

University of Groningen

Karakterisering van het Achtergrondgeluid. (Metingen op het wad bij Ameland)

Kaper, H.J.

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

1999

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Kaper, H. J. (1999). *Karakterisering van het Achtergrondgeluid. (Metingen op het wad bij Ameland)*. s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

RuG

**KARAKTERISERING
van het
ACHTERGRONDGELUID**

**Metingen op het Wad
bij Ameland**

Karakterisering van het achtergrondgeluid

Metingen op het Wad bij Ameland

H. J. Kaper

Datum: september 1999

Uitgavenummer: NWU-91

Aantal blz: 29

Natuurkundewinkel
Rijksuniversiteit Groningen
Nijenborgh 4
9747 AG Groningen
tel: 050 - 3634867
NAWI@PHYS.RUG.NL

*De Natuurkundewinkel stelt
natuurkundige kennis en vaardigheid
beschikbaar aan niet-commerciële
(belangen)groepen, door het
verlenen van advies en het
uitvoeren van onderzoek*

Inhoud

- 1 Inleiding 3**

- 2 De Meetomstandigheden 4**
 - De meetlocatie 4
 - Het weer 7
 - Het meetsysteem 7

- 3 Geluidsniveaus als functie van de windsnelheid 9**
 - Het achtergrondgeluidsniveau 11
 - Het equivalente geluidsniveau, 14
 - Vergelijking met metingen op de kwelder 16

- 4 Factoren die het achtergrondgeluidsniveau beïnvloeden 19**
 - Invloed van de tijd van de dag 20
 - Geluidsniveaus als functie van de windrichting 23
 - De invloed van het getijde 25

- 5 Conclusies 27**

- Literatuur 28**

- Nawoord 29**

1 Inleiding

Sinds een aantal jaren houdt de Natuurkundewinkel zich bezig met het meten van het zogenaamde natuurlijke omgevingsgeluid. In de afgelopen jaren zijn metingen verricht in weidegebied [1], in een bos (samen met de Natuurkundewinkel in Utrecht) [2], op een kwelder in het Waddengebied [3], in stiltegebied Het Horsterwold nabij Zeewolde in de Flevopolder [4] en bij een woning in de Noordoostpolder [5].

Doel van het meetprogramma is om aan de hand van de verzamelde meetgegevens een beschrijving te vinden van het natuurlijk omgevingsgeluid. Hiervoor is het noodzakelijk om in verschillende omgevingen onder verschillende omstandigheden het achtergrondgeluid te meten.

Daarnaast hebben de metingen ook een meer praktisch gericht doel: het kwantificeren van de stilte. Van veel stiltegebieden wordt aangenomen dat het er stil is zonder dat er veel bekend is over de ter plekke heersende geluidsniveaus. Kennis van het achtergrondgeluidsniveau is evenwel noodzakelijk om de akoestische inpassing van geluidproducerende installaties in de buurt van deze gebieden te kunnen beoordelen.

Dit rapport beschrijft achtergrondgeluidsmetingen welke door de Natuurkundewinkel zijn verricht op het Wad in de periode van 25 mei 1999 tot 19 juli 1999 in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (LNV). De metingen zijn verricht in de Ballummerbocht (Ameland) op een locatie die bij vloed onder water komt te staan. Deze locatie is enerzijds voldoende verschillend van de eerder genoemde kwelder om de kweldermetingen aan te vullen. Anderzijds zijn er voldoende overeenkomsten tussen de metingen om een vergelijking mogelijk te maken.

2 De Meetomstandigheden

De meetlocatie

Het vinden van een geschikte meetlocatie op het Wad is geen eenvoudige zaak.

Het grootste probleem is het beschermen van de apparatuur tegen het zoute water, aangezien de meeste zandplaten bij vloed onder water komen te staan. Het bouwen van een stellage die een eventuele storm kan doorstaan is echter geen sinecure. Bovendien is voor de plaatsing op het Wad een vergunning vereist.

Andere eisen die aan de meetlocatie werden gesteld hadden betrekking op de directe omgeving en de (telefonische) bereikbaarheid:

- **Stilte.** Het spreekt vanzelf dat het weinig zin heeft het achtergrondgeluidsniveau te meten op een plek waarvan men bij voorbaat al weet dat het geluidsniveau ter plaatse sterk beïnvloed wordt door geluiden in de nabije omgeving (“voorground”geluiden), zeker als deze door menselijke activiteiten worden veroorzaakt.
- **Bereikbaarheid.** Voor het uitvoeren van periodieke inspecties en het verhelpen van mogelijke problemen is het van belang dat de meetlocatie redelijk bereikbaar is. Dit betekent dat locaties welke alleen per boot bereikbaar zijn zoals Engelsmanplaat en Rottummeroog minder aantrekkelijk zijn. Anderzijds moet de locatie niet (makkelijk) voor het publiek toegankelijk zijn in verband met versterking van de metingen en mogelijk vandalisme.
- **GSM-dekking.** De correcte werking van het meetsysteem kan op afstand worden gecontroleerd middels een GSM-verbinding. Ook kunnen via deze verbinding verzamelde meetgegevens worden overgezonden. Hiervoor is een goede GSM-ontvangst een vereiste.

In feite komen bovenstaande eisen er op neer dat de meetlocatie aan de rand van het Wad moet worden gekozen. Na overleg met Jaap de Vlas en Gerard Mast van de Directie Noord Nederland van het Ministerie van LNV is besloten de meetopstelling op het baken op het uiteinde van de stroomleidam in de Ballummerbocht te plaatsen (figuur 2.1). Het baken is ook bij zeer hoog water een veilige plek voor de meetapparatuur en bevindt zich op een rustige locatie ongeveer een kilometer uit de kust. Wel is de dam in principe vrij toegankelijk is voor het publiek.



Figuur 2.1: kaart van Ameland

De stroomleidam ligt aan de zuidkant van het eiland en is in de vorige eeuw aangelegd om zeestromingen van de waddenkust van Ameland weg te leiden. Deze stromingen sloegen grote stukken land uit de kust weg en het eiland dreigde hierdoor in tweeën te breken. Tegenwoordig is dit deel van de waddenkust van Ameland bedijkt en heeft de dam geen waterstaatkundige functie meer.

De dam bestaat uit blokken basalt en is ongeveer 1000 meter lang. Tijdens hoogwater ligt de dam ongeveer 1 meter onder water. Afhankelijk van de wind en eventueel springtij kan dit ook wel eens meer zijn.

Aan het begin van de dam bevindt zich een huisje van de reddingsmaatschappij en een losstoep van Rijkswaterstaat. Langs het uiteinde van de dam loopt een diepe vaargeul naar de havenpier van Nes. Ten noordwesten van de meetlocatie bevindt zich op ca. 3,5 km het dorp Ballum met een klein sportvliegveld. Ten noordoosten bevindt zich het dorp Nes op ongeveer 3 km afstand.

Het baken op de dam bestaat uit een stalen pilaar met daarop, op 4,3 m hoogte, een plateau van 1,5 meter bij 1,5 meter. Op het plateau bevinden zich normaliter een bakenlicht, een kist met accu's waaruit het bakenlicht gevoed wordt en een zonnecel die de accu's oplaadt.

Op dit plateau is de meetopstelling geplaatst. De beide masten voor de windmeters en de microfoon zijn met nylonbandjes aan de land (noordwest) zijde aan de railing van het plateau bevestigd om het zicht op het bakenlicht vanaf zee niet te belemmeren (figuur 2.2). De microfoon bevindt zich op 1,8 meter boven het plateau en dus op ca. 6 meter boven de dam. De hoge windmeter steekt ongeveer 10 meter boven de dam uit. Verder hebben de kast met meetapparatuur en een bak met daarin twee accu's een plekje op het plateau gevonden. Het zonnepaneel is met stalen beugels aan de zuidoostzijde van het plateau gemonteerd.



Figuur 2.2: foto van het baken op de stroomleidam. De foto is genomen in zuidoostelijke richting

Tijdens bezoeken aan de opstelling konden diverse geluiden herkenbaar waargenomen worden. Ze kunnen ruwweg verdeeld worden in geluiden die van nature aanwezig zijn en geluiden die door mensen worden veroorzaakt. Tot de eerste categorie behoren:

- vogels die op het droogvallende wad (met name ten westen van de dam) fourageren.
- kabbelen van het water. Vooral bij afgaand tij ontstaat voor de dam een grote draaikolk die een kabbelend geluid veroorzaakt. Ook golven die tegen de dam lopen produceren een licht geklots.

“Man-made” geluidsbronnen waren

- plezierjachten en rondvaartboten door de vaargeul vlak voor het baken. Dit betreft motorgeluiden en geklots van tegen de dam slaande golven alsmede stemmen van opvarenden.
- sportvliegtuigjes die van of naar het vliegveld bij Ballum vliegen.
- laag overvliegende straaljagers afkomstig van de vliegbasis Leeuwarden.
- gemotoriseerd verkeer op de weg die van oost naar west over het eiland loopt.
- tractoren van boeren die in de buurt aan het grasmaaien waren.

Het weer

De weersomstandigheden tijdens de metingen waren in juni 1999 ietwat wisselvallig. Juli daarentegen was uitgesproken zonnig. Dit had als plezierige bijkomstigheid dat gedurende de gehele meetperiode de accu's niet hoefden worden te vervangen. Wel waaide gedurende een groot deel van de meetperiode een krachtige wind.

Het meetsysteem

Het meetsysteem is in een eerder verschenen rapport uitvoerig beschreven [6]. Daarom zullen hier alleen de belangrijkste eigenschappen kort worden besproken.

De gebruikte meetapparatuur bestond uit een geluidsmeter van het merk Brüel & Kjaer, type 2230 waarop via een kabel een voorversterker met microfoon was aangesloten, twee gecombineerde windrichting-/windsnelheidsmeters, een temperatuurmeter, een regenmeter en een vochtsensor voor het detecteren van lichte neerslag en mist.

