren zijn tevens de geluidgevoelige objecten weergegeven.

## 4 Modelleringslagschaduw

De berekeningen voor slagschaduw zijn uitgevoerd met het softwarepakket WindPro. Het gebruikte model houdt er rekening mee dat de bladen van de windturbines niet altijd draaien. Bij te lage windsnelheden (beneden de cut-in) omdat er te weinig energie is en bij hele hoge windsnelheden (boven de cut-out) worden de windturbines automatisch stilgezet vanwege de veiligheid. Daarnaast schijnt de zon niet altijd en wordt het gemiddeld aantal zonuren meegenomen gebaseerd op klimaatgegevens.

### 4.1 Modelparameters

In deze analyse wordt gekeken of er schaduwgevoelige objecten binnen de schaduwhindercontour van 5:40 uur/jaar liggen.

#### 4.1.1 Schaduwgevoelige objecten

De schaduwgevoelige objecten die zijn weergegeven in figuur 2 en 3. Deze zijn gelijk aan de geselecteerde geluidgevoelige objecten uit paragraaf 2.6. Voor deze objecten is gekeken of deze binnen de schaduwcontour van 5:40 uur/jaar vallen.

#### 4.1.2 Windklimaat

De lokale windsnelheidsverdeling bepaalt het aantal operationele uren van de windturbines en dient daarom meegenomen te worden in de berekeningen. Het gebruikte windklimaat is gebaseerd op meetgegevens van het KNMI station te Tholen van de periode 2000-2009, wat geschaald is naar ervaring van Ecofys met het windklimaat bij nabijgelegen windparken. De windrichting bepaalt de oriëntatie van de windturbinerotor en de distributie van de windrichting wordt daarom ook meegenomen in het schaduwmodel. Het model gebruikt hiervoor windrichtingsfrequenties van het KNMI station te Lelystad voor de periode 2000-2009.

#### 4.1.3 Zonuren

De aanwezigheid van wolken of mist vermindert het aantal zonuren per jaar. Dit effect wordt meegenomen in het model door het klimatologisch gemiddeld aantal zonuren van het KNMI station Vlissingen te gebruiken. Dit is het dichtstbij gelegen station waarvan deze gegevens beschikbaar zijn en kan als representatief worden geacht voor de betreffende locatie.

| Maand    |      | Maand     |      |
|----------|------|-----------|------|
| Januari  | 1.61 | Juli      | 6.61 |
| Februari | 2.70 | Augustus  | 6.21 |
| Maart    | 3.53 | September | 4.64 |
| April    | 5.40 | Oktober   | 3.22 |
| Mei      | 6.78 | November  | 2.05 |
| Juni     | 6.38 | December  | 1.26 |

**Tabel 7 - Zonuren voor Vlissingen**

## 4.2 Resultaten

Op basis van de uitgangspunten uit hoofdstuk 2 en de modelparameters uit paragraaf 4.1 zijn contouren berekend waarbij jaarlijks meer dan 5 uur en 40 minuten slagschaduw optreedt. In figuur 2 en 3 zijn de resultaten weergegeven voor de best case windturbine (Enercon E82 op 85m ashoogte) en de worst case windturbine (Enercon E115 op 125m ashoogte), zie ook paragraaf 2.2. In beide figuren is tevens de 12x rotordiameter afstand opgenomen.



**Figuur 2. Slagschaduwcontour van 5:40u slagschaduwhinder voor de "best case" lay-out (Enercon E92 op 85m ashoogte).**





Tabel 8 geeft de hoeveelheid schaduwwuren per object. Zowel de worst- als de best case windturbine veroorzaken teveel schaduwoverlast voor enkele gevoelige objecten in de omgeving van het windpark. Om aan de wettelijke norm van het Activiteitenbesluit te voldoen zal het windpark moeten worden uitgerust met een automatische stilstandvoorziening. Dit betekent ook dat voor elke variant binnen de bandbreedte van worst- en best case een stilstandvoorziening nodig is. Het valt buiten deze studie om deze stilstandvoorziening te kwantificeren. Deze kwantificering is na aanbesteding van de windturbines, doch voorafgaande aan de bouw van het windpark, mogelijk middels een inregelrapport voor het windpark. In het inregelrapport wordt bepaald welke windturbinepositie op welke momenten (intervallen) moet worden stilgezet.

