

Productie





Schedule 16 November **updated version**

Event	<i>Presentation of the Method for measuring EMI radiation of wind turbines i.r.t. LOFAR</i>	
Date	16 november 2017	
Location	<i>Radiocommunications Agency (RA) Emmasingel 1, 9726AH, Groningen</i>	
Participants	(chairman)	- Windpark Oostermoer
Covenant Committee	(secr)	Exploitatie BV
	- ASTRON	- Duurzame
	- RA	Energieproductie Exloërmond BV
	- RA	- Raedthuys
	- RA	Windenergie BV

Agenda

09.00 Introduction by chairman

09.10 Presentation of the measuring method by

(Radiocommunications Agency)
(ASTRON)

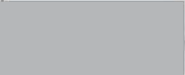
Short break

11.00 Plenary questions and discussion

12.00 Lunch

13.00 Afternoon sessions (13.00 – 16.30)
(half an hour per manufacturer, schedule on next page)

New Schedule

Timeslot	Manufacturer	Participants
11.15-12.00		
12.30-13.15		
13.15-14.00		
14.00-14.45		
14.45-15.30		
15.30-16.15		

Productie 2

Deelnemers aan de presentatie van de meetmethode "windmolens en LOFAR"

- ASTRON

- ASTRON

- Windpark Oostermoer Exploitatie BV

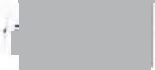
- Duurzame Energieproductie Exloërmond BV

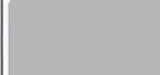
- Raedthuys Windenergie BV

Onder voorbehoud:



Onder Voorbehoud:



bedrijf	naam
	
	
	
Nordex	
	
	

Productie



Radiocommunications Agency
Ministry of Economic Affairs

> Return address P.O. Box 450 9700 AL Groningen, The Netherlands



Emmasingel 1
9726 AH Groningen
P.O. Box 450
9700 AL Groningen
The Netherlands
T +31 50 587 74 44
F +31 50 587 74 00
www.agentschaptelecom.nl
info@agentschaptelecom.nl

Contact

T +31

Our reference

Enclosures
2

Date 4 October 2017

Subject Invitation to the presentation of the
Method for measuring EMI radiation of wind turbines i.r.t. LOFAR

Dear Sir/Madam,

I am pleased to invite you to the presentation of the Method for measuring the EMI radiation of wind turbines in relation to the LOFAR radio telescope. The meeting will be held in Groningen, The Netherlands, November 16th, 2017. In the morning there will be a general presentation and in the afternoon we reserved time for those individual windturbine manufacturers who are interested to talk separately to members of the project team without any competitors present.

Covenant Committee

The meeting is organized by the Covenant Committee aiming for EM interference reduction from wind turbines in relation to the LOFAR radio telescope, as described in the covenant between ASTRON and the initiators of the windfarm "Drentse Monden and Oostermoer". The presentation will be performed by members of the projectteam of the Dutch Radiocommunications Agency who designed the method. The measuring method has been established and ratified by the Radiocommunications Agency and is accepted by the Covenant Committee. The report containing the description of the method is attached.

The committee has invited the following windturbine manufacturers:



Day schedule 16 November 2017

Morning session: 09.00 – 12.30 hr

Afternoon sessions: 13.30 – 17.00 hr (half an hour per manufacturer)

Location: Radiocommunications Agency, Emmasingel 1, 9726AH, Groningen

Please register

We kindly ask to restrict your delegation to a number of two persons, at maximum three. Please send an e-mail to

with the name and function of the

persons who will attend the presentation.

Also state whether or not you will take the opportunity to ask questions individually in the afternoon sessions. In reply you will receive a confirmation and the timeslot you are scheduled for in the afternoon.

Date
4 October 2017

Our reference

Important notice upfront

We like to emphasise that the measurement *method* will be presented and not a concrete implementation of the method. The implications for actually measuring with a suitable measurement instrument will depend on various implementation decisions, such as the choice of a designated antenna configuration. The comparison of implementation options is in progress by the Covenant Committee.

Please send in your questions

Finally we invite you -after having read the report- to send in any questions about the measuring method up front, preferably 2 weeks in advance. This will help us to fine tune our presentation. Your questions will be anonymised. Please send your questions to

We look forward to your reply.

Kind regards,

Covenant Committee *co-existence*
windpark de Drentse monden & Oostermoer and LOFAR

Annex:

- Covenant co-existence windpark de Drentse monden & Oostermoer and LOFAR (in Dutch)
- Method for measuring the EMI radiation of wind turbines in relation to the LOFAR radio telescope

Productie



Radiocommunications Agency
Ministry of Economic Affairs

> Return address P.O. Box 450 9700 AL Groningen, The Netherlands

Emmasingel 1
9726 AH Groningen
P.O. Box 450
9700 AL Groningen
The Netherlands
T +31 50 587 74 44
F +31 50 587 74 00
www.agentschaptelecom.nl
info@agentschaptelecom.nl

Contact

Date 4 October 2017
Subject Invitation to the presentation of the
Method for measuring EMI radiation of wind turbines i.r.t. LOFAR

Our reference
AT-EZ/Windconvenant

Enclosures
2

Dear

I am pleased to invite you to the presentation of the Method for measuring the EMI radiation of wind turbines in relation to the LOFAR radio telescope. The meeting will be held in Groningen, The Netherlands, November 16th, 2017. In the morning there will be a general presentation and in the afternoon we reserved time for those individual windturbine manufacturers who are interested to talk separately to members of the project team without any competitors present.

Covenant Committee

The meeting is organized by the Covenant Committee aiming for EM interference reduction from wind turbines in relation to the LOFAR radio telescope, as described in the covenant between ASTRON and the initiators of the windfarm "Drentse Monden and Oostermoer". The presentation will be performed by members of the projectteam of the Dutch Radiocommunications Agency who designed the method. The measuring method has been established and ratified by the Radiocommunications Agency and is accepted by the Covenant Committee. The report containing the description of the method is attached.

The committee has invited the following windturbine manufacturers:

Day schedule 16 November 2017

Morning session: 09.00 – 12.30 hr

Afternoon sessions: 13.30 – 17.00 hr (half an hour per manufacturer)

Location: Radiocommunications Agency, Emmasingel 1, 9726AH, Groningen

Please register

We kindly ask to restrict your delegation to a number of two persons, at maximum three. Please send an e-mail to

with the name and function of the

persons who will attend the presentation.

Also state whether or not you will take the opportunity to ask questions individually in the afternoon sessions. In reply you will receive a confirmation and the timeslot you are scheduled for in the afternoon.

Date

14 October 2017

Our reference

AT-EZ/Windcovenant

Important notice upfront

We like to emphasise that the measurement *method* will be presented and not a concrete implementation of the method. The implications for actually measuring with a suitable measurement instrument will depend on various implementation decisions, such as the choice of a designated antenna configuration. The comparison of implementation options is in progress by the Covenant Committee.

Please send in your questions

Finally we invite you -after having read the report- to send in any questions about the measuring method up front, preferably 2 weeks in advance. This will help us to fine tune our presentation. Your questions will be anonymised. Please send your questions to

We look forward to your reply.

Kind regards,

Covenant Committee co-existence

windpark de Drentse monden & Oostermoer and LOFAR

Annex:

- Covenant co-existence windpark de Drentse monden & Oostermoer and LOFAR (in Dutch)
- Method for measuring the EMI radiation of wind turbines in relation to the LOFAR radio telescope

Productie





Radiocommunications Agency
Ministry of Economic Affairs

> Return address P.O. Box 450 9700 AL Groningen, The Netherlands

Emmasingel 1
9726 AH Groningen
P.O. Box 450
9700 AL Groningen
The Netherlands
T +31 50 587 74 44
F +31 50 587 74 00
www.agentschaptelecom.nl
info@agentschaptelecom.nl

Contact

Date 4 October 2017
Subject Invitation to the presentation of the
Method for measuring EMI radiation of wind turbines i.r.t. LOFAR

Our reference
AT-EZ/Windconvenant

Enclosures
2

Dear Sir/Madam,

I am pleased to invite you to the presentation of the Method for measuring the EMI radiation of wind turbines in relation to the LOFAR radio telescope. The meeting will be held in Groningen, The Netherlands, November 16th, 2017. In the morning there will be a general presentation and in the afternoon we reserved time for those individual windturbine manufacturers who are interested to talk separately to members of the project team without any competitors present.

Covenant Committee

The meeting is organized by the Covenant Committee aiming for EM interference reduction from wind turbines in relation to the LOFAR radio telescope, as described in the covenant between ASTRON and the initiators of the windfarm "Drentse Monden and Oostermoer". The presentation will be performed by members of the projectteam of the Dutch Radiocommunications Agency who designed the method. The measuring method has been established and ratified by the Radiocommunications Agency and is accepted by the Covenant Committee. The report containing the description of the method is attached.

The committee has invited the following windturbine manufacturers:

Day schedule 16 November 2017

Morning session: 09.00 – 12.30 hr

Afternoon sessions: 13.30 – 17.00 hr (half an hour per manufacturer)

Location: Radiocommunications Agency, Emmasingel 1, 9726AH, Groningen

Please register

We kindly ask to restrict your delegation to a number of two persons, at maximum three. Please send an e-mail to

with the name and function of the

persons who will attend the presentation.

Also state whether or not you will take the opportunity to ask questions individually in the afternoon sessions. In reply you will receive a confirmation and the timeslot you are scheduled for in the afternoon.

Date

4 October 2017

Our reference

AT-EZ/Windcovenant

Important notice upfront

We like to emphasise that the measurement *method* will be presented and not a concrete implementation of the method. The implications for actually measuring with a suitable measurement instrument will depend on various implementation decisions, such as the choice of a designated antenna configuration. The comparison of implementation options is in progress by the Covenant Committee.

Please send in your questions

Finally we invite you -after having read the report- to send in any questions about the measuring method up front, preferably 2 weeks in advance. This will help us to fine tune our presentation. Your questions will be anonymised. Please send your questions to

We look forward to your reply.