De uitgangssignalen van de geluidsmeter en de weersensoren werden één keer per seconde bemonsterd door een MSDOS-compatibele palmtop computer waarop een analoog-digitaal converter was aangesloten. De verzamelde meetgegevens worden opgeslagen in zogenaamde meetblokken. Een meetblok bestaat doorgaans uit de gegevens van zeshonderd metingen (= 10 minuten). Met behulp van deze metingen worden histogrammen geconstrueerd voor de snel fluctuerende variabelen, te weten de beide windrichtingen en windsnelheden en het geluidsniveau. Uit deze histogrammen kunnen bij de analyse van de meetgegevens percentiele niveaus, gemiddelde waarden en, in het geval van de geluidsmeting, het L_{Aeq} over het meetblok worden berekend. Van de temperatuur wordt slechts de gemiddelde waarde gedurende het meetblok opgeslagen. De temperatuurmeter bleek echter gedurende een groot deel van de metingen foutieve waarden aan te geven en zal verder buiten beschouwing worden gelaten. Tenslotte wordt nog opgeslagen hoe vaak gedurende het meetblok de vochtmeter "vochtig" heeft aangegeven en de tijd tussen twee pulsen van de regenmeter, wat overeen komt met 1 mm neerslag.

De kleinste tijdschaal waarover gegevens beschikbaar zijn is dus de duur van een meetblok. Dit is geen bezwaar zo lang men de duur van de meetblokken duidelijk kleiner kiest dan de voor de omgevingsfactoren relevante tijdschaal.

Bij de keuze van de duur van een meetblok moet een compromis worden gesloten. Wordt enerzijds de duur van het meetblok te kort gekozen dan zullen de op de windsnelheidsfluctuaties betrekking hebbende statistische grootheden van opeenvolgende meetblokken variëren. Dit is inherent aan het turbulente karakter van het verschijnsel wind. Omdat het gemeten geluidsniveau afhankelijk is van de windsnelheid zouden de aan de geluidshistogrammen ontleende grootheden eveneens sterk kunnen variëren. Door te meten over een langere periode worden deze voor geluidsmetingen oninteressante kortdurende fluctuaties uitgemiddeld.

Anderzijds leidt de keuze voor een te lang meetblok ertoe dat de invloed van langzame veranderingen van de meetomstandigheden op het gemeten geluidsniveau onvoldoende kan worden gevolgd. De typische frequentie van kleinschalige windsnelheidsvariaties bedraagt ongeveer 1 per minuut, terwijl deze bij een frequentie van 1 per 10 minuten en lager nagenoeg afwezig zijn. Moerkerken [7] beveelt op grond hiervan aan meettijden van minstens 10 minuten te kiezen. Uit experimenten van Boersma [8] is gebleken dat ook met meetblokken van 5 minuten kan worden volstaan. Als minimum meetblokduur geeft hij 2 minuten aan.

Voor de hier beschreven metingen is gekozen voor een meetblokduur van 10 minuten (en een bemonsteringstijd van 1 seconde). Een dergelijke meettijd biedt voldoende mogelijkheden de langzame windvariaties te volgen. Bovendien blijft met deze keuze het geheugengebruik op de palmtop-computer binnen acceptabele grenzen.

Overigens is bij eerdere metingen gebleken dat, wat het L_{A95} betreft, de keuze van de meetblokduur weinig kritisch is. Wel is de meetblokduur enigszins van invloed op het L_{A1} en, waarschijnlijk ook op het equivalente geluidsniveau (L_{Aeq}) over de duur van een meetblok, aangezien deze gevoelig is voor luide verstoringen [2,3].

In het algemeen wordt bij het analyseren van de gegevens een groot aantal meetblokken samen genomen. In dat geval doet het er niet toe of we een meetblok van 10 minuten hebben of 10 meetblokken van 1 minuut.

3 Geluidsniveaus als functie van de windsnelheid

Uit de histogrammen die in elk meetblok zijn opgeslagen kunnen verschillende grootheden berekend worden. Allereerst kunnen zogenaamde percentiele waarden bepaald worden. Het percentiele niveau geeft de waarde aan welke gedurende een bepaald percentage van de tijd wordt overschreden. Als maat voor het achtergrondgeluid wordt vaak het L_{95} genomen. Dit is het geluidsniveau dat 95% van de tijd wordt overschreden. Wanneer we in dit rapport spreken over het achtergrondgeluidsniveau dan zal daarmee het L_{95} worden bedoeld. De term omgevingsgeluid is gereserveerd voor het totale geluidsniveau dat op de meetlocatie heerst.

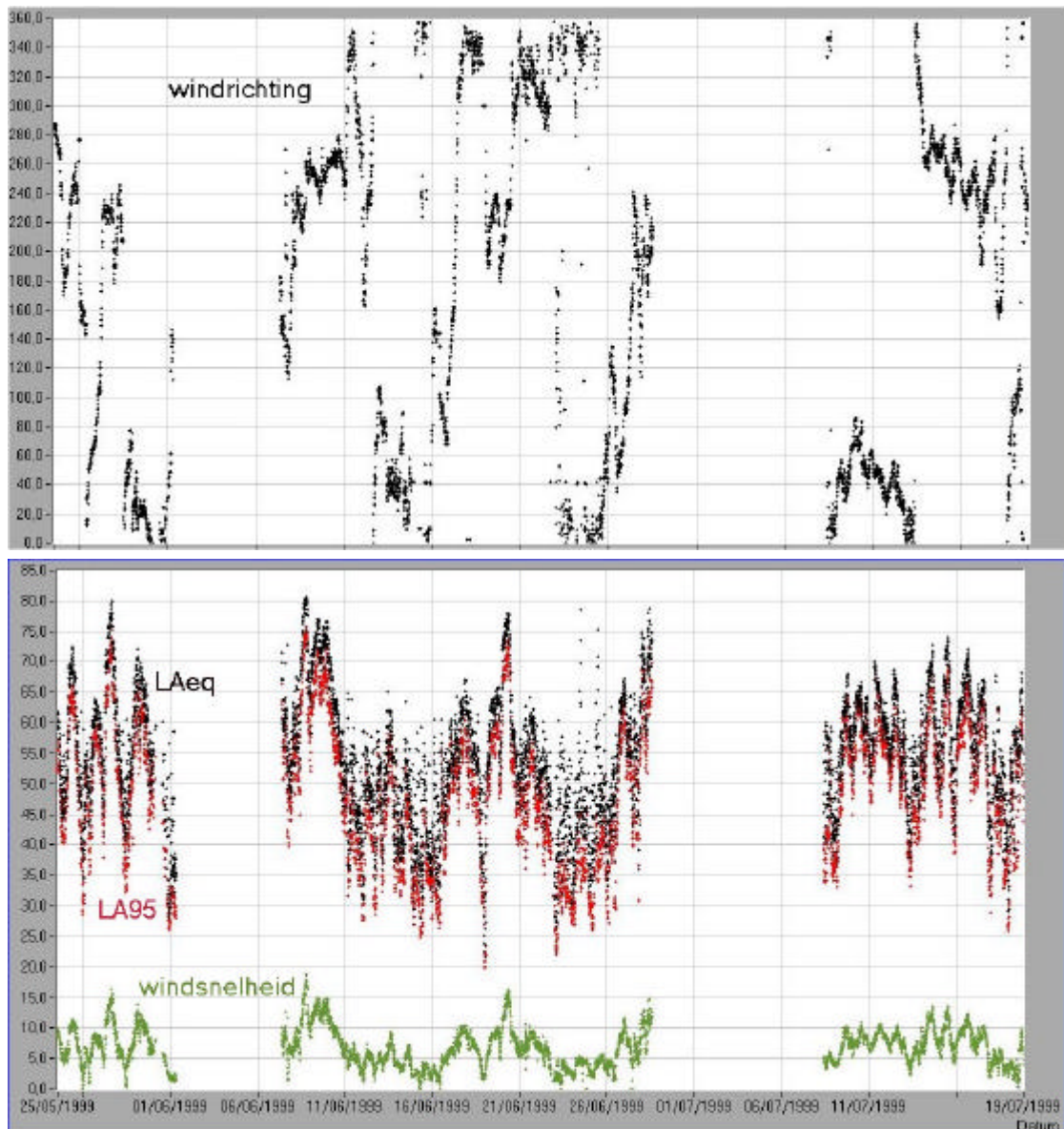
Ook voor de windsnelheid en –richting kunnen percentiele niveaus worden berekend. In dit rapport zal, tenzij anders wordt vermeld, met de windsnelheid (V_{wind}) het V_{50} worden bedoeld en met de windrichting het D_{50} . Deze waarden komen voor symmetrische verdelingen overeen met de gemiddelde waarden.

Uit het geluidshistogram kan ook nog het equivalente geluidsniveau L_{eq} worden berekend. dit is de energiegemiddelde waarde van de geluidsdruk over de duur van het meetblok. Deze kan berekend worden met de onderstaande formule:

$$L_{eq} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} 10^{\frac{L_p(t)}{10}} \cdot dt \right] \quad (3.1)$$

Het menselijk oor is niet voor elke frequentie even gevoelig. Daarom wordt bij geluidsmetingen vaak een correctie toegepast welke bij benadering overeenkomt met het menselijk gehoor. Deze correctie wordt de A-weging genoemd. Met name lage frequenties worden door deze weging verzwakt. Geluidsniveaus die met deze weging zijn gemeten worden met een hoofdletter A als extra toevoeging aangeduid: L_{A95} , L_{Aeq} , etc.