| ID         | Schaduwuren per jaar |            |
|------------|----------------------|------------|
|            | E115 op 125m         | E92 op 85m |
| <b>a</b>   | 4:31                 | 2:10       |
| <b>b</b>   | 4:25                 | 1:57       |
| <b>c</b>   | 24:00                | 13:01      |
| <b>d</b>   | 16:47                | 4:04       |
| <b>e</b>   | 6:46                 | 2:49       |
| <b>f</b>   | 7:20                 | 3:29       |
| <b>(g)</b> | 48:22                | 28:32      |
| <b>(h)</b> | 54:33                | 36:15      |
| <b>i</b>   | 9:31                 | 3:50       |
| <b>j</b>   | 4:40                 | 2:07       |

**Tabel 8 – Schaduwuren: minuten per gevoelig object  
(in rood de objecten waarvoor een overschrijding  
plaatsvindt van de 5:40 uur limiet)**

## 5 Conclusie

Ten tijde van dit schrijven staat nog niet vast welk windturbintype op de locatie gebouwd gaat worden. Er is namelijk nog sprake van een dertigtal varianten waaruit de ontwikkelaar een definitieve windturbine zal kiezen (in verband met de wettelijke Europese aanbestedingsplicht van de windturbines). Als gevolg hiervan is voor de modellering van geluid en slagschaduw gekozen voor turbinevarianten die naar verwachting leiden tot een *best case* en een *worst case*. De akoestiek en slagschaduw van de overige windturbintypen zullen binnen de bandbreedte van best- en worst case liggen. De best- en worst case zijn in onderstaande tabel weergegeven. Hierbij moet worden opgemerkt dat de Vestas V110 een hogere jaargemiddelde emissie heeft dan de Vestas V117. Omdat voor de Vestas V110 slechts één enkele geluidsreducerende modus beschikbaar is en de windturbine in deze modus niet kan voldoen aan de gestelde normen in het Activiteitenbesluit is de Vestas V110 in deze studie dan ook niet als worst-case turbine meegenomen. Het advies aan Eneco is dan ook om de Vestas V110 af te laten vallen als variant voor windpark Kabeljauwbeek.

|             | <b>Worst Case (type en ashoogte)</b> | <b>Best Case (type en ashoogte)</b> |
|-------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Geluid      | Vestas V117 op 116.5m                | Nordex N90 op 100m                  |
| Slagschaduw | Enercon E115 op 125m                 | Enercon E92 op 85m                  |

Mocht Eneco in de aanbestedingsprocedure kiezen voor een andere windturbine binnen de bandbreedte van worst- en best case dan dient hiervoor alsnog uit te worden gezocht of en zo ja welke terugregelmodi voor geluid nodig zijn om aan de norm in het Activiteitenbesluit te voldoen. Het bevoegd gezag kan dit als extra voorschrift opnemen binnen de omgevingsvergunning. Verder is na aanbesteding van de windturbines, doch voorafgaande aan de bouw van het windpark, een inregelrapport voor de stilstandvoorziening van de windturbines noodzakelijk.

Uit deze studie blijkt dat er zich rondom het windpark een aantal geluidgevoelige gebouwen bevindt waarop wettelijke geluids- en slagschaduwbeperkingen gelden. De berekeningen met de huidige aannames laten zien dat voor de worst case windturbine voor geluid (Vestas V117 op 116.5 meter ashoogte) geluidsoverschrijdingen te verwachten zijn ter plaatse van drie geluidgevoelige objecten. De windturbines zullen hierdoor teruggeregeld moeten worden<sup>2</sup> volgens onderstaande tabel. De best case windturbine (Nordex N90 op 100 meter ashoogte) hoeft niet te worden teruggeregeld.

<sup>2</sup> Hierbij is geen rekening gehouden met een eventueel noodzakelijk terugregeling van de windturbines om onder de MER drempelwaarde van 15MW te blijven. In dat geval zullen de windturbines hoogstwaarschijnlijk minder voor geluid dienen te worden teruggeregeld aangezien deze ongeacht daarvan al teruggeregeld worden om aan de 15 MW drempelwaarde te voldoen.

**Geluidsreducerende instellingen Windpark Kabeljauwbeek  
(Vestas V117, 116.5 meter ashoogte)**

| Windturbine | Dag / avond /<br>nacht (mode) |
|-------------|-------------------------------|
| 1           | 2                             |
| 2           | 1                             |
| 3           | 0                             |
| 4           | 0                             |
| 5           | 2                             |

Uit de slagschaduwberekeningen volgt dat er zowel voor de worst case (Enercon E115 op 125m) als de best case windturbine (Enercon E92 op 85m) meerdere gevoelige objecten zijn waarvoor overschrijding plaatsvindt van de limiet 5 uur en 40 minuten per jaar. Om aan de norm uit het Activiteitenbesluit te kunnen voldoen zullen alle windturbintypen die zijn opgenomen in deze studie moeten worden voorzien van een automatische stilstandvoorziening. In het inregelrapport voor de stilstandvoorziening van de windturbines zal moeten worden bepaald welke windturbine wanneer moet worden stilgezet.