Kind regards,

Covenant Committee *co-existence*

windpark de Drentse monden & Oostermoer and LOFAR

Annex:

- Covenant co-existence windpark de Drentse monden & Oostermoer and LOFAR (in Dutch)
- Method for measuring the EMI radiation of wind turbines in relation to the LOFAR radio telescope

Productie 



Radiocommunications Agency
Ministry of Economic Affairs

> Return address P.O. Box 450 9700 AL Groningen, The Netherlands

Nordex Energy GmbH



Emmasingel 1
9726 AH Groningen
P.O. Box 450
9700 AL Groningen
The Netherlands
T +31 50 587 74 44
F +31 50 587 74 00
www.agentschaptelecom.nl
info@agentschaptelecom.nl

Contact

T

Our reference
AT-EZ/Windconvenant

Enclosures
2

Date 4 October 2017
Subject Invitation to the presentation of the
Method for measuring EMI radiation of wind turbines i.r.t. LOFAR

Dear

I am pleased to invite you to the presentation of the Method for measuring the EMI radiation of wind turbines in relation to the LOFAR radio telescope. The meeting will be held in Groningen, The Netherlands, November 16th, 2017. In the morning there will be a general presentation and in the afternoon we reserved time for those individual windturbine manufacturers who are interested to talk separately to members of the project team without any competitors present.

Covenant Committee

The meeting is organized by the Covenant Committee aiming for EM interference reduction from wind turbines in relation to the LOFAR radio telescope, as described in the covenant between ASTRON and the initiators of the windfarm "Drentse Monden and Oostermoer". The presentation will be performed by members of the projectteam of the Dutch Radiocommunications Agency who designed the method. The measuring method has been established and ratified by the Radiocommunications Agency and is accepted by the Covenant Committee. The report containing the description of the method is attached.

The committee has invited the following windturbine manufacturers:



Day schedule 16 November 2017

Morning session: 09.00 – 12.30 hr

Afternoon sessions: 13.30 – 17.00 hr (half an hour per manufacturer)

Location: Radiocommunications Agency, Emmasingel 1, 9726AH, Groningen

Please register

We kindly ask to restrict your delegation to a number of two persons, at maximum three. Please send an e-mail to

with the name and function of the

persons who will attend the presentation.

Also state whether or not you will take the opportunity to ask questions individually in the afternoon sessions. In reply you will receive a confirmation and the timeslot you are scheduled for in the afternoon.

Important notice upfront

We like to emphasise that the measurement *method* will be presented and not a concrete implementation of the method. The implications for actually measuring with a suitable measurement instrument will depend on various implementation decisions, such as the choice of a designated antenna configuration. The comparison of implementation options is in progress by the Covenant Committee.

Date
4 October 2017

Our reference
AT-EZ/Windcovenant

Please send in your questions

Finally we invite you -after having read the report- to send in any questions about the measuring method up front, preferably 2 weeks in advance. This will help us to fine tune our presentation. Your questions will be anonymised. Please send your questions to

We look forward to your reply.

Kind regards,

Covenant Committee co-existence
windpark de Drentse monden & Oostermoer and LOFAR

Annex:

- Covenant co-existence windpark de Drentse monden & Oostermoer and LOFAR (in Dutch)
- Method for measuring the EMI radiation of wind turbines in relation to the LOFAR radio telescope

Productie 



Radiocommunications Agency
Ministry of Economic Affairs

> Return address P.O. Box 450 9700 AL Groningen, The Netherlands

Emmasingel 1
9726 AH Groningen
P.O. Box 450
9700 AL Groningen
The Netherlands
T +31 50 587 74 44
F +31 50 587 74 00
www.agentschaptelecom.nl
info@agentschaptelecom.nl

Contact

Our reference

Enclosures
2

Date 4 October 2017

Subject Invitation to the presentation of the
Method for measuring EMI radiation of wind turbines i.r.t. LOFAR

Dear

I am pleased to invite you to the presentation of the Method for measuring the EMI radiation of wind turbines in relation to the LOFAR radio telescope. The meeting will be held in Groningen, The Netherlands, November 16th, 2017. In the morning there will be a general presentation and in the afternoon we reserved time for those individual windturbine manufacturers who are interested to talk separately to members of the project team without any competitors present.

Covenant Committee

The meeting is organized by the Covenant Committee aiming for EM interference reduction from wind turbines in relation to the LOFAR radio telescope, as described in the covenant between ASTRON and the initiators of the windfarm "Drentse Monden and Oostermoer". The presentation will be performed by members of the projectteam of the Dutch Radiocommunications Agency who designed the method. The measuring method has been established and ratified by the Radiocommunications Agency and is accepted by the Covenant Committee. The report containing the description of the method is attached.

The committee has invited the following windturbine manufacturers:

Day schedule 16 November 2017

Morning session: 09.00 – 12.30 hr

Afternoon sessions: 13.30 – 17.00 hr (half an hour per manufacturer)

Location: Radiocommunications Agency, Emmasingel 1, 9726AH, Groningen

Please register

We kindly ask to restrict your delegation to a number of two persons, at maximum three. Please send an e-mail to

info@agentschaptelecom.nl with the name and function of the persons who will attend the presentation.

Also state whether or not you will take the opportunity to ask questions individually in the afternoon sessions. In reply you will receive a confirmation and the timeslot you are scheduled for in the afternoon.

Date
4 October 2017

Important notice upfront

We like to emphasise that the measurement *method* will be presented and not a concrete implementation of the method. The implications for actually measuring with a suitable measurement instrument will depend on various implementation decisions, such as the choice of a designated antenna configuration. The comparison of implementation options is in progress by the Covenant Committee.

Our reference

Please send in your questions

Finally we invite you -after having read the report- to send in any questions about the measuring method up front, preferably 2 weeks in advance. This will help us to fine tune our presentation. Your questions will be anonymised. Please send your questions to 1@agentschaptelecom.nl

We look forward to your reply.

Kind regards,

Covenant Committee co-existence
windpark de Drentse monden & Oostermoer and LOFAR

Annex:

- Covenant co-existence windpark de Drentse monden & Oostermoer and LOFAR (in Dutch)
- Method for measuring the EMI radiation of wind turbines in relation to the LOFAR radio telescope

Productie 



Radiocommunications Agency
Ministry of Economic Affairs

> Return address P.O. Box 450 9700 AL Groningen, The Netherlands

Emmasingel 1
9726 AH Groningen
P.O. Box 450
9700 AL Groningen
The Netherlands
T +31 50 587 74 44
F +31 50 587 74 00
www.agentschaptelecom.nl
info@agentschaptelecom.nl

Contact

Date 4 October 2017
Subject Invitation to the presentation of the
Method for measuring EMI radiation of wind turbines i.r.t. LOFAR

Our reference
AT-EZ/Windconvenant

Enclosures
2

Dear

I am pleased to invite you to the presentation of the Method for measuring the EMI radiation of wind turbines in relation to the LOFAR radio telescope. The meeting will be held in Groningen, The Netherlands, November 16th, 2017. In the morning there will be a general presentation and in the afternoon we reserved time for those individual windturbine manufacturers who are interested to talk separately to members of the project team without any competitors present.

Covenant Committee

The meeting is organized by the Covenant Committee aiming for EM interference reduction from wind turbines in relation to the LOFAR radio telescope, as described in the covenant between ASTRON and the initiators of the windfarm "Drentse Monden and Oostermoer". The presentation will be performed by members of the project team of the Dutch Radiocommunications Agency who designed the method. The measuring method has been established and ratified by the Radiocommunications Agency and is accepted by the Covenant Committee. The report containing the description of the method is attached.

The committee has invited the following windturbine manufacturers:

Day schedule 16 November 2017

Morning session: 09.00 – 12.30 hr

Afternoon sessions: 13.30 – 17.00 hr (half an hour per manufacturer)

Location: Radiocommunications Agency, Emmasingel 1, 9726AH, Groningen

Please register

We kindly ask to restrict your delegation to a number of two persons, at maximum three. Please send an e-mail to

with the name and function of the

persons who will attend the presentation.

Also state whether or not you will take the opportunity to ask questions individually in the afternoon sessions. In reply you will receive a confirmation and the timeslot you are scheduled for in the afternoon.

Date
4 October 2017

Our reference
AT-EZ/Windcovenant

Important notice upfront

We like to emphasise that the measurement *method* will be presented and not a concrete implementation of the method. The implications for actually measuring with a suitable measurement instrument will depend on various implementation decisions, such as the choice of a designated antenna configuration. The comparison of implementation options is in progress by the Covenant Committee.

Please send in your questions

Finally we invite you -after having read the report- to send in any questions about the measuring method up front, preferably 2 weeks in advance. This will help us to fine tune our presentation. Your questions will be anonymised. Please send your questions to

We look forward to your reply.

Kind regards,

Covenant Committee co-existence
windpark de Drentse monden & Oostermoer and LOFAR

Annex:

- Covenant co-existence windpark de Drentse monden & Oostermoer and LOFAR (in Dutch)
- Method for measuring the EMI radiation of wind turbines in relation to the LOFAR radio telescope

Productie 9



Radiocommunications Agency
Ministry of Economic Affairs

> Return address P.O. Box 450 9700 AL Groningen, The Netherlands

Emmasingel 1
9726 AH Groningen
P.O. Box 450
9700 AL Groningen
The Netherlands
T +31 50 587 74 44
F +31 50 587 74 00
www.agentschaptelecom.nl
info@agentschaptelecom.nl

Contact

T +31

Our reference

Enclosures
2

Date 4 October 2017
Subject Invitation to the presentation of the
Method for measuring EMI radiation of wind turbines i.r.t. LOFAR

Dear

I am pleased to invite you to the presentation of the Method for measuring the EMI radiation of wind turbines in relation to the LOFAR radio telescope. The meeting will be held in Groningen, The Netherlands, November 16th, 2017. In the morning there will be a general presentation and in the afternoon we reserved time for those individual windturbine manufacturers who are interested to talk separately to members of the project team without any competitors present.

Covenant Committee

The meeting is organized by the Covenant Committee aiming for EM interference reduction from wind turbines in relation to the LOFAR radio telescope, as described in the covenant between ASTRON and the initiators of the windfarm "Drentse Monden and Oostermoer". The presentation will be performed by members of the projectteam of the Dutch Radiocommunications Agency who designed the method. The measuring method has been established and ratified by the Radiocommunications Agency and is accepted by the Covenant Committee. The report containing the description of the method is attached.

The committee has invited the following windturbine manufacturers:

Day schedule 16 November 2017

Morning session: 09.00 – 12.30 hr

Afternoon sessions: 13.30 – 17.00 hr (half an hour per manufacturer)

Location: Radiocommunications Agency, Emmasingel 1, 9726AH, Groningen

Please register

We kindly ask to restrict your delegation to a number of two persons, at maximum three. Please send an e-mail to

with the name and function of the

persons who will attend the presentation.

Also state whether or not you will take the opportunity to ask questions individually in the afternoon sessions. In reply you will receive a confirmation and the timeslot you are scheduled for in the afternoon.