In figuur 3.1 zijn in één grafiek het verloop in de tijd van de windsnelheid de windrichting, het achtergrondgeluidsniveau en het equivalente geluidsniveau per meetblok van 10 minuten uitgezet. De metingen zijn van dinsdag 1 juni tot maandag 7 juni onderbroken geweest vanwege problemen met de meetcomputer. Van maandag 28 juni tot donderdag 8 juli zijn de metingen onderbroken omdat de meetcomputer



Figuur 3.1: overzicht van de windrichting, het equivalente geluidsniveau (L_{Aeq}), achtergrondgeluidsniveau (L_{A95}) en de windsnelheid gedurende de meetperiode. De neerslag is vanwege de geringe neerslaghoeveelheden tijdens de metingen niet afgebeeld.

voor andere doeleinden nodig was. In totaal zijn in de meetperiode meer dan 5300 meetblokken van 10 minuten verzameld. Dit komt overeen met bijna 900 uur meettijd oftewel ruim vijf weken.

Wanneer men de grafiek bekijkt springen een aantal dingen in het oog:

Allereerst valt op dat het op de meetlocatie vrijwel altijd waait: het is praktisch nooit windstil geweest.

Verder valt op dat er een duidelijke correlatie lijkt te bestaan tussen het achtergrondgeluidsniveau en de windsnelheid: meer wind gaat gepaard met een hoger geluidsniveau.

Windgeluid ontstaat als lucht langs vegetatie en objecten strijkt. Daarnaast kan wind ook drukvariaties rond een microfoon veroorzaken die zich niet in de lucht voortplanten en dus geen geluid zijn. Dit soort drukvariaties zijn niet eenvoudig te onderscheiden van drukvariaties die worden veroorzaakt door “echte” geluidsbronnen. Ze worden soms aangeduid met de term pseudo-geluid en kunnen in twee categoriën worden onderverdeeld.

- Drukvariaties die het gevolg zijn van turbulenties in de atmosfeer. De hoeveelheid turbulentie wordt bepaald door factoren zoals de opwarming van het aardoppervlak, door de zon, de vegetatie en de windsnelheid.
- Drukfluctuaties in het zog van een microfoon in een al dan niet turbulente luchtstroom. Dit soort pseudo-geluid kan met behulp van een windbol worden gereduceerd (maar niet geëlimineerd).

Het equivalente geluidsniveau correleert eveneens met de windsnelheid maar wanneer men figuur 3.1 wat nauwkeuriger bekijkt blijkt dat vooral bij lage windsnelheden is het verband minder duidelijk is. Dit komt doordat het L_{Aeq} relatief gevoelig is voor verstoringen, ook als deze maar kort duren. Bij hoge windsnelheden treden deze verstoringen waarschijnlijk ook op maar dan is het geluidsniveau toch al zo hoog dat de invloed van de verstoringen geringer is.

Het achtergrondgeluidsniveau is daarentegen maar weinig gevoelig voor kortdurende verstoringen. Immers, per definitie is het achtergrondgeluidsniveau het geluidsniveau dat 95% van de tijd wordt overschreden. Met andere woorden: de kans is 95% dat de verstoring plaatsvindt op een moment dat toch al niet zou bijdragen aan het achtergrondgeluidsniveau. De mate waarin het niveau wordt overschreden doet er niet toe.

Het achtergrondgeluidsniveau

Om het verband tussen de windsnelheid en het achtergrondgeluidsniveau wat beter te kunnen bekijken is in figuur 3.2 voor elk meetblok van tien minuten het achtergrondgeluidsniveau uitgezet tegen de windsnelheid. In deze grafiek valt op dat er nauwelijks meetblokken zijn met een windsnelheid van 1 m/s of minder. Voorts is duidelijk de trend waarneembaar dat het achtergrondgeluidsniveau toeneemt met de windsnelheid. Wel is er sprake van een duidelijke spreiding in het achtergrondgeluidsniveau. Het minimale en het maximale achtergrondgeluidsniveau

bij één en dezelfde windsnelheid gemeten kunnen 15 dB of meer verschillen. Dit toont de noodzaak van langdurige metingen aan. Bij kortdurende metingen van enkele uren of een dag worden niet voldoende punten verzameld om een representatief beeld te kunnen vormen.

Om vergelijking met andere meetresultaten mogelijk te maken is het noodzakelijk de puntenwolk tot een veel kleiner aantal punten te reduceren. Dit kan door de meetblokken naar windsnelheid te sorteren in klassen van 1 m/s (0-1 m/s, 1-2, m/s enz.). De geluidshistogrammen van alle meetblokken in een klasse worden vervolgens samengevoegd tot een nieuw histogram. Uit dit nieuwe histogram kan dan weer het L_{A95} worden bepaald. Tot slot worden de aldus verkregen punten door een lijn met elkaar verbonden.

We zien dat de lijn langs de onderkant van de puntenwolk loopt. Dit valt ook te verwachten aangezien het L_{A95} wordt bepaald door de laagste 5% van alle

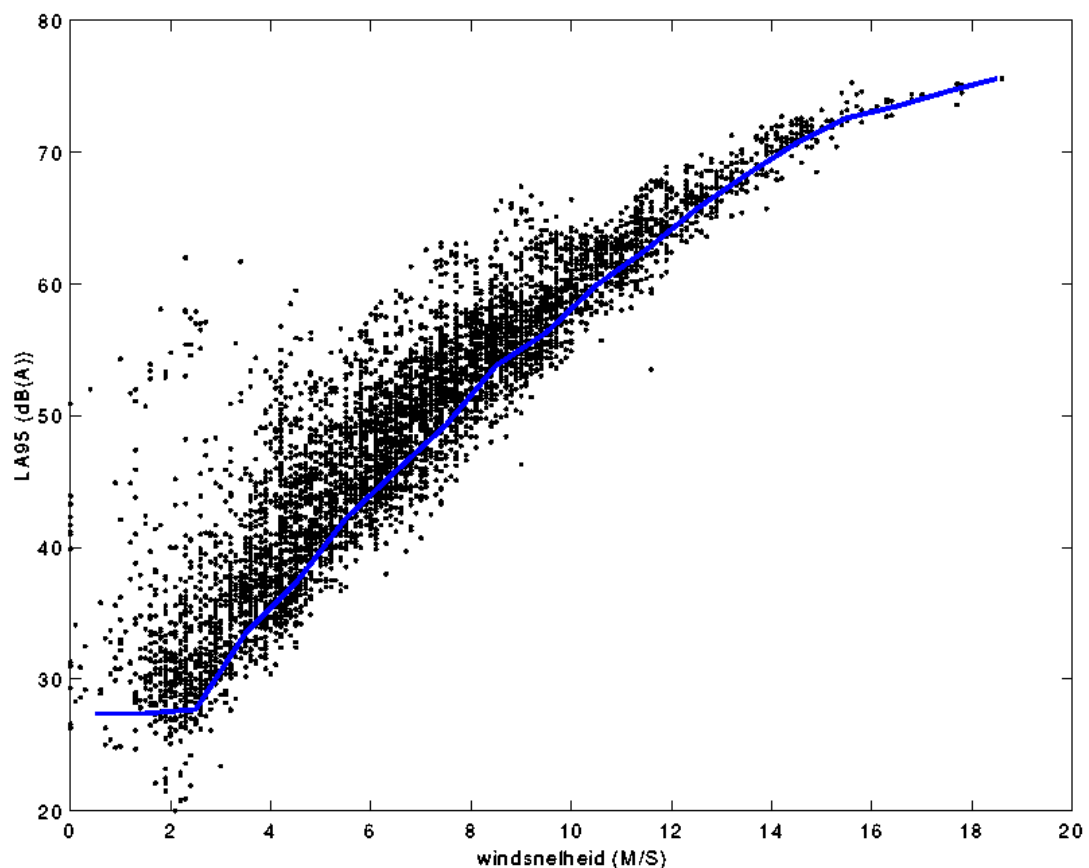


Figure 3.2: het achtergrondgeluidsniveau (L_{A95}) uitgezet tegen de windsnelheid. op 10 meter hoogte en over de gehele meetperiode. Elk punt in de wolk (totaal: ruim 5300 punten) representeert een meetblok van 10 minuten. De lijn verbindt punten waarbij alle meetblokken in klassen van 1 m/s zijn verdeeld.

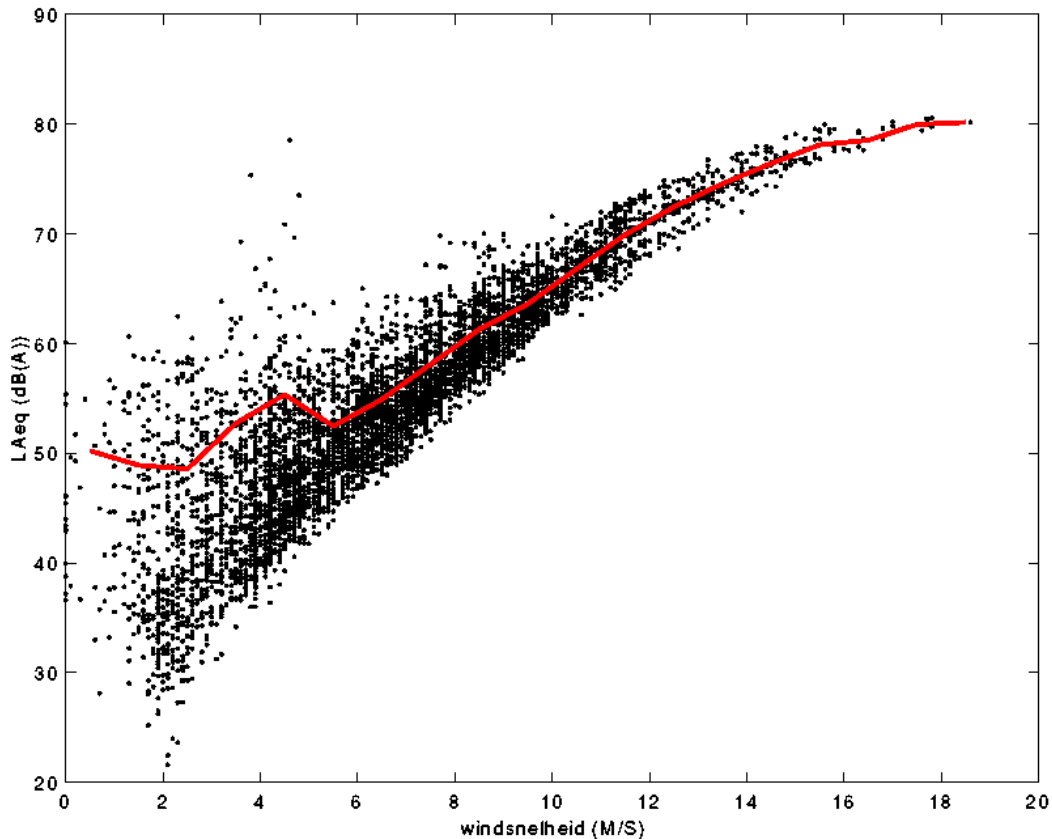
meetwaarden. Verder valt op dat de lijn tussen 0 en 3 m/s vlak loopt. Dit komt mede doordat bij een windsnelheid van 2 – 3 m/s een aantal zeer lage L_{A95} waarden zijn gemeten. De minimale waarde voor het achtergrondgeluidsniveau bedraagt 27 dB(A). Overigens het verschijnsel dat er bij lage windsnelheden sprake is van een soort basisgeluidsniveau dat niet van de windsnelheid afhangt ook in het verleden bij andere achtergrondgeluidsmetingen.