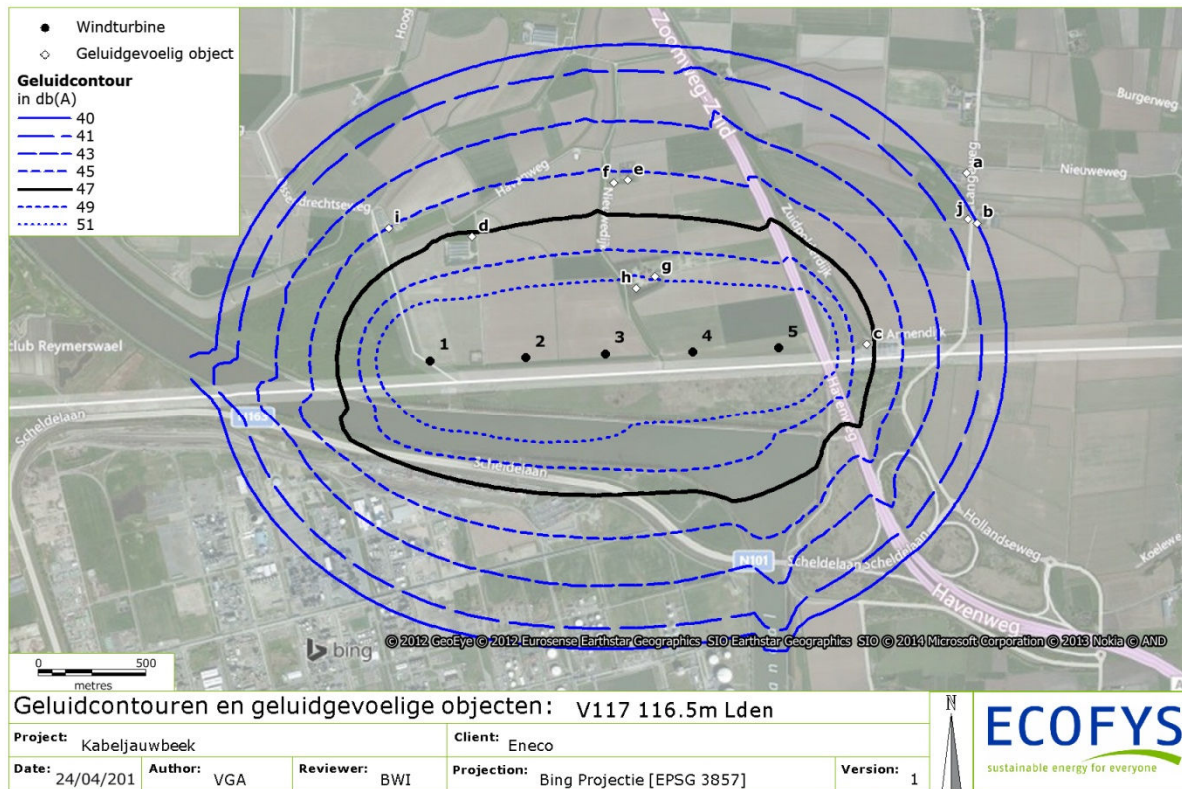


## Appendix A Windturbine varianten windpark Kabeljauwbeek

| Scenario | WTG Type                | Vermogen [MW] | Ashoogte [m] | Rotor diameter [m] | Tiphoogte [m] | LE (dag) [dB (A)] | LE (avond) [dB (A)] | LE (nacht) [dB (A)] |
|----------|-------------------------|---------------|--------------|--------------------|---------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| 1        | <b>VestasV90</b>        | 2             | 105          | 90                 | 150           | 100.3             | 100.5               | 100.8               |
| 2        | <b>Repower MM92</b>     | 2.05          | 100          | 92.5               | 146.25        | 101.7             | 101.9               | 102.1               |
| 3        | <b>Nordex N90 (LS)</b>  | 2.5           | 100          | 90                 | 145           | <b>99.5</b>       | <b>99.7</b>         | <b>100.0</b>        |
| 4a       | <b>Enercon E92</b>      | 2.3           | 85           | 92                 | 131           | 100.4             | 100.6               | 100.8               |
| 4b       | <b>Enercon E92</b>      | 2.3           | 104          | 92                 | 150           | 100.7             | 100.8               | 101.0               |
| 5a       | <b>Repower 3,2MM114</b> | 3.2           | 93           | 114                | 150           | 101.0             | 101.2               | 101.5               |
| 5b       | <b>Repower 3,2MM114</b> | 3.2           | 123          | 114                | 180           | 101.3             | 101.6               | 101.9               |
| 6a       | <b>Nordex N117</b>      | 3             | 91           | 117                | 149.5         | 102.2             | 102.4               | 102.7               |
| 6b       | <b>Nordex N117</b>      | 3             | 120          | 117                | 178.5         | 102.5             | 102.7               | 103.0               |
| 7a       | <b>Vestas V110</b>      | 2             | 95           | 110                | 150           | 104.0             | 104.2               | 104.5               |
| 7b       | <b>Vestas V110</b>      | 2             | 125          | 110                | 180           | 104.0             | 104.3               | 104.6               |
| 8a       | <b>Enercon E115</b>     | 3             | 92.5         | 115                | 150           | 100.9             | 101.1               | 101.4               |
| 8b       | <b>Enercon E115</b>     | 3             | 125          | 115                | 182.5         | 101.4             | 101.7               | 101.9               |
| 9a       | <b>Gamesa G114</b>      | 2             | 93           | 114                | 150           | 102.3             | 102.6               | 102.8               |