Date
4 October 2017

Our reference

Important notice upfront

We like to emphasise that the measurement *method* will be presented and not a concrete implementation of the method. The implications for actually measuring with a suitable measurement instrument will depend on various implementation decisions, such as the choice of a designated antenna configuration. The comparison of implementation options is in progress by the Covenant Committee.

Please send in your questions

Finally we invite you -after having read the report- to send in any questions about the measuring method up front, preferably 2 weeks in advance. This will help us to fine tune our presentation. Your questions will be anonymised. Please send your questions to

We look forward to your reply.

Kind regards,

Covenant Committee *co-existence*
windpark de Drentse monden & Oostermoer and LOFAR

Annex:

- Covenant co-existence windpark de Drentse monden & Oostermoer and LOFAR (in Dutch)
- Method for measuring the EMI radiation of wind turbines in relation to the LOFAR radio telescope

Productie 



Verslag

Event	<i>Presentation of the Method for measuring EMI radiation of wind turbines i.r.t. LOFAR</i>		
Date	16 november 2017		
Location	Radiocommunications Agency (RA) Emmasingel 1 9726AH, Groningen		
Participants	(chairman)	- Windpark Oostermoer	
Covenant Committee	(secre	Exploitatie BV	
	- ASTRON		- Duurzame
	- RA	Energieproductie Exploërmond BV	
	- RA	- Raedthuys	
	- RA	Windenergie BV	

Beknopt verslag van de fabrikantendag op 16 november

Ochtenddeel

en : geven tekst en uitleg over de meetmethode. Alle vragen van de aanwezige EMC-experts zijn naar tevredenheid beantwoord.

Middagdeel

[redacted] maken gebruik van de mogelijkheid tot een individueel gesprek. [redacted] is alleen bij de presentatie 's ochtends aanwezig.

Uit de nabespreking volgt dat er twee misschien drie serieuze kandidaten zijn om een turbine te ontwerpen die voldoet aan het convenant. Geen enkele fabrikant kan harde uitspraken doen over de verwachte reductie ten opzichte van de convenantsnorm. Er lijken geen nieuwe concrete stappen te zijn genomen in de ontwikkeling van turbines, vergeleken met de sessie op 25 januari. De fabrikanten zoeken liever eerst naar zekerheid middels een meting.

Afgesproken wordt dat voor de aanbesteding en de ontwikkeling van het meetinstrument gekozen wordt voor een aanpak met zo weinig mogelijk complexiteit. Dat betekent in eerste instantie een reductie-eis van -35dB met vervolgens een modulaire opbouw naar -50dB.

Afgesproken wordt dat de initiatiefnemers op korte termijn contact opnemen met de fabrikanten die het meest kansrijk zijn om te voldoen aan de norm, met de vraag hoe men erover denkt om een testturbine te bouwen die gemeten kan worden. Tweede vraag is of men 45 turbines kan leveren binnen afzienbare tijd. Over een jaar moet het windpark draaien.

Bij alle convenantspartijen legt de vraag neer na te denken over hoe men verder kan helpen in het vervolgtraject bij de ontwikkeling van het meetinstrument.

Productie 



agenda

Onderwerp	<i>Bijeenkomst windturbinefabrikanten en Coördinatiecommissie Convenant co-existentie windpark de Drentse monden & Oostermoer en LOFAR</i>	
Datum bespreking	25 januari 2017	
Plaats bespreking / Location	Agentschap Telecom, B012 Piet Mondriaanplein 41, Amersfoort	
Deelnemers/ Participants	(vz)	- Windpark Oostermoer
	(secre)	Exploitatie BV
	- Astron	- Duurzame
	- Astron	Energieproductie Exploërmond BV
	- AT	- Raedthuys
	- AT	Windenergie BV

Agenda

1 De commissie geeft een stand van zaken (15 min)

- Over het convenant. Wat doet de coördinatiecommissie? Wat doet Agentschap Telecom (AT)?
- Stand van zaken besluitvorming voor de windparken.
- Hoe liggen de plannen in Den Haag?
- Over de reductie: wat is de opgave, de noodzaak ervan, rol windmolens en reden meetmethodiek . -

2 AT geeft een stand van zaken ontwikkeling meetmethode - (20 min)

- Inhoudelijke richting en keuzes
- Tijdschema
- Wat heeft AT nodig van fabrikanten voor het meetproject?

3 Vraag aan de fabrikanten (15 min)

- Wat kunt u vertellen over de mogelijkheden die u ziet voor storingsreductie?
- Welke ontwikkelingen heeft u in gang gezet? Kunnen wij daarvan kennis nemen?

4 Vervolgstappen (10 min)

- Hoe gaat de commissie verder?
- Kan de commissie een beroep op u doen voor technische afstemming?

English version

Meeting between turbine manufacturers and the Covenant Committee that aims for EM interference reduction towards LOFAR.

Agenda

1 Update and overview by Covenant Committee (15 min)

- a) About the Covenant: tasks and goal of the Coordinating Committee and role of the Dutch Radiocommunications Agency.
- b) Progress in the decision-making on the windfarms Drentse Monden and Oostermoer
- c) What's the sentiment in the Hague on these plans?
- d) About the interference reduction: how big is the effort, what's its necessity, what part do wind turbines play and why should there be a measuring method. –

2 Radiocommunications Agency gives an update on the measuring method - 20 min)

- a) Main direction and choices
- b) Schedule of the project
- c) Which input does the Agency need from manufacturers for its measuring project?

3 Requests towards the manufacturers (15 min)

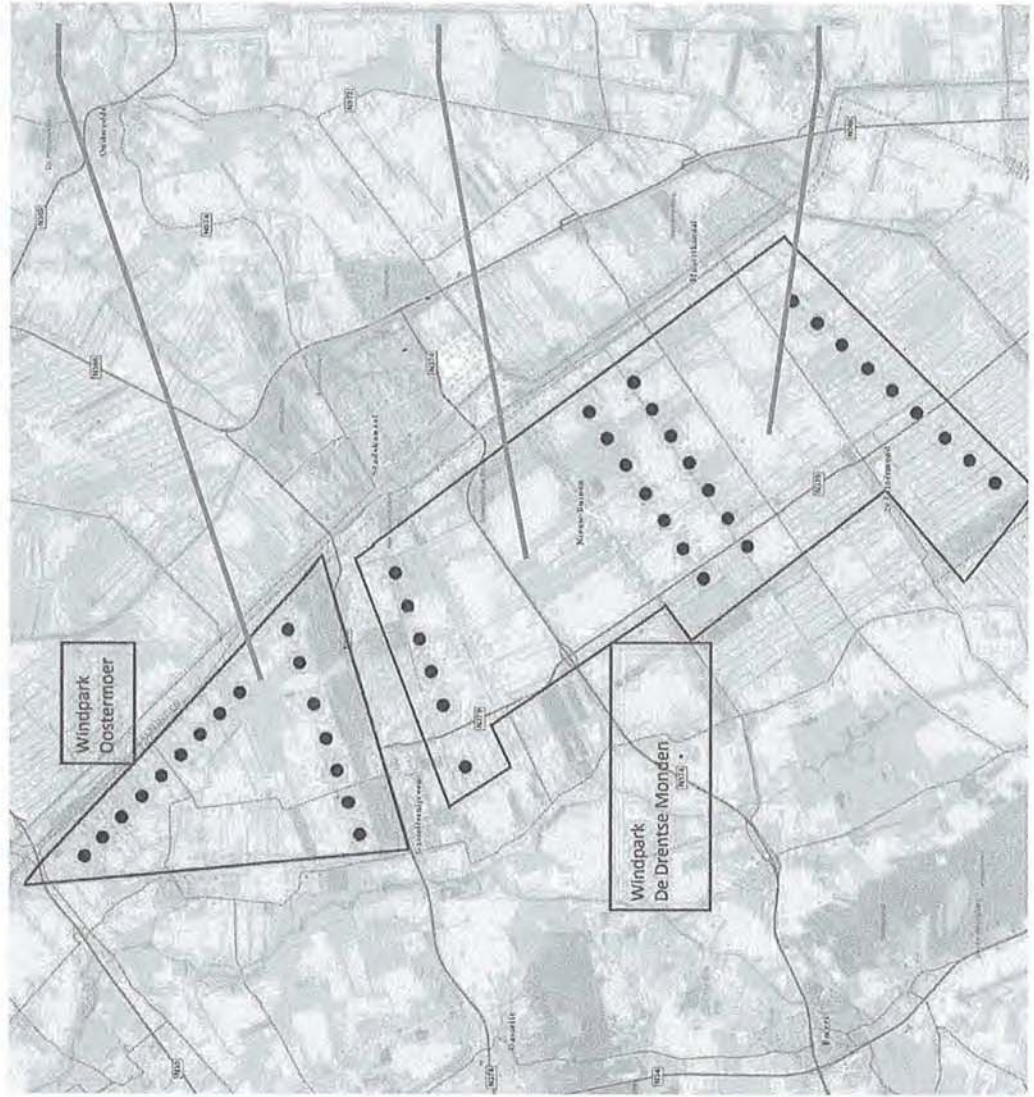
- a) What can you tell about the possibilities you see for EM interference reduction?
- b) What steps have you taken so far? Could you share these with us?

4 Next steps (10 min)

- a) How will the Commission proceed?
- b) May the Commission ask for your technical support?

Productie **12**

Windpark De Drentse Monden en Oostermoer



Windpark Oostermoer
Exploitatie B.V.

Raedthuys Windenergie B.V.

Duurzame Energieproductie
Exloërmond B.V.