Bij hoge windsnelheden lijkt de lijn geleidelijk naar een plafondwaarde te lopen. Dit is het gevolg van het beperkte dynamische bereik van de gebruikte geluidsmeter. Dat loopt van 20 – 80 dB(A). Weliswaar liggen alle punten van de puntenwolk binnen dit bereik maar men moet bedenken dat het hier om A-gewogen niveaus gaat. Het filter dat de A-weging uitvoert bevindt zich na de ingangstrap van de geluidsmeter. Dit betekent dat, afhankelijk van de hoeveelheid laagfrequent geluid dat zich in het gemeten geluid bevindt, de ingangstrap van de geluidsmeter geluidsniveaus moet kunnen verwerken die aanzienlijk hoger liggen dan de A-gewogen waarden die op het display van de meter worden aangegeven. Boersma [1] heeft in zijn rapport laten zien dat het verschil tussen het A-gewogen en het ongewogen niveau meer dan 15 dB(A) kan bedragen. De invloed van het beperkte dynamische bereik doet zich dus al bij veel lagere A-gewogen geluidsniveaus gelden.

Bij windsnelheden vanaf ca. 12 m/s zijn de gemeten geluidsniveaus daarom niet meer betrouwbaar. In het vervolg van dit rapport zijn deze metingen daarom niet meegenomen in de analyse van de geluidsmetingen.

Voor windsnelheden tussen 2,5 m/s en circa 12 m/s wordt het achtergrondgeluidsniveau (L_{A95}) gegeven door:

$$L_{A95} = 4.0V_{\text{wind}} + 18 \quad \text{dB(A)} \quad (3 \leq V_{\text{wind}} \leq 12 \text{ m/s}) \quad (3.2)$$

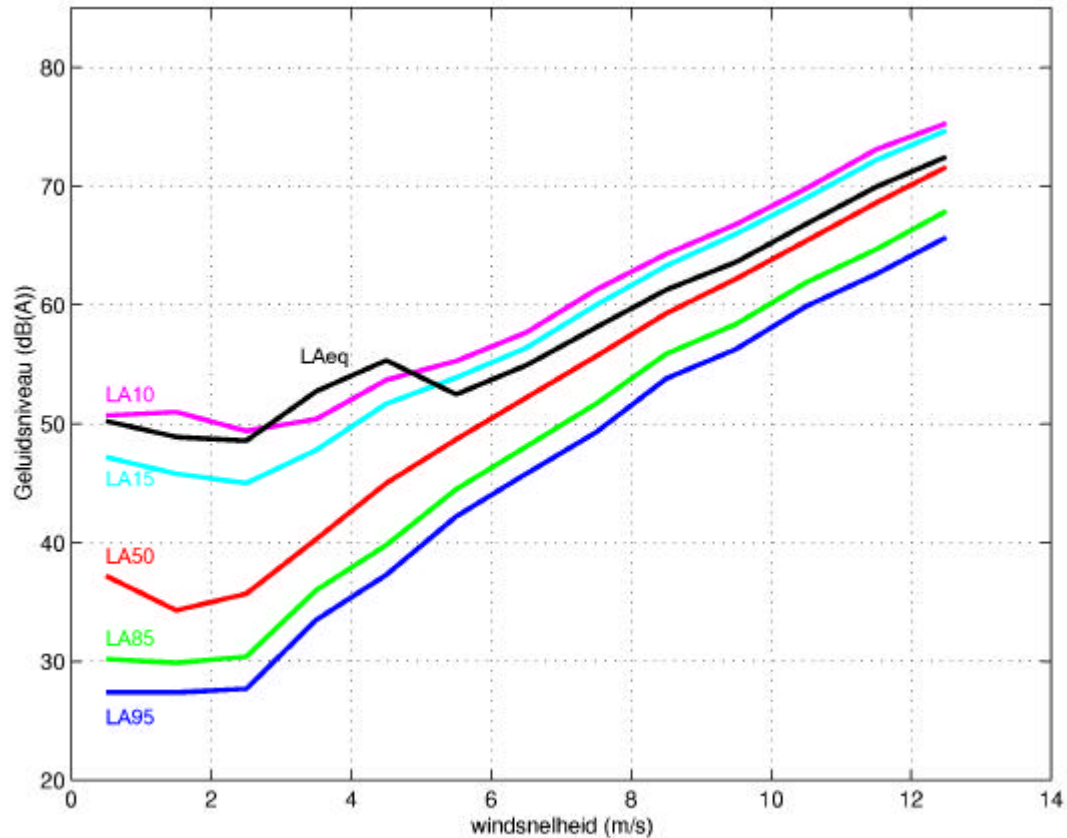


Figuur 3.3: het equivalente geluidsniveau (L_{Aeq}) uitgezet tegen de windsnelheid. Hier representeert elk punt in de wolk het L_{Aeq} over 10 minuten.

Het equivalente geluidsniveau

In figuur 3.3 is het A-gewogen equivalente geluidsniveau grafisch weergegeven. Hier representeren de punten het L_{Aeq} per meetblok van 10 minuten. De L_{Aeq} waarden liggen, zoals verwacht, aanzienlijk hoger dan de waarden voor het achtergrondgeluidsniveau. Het minimum over lange tijd (rode lijn in grafiek 3.3) ligt hier bij 48.6 dB(A). Des te langer een periode is des te groter is de kans op een luide verstoring; aangezien het L_{Aeq} gevoelig is voor luide verstoringen leidt meten over een langere periode tot een hoger L_{Aeq} niveau. Dit wordt duidelijk geïllustreerd in het gebied tussen 3 en 5 m/s. Daar liggen een paar meetblokken met een zeer hoog L_{Aeq} . Gevolg is dat de lijngrafiek voor het L_{Aeq} in dit windsnelheidsgebied omhoog wordt “getrokken”.

We hebben gepoogd wat meer over deze meetblokken aan de weet te komen. Het blijkt dat ze zijn gemeten op donderdag 24 en vrijdag 25 juni, in beide gevallen tussen ongeveer 13.00 en 13.30 uur. De bron van het lawaai is niet bekend. Wel is aan de meetblokken te zien dat het gedurende een aanzienlijk deel van het meetblok het momentane geluidsniveau 80 dB of meer is geweest. Dit maakt het onwaarschijnlijk



Figuur 3.4: lijngrafieken van een aantal percentiele niveaus en het equivalente geluidsniveau uitgezet tegen de windsnelheid

dat het geluid is veroorzaakt door een laagovervliegende straaljager of een krijgende meeuw direct naast de microfoon.

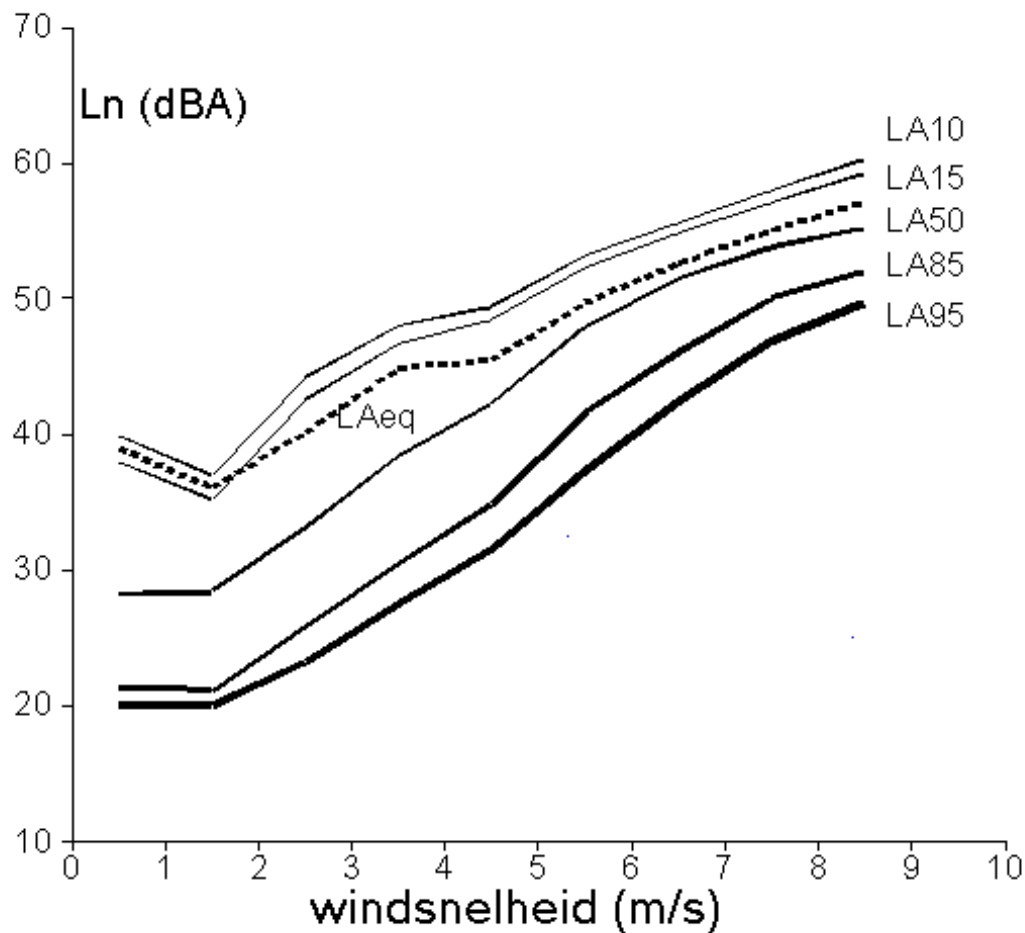
Mogelijk hebben mensen op de dam de metingen verstoord. Dat zou in principe kunnen want het was op dat ogenblik laag water.