| 9b       | <b>Gamesa G114</b>      | 2             | 125          | 114                | 182           | 102.6             | 102.9               | 103.2               |
| 10a      | <b>Siemens SWT-113</b>  | 3             | 99.5         | 113                | 156           | 101.3             | 101.6               | 101.8               |
| 10b      | <b>Siemens SWT-113</b>  | 3             | 122.5        | 113                | 179           | 101.6             | 101.9               | 102.2               |
| 11       | <b>Repower MM100</b>    | 2.05          | 100          | 100                | 150           | 100.5             | 100.7               | 101.0               |
| 12       | <b>Nordex N100</b>      | 2.5           | 100          | 100                | 150           | 102.3             | 102.5               | 102.7               |
| 13       | <b>Vestas V100</b>      | 1.8           | 120          | 100                | 170           | 101.3             | 101.6               | 101.9               |
| 14       | <b>Enercon E101</b>     | 3             | 99           | 101                | 149.5         | 100.9             | 101.0               | 101.2               |
| 15       | <b>Siemens SWT-101</b>  | 2.3           | 99.5         | 101                | 150           | 101.7             | 102.0               | 102.2               |
| 16a      | <b>Alstom Eco 100</b>   | 3             | 90           | 100                | 140           | 100.9             | 101.2               | 101.4               |
| 16b      | <b>Alstom Eco 100</b>   | 3             | 100          | 100                | 150           | 101.1             | 101.3               | 101.6               |
| 17       | <b>Alstom Eco 110</b>   | 3             | 100          | 110                | 155           | 100.7             | 100.9               | 101.1               |
| 18       | <b>GE 100</b>           | 2.5           | 100          | 100                | 150           | 101.5             | 101.7               | 101.9               |
| 19a      | <b>Vestas V117</b>      | 3.3           | 91.5         | 117                | 150           | <b>102.8</b>      | <b>103.0</b>        | <b>103.3</b>        |
| 19b      | <b>Vestas V117</b>      | 3.3           | 116.5        | 117                | 175           | 102.2             | 102.4               | 102.6               |
| 20a      | <b>Vestas V112</b>      | 3.3           | 94           | 112                | 150           | 102.5             | 102.7               | 103.0               |
| 20b      | <b>Vestas V112</b>      | 3.3           | 119          | 112                | 175           | 100.3             | 100.5               | 100.8               |