Feiten en cijfers

- 45 turbines met vermogen van 2,7 MW – 4,2 MW per turbine
- Bandbreedte afmetingen:

	Minimaal	Maximaal
Ashoogte	119 meter	145 meter
Rotordiameter	112 meter	131 meter
Tiphoogte	175 meter	210,5 meter

- Gemeente Aa en Hunze en Gemeente Borger Odoorn

Planning

- Eind 2016 – SDE+ aangevraagd en toegekend
- Medio 2017 – Uitspraak Raad van State
- Najaar 2018 – Afronding aanbesteding en Financial Close
- Najaar 2019 – Eerste elektriciteitsproductie

Productie **13**

Dagschema 25 januari en deelnemers (versie 25jan)

Tijdstip	Fabrikant	Aanwezig	Opmerkingen
09:00 - 10:00			No problem voor data delen en toegang tot turbines probleem is breedband signaal, die imiteren galactic signals Ga je het hele park meten of individuele molens? niet geïnteresseerd in pieken maar wideband structure. Ppt: 5 en ep-4 proces organiseren om stap voor stap gemeenlijk tot reductie te komen. open en faire manier met oog voor concurrentie. : maak concreet welke data je wil, hoe en welk type data. : er komt vervolg met duidelijke afspraken.
10:00 - 11:00			Rapport aan alle partijen gestuurd, met AT onderbouwingne hoe zeker zijn we straks dat we de reductie hebben gehaald? --- ben Hoe geïsoleerd moet de turbine zijn? ook ruimtelijke info betrekken in meting. : tijdlijn? : wanneer kom je meten? : waarschijnlijk mini lofar nodig. Ppt: Ideeen bedacht is (uniek), Zo is ie nu al, dit is de basis waarop de additionele maatregelen. We weten niet

		waar we nu staan, moet ik nakijken. Maar we kunnen het niet weten zonder de meetmethode, zonder startpunt. : hoever sta je tov de fictieve meting? Zeshoekmetingen zullen daar zicht op moeten geven, indicatie. 5511-norm wordt normaal op grond gemeten, straks op hoogte Ouwe inschattingen nog niet mee verder gekomen. Om te verifiëren moeten we kosten maken. Wel meer ideeën. Wat kun je tot juni ontwikkelen om dit hard te maken? Kost tonnen Prototype maken : we moeten echt zekerheid hebben van tevoren. In 2^e helft jaar kunnen we in End vñ jaar zou je moeten kunnen zeggen met testmolens om te laten zien en bewijzen. Redening theoretisch? Kun je iets zeggne? Dat is dit wat je ziet id pdf. : moet voor alle typen geldig zijn. als jullie gaan meten, moet het wel op dezelfde manier, is risico vind ik als julle zelf wat gaan doen : wij gaan ons huiswerk doen
11:00 - 12:00		Hoe zit het met reflectie door zonnepanelen? : samen aanbesteden is nog niet bekend, wordt wel helder. We gaan vooral kijken wie meeste reductie kan doen : turbines niet in waarden vatten, is niet doel van methode Mogen we bij jullie meten? Waar komt het vandaan? Reactie: Ik ben ook Wij doen lange metingen, dieper dan standaard. wij nemen waar van We kunnen

			snachts id praktijk tot Nauwbandstoring wordt gefilterd. Wat interessant is, is breedbandige storing. : lid vd emc standaardisatie, probleem is bewijzen vd variatie, is heel moeilijk. Lokaal meten afstand is niet ok, : wij denken aan een kilometer wif hebben wat doet dat model? Welke afstand meten model moet verder gevoed worden met karakteristieken en dan verwachte veldsterkte. [lw eg] : samen werken, nu niet genoeg tijd. Aantal bronnen kunnen gereduceerd, de Technisch kan er heel veel, maar kern is, wil ie emc terugdringen, Waar moeten we aan denken qua extra kosten? : willen jullie garantie geven op basis van Nee. kan misschien wat zijn, maar grote gevolgen voor operationele. : 2 dingen Bundelen van kennis voor meetsysteem om het goeie te gaan doen Reductie mogelijkheden ligt op uw eigen terrein, kan ik een machine aanbieden die het mogelijk maakt? Laten we elkaar wel op de hoogte houden : graag kennis delen.
Lunchpauze			
13:00 – 14:00			EMC expert belt in (Engelstalig) Vier prototypes, uitnodiging om er bij te komen.

			[redacted] gaat meekijken : Shared risk approach, to reduce uncertainty. : een vd vragen is: op welke afstand gaan we meten. : vastgestelde measurement, maar niet alleen bij eerste ingebruikname, ook id jaren erna. we kunnen wel implementeren/bouwen, maar we moeten weten of het gemeten kan worden anders kunnen we het niet verantwoorden qua investering : wat moet je echt weten? Wel initieel testen, maar die andere kunnen het ook. In theorie aangeven. kunnen we een evaluatie van onze reductie suggesties krijgen? Kunnen we een technische overleg krijgen? zorgen of suggesties: welkom. Tis nu nog geen exacte wetenschap theoretisch concept, dit is volgens ons de weg [redacted] extra stap voor uit nodig voor geheimhouding, in klein comité : Octrooien zitten op sommige oplossingen, moet je wel echt goed op letten. [redacted] kom kijken bij ons.
14:00 - 15:00	[redacted]	afgemeld	
15:00 - 16:00	[redacted]		Geen techneuten [redacted] met 30 meter afstand meten in nieuwe opstelling, resultaten kunnen we wel delen. Hoeveel zijn jullie? [redacted] [redacted] We hebben de cijfers nog

			niet. Geen stappen genomen. We willen eerst weten hoe je gaat meten, eerst weten waar we staan, dan hebben we een startpunt. : dan ben je te laat. Jullie lopen niet voorop. : tussen stap mogelijk? maar niet draaiend. Contact zal AT leggen, : verzoek aan u, wordt t een modelproject of wachten we af tot de meetmethode : we delen graag de rapporten en methodes en kennis van experts.
16:00 - 17:00			Ziek

voor eind juni behandeling

Eind 2018 keuze voor welke windturbine

35 db garantie voor de prestaties

Dia's t en rondsturen

Vraag: rechtstreeks contact met mogelijk of via ?

: km afstand meten niet afdoende

: hoe voorkom je dat via AT initiatiefnemers al kunnen gaan vergelijken?

Rondje na afloop:

: hele verschillende benadering, op centen en op goed product.

veel kennis en mogelijk een vergelijkbaar project?
wel bijzonder dat meer wil dan de norm.

gaat het niet doen

: we moeten kijken naar tijdschalen, in welke tijd gaan we middelen

Ook interessant: octrooien?

: we zijn een ontwikkelproject, niet een commercieel project, krijg je überhaupt een meedenker en bouwer? Ontwikkelproject, hebben we over andere samenwerking dan aanbesteding met wie is goedkoopste.

: Moet je niet samen de verantwoordelijkheid gaan dragen voor de ontwikkeling? Investeren in degene die mee willen werken. Moeten we dus niet een andere manier de relatie met fabrikanten vormgeven, 2 of 3.

: er moet een oplossing zijn dat die 3 zich alleen kwalificeren voor de aanbesteding. Er zitten wel juridische haken en ogen aan.

: In hoeverre zijn de producenten bereid met elkaar samen te werken?

: grote kul dat de methode eerst duidelijk moet zijn.

: EZ heeft niet per definitie een grote zak geld. Uitzoeken: wat hebben die drie partners nodig om tot het uiterste te gaan.

laten we op zoek gaan naar een model voor een ontwikkeltraject, geen commercieel. :
wat is de beloning? Kan kennis zijn, of voorsprong op de rest. Kost gaat voor de baat uit. Wat geef je ze terug voor tijd en kennis?

: zijn er voorbeelden van? 60% betaling al een deel.

: wel apart houden, met ieder van hen afspraken maken, apart ontwikkeltraject

: Voor de meting moet er echt gemeten worden

gaat kijken welke aanbestedingsmodellen er zijn.

over meting: we hebben een stappenplan nodig. Maak grove stappen. stappen in de tijd klaar op 10 feb. : en wat doen we nu precies met meten? Middelen tijd, afstand meten.

: we moeten het verhaal over de norm beter uitleggen. : er was terechte kritiek dat we niet alles gekwantificeerd hebben, oa narrow band en tijd. : ff uitkristalliseren voor 10 feb.

: Duidelijk maken: wat is een mini lofar?

AT zoekt ook af en toe, pad zoeken, ook met de planning

: moet je TNO er niet bij betrekken? : als we juiste experts en vorm hebben komen we een heel eind. Andere kunnen dat niet beter denken.

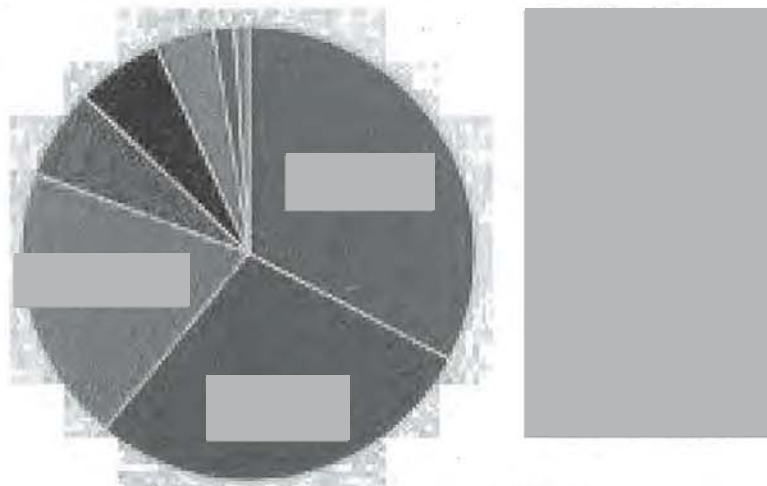
: hoe ga je praktisch 3 trajecten doen naast elkaar? Met de Turbine fabrieken. dat gaat niet over meten.

Lijntjes tussen AT en producten zijn er al.

Productie **14**

Fabrikant	Percentage MW in NL per fabrikant (bron: windstats.nl, zie grafiek onderaan)	Turbines in assortiment (wikipedia)
[redacted] Hoofdkantoor [redacted]	[redacted]	[redacted]
[redacted] Hoofdkantoor [redacted]	[redacted]	[redacted]
[redacted] Hoofdkantoor [redacted]	[redacted]	[redacted]
[redacted] Hoofdkantoor [redacted]	[redacted]	[redacted]
[redacted] Hoofdkantoor [redacted]	[redacted]	[redacted]
Nordex Energy	[redacted]	[redacted]
[redacted] Hoofdkantoor [redacted]	[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]	[redacted]

Fabrikanten top 8 (Vermogen in MW)



Productie 



Radiocommunications Agency
Ministry of Economic Affairs

Necessary reductions and Measuring method

Reduction and measuring method
EM interference radiation for
convenant ASTRON-DMOM



Necessary reductions



Conclusion from Study:

Wind turbines in the vicinity of LOFAR will result in changes to the electromagnetic environment locally. If these changes become too great, this will manifest itself as interference to the LOFAR reception system, resulting in a degradation of the reception potential.

The most important interference mechanisms have been identified as:

- the EMC emissions of the wind turbines and
- the reflections of other interference sources via the wind turbines.