In figuur 3.4 zijn de lijngrafieken van het L_{Aeq} , het L_{A95} en nog enkele andere percentiele niveaus samen in een grafiek weergegeven. Bij alle curves blijkt het verloop van de grafiek bij windsnelheden tot 3 m/s te verschillen van het verloop bij hogere windsnelheden: bij lage windsnelheden is er sprake van een drempelwaarde in het geluidsniveau. Bij deze lage windsnelheden is echter ook sprake van een relatief gering aantal meetpunten.

Vergelijking met de kweldermetingen

Het ligt voor de hand de metingen vergelijken met de resultaten van achtergrondgeluidsmetingen welke in augustus 1996 zijn verricht door de Natuurkundewinkel op een kwelder, ten noorden van Warffum. De omstandigheden waaronder gemeten werd weken op een aantal punten af van de meetomstandigheden op de stroomleidam. Zo werd bij de kweldermetingen de windsnelheid gemeten op 5 meter hoogte in plaats van 10 meter. Voorts bevond de microfoon zich op 2 meter hoogte in plaats van 6 meter. Ook de bodemgesteldheid van het terrein was anders. De begroeiing op de kwelder werd gekenmerkt door grassen en andere lage vegetatie, terwijl de opstelling op Ameland werd omringd door water. Dit veroorzaakt een verschil in bodemabsorptie.

Van de metingen op de kwelder staan: percentiele niveaus staat afgebeeld in figuur



Figuur 3.5: resultaten van de metingen op een kwelder op het Wad. Overgenomen uit [3].

3.5. Omdat tijdens de kweldermetingen de windsnelheid op 5 meter hoogte is gemeten kan grafiek 3.5 niet zondermeer vergeleken worden met grafiek 3.4. Het is evenwel mogelijk de windsnelheid op 5 meter hoogte om te rekenen naar 10 meter hoogte [2]. Uitgaande van een ruwheidshoogte op de kwelder van 10 cm. wordt het verband tussen de windsnelheid op 5 en 10 meter hoogte gegeven door:

$$V_{\text{wind},10\text{m}} = 1.15 \cdot V_{\text{wind},5\text{meter}} \quad (3.3)$$

Bij de kweldermetingen was het achtergrondgeluidsniveau voor windsnelheden van 2 m/s of minder kleiner of gelijk aan 20 dB(A) (20 dB(A) is de ondergrens van de geluidsmeter): een verschil van ruim 7 dB met de resultaten van Ameland. Voor windsnelheden boven 2 m/s wordt het achtergrondgeluidsniveau op de kwelder gegeven door

$$L_{A95} = 4.5 \cdot V_{\text{wind},5\text{meter}} + 12 \text{ dB(A)}. \quad (3.4)$$

Wanneer men deze uitdrukking omrekent naar een windsnelheid op 10 meter hoogte vindt men:

$$L_{A95} = 3.9 \cdot V_{\text{wind},10\text{meter}} + 12 \text{ dB(A)} \quad (3.5)$$

We zien dat de mate waarin het achtergrondgeluidsniveau toeneemt met de windsnelheid weinig verschilt van wat we in de Ballummerbocht hebben gevonden (3.9 db per m/s versus 4.0 dB per m/s). Wel ligt het achtergrondgeluidsniveau in de Ballummerbocht bij elke windsnelheid 6 à 7 dB hoger voor windsnelheden tussen 2 en 12 m/s.

Het ligt voor de hand het geconstateerde verschil toe te schrijven aan de verschillen in bodemabsorptie.

Om een indruk te krijgen van de bodemabsorptie hebben we deze bepaald voor een verkeersweg op maaiveldhoogte en op 1 km afstand voor een absorberend bodemoppervlak (d.w.z. $B = 1$) en de waarnemer op 2 meter hoogte [8]. De bodemabsorptie zal dan ca. 5.5 dB bedragen. De bodemdemping bij de metingen op Ameland zal verwaarloosbaar zijn geweest, gezien het grote wateroppervlak rond de meetopstelling en de waarneemhoogte van 6 meter. Een verschil in bodemdemping

tussen de kweldermetingen en die op Ameland van 6 à 7 dB(A) lijkt dus niet onredelijk.

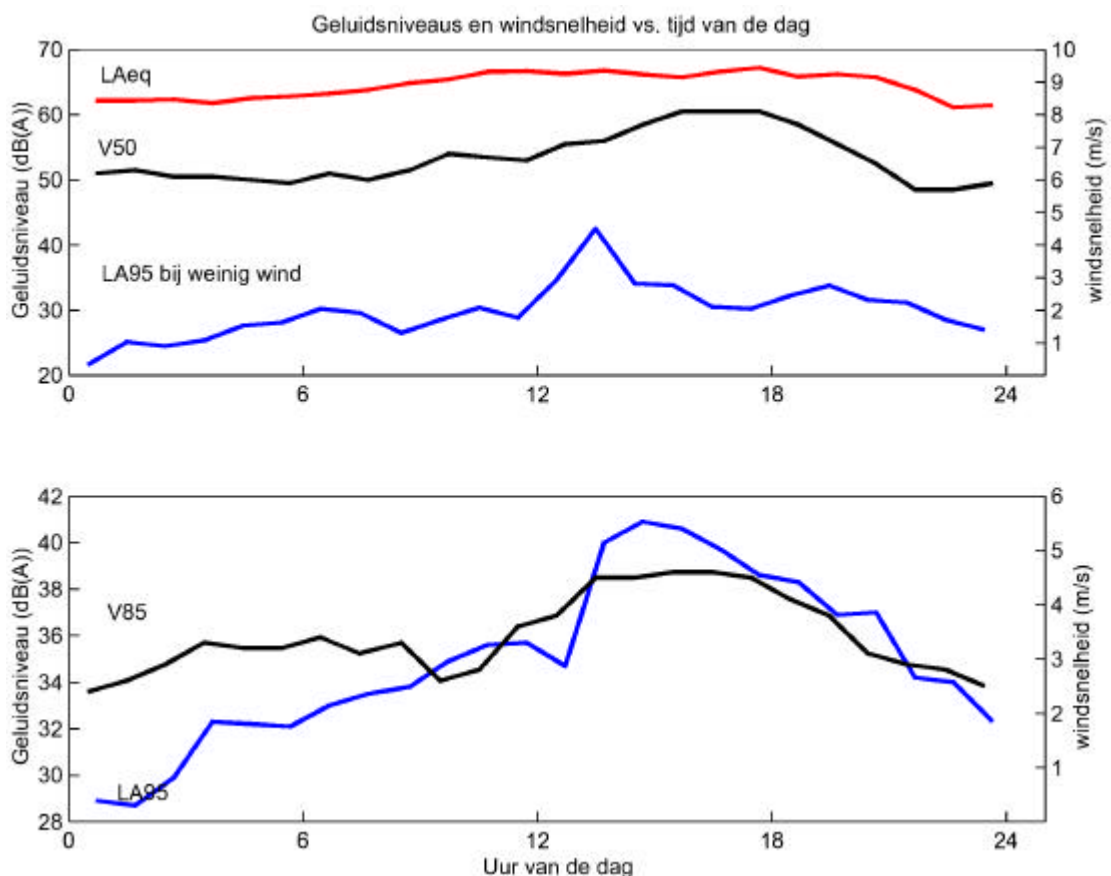
4 Factoren die het achtergrondgeluidsniveau beïnvloeden

Naast de windsnelheid zijn er nog een aantal andere factoren die de gemeten geluidsniveaus kunnen beïnvloeden. In dit hoofdstuk zullen we een drietal factoren nader beschouwen.