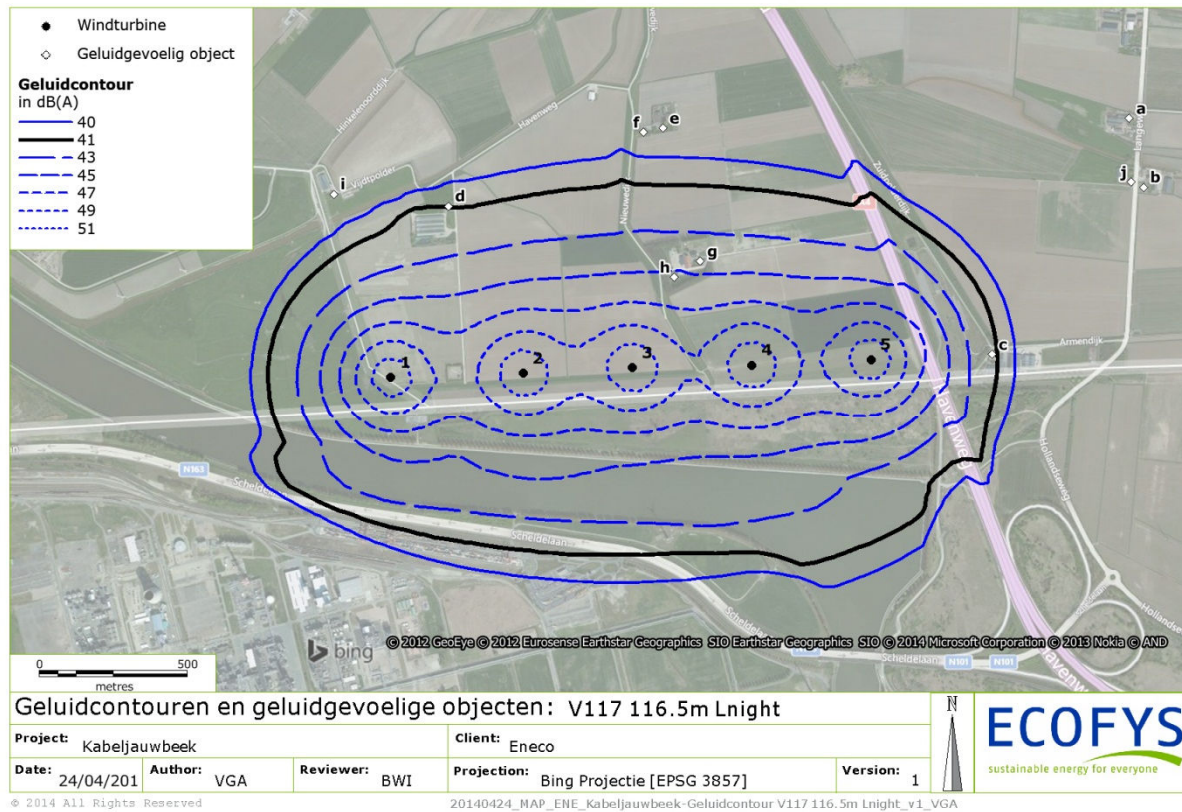
## Appendix B Geluidcontouren

Geluidcontouren ( $L_{DEN}$ ) V117 (zonder geluidsreducerende instellingen)