The Pulsar and 'Epoch of Reionization' studies demand a sensitivity of the LOFAR system of $-164 \text{ dB}\mu\text{V}/(\text{m.Hz})$.

The level of electromagnetic disturbance caused by the wind farm is exceeding this level at the LOFAR site by 57 dB (and, for pulsar measurements, by 67 dB).

Necessary reductions



Covenant solution:

Realised interference Reduction by wind park initiators	→ Consequences
<35dB with respect to the Norm	→ NO wind farm at all
≥35dB – <40dB w.r.t. Norm	→ severe operational restrictions
≥40dB – <50dB w.r.t. Norm	→ operational restrictions
≥50dB w.r.t. Norm	→ no operational restrictions

("Norm") or reference

The (equivalent of the) limit value in EMC norm EN55011 for class A group 1, being 50 dBμV/m in a bandwidth of 120 kHz (which is – 0,8 dBμV/(m · Hz)) at 10 m distance from a wind turbine's nacelle at a height of 100m

Measuring method (1)



Result due June 2017

Measuring Method:

- ✓ description of the measuring method, including unambiguous measuring instructions
- ✓ a prototype measuring set-up (hardware + software), demonstrating the method

Scope

For the development and testing of the measuring method, there will be measurements needed at real wind turbines. But the goal will not become to assess radiation values for certain types of wind turbines.

Measuring method (2)



Actions so far

- collecting measurement equipment, incl. antenna's
- developing possible approaches and tests: a standard EMC test, or straight measurements at not to close distance are not usable

Measuring method candidates

- near-field measurement with off-the-shelf test equipment AND processing (if need be combined with probes within the wind turbine)
- a dedicated receiver (build from standard components) AND processing, calibrated with LOFAR itself

Further actions

- pre-tests within and around existing wind turbines, to understand possible sources and characteristics of EM radiation
- specifying candidate methods,
- analysing measurement uncertainties
- testing

Measuring method (3)



Input manufacturers

- pinpointing probable radiation sources can speed up measurements
- all kind of available measurement data
- access to (test) wind turbines and operational help for checking ideas, testing
- ??
- ?



Background (see further Study report)



Input/assumptions for interfering field strength calculations

→ Reference "Norm"

- interfering field strength calculated at the edge of the so-called LOFAR superterp
- all 50 wind turbines on the planned locations, so distances between about 5 and 15 km
- *assuming each wind turbine just complies with EMC norm EN55011 (correction applied, for this being worst case, by subtracting 10 dB afterwards)*
- the wind turbine's nacelle at a height of 100m assumed as location of the interference 'source'
- propagation model for calculation: ("free-space" -10 dB)
- frequency range 30-240 MHz (actually two sub bands: 30-80 and 110-240 MHz)



From Study report

For strongest mechanism calculated EM interference at LOFAR:	-42 dB μ V/(m.Hz)
Correction propagation model:	-10 dB
Correction, worst-case EMC-norm:	-10 dB
Correction low angle of incidence at LOFAR:	-35 dB
Suppression by longer observation:	<u>-10 (except for Pulsars)</u>
Final generated disturbance effect:	-107 dB μ V/(m.Hz)
Critical noise floor LOFAR:	-164 dB μ V/(m.Hz)

Under these assumptions some **60 dB** is missing in order to prevent degradation of the LOFAR observations.

Productie 16



verslag

Bijlagen

2

Onderwerp *Bijeenkomst windturbinefabrikanten en Coördinatiecommissie
Convenant co-existentie windpark de Drentse monden &
Oostermoer en LOFAR*

Datum bespreking **25 januari 2017**

Plaats bespreking Agentschap Telecom, B012
Piet Mondriaanplein 41, Amersfoort

Deelnemers (vz) - Windpark Oostermoer Exploitatie
coördinatiecommissie (secre) BV
- Astron - Duurzame
- Astron Energieproductie Exloërmond BV
- AT - Raedthuys Windenergie BV
AT

Aanwezige fabrikanten: [redacted]
Afgemeld wegens ziekte: [redacted]

Meetmethodiek

AT/ [redacted] onstateert dat meten op een kilometer afstand niet afdoende zal zijn.
Verder dat er bij het meten ook de tijdschalen moeten worden opgenomen: in welke tijd
gaan we middelen.

Astron/ [redacted] geeft aan dat het verhaal over de norm voor de fabrikanten nog niet
duidelijk genoeg was. Niet alles is gekwantificeerd in het convenant. Dit wordt uitgewerkt
voor 10 februari. Dan ligt er ook een stappenplan met een tijdlijn en te behalen
resultaten tot 19 juni.

Reductie

[redacted] inhoudelijk kundig en coöperatief. De benadering
verschilt: de een zit meer op het product en de ander op prijs [redacted] wil meer garanties
over vertrouwelijkheid alvorens meer te delen over reductiemogelijkheden. Van [redacted]
wordt geconcludeerd dat zij de inspanning niet gaan leveren.

Ontwikkelproject voor reductie

De voorzitter vat de dag samen als een ontwikkelproject; dat is het meer dan een
commercieel project. Dat vraagt om een andere samenwerking dan een kale
aanbesteding op de laagste prijs. Wellicht moet gekeken worden naar een manier waarbij
partijen samen de verantwoordelijkheid dragen voor de ontwikkeling. Dit kan
bijvoorbeeld door de relatie met 2 of 3 fabrikanten op een andere manier vorm te geven,
een waarbij alleen die partijen zich kwalificeren voor de aanbesteding. Daarbij moet goed
gekeken worden naar de juridische kant.

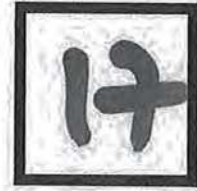
Belangrijke vraag is ook de bereidheid van producenten om samen te werken én de vraag
welke beloning hen bereid zou maken om samen het maximale eruit te halen.

Voorwaarde is wel aparte trajecten te houden, met aparte afspraken per fabrikant
[redacted] onderzoekt welke aanbestedingsmodellen hiervoor in aanmerking komen.

Actielijst bijgewerkt op 8 feb.

Actie	Verantwoordelijke	Gereed
Aanvraag bemensing/uren door AT bij Astron		Zsm
Stappenplan meetmethodiek		10 feb
Verder kwantificeren meetnorm		10 feb
Beraden op manier van aanbesteden	Initiatiefnemers	10 feb
Inventarisatie aanbestedingsmodellen		10 feb
Contact [redacted] over meetdata		15 feb
[redacted] over type data nodig voor meetproject		15 feb
Reactie en uitwerkings-suggestie nog te specificeren punten (spaarlijst)	Beide convenantspartijen:	Half februari
Voorstel: door wie en hoe wordt meetmethode gebruikt		Nadat concept-methode er is

Productie





verslag

Onderwerp *Bijeenkomst windturbinefabrikanten en Coördinatiecommissie Convenant co-existentie windpark de Drentse monden & Oostermoer en LOFAR*

Datum bespreking 25 januari 2017

Plaats bespreking Agentschap Telecom, B012
Piet Mondriaanplein 41, Amersfoort

Deelnemers
coördinatiecommissie

- 1 (vz)
- (secre) Exploitatie BV
- Astron
- Astron
- AT
- AT
- Windpark Oostermoer
- Duurzame Energieproductie Exploërmond BV
- Raedthuys
- Windenergie BV

Aanwezige fabrikanten
Afgemeld wegens ziekte:

Fabrikant	Aanwezig
	Voorzitter geeft aan dat de commissie het proces organiseert om stap voor stap gezamenlijk tot reductie te komen, op een open en faire manier met oog voor concurrentie deelt voor het meetproject graag data en geeft toegang tot turbines. Vraag van de fabrikant: wordt er gemeten aan individuele molens of aan het hele park? Antw: het gaat om de individuele molen. Astron geeft aan dat het gaat om het breedband signaal dat voor verstoring zorgt. Het gaat niet om de hoogfrequente pieken maar de wideband structure. toont slides met EMC grafieken van raagt concreet te maken welke data en welk type AT nodig heeft en hoe ze die geleverd wil. Toezegging AT: er komt een vervolg vanuit het meetproject met duidelijke afspraken.

[redacted] hoe zeker zijn we straks dat we de reductie hebben gehaald?

AT geeft aan dat voor de meetmethodiek mogelijk een soort mini lofar nodig is als meetinstrument: verrijdbaar platform bestaand uit meerdere antennes. De EN55011-EMC norm wordt normaal op de grond gemeten, straks op hoogte.

Astron geeft aan dat in de meetmethodiek ook ruimtelijke informatie wordt betrokken.

[redacted] geeft een presentatie over hun turbineontwerp.

Dit is de basis waarop additionele maatregelen voor reductie nog overheen komen. De dB reductie bij de genoemde maatregelen zijn theoretisch. Precies hoeveel dB reductie er nu gehaald wordt kan [redacted] niet geven. Maar ten opzichte van de vorige inschattingen zijn ze nog niet verder gekomen. Er zijn wel meer ideeën. [redacted] geeft aan het niet zeker te weten zonder de meetmethode, zonder startpunt.

Om de reductie te verifiëren moet [redacted] kosten maken. [redacted] Voor zoiets moet [redacted] echt zekerheid hebben van tevoren. In de 2^e helft van 2017 kan [redacted] gemeten worden bij [redacted]

Eind van het jaar zou men moeten kunnen zeggen [redacted] wat mogelijk is aan reductie

De methodiek zal voor alle typen turbines geldig zijn. AT raadt af met een eigen manier te gaan meten.

Vraag fabrikant: hoe zit het met reflectie door zonnepanelen? Antw: Die liggen buiten de scope van het convenant.

Initiatiefnemers geven aan zich nog te beraden op de manier van aanbesteden en dat ze vooral gaan kijken wie de meeste reductie kan leveren. Initiatiefnemers willen eind 2018 een keuze maken voor welke turbine.

[redacted] is ook [redacted]

[redacted] Daarnaast is hij betrokken bij [redacted]

[redacted] doet lange metingen, die dieper gaan dan de standaard metingen.