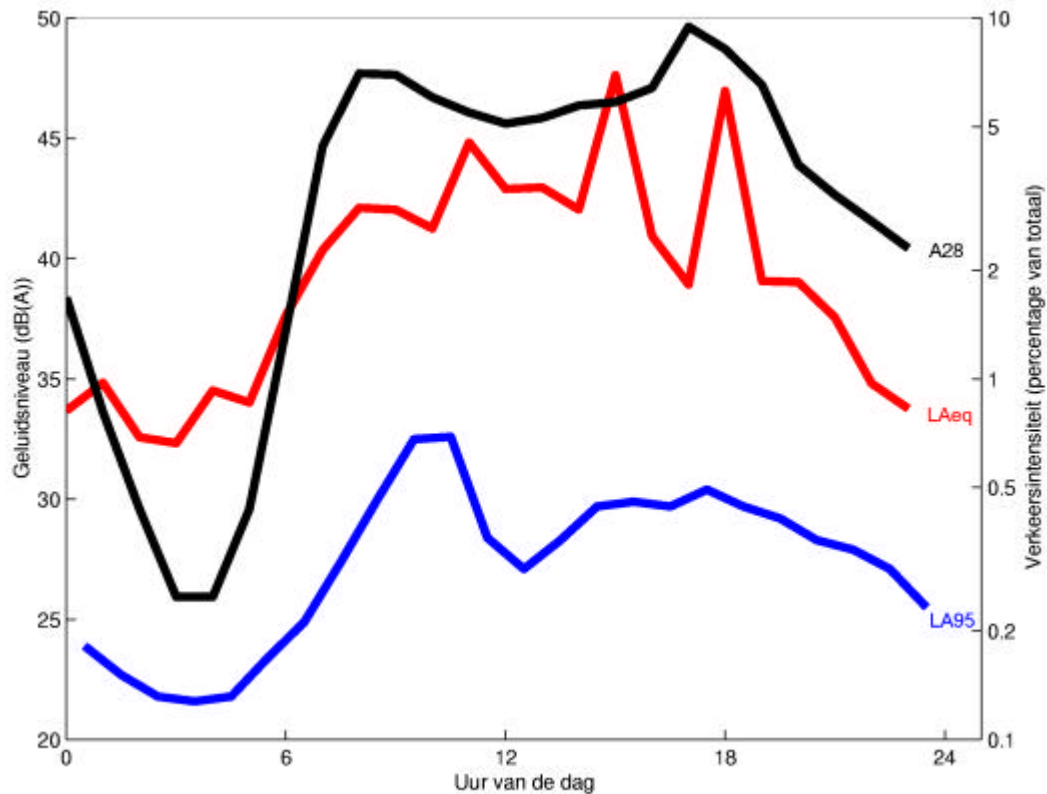
Tijd van de dag. De activiteit van zowel mensen als dieren vertoont een duidelijk dag-nacht ritme. Bovendien is de atmosfeer door de opwarming van het aardoppervlak overdag turbulenter. Dit doet verwachten dat de geluidsniveaus overdag hoger zullen zijn dan 's nachts.

Windrichting. Waargenomen geluid is hoofdzakelijk van boven de wind afkomstig. Het onderzoeken van de windrichtingsafhankelijkheid van de gemeten geluidsniveaus zou aanwijzingen kunnen opleveren over de herkomst van het geluid.

Getijde. Tijdens laag water worden de droogvallende zandbanken in bezit genomen door fouragerende vogels. Ook is het water verder verwijderd van de meetmicrofoon. Dit zou verschillen kunnen opleveren in de gemeten geluidsniveaus



Figuur 4.1: het verloop van het equivalente geluidsniveau (L_{Aeq}), de windsnelheid, het achtergrondgeluidsniveau (L_{A95}) en het achtergrondgeluidsniveau waarbij alleen metingen zijn meegenomen met een windsnelheid lager dan 3 m/s (L_{A95} , weinig wind) gemeten op Ameland.



Figuur 4.2: het verloop van het equivalente geluidsniveau (L_{Aeq}), het achtergrondgeluidsniveau waarbij alleen metingen zijn meegenomen met een windsnelheid lager dan 3 m/s (L_{A95}) en de verkeersintensiteit op de A28, gemeten in stiltegebied “Het Horsterwold” [4](zie ook tekst).

Invloed van de tijd van de dag.

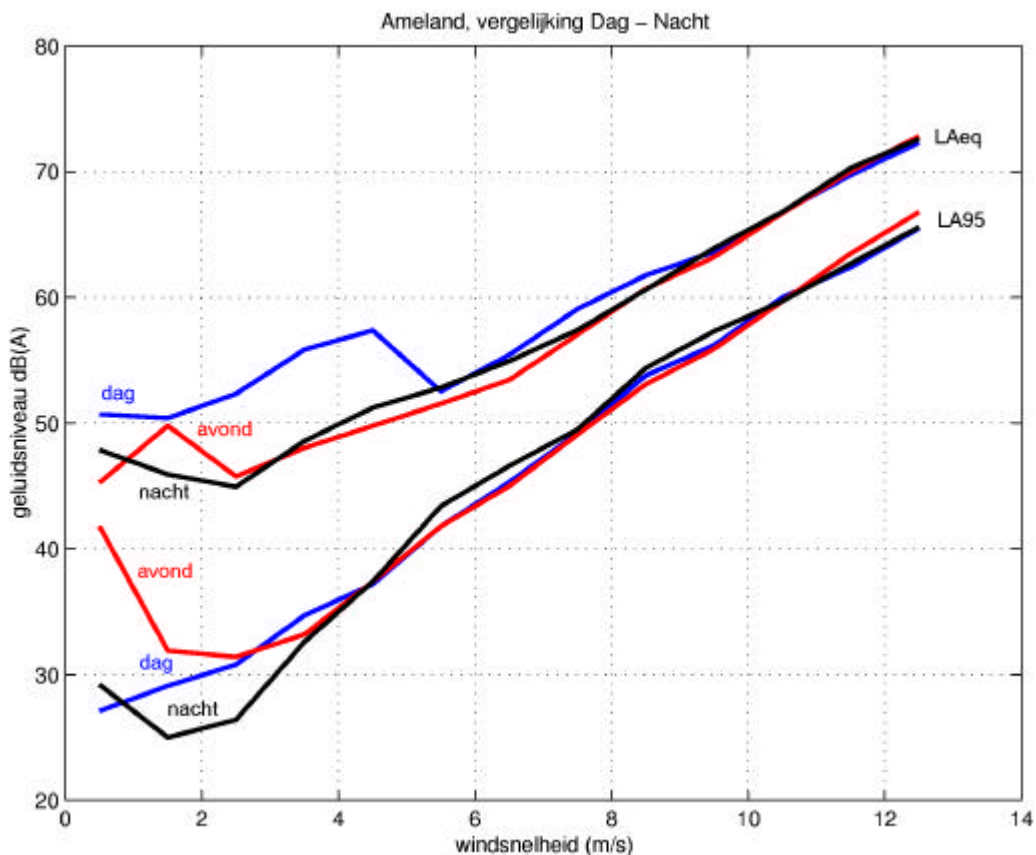
In figuur 4.1 is het verloop over een etmaal van het achtergrondgeluid (L_{A95}), het equivalente geluidsniveau (L_{Aeq}) en de windsnelheid grafisch weergegeven. Deze curves zijn gemaakt door per uur de histogrammen van de meetblokken van alle dagen in dat uur samen te voegen tot nieuwe histogrammen. Uit deze nieuwe histogrammen zijn het achtergrondniveau, het L_{Aeq} en de windsnelheid bepaald. Verder is in deze grafiek nog het L_{A95} getekend waarbij alleen meetblokken zijn geselecteerd met een windsnelheid van 3 m/s of minder. Hierdoor zal de hoeveelheid pseudo-geluid voor deze curve nihil zijn waardoor eventueel aanwezig lawaai beter tot uitdrukking komt. Het aantal punten dat aan deze curve bijdraagt is evenwel maar klein zodat de curve een wat onregelmatig verloop heeft.

Van de meetresultaten in het Horsterwold, een officieel stiltegebied in de Flevopolder is een vergelijkbare grafiek gemaakt. Deze staat afgebeeld in figuur 4.2. Hier ziet men een duidelijke toename van het achtergrondgeluidsniveau (eveneens met $v_{wind} < 3$ m/s)

vanaf ongeveer zes uur 's ochtends. Deze toename blijkt te correleren met de verkeersintensiteit.

In figuur 4.1 blijkt de toename van het achtergrondgeluidsniveau in de ochtend gering te zijn. Het is dan echt stil. We zien dat het achtergrondgeluidsniveau rond 12 uur 's middags toeneemt om daarna weer te gaan dalen. Deze toename houdt verband met de wind die in de loop van de dag opsteekt. Wanneer men het achtergrondgeluidsniveau vergelijkt met de mediane windsnelheid (V_{50}) is dat wellicht niet zo duidelijk want de toename van het geluidsniveau loopt duidelijk vóór op die van de windsnelheid. Als men echter naar het verloop van het L_{A95} en het V_{85} kijkt dan lopen deze nagenoeg gelijk op. Kennelijk is het V_{85} meer bepalend voor het L_{A95} dan het V_{50} , de mediane windsnelheid.

In grafiek 4.3 zijn het L_{Aeq} en het achtergrondgeluidsniveau L_{A95} getekend als functie van de windsnelheid, uitgesplitst naar dag (7.00 – 19.00 uur), avond (19.00 – 23.00 uur) en nacht (23.00 – 7.00 uur). Bij windsnelheden groter dan 4 m/s lopen de curves



Figuur 4.3: het achtergrondgeluidsniveau (L_{A95}) en het equivalente geluidsniveau (L_{Aeq}) uitgesplitst naar de dag-, nacht- en avondperiode

voor het achtergrondgeluidsniveau nagenoeg gelijk. In dat gebied wordt het geluidsniveau kennelijk vooral bepaald door de windsnelheid.

In het gebied beneden 4 m/s is, zoals verwacht, het geluidsniveau 's nachts het laagst. Het minimum bedraagt dan 25 dB(A). Het blijkt dat het achtergrondgeluidsniveau 's avonds hoger is dan overdag. Het minimum bedraagt overdag 27 dB(A) en 's avonds 31 dB(A). Het mag in eerste instantie vreemd lijken dat het minimum overdag lager ligt dan 's avonds, maar wanneer men naar het verloop van het achtergrondgeluidsniveau (L_{A95}) in figuur 4.1 kijkt is het niet echt verbazingwekkend. Zoals reeds eerder opgemerkt wordt het achtergrondgeluidsniveau hoofdzakelijk bepaald door de laagste geluidsniveaus. In grafiek 4.1 kunnen we zien dat het achtergrondgeluidsniveau 's morgens meestal lager is dan 's avonds. Het achtergrondgeluidsniveau overdag wordt voornamelijk bepaald door de vroege ochtend, en die is stiller dan de avond. Daarom zal ook het achtergrondgeluidsniveau overdag lager zijn dan 's avonds.