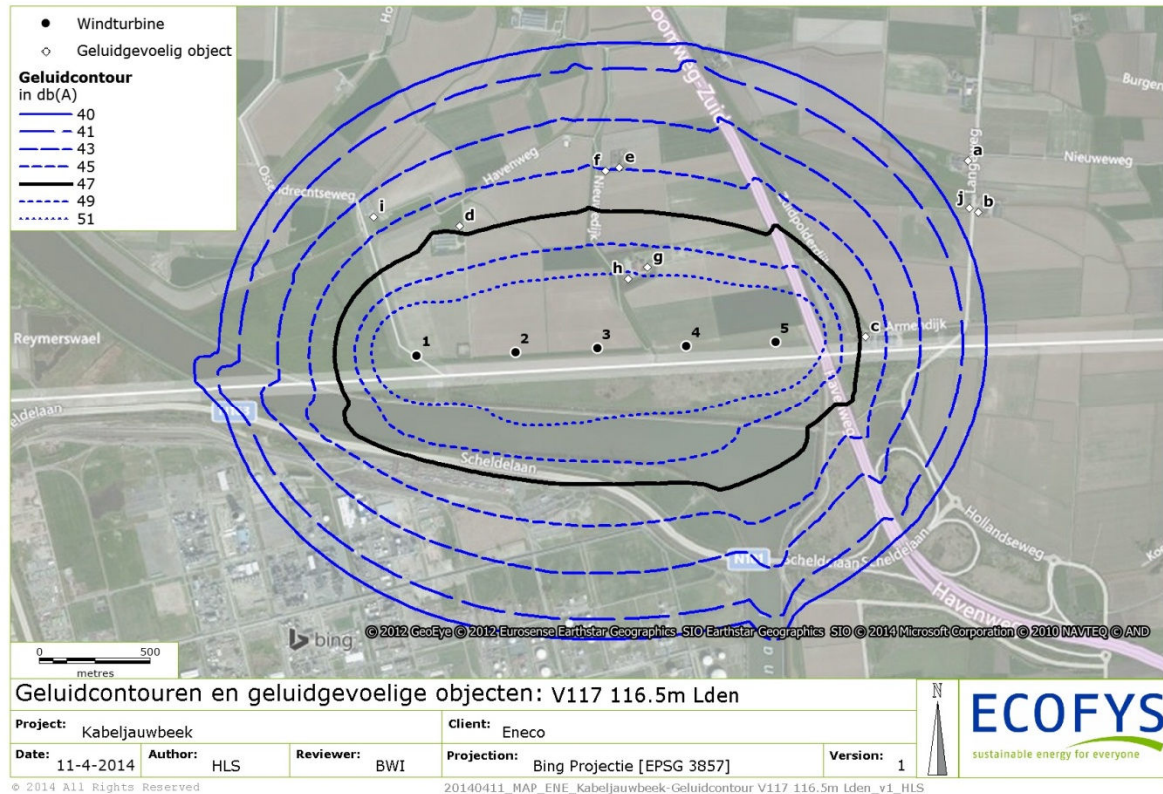


## Geluidcontouren ( $L_{\text{night}}$ ) V117 (zonder geluidsreducerende instellingen)





## Geluidcontouren ( $L_{DEN}$ ) V117 (met geluidsreducerende instellingen)



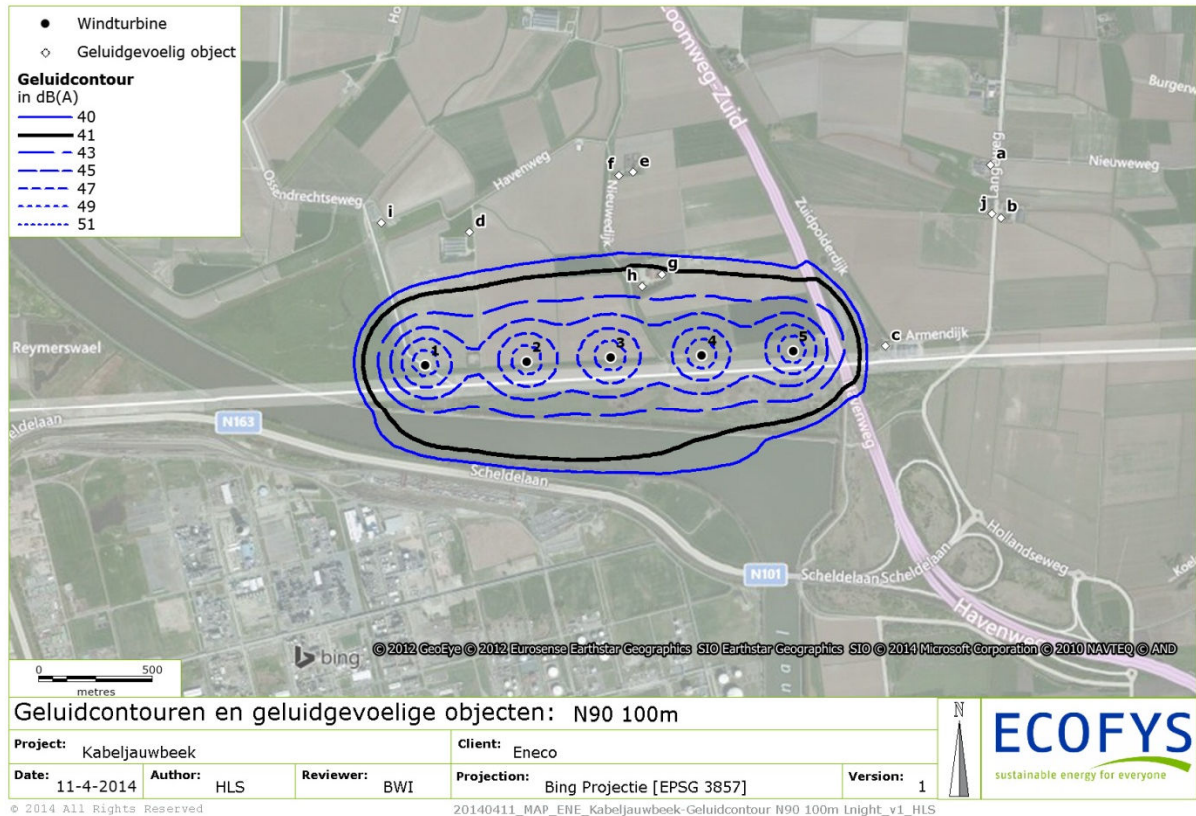
## Geluidcontouren ( $L_{\text{night}}$ ) V117 (met geluidsreducerende instellingen)