Astron geeft aan dat de nauwbandstoring wordt gefilterd. Het draait om de breedbandige storing.

	geeft aan dat lokaal meten niet werkt. AT overweegt op ca. een kilometer te willen meten. werkt met Het model moet verder gevoed worden met karakteristieken om een verwachte veldsterkte te voorspellen. Het model kan geen basis zijn om een turbine met een bepaalde reductie te produceren. Het is geen verificatie middel. werkt graag samen en deelt kennis binnen het meetproject. Een aantal bronnen kan gereduceerd: Technisch kan er heel veel, geeft ook nog als optie zou Astron daarop Astron: dat zou wel grote gevolgen voor onze hele operationele setting. Voorzitter vat samen: We kunnen kennis bundelen voor het meetsysteem Reductie mogelijkheden liggen op terrein fabrikant.
	Een drietal EMC experts belt in odigt AT en commissie uit om de vier prototypes van hun nieuwe machines te komen bekijken oet in week 6 een meting in de AT gaat meekijken. AT legt de shared risk approach uit dat als doel heeft zo min mogelijk onzekerheid in de meting te krijgen. AT: de afstand waarop gemeten gaat worden is nog niet duidelijk. Astron: de reductie vereiste geldt niet alleen bij de eerste ingebruikname, maar ook alle jaren erna. eft aan eerst te willen weten of de reductie gemeten kan worden alvorens maatregelen toe te passen, dit om de investering te kunnen verantwoorden. EMC expert zou graag een evaluatie van hun reductie suggesties krijgen. Is daar een technische overleg met AT voor mogelijk geeft aan zeer aan de geheimhoudingsplicht te hechten en niet ter plekke zaken te willen delen. Verder speelt dat op sommige oplossingen octrooien zitten volgens Voorzitter concludeert dat er een extra stap nodig is in kleiner comité om kennis uit te wisselen neemt hierover contact op met
	Er staat een nieuwe versie van een turbine eelt graag de rapporten en methodes en kennis van experts. geeft aan te voldoen aan de norm, maar geen verdere stappen voor reductie heeft ondernomen. Er is net een nieuwe turbine versie met wil eerst weten hoe er gemeten wordt. De voorzitter geeft aan dat andere

partijen dit anders aanpakken en al werken aan reductie.

Afgesproken wordt dat AT contact zal leggen indien gewenst.

Nabespreking

Meetmethodiek

AT/ constateert dat meten op een kilometer afstand niet afdoende zal zijn. Verder dat er bij het meten ook de tijdschalen moeten worden opgenomen: in welke tijd gaan we middelen.

Astron/ geeft aan dat het verhaal over de norm voor de fabrikanten nog niet duidelijk genoeg was. Niet alles is gekwantificeerd in het convenant. Dit wordt uitgewerkt voor 10 februari.

Afspraak: op 10 februari ligt er een stappenplan met een tijdlijn en te behalen resultaten tot 19 juni.

Reductie

zijn inhoudelijk kundig en coöperatief. De benadering verschilt: de een zit meer op het product en de ander op prijs.

wordt geconcludeerd dat die de inspanning niet gaan leveren.

Ontwikkelproject voor reductie

De voorzitter vat de dag samen als een ontwikkelproject, dat is het meer dan een commercieel project. Dat vraagt om een andere samenwerking dan een kale aanbesteding op de laagste prijs. Wellicht moet gekeken worden naar een manier waarbij partijen samen de verantwoordelijkheid dragen voor de ontwikkeling. Dit kan bijvoorbeeld door de relatie met 2 of 3 fabrikanten op een andere manier vorm te geven, een waarbij alleen die partijen zich kwalificeren voor de aanbesteding. Daarbij moet goed gekeken worden naar de juridische kant.

Belangrijke vraag is ook de bereidheid van producenten om samen te werken én de vraag welke beloning hen bereid zou maken om samen het maximale eruit te halen.

Voorwaarde is wel aparte trajecten te houden, met aparte afspraken per fabrikant. onderzoekt welke aanbestedingsmodellen hiervoor in aanmerking komen.

Productie 



**Ministry of
Economic Affairs**

**Drentse Monden
Wind
Development**

LOFAR Technical Impact Assessment

April, 2015

THIS PAGE IS INTENTIONALLY LEFT BLANK

ADMINISTRATION PAGE

Job Reference:	6439A-D
Date:	January, 2012 to April, 2015
Prepared for:	Ministry of Economic Affairs
Author:	[REDACTED]
Telephone:	[REDACTED]
Email:	[REDACTED]

Supervisor:	[REDACTED]
Date:	January, 2012 to April, 2015
Telephone:	[REDACTED]
Email:	[REDACTED]

*Confidential: The contents of this document may not be disclosed to others without permission.
Copyright © Pager Power Limited 2012-2015*

*Pager Power Limited, New Mill, Bakers Court, Gt Cornard, Sudbury, Suffolk CO10 0GG
T:01787 319001 F:01787 319007 E:info@pagerpower.co.uk W:www.pagerpower.co.uk*

THIS PAGE IS INTENTIONALLY LEFT BLANK

EXECUTIVE SUMMARY

Purpose

This report details Pager Power's initial findings regarding the potential impact of the Drentse Monden wind development on LOFAR. Three distinct objectives have formed the focus of the study:

- 1) Modelling the impact on the RF environment caused by the turbines;
- 2) Establishment of the implications of any impact on the function of LOFAR, to the extent that this is possible; and
- 3) To identify potential mitigation solutions if required.

This report is intended as an initial assessment of the effects caused by the wind farm with regard to LOFAR and are intended to support further discussions with ASTRON.

Guidance

The assessment methodologies employed within this report are based primarily on the documents listed below. A full bibliography is appended to this report.

- International Telecommunications Union (ITU) recommendations with regard to assessment of impacts on radio systems;
- EN 61000-6-4 (2001)¹ emissions guidelines;
- Best practice based on Pager Power's experience of wind developments and input from stakeholders such as the Joint Radio Company (JRC) in the United Kingdom has been observed.

Technical Impacts

- The Drentse Monden wind turbines as obstructions will reduce the minimum horizon of the LOFAR antennae. The elevation angle to the turbine tip ranges from approximately 1° to 5° for most turbines, with a maximum value of approximately 14°. Currently the horizon is close to 0° in the direction of the turbines.
- A sample calculation has been undertaken to establish the loss in field strength due to the turbine tower as an obstruction for a radio source at 120 MHz. This has indicated an average value of 3.5 dB. This will result in a slight weakening of signals from directly beyond the turbines.
- Sample reflection calculations to quantify the potential increase in existing noise sources have indicated Carrier to Interference Ratio (CIR) of 22.6 dB. In this context, the carrier signal is the existing noise source and the interference signal is the reflection of this noise from the turbines. The increase in existing noise sources will be of the order of 0.6%.
- Analysis of a turbine manufacturer's EMC report suggests the emissions from the turbines will affect the RF environment in the area. Calculations of extrapolated field values have been performed based on the results of an EMC report for a particular wind turbine type. The calculations show values of up to 25 dBµV/m for the antenna nearest the turbines. Background noise levels shown in the EMC test report show values from 10 to 40 dBµV/m

¹ More recent editions of this document are now available. However, this was the document referenced in the EMC study, and the data that has been taken from the EMC test for this report relates only to the emissions from the turbine, not the actual guidance on safe levels.

for most of the spectrum from 30 MHz to 1 GHz with spikes of up to 75 dBµV/m at specific frequencies.

- Analysis of an alternative wind turbine manufacturer's EMC report suggests the turbines may not produce a noticeable change in the radio environment. The trials that have been carried out do not contain a reference measurement in which all turbine components are de-energised. Further trials may be required.
- There are a number of potential mitigation options which could be applied if a potential impact with regard to turbine emissions is identified. These should be discussed further with ASTRON. These are:
 - Filtering unwanted noise in the same way that current noise is dealt with;
 - Defining exclusion zones based on quantified parameters;
 - Modified turbine design – increased shielding of the converter to reduce electrical emissions;
 - Provision of additional LOFAR antennae;
 - Improvement of LOFAR processing algorithms;
 - Construction of RF shielding around the antennae nearest the wind farm to block emissions from the turbines at low elevation angles.

Initial Findings

The impact of the turbines on the horizon may not be significant, as the minimum horizon required by ASTRON for astronomy purposes is not known. This is to be discussed, and will have a bearing on the relevance of any shielding losses caused by the turbines as physical obstructions. It is understood based on correspondence between Pager Power and ASTRON that the minimum elevation angle required for astronomy may be 22. Clarification should be sought on this matter.

Pager Power considers it unlikely that reflection of existing noise sources will be of material concern.

The field strength of the turbine emissions, based on the first EMC report, is likely to make them detectable to LOFAR. The second wind turbine EMC report has also been examined, with emissions from this turbine type appearing to be extremely low. This turbine type may therefore be more favourable. The emissions issue may cause unacceptable interference and require technical mitigation, but this could be influenced by the type of turbine that is selected.

Recommendations

This report's findings will be discussed with ASTRON. Many of the calculations undertaken within this report have been for a small number of antennae and turbines. The calculations have considered the turbines which are closest to the LOFAR antennae for line of sight analysis and reflection analysis in order to give a worst case scenario and highlight the potential issues. If remaining areas of concern are identified, it is recommended that a methodology for further assessment be agreed and undertaken. This may be based on the calculation methodology employed within this report and may also incorporate other considerations.

2015 Wind Farm Layout

This report has been updated to reflect the latest 2015 wind turbine layout. This layout will result in a reduction of any impacts because the turbines are further from LOFAR and because there are fewer turbines.

The findings regarding general levels of impact and mitigation options remain valid.