Bij het L_{Aeq} is de situatie juist andersom: het L_{Aeq} wordt meer bepaald door de hoogste geluidsniveaus in een meetperiode. Uit grafiek 4.1 blijkt dat het L_{Aeq} overdag meestal hoger is dan 's avonds. Vandaar dat in grafiek 4.3 de curve voor het L_{Aeq} overdag hoger ligt dan die voor het L_{Aeq} 's avonds

Een vergelijking van de dag en nachtwaarden met die gemeten op de kwelder [3] wordt een beetje bemoeilijkt doordat daar voor de “dag” de periode van 10.00 tot 15.00 uur is gekozen en voor de “nacht” de periode van 23.00 tot 4.00 uur terwijl we in dit rapport hebben vastgehouden aan de wettelijke definitie van dag-, avond- en nachtperiode. Het is echter niet te verwachten dat deze wat andere perioden leiden tot grote verschillen.

Bij weinig wind werd op de kwelder “overdag” een achtergrondgeluidsniveau gemeten van 26 dB(A) (Ameland: 27 dB(A)) en 's nachts een waarde van 20 dB(A) (Ameland: 25 dB(A)).

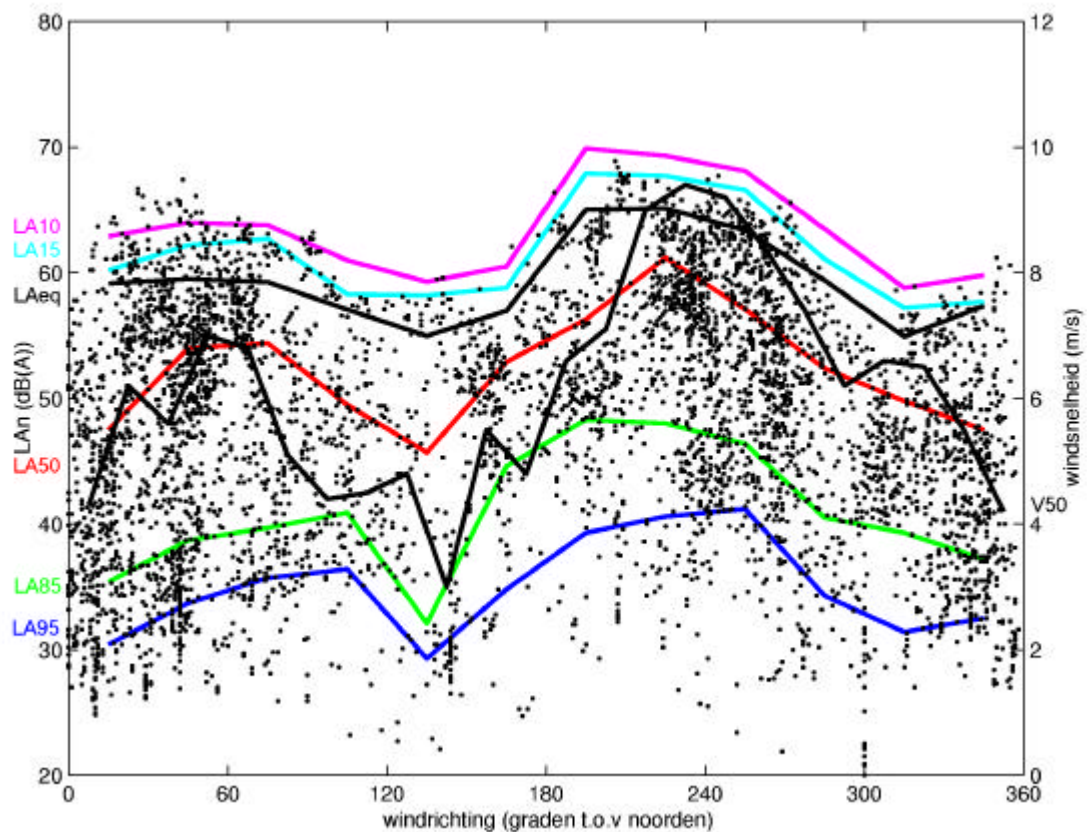
De conclusie is derhalve dat een verschil in achtergrondgeluidsniveau op beide plaatsen met name 's nachts optreedt. Dit verschil is ook sterk bepalend voor het verschil tussen de achtergrondgeluidsniveaus op beide plaatsen over het gehele etmaal, want deze worden vooral door de laagste niveaus, dus de nacht, bepaald.

Geluidsniveaus als functie van de windrichting

In figuur 4.4 zijn een aantal percentiele geluidsniveaus uitgezet tegen de windrichting. De windrichting is gevarieerd in stappen van 30 graden met een openingshoek van 90 graden: alle metingen in het gebied ± 45 graden rond de windrichting zijn dus samengenomen. Om een indruk te krijgen van de spreiding van het achtergrondniveau (dus alleen het L_{A95}) over de diverse windrichtingen is tevens de puntenwolk van het L_{A95} in de grafiek getekend. Voorts is ook de windsnelheid als functie van de windrichting weergegeven.

We zien dat de meetpunten redelijk gelijkmatig zijn verdeeld over de verschillende windrichtingen. Alleen het zuidoosten (rond 150 graden) lijkt wat karig bedeed.

Op het eerste gezicht lijkt het dat het meeste geluid uit het zuidwesten (rond 200 graden) komt. Wanneer men echter naar de windsnelheid als functie van de windrichting kijkt (de onderste zwarte curve in figuur 4.4) dan blijkt dat ook de windsnelheid bij zuidwestenwind het hoogste was. Op grond van de al eerder geconstateerde sterke correlatie tussen windsnelheid en achtergrondgeluidsniveau verklaart dit in ieder geval gedeeltelijk het verloop van de L_{A95} -curve.



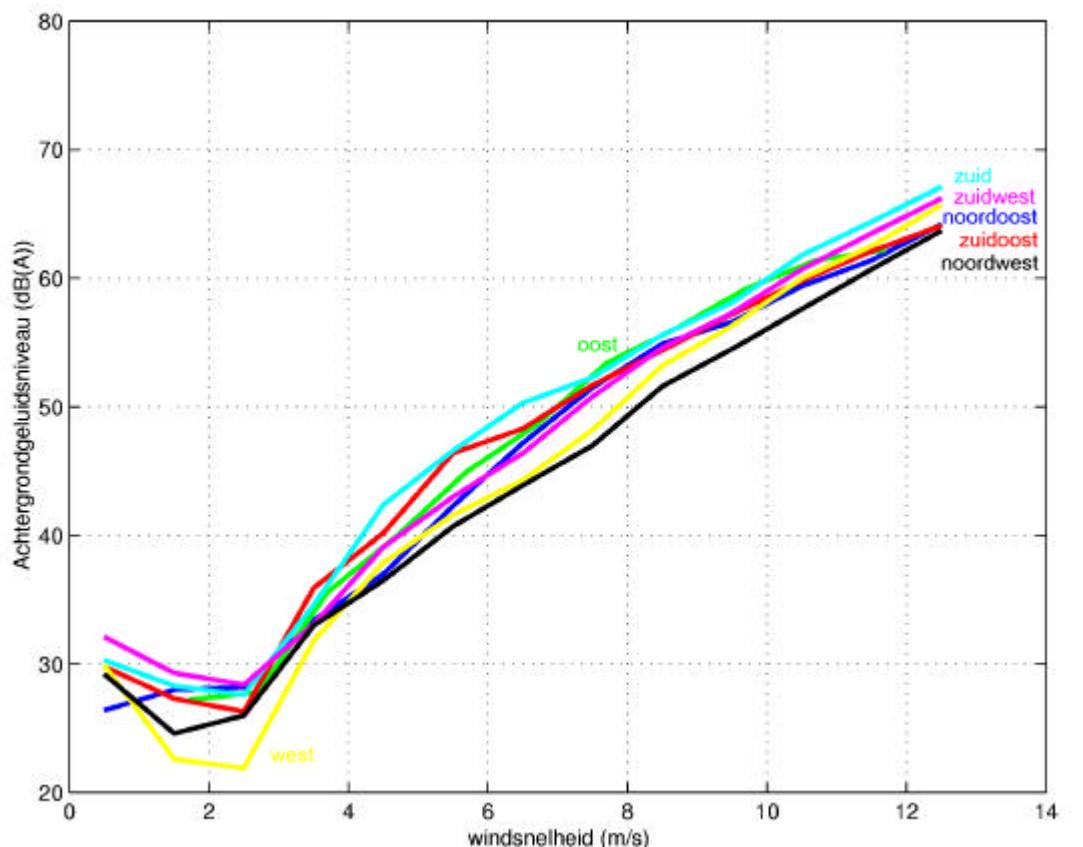
Figuur 4.4: een aantal statistische, percentiele geluidsniveaus als functie van de windrichting. De puntenwolk representeert het achtergrondgeluidsniveau (L_{A95}) per meetblok van 10 minuten

In figuur 4.5 zijn de curves voor het achtergrondgeluid versus de windsnelheid getekend voor de verschillende windrichtingen. De openingshoek bedraagt weer 45 graden aan weerszijden van de windrichting, dat wil zeggen aan de curve voor noordoostenwind dragen meetblokken bij met een windrichting tussen 0 en 90 graden (noord en oost).

Het blijkt dat de hoogste geluidsniveaus uit zuidelijke- en oostelijke richtingen komen (zuidwest, zuid, zuidoost en oost) terwijl bij wind uit noordelijke en westelijke richtingen lagere niveaus worden gemeten. Opvallend is dat de zuidelijke en oostelijke windrichtingen corresponderen met wind over zee, terwijl de wind uit noordelijke en westelijke richtingen over het eiland wordt aangevoerd.