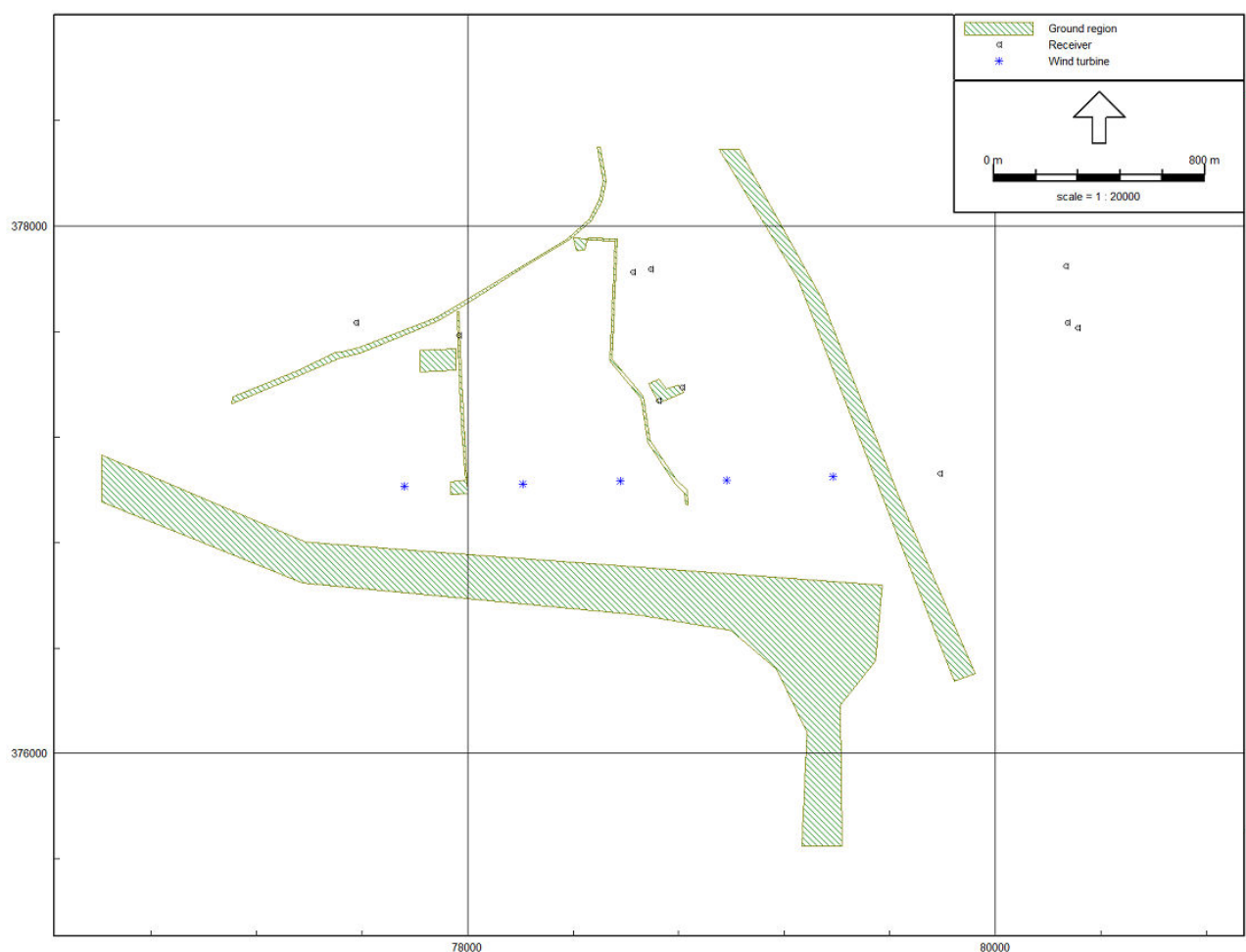
## Geluidcontouren N90 ( $L_{\text{night}}$ ) (zonder geluidsreducerende instellingen)



## Appendix C Invoerparameters geluidberekeningen

### Bodemgebieden

In de geluidsberekeningen is uitgegaan van zachte bodem (waarde:1), behalve voor de bodemgebieden zoals in de kaart hieronder zijn aangegeven (waarde:0). De bodemgebieden zijn gelijk voor alle scenario's.



### Gebouwen

Er zijn geen gebouwen meegenomen in het geluidsmodel. Bestaande bebouwing en geharde erven zijn meegenomen als harde bodemgebieden (waarde:0).

## Emissie windturbines

Er is uitgegaan van de volgende brondocumentatie ter bepaling van windturbinegeluid:

### V117

0035-1209\_V05 - 0035-1209 General\_Specifications IEC\_2A – 2014/01/03

0039-9991\_V01 - V117-3 3MW IEC2A Power and noise curves – 2013/10/31

### N90

F008\_148\_A03\_EN\_R03\_N90LS-2500kW\_Noise-levels.pfd – 2010/04/19

Gebruik makend van windklimaat op hub-hoogte leidt dit tot een jaargemiddelde emissie per tijdsperiode (dag, avond, nacht) zoals in onderstaande tabel aangegeven:

| Turbine / modus       | LE - Dag | LE - Avond | LE - Nacht |
|-----------------------|----------|------------|------------|
| V117 – mode 0         | 102.8    | 103.0      | 103.3      |
| V117 – mode 1         | 102.5    | 102.7      | 103.0      |
| V117 – mode 2         | 101.2    | 101.4      | 101.7      |
| N90 – normaal bedrijf | 99.5     | 99.7       | 100.0      |