THIS PAGE IS INTENTIONALLY LEFT BLANK

LIST OF CONTENTS

Administration Page	3
Executive Summary	5
Purpose	5
Guidance	5
Technical Impacts	5
Initial Findings	6
Recommendations	6
2015 Wind Farm Layout	6
List of Contents	8
List of Figures	11
List of Tables	11
1 Background	12
1.1 Introduction	12
1.2 Objectives of the Study	12
1.3 Co-ordinate Systems	12
1.4 Notation	12
1.5 2015 Layout	12
2 Drentse Monden Wind Development	13
2.1 Proposed Site	13
2.2 Turbine Layout	13
2.3 LOFAR Antennae	15
2.4 Assumption – Antenna Pattern	16
3 Radio Interference Mechanisms	17
3.1 Overview – Radio Interference Mechanisms	17
3.2 Reciprocity Theorem	17
3.3 Shadowing	17
3.4 Reflections	17
3.5 Atmospheric effects	17
3.6 Emissions	17
4 LOFAR Interference Issues	18
4.1 Overview – LOFAR Interference Issues	18
4.2 Unknown Radio Sources	18

	4.3 Sensitivity	18
	4.4 Approach	18
5	Analysis – Line of Sight	19
	5.1 Overview – Line of Sight	19
	5.2 Assumptions – Line of Sight	19
	5.3 Analysis – Line of Sight	19
	5.4 Remarks – Line of Sight Analysis	21
	5.5 Polar Coverage Assessment	21
	5.6 Required Horizon	24
	5.7 Signal Attenuation – Overview	24
	5.8 Attenuation Calculation	24
	5.9 Blocking of Existing Noise Sources	25
	5.10 Initial Findings – Line of Sight Analysis	25
	5.11 Recommendations – Line of Sight Analysis	25
6	Analysis – Reflection of Existing Noise Sources	26
	6.1 Overview – Reflection Issues	26
	6.2 Assumptions – Reflection of Existing Noise Sources	26
	6.3 Carrier to Interference Ratio (CIR)	26
	6.4 Establishment of Radar Cross Section	27
	6.5 Calculations – Reflection Issues	28
	6.6 Reflection of Wanted Radio Signals	28
	6.7 Initial Findings – Reflection Issues	29
	6.8 Recommendations – Reflection Issues	29
7	Analysis – Radio Emissions from Turbines	30
	7.1 Overview – Radio Emissions from Turbines	30
	7.2 Turbine Emissions – Turbine Manufacturer #1	30
	7.3 Assumptions – Radio Emissions from Turbines – Turbine Manufacturer #1	30
	7.4 Calculation Process – Radio Emissions from Turbines – Turbine Manufacturer #1	31
	7.5 Results – Radio Emissions from Turbines – Turbine Manufacturer #1	31
	7.6 Initial Findings – Turbine Emissions – Turbine Manufacturer #1	31
	7.7 Recommendations – Turbine Emissions – Turbine Manufacturer #1	32
	7.8 Turbine Emissions – Turbine Manufacturer #2	32
	7.9 Understanding the Turbine Manufacturer #2 EMC Report	32
	7.10 Interpreting the Turbine Manufacturer #2 EMC Report	32
	7.11 Recommendations – Turbine Emissions – Turbine Manufacturer #2	33

	7.12 Emissions from Cables and Grid Connection	33
8	Technical Mitigation Measures	34
	8.1 Overview – Mitigation Measures.....	34
	8.2 Mitigation Option 1 – Filtering Unwanted Noise.....	34
	8.3 Mitigation Option 2 – Exclusion Zones	34
	8.4 Mitigation Option 3 – Modified Turbine Design.....	34
	8.5 Mitigation Option 4 – Provision of Additional Antennae.....	34
	8.6 Mitigation Option 5 – Improve Processing Algorithms.....	35
	8.7 Mitigation Option 6 – Construct RF Shield around Antennae.....	35
	8.8 Other Considerations – Mitigation	35
	8.9 Initial Findings – Mitigation Options	35
9	Initial Findings	36
	Technical Impacts.....	36
	9.1 Pager Power's Initial Findings.....	37
10	Wind Farm Layout 2015	38
	10.1 Background.....	38
	10.2 2015 Wind Farm Layout.....	38
	10.3 Impact Assessment.....	41

LIST OF FIGURES

Figure 1 – Drentse Monden Wind Turbines.....	14
Figure 2 – LOFAR Antennae.....	15
Figure 3 – Drentse Monden Wind Turbines and Nearest LOFAR Antennae.....	16
Figure 4 - Drentse Monden Wind Turbines and Assessed Antennae	19
Figure 5 – Polar Coverage Diagram for CS002-CLBA.....	22
Figure 6 – Illustration of change in visible horizon (not to scale).....	23
Figure 7 2015 Wind Turbine Layout	40

LIST OF TABLES

Table 1 Provisional turbine layout – Drentse Monden	14
Table 2 Line of Sight Results	21
Table 3 Example Shadowing Calculation	25
Table 4 Hoogersmilde Mast Data for Calculation	26
Table 5 Typical RCS Values	27
Table 6 Wind Turbine RCS Values.....	27
Table 7 CIR Calculations for Hoogersmilde Transmitter at SC002-CLBA.....	28
Table 8 CIR Calculations for Hoogersmilde Transmitter at SC002-CLBA.....	28
Table 9 Turbine Field Strength Emissions.....	31
Table 10 2015 Wind Farm Layout – Drentse Monden	39

1 BACKGROUND

1.1 Introduction

Concerns were raised by the Dutch institute for radio astronomy, ASTRON, with regard to the potential effects of the proposed Drentse Monden wind farm on the Low Frequency Array (LOFAR). The situation is unique insofar as the impacts of a large scale wind farms on an array such as LOFAR are not entirely known.

This assessment was undertaken in 2012 for a worst-case wind turbine layout. The current wind turbine layout (2015) has been designed so that the turbines are further from the LOFAR array. This means that the impact of the 2015 wind farm layout will be smaller than the impact of the wind farm layout assessed in this report.

1.2 Objectives of the Study

The objectives of this study are threefold:

- 1) To model the impact on the RF environment caused by the turbines;
- 2) To establish the implications of any impact on the function of LOFAR; and
- 3) To identify potential mitigation solutions if required.

The first objective comes down to accurate modelling of the interaction of electromagnetic radiation with large wind turbines, as well as modelling the emissions from the turbine itself. These concepts are well understood, as they form the basis of analysis surrounding the interaction of large scale wind developments with other infrastructure such as radar and radio broadcast systems.

It is acknowledged that the second objective is unlikely to be achieved definitively. One of the functions of LOFAR is to detect and analyse signals from space in ways which have not been achievable up to now. There are many processing steps between collection of the raw data by the antennae, which is where any impact from the turbines will be material, and the production of images and other results. The level of impact cannot be quantified exactly.

However, the changes to the RF environment can be considered in conjunction with known parameters of the LOFAR receiving equipment, such as detection thresholds. Furthermore, processes which are in place for mitigating other sources of noise are in place. The applicability of these processes can be assessed. It is therefore Pager Power's view that meaningful conclusions may be drawn from this study, despite the inherent uncertainties associated with the situation.

1.3 Co-ordinate Systems

Unless stated otherwise, all co-ordinates within this report are in Universal Transverse Mercator Zone 32N Eastings and Northings, World Geodetic System 1984 (WGS 84) datum.

1.4 Notation

Throughout this report, the point symbol "." has been used as the decimal mark.

E.g. the number 10.500 represents ten and a half.

The comma "," is not used in this report as a decimal mark or as a number separator.

1.5 2015 Layout

The 2015 wind turbine layout is described in Section 10 together with an updated assessment of likely impact and potential mitigation measures.

2 DRENTSE MONDEN WIND DEVELOPMENT

2.1 Proposed Site

The site area is located in the Veenkoloniën, in the vicinity of the areas known as the first and second Exloërmond, Drenthe, the Netherlands. This is a large scale project, planned to generate 200 to 400 Megawatts (MW).

2.2 Turbine Layout

The turbine layout has not yet been finalised. For the purposes of the analysis, a provisional layout has been assumed. The turbine dimensions used for this study are for the Enercon E101 with a hub height of 135 metres above ground level and a tip height of 185.5 metres above ground level. The layout considered here is considered to represent a worst case scenario regarding technical impact as this is understood to be the largest number of turbines being considered.

Turbine number	Easting (UTM Zone 32N)	Northing (UTM Zone 32N)	Turbine number	Easting (UTM Zone 32N)	Northing (UTM Zone 32N)
1	358150	5866823	52	358537	5872785
2	358587	5867092	53	358038	5872671
3	359022	5867359	54	357538	5872558
4	359459	5867627	55	357039	5872445
5	359895	5867895	56	360734	5871529
6	360331	5868163	57	360295	5871266
7	360767	5868431	58	359856	5871003
8	361203	5868699	59	359417	5870740
9	361639	5868967	60	358979	5870478
10	362074	5869235	61	358555	5866210
11	362510	5869503	62	358987	5866484
12	362946	5869772	63	359418	5866759
13	358880	5865713	64	359850	5867032
14	359312	5865987	65	360283	5867307
15	359744	5866261	66	360715	5867581
16	360176	5866535	67	361147	5867855
17	360608	5866809	68	361579	5868129
18	361040	5867084	69	362011	5868403
19	361473	5867358	70	362443	5868678
20	361904	5867632	71	362875	5868953
21	362336	5867906	72	363307	5869226
22	362768	5868181	73	358366	5870095
23	363200	5868455	74	357922	5869839
24	363633	5868729	75	357480	5869583
25	361215	5863170	76	356570	5872339
26	361653	5863434	77	356070	5872228
27	362091	5863699	78	364362	5867683
28	362528	5863965	79	363929	5867410
29	362965	5864230	80	363496	5867137
30	363403	5864495	81	363063	5866866
31	363841	5864761	82	362629	5866593
32	358016	5868949	83	362196	5866322
33	358453	5869213	84	361763	5866049
34	358890	5869478	85	361330	5865778
35	359328	5869743	86	360897	5865505
36	359766	5870008	87	360464	5865234
37	360204	5870273	88	360031	5864962

Turbine number	Easting (UTM Zone 32N)	Northing (UTM Zone 32N)	Turbine number	Easting (UTM Zone 32N)	Northing (UTM Zone 32N)
38	360641	5870538	89	359598	5864689
39	361079	5870804	90	364699	5867108
40	358315	5868456	91	364266	5866835
41	358753	5868720	92	363833	5866563
42	359191	5868986	93	363400	5866291
43	359629	5869251	94	362967	5866019
44	360066	5869515	95	362534	5865747
45	360503	5869781	96	362101	5865475
46	360941	5870046	97	361667	5865203
47	361379	5870311	98	361233	5864931
48	360534	5873239	99	360800	5864659
49	360035	5873125	100	360367	5864388
50	359535	5873012	101	359934	5864115
51	359036	5872899	102	360772	5862914

Table 1 Provisional turbine layout – Drentse Monden

The figure below shows the turbine locations on a map of the area. The figure was provided to Pager Power by Pondera Consult. The turbine locations are shown by the red icons.



Figure 1 – Drentse Monden Wind Turbines

2.3 LOFAR Antennae

Co-ordinates for the LOFAR antennae have been provided to Pager Power by ASTRON. These are not tabulated within this report as there are more than 4800 antenna locations. These are grouped in clusters, within the LOFAR area of 400 hectares between Exloo and Buinen in the province of Drenthe. Further clusters have been installed on approximately 18 antenna fields of approximately 2 hectares spread over Friesland, Groningen, Drenthe and Overijssel. The layout of antennae provided to Pager Power by ASTRON is shown in the figure below.