Men zou kunnen verwachten dat de geluidsniveaus bij noordelijke windrichtingen hoger zijn aangezien zich daar enkele dorpen bevinden terwijl ten zuiden van de meetlocatie de Waddenzee ligt en het vasteland bevindt zich op ongeveer 10 km afstand.

Het hier waargenomen verschijnsel is evenwel consistent met de bevindingen op de



Figuur 4.5: het achtergrondgeluidsniveau versus de windsnelheid voor diverse windrichtingen

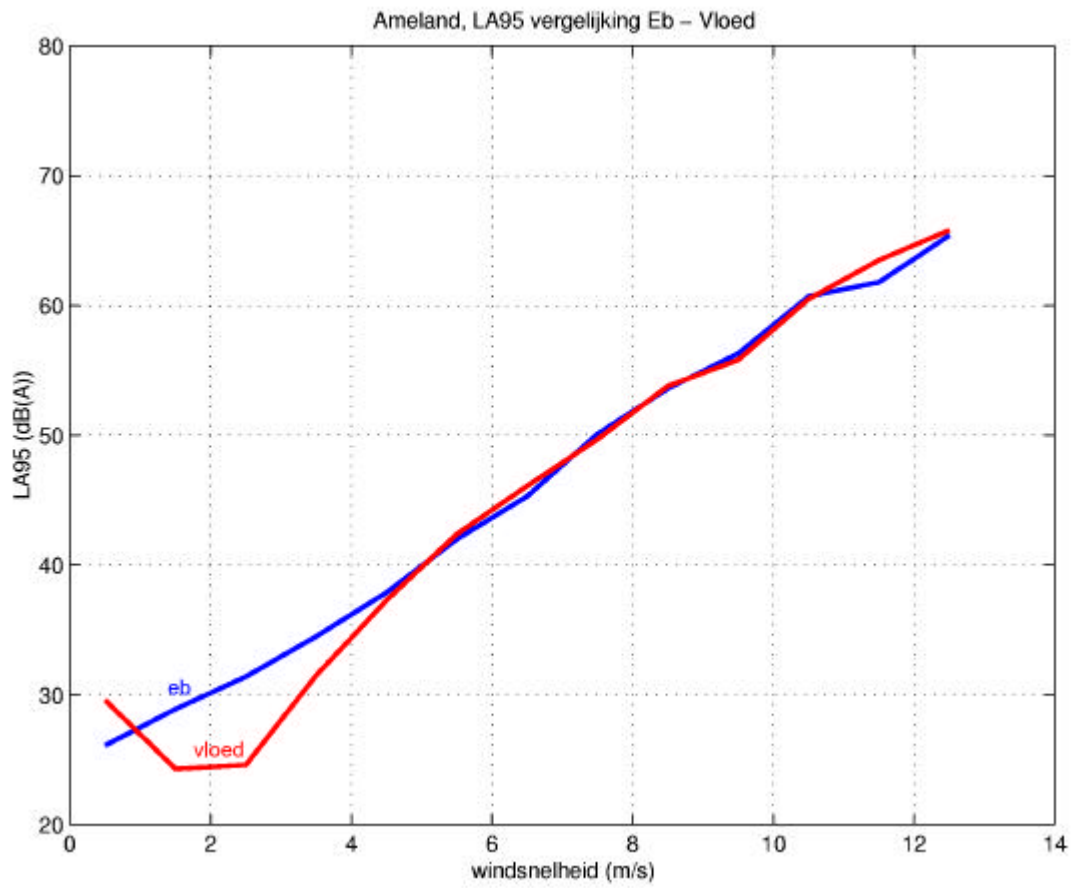
kwelder. Ook daar vond men bij wind vanaf zee hogere geluidsniveaus. Een mogelijke verklaring zou kunnen zijn dat de gemeten verschillen worden veroorzaakt door verschillen in demping. Geluid uit het noorden komt bij de Ballummerbocht gedeeltelijk over land en zou daardoor sterker gedempt kunnen worden.

Wat tenslotte nog opvalt aan grafiek 4.5 is dat de diverse curves ook bij hoge windsnelheden niet samenvloeien. Men zou verwachten dat dit wel gebeurt aangezien bij hoge windsnelheden de gemeten geluidsniveaus worden bepaald door het windgeruis. In figuur 4.3 waar geselecteerd is op de tijd van de dag is dat ook inderdaad het geval. Dit zou een aanwijzing kunnen zijn dat het karakter van de wind afhankelijk is van het terrein waarover hij wordt aangevoerd en dit zou verschillen in de hoeveelheid windgeïnduceerd geluid tot gevolg kunnen hebben.

Het precieze mechanisme achter dit verschijnsel is ons op dit moment nog niet duidelijk maar het is niet waarschijnlijk dat de hier gemeten verschillen het gevolg zijn van toevalligheden.

De invloed van het getijde

In figuur 4.6 is het achtergrondgeluidsniveau getekend als functie van de windsnelheid waarbij geselecteerd is op het getijde. Voor de eb-curve zijn alle meetblokken geselecteerd uit de periode 80 minuten vóór tot 80 minuten na de laagste waterstand. De meetblokken voor vloed zijn op dezelfde wijze geselecteerd maar dan ten opzichte van de hoogste waterstand. In figuur 4.6 zien we dat bij slechts twee windsnelheidsklassen er sprake is van noemenswaardige verschillen. Bovendien lijkt de vorm van de eb-curve bij lage windsnelheden erg veel op de curve voor het LA95 bij westenwind (gele curve in figuur 4.5). Het zou daarom heel goed kunnen zijn dat de verschillen tussen de eb en de vloed-curve op toevallige omstandigheden berusten.



Figuur 4.6: het achtergrondgeluidsniveau uitgesplitst naar het getijde

5 Conclusies

Over een heel etmaal gemeten bedraagt het minimale achtergrondgeluidsniveau 27 dB(A). Deze waarde wordt 's nachts bij windsnelheden van 3 m/s of minder bereikt. Voor meer wind geldt voor het verband tussen de windsnelheid en het achtergrondgeluid:

$$L_{A95} = 4.0 \cdot V_{\text{wind}} + 18 \quad \text{dB(A)}$$

Wanneer men de meetresultaten uitsplitst naar de diverse etmaalperioden dan bedragen de minimale waarden voor het achtergrondgeluidsniveau 25 dB(A) gedurende de nacht (23.00 – 7.00 uur), 27 dB(A) overdag (7.00 – 19.00 uur) en 31 dB(A) 's avonds. Met name 's morgens zijn de geluidsniveaus op de meetlocatie laag. De in de Ballummerbocht gemeten achtergrondgeluidsniveaus liggen hoger dan de niveaus die in het verleden op een kwelder ten noorden van Warffum zijn gemeten. (verschil ca. 6 dB(A)). Deze verschillen zouden verklaard kunnen worden door de hogere bodemabsorptie op de kwelder.

Het blijkt dat bij wind die over zee wordt aangevoerd hogere geluidsniveaus worden gemeten. Verder ligt het achtergrondgeluidsniveau gedurende eb tot 5 dB(A) hoger dan tijdens vloed.

Literatuur

- [1] H.F. Boersma, Karakterisering van het natuurlijk achtergrondgeluid: metingen in open grasland, Natuurkundewinkel Rijksuniversiteit Groningen, 1995, ISBN 90-367-476-6.
- [2] R.S.Etienne, Karakterisering van natuurlijk achtergrond geluid: metingen in loofbos, Wetenschapswinkel Natuurkunde, Rijksuniversiteit Utrecht, 1996, ISBN 90-393-1254-0
- [3] J.W van de Rijke et al., Karakterisering van het natuurlijk achtergrondgeluid: metingen in kweldergebied, Natuurkundewinkel Rijksuniversiteit Groningen, 1997, ISBN 90-367-752-8
- [4] H.J. Kaper en G.P. van den Berg., Karakterisering van het natuurlijk achtergrondgeluid: in stiltegebied het Horsterwold, NWU-89, Natuurkundewinkel Rijksuniversiteit Groningen, 1999.
- [5] H.J. Kaper en G.P. van den Berg., in voorbereiding.
- [6] H.J. Kaper en P.R. Jonkers, Beschrijving van een meetsysteem voor het meten van achtergrondgeluid, NWU-85, Natuurkundewinkel Rijksuniversiteit Groningen, 1999.
- [7] A. Moerkerken, Meteorologische verschijnselen die van invloed zijn op de geluidoverdracht. Technisch Fysische Dienst TNO-TH, rapportnr. VL-DR-21-04, 1976.
- [8] A. Moerkerken en A.G.M. Middendorp, Berekening van wegverkeersgeluid. Staatsuitgeverij, 's Gravenhage 1981, ISBN- 90 12 03725 5

Nawoord

De hier beschreven metingen waren niet tot stand gekomen zonder de hulp van de volgende personen die ik graag wil bedanken.

Jaap de Vlas van de Hoofddirectie Natuurbeheer van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij heeft de metingen financieel mogelijk gemaakt. Voorts dacht hij mee bij het zoeken naar een geschikte meetplek, samen met zijn collega Gerard Mast.

De heer De Jong van Rijkswaterstaat Ameland hielp bij het vinden van een goede meetlocatie en de heer Minnekes van de Dienst Vaarwegmarkering in Den Helder gaf toestemming onze apparatuur op het bakken te plaatsen.

De bemanningen van de Krukel, een onderzoeksschip van het Ministerie van LNV, en de Antares, een schip van Rijkswaterstaat, wil ik bedanken voor het transport van de meetapparatuur van en naar de kop van de stroomleidam.

Frits van den Berg, coördinator van de Natuurkundewinkel is de initiator van het meetprogramma voor achtergrondgeluid. Van de vele discussies met hem over dit onderwerp heb ik veel opgestoken. Ook hielp hij bij het plaatsen en weghalen van de meetapparatuur op het bakken.

Peter Klinkhamer, die in het kader van zijn studie elektrotechniek als stagiair bij de Natuurkundewinkel werkte hielp eveneens mee bij het plaatsen van de apparatuur.