**Tabel – Gemiddelde emissiesterkte per tijdsperiode**

## Spectrum windturbinegeluid

Voor beide turbintypes is uitgegaan van het volgende geluidsspectrum:

| Frequentie [Hz]  | 31     | 63     | 125    | 250   | 500   | 1000  | 2000  | 4000   | 8000   |
|------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Spectrum [dB(A)] | -10.00 | -16.60 | -11.00 | -7.40 | -6.10 | -5.80 | -8.40 | -12.00 | -24.00 |

**Tabel – Referentiespectrum windturbinegeluid**

## Windsnelheidsverdeling

Voor de geluidsmodellering is uitgegaan van de volgende windsnelheidsverdeling in geval van een ashoogte 100m:

| Windsnelheidsklasse | Dag  | Avond | Nacht |
|---------------------|------|-------|-------|
| 1                   | 2.6  | 1.5   | 1     |
| 2                   | 4.9  | 3.8   | 3.2   |
| 3                   | 8.1  | 6.3   | 5.3   |
| 4                   | 10.4 | 9.6   | 6.7   |
| 5                   | 12.1 | 11.8  | 10.8  |
| 6                   | 12.8 | 14    | 15.1  |
| 7                   | 11.6 | 13    | 15.1  |
| 8                   | 10.2 | 10.5  | 12.5  |
| 9                   | 7.3  | 9     | 9.8   |
| 10                  | 6.3  | 6.7   | 6.5   |
| 11                  | 4.5  | 4.7   | 4.5   |
| 12                  | 2.8  | 3.8   | 3.5   |
| 13                  | 2    | 2.1   | 2.3   |
| 14                  | 1.6  | 1.2   | 1.4   |
| 15                  | 1.2  | 0.7   | 1.1   |
| 16                  | 0.7  | 0.5   | 0.5   |
| 17                  | 0.5  | 0.4   | 0.3   |
| 18                  | 0.2  | 0.1   | 0.1   |
| 19                  | 0.1  | 0.2   | 0     |
| 20                  | 0.1  | 0     | 0     |
| 21                  | 0    | 0     | 0.1   |
| 22                  | 0.1  | 0     | 0     |
| 23                  | 0    | 0     | 0     |
| 24                  | 0    | 0     | 0     |
| 25                  | 0    | 0     | 0     |

Voor een ashoogte van 116.5m is uitgegaan van de volgende windsnelheidsverdeling in de geluidsberekeningen:

| Windsnelheidsklasse | Dag  | Avond | Nacht |
|---------------------|------|-------|-------|
| 1                   | 2.5  | 1.3   | 0.9   |
| 2                   | 4.5  | 3.6   | 3.1   |
| 3                   | 7.8  | 6     | 4.9   |
| 4                   | 9.9  | 9.1   | 6.5   |
| 5                   | 11.8 | 11.4  | 10    |
| 6                   | 12.6 | 13.7  | 14.3  |
| 7                   | 11.5 | 12.8  | 15.2  |
| 8                   | 10.3 | 10.7  | 12.8  |
| 9                   | 7.8  | 9.4   | 10    |
| 10                  | 6.3  | 6.8   | 7.2   |
| 11                  | 4.7  | 5.1   | 5     |
| 12                  | 3.3  | 3.9   | 3.5   |
| 13                  | 2.2  | 2.4   | 2.8   |
| 14                  | 1.6  | 1.4   | 1.3   |
| 15                  | 1.4  | 0.9   | 1.3   |
| 16                  | 0.8  | 0.5   | 0.7   |
| 17                  | 0.5  | 0.4   | 0.3   |
| 18                  | 0.2  | 0.1   | 0.2   |
| 19                  | 0.1  | 0.1   | 0     |
| 20                  | 0.1  | 0.1   | 0     |
| 21                  | 0.1  | 0     | 0     |
| 22                  | 0    | 0     | 0     |
| 23                  | 0    | 0     | 0     |
| 24                  | 0    | 0     | 0     |
| 25                  | 0    | 0     | 0     |







sustainable energy for everyone



sustainable energy for everyone



ECOFYS Netherlands B.V.

Kanaalweg 15G  
3526 KL Utrecht

T: +31 (0) 30 662 33 00

F: +31 (0) 30 662 33 01

E: [info@ecofys.com](mailto:info@ecofys.com)

I: [www.ecofys.com](http://www.ecofys.com)