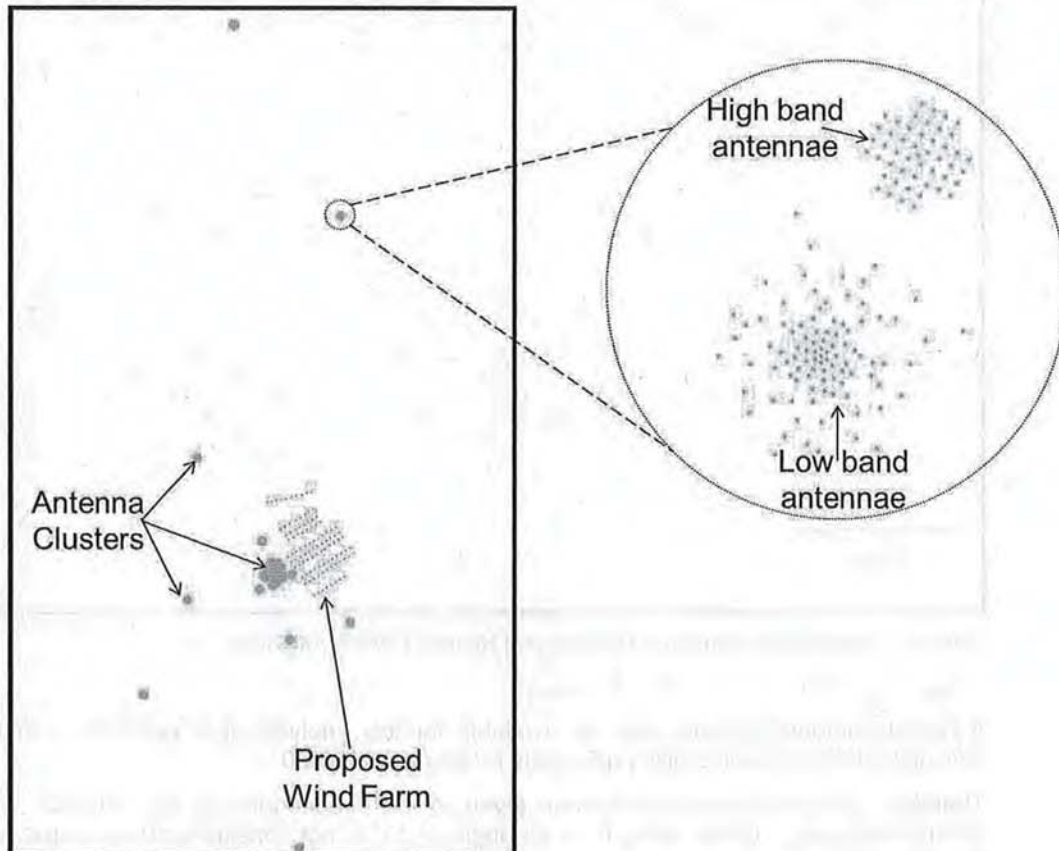


Figure 2 – LOFAR Antennae

For the purposes of assessment, the location of the nearest antennae relative to the proposed turbines is shown in the following figure. The green icons show the antenna locations and the red icons show the turbine locations.

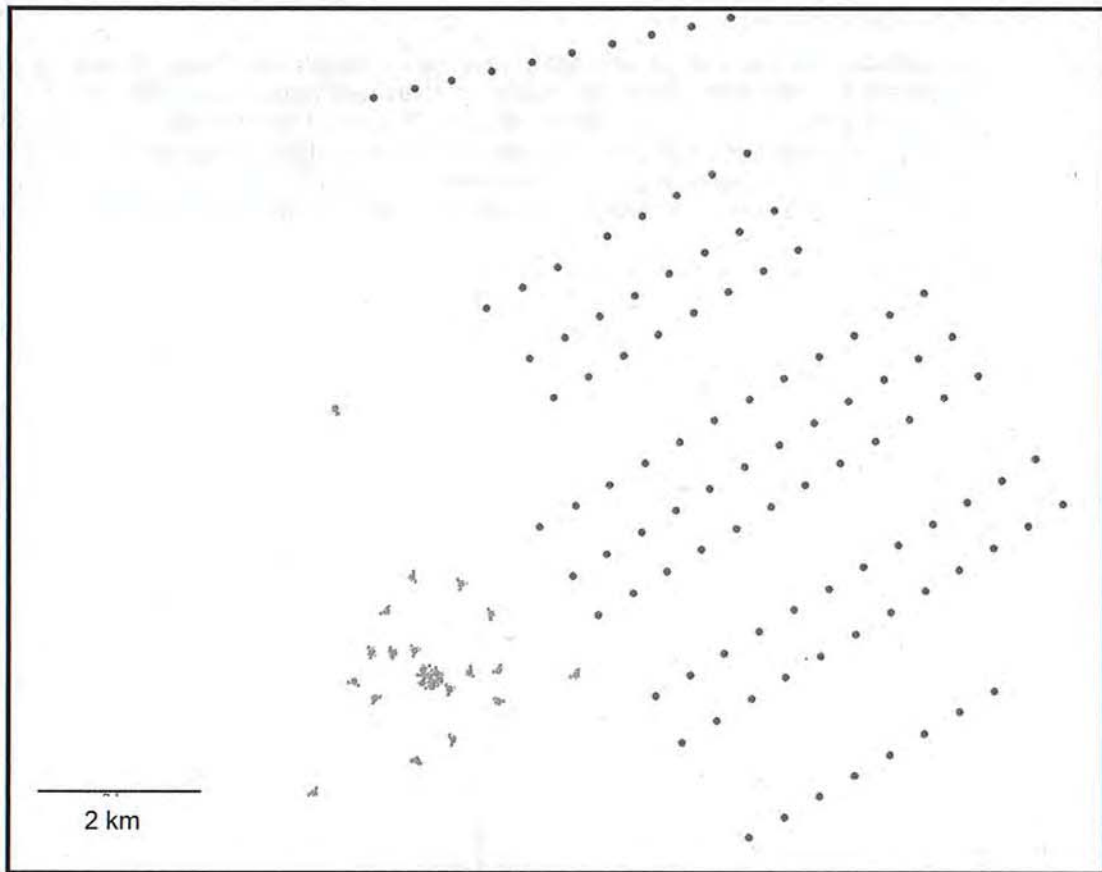


Figure 3 – Drentse Monden Wind Turbines and Nearest LOFAR Antennae

2.4 Assumption – Antenna Pattern

A reliable antenna pattern was not available for this analysis. It is understood that this is difficult to define meaningfully, particularly for angles below 20°.

Therefore, no consideration has been given to the directionality of the antenna, i.e. noise which is radiated onto the array from an angle of 10° is not considered to be better or worse than noise from 1°.

Further analysis could be undertaken with regard to such issues if an antenna pattern can be agreed for this purpose.

3 RADIO INTERFERENCE MECHANISMS

3.1 Overview – Radio Interference Mechanisms

The following subsections describe some of the principles which are relevant to the analysis conducted within this report.

3.2 Reciprocity Theorem

The reciprocity theorem states If a voltage is applied to the terminals of an antenna A and the current measured at the terminals of an antenna B then an equal current will be obtained at the terminals of antenna A if the same voltage is applied to the terminals of antenna B.

This means that anything affecting radio signals travelling from antenna A to antenna B will affect returning radio signals in the same way. This means that analysis carried out for signals travelling in one direction will apply to signals travelling in the other.

3.3 Shadowing

Signal strength drops when the receiver is shadowed by trees, large buildings or terrain. The received signal is made up of signals reflected from other objects or terrain and signals which are diffracted around the shadowing terrain.

Diffraction loss calculations are used to calculate the impact of shadowing effects.

3.4 Reflections

Signals arriving at a receiver may come directly from the transmitter, or be reflected from the ground, trees, vehicles, buildings and structures².

At the receiving antenna these direct and reflected waves are summed, with some components adding to the received signal strength and some detracting.

3.5 Atmospheric effects

Radio signal strength may vary with time due to atmospheric changes. These can include signal absorption by water vapour, variations in refractivity and changes in ionisation levels.

3.6 Emissions

All electrical equipment and devices emit weak radio signals. Electrical equipment must be designed so that (a) their own emissions are weak (b) they are not unduly affected by emissions from other sources.

² Scattering is a term that describes a general amalgamation of reflection and shadowing effects.

4 LOFAR INTERFERENCE ISSUES

4.1 Overview – LOFAR Interference Issues

The potential impacts of the wind turbines on LOFAR arise primarily due to the following three mechanisms:

1. Obstruction³ of signals by the turbines as physical structures;
2. Reflections of existing sources of noise (such as FM radio transmissions); and
3. RF emissions from the turbines themselves.

These three areas are dealt with in turn in the following three chapters of this report. There are some technical considerations which are unique to LOFAR and are not encountered when assessing other telecommunication systems. These are described below.

4.2 Unknown Radio Sources

The nature of LOFAR as a tool for investigating astronomical objects and phenomena means that it is not known what radio sources will be analysed. It should be noted that the frequencies of interest are known (10 – 250 MHz). Furthermore, the power and temporal nature of the signals being investigated can be accurately modelled.

4.3 Sensitivity

LOFAR has the potential to detect very distant and very faint radio sources from space. Therefore, any impact on the sensitivity of the array could be of significance.

Therefore, there are not a fixed set of criteria that must be met in order to ensure that the telescope functions adequately. This is in contrast to other radio systems where an 'acceptable' level of interference may be more readily defined.

4.4 Approach

The approach employed within this study is to quantify the impacts of the turbines in terms of changes to the RF environment. Whilst it is acknowledged that the process of determining whether these impacts are acceptable is complex, consideration of the magnitude of any changes introduced is considered the most logical starting point.

³ Also described as shadowing or diffraction effects

5 ANALYSIS – LINE OF SIGHT

5.1 Overview – Line of Sight

Line of Sight analysis has been carried out in order to establish the effect of the wind turbines on the visible horizon for the antenna. In all cases, analysis has been conducted for:

- The nearest turbine to antenna in question;
- Turbine 53 (approximate centre of northern row);
- Turbine 35 (approximate centre of cluster immediately north of centre of the development);
- Turbine 66 (approximate centre of the development as a whole);
- Turbine 96 (approximate centre of cluster immediately south of centre of the development);
- Turbine 27 (approximate centre of southern row).

5.2 Assumptions – Line of Sight

It has been assumed that the low band antennae have a height above ground of 1 m and the high band antennae have a height above ground of 0.5 m. The actual height of the top of the low band antennae is 1.7 m, however the antenna itself is not located at a single point. Therefore, the height of 1 m is considered more appropriate for the analysis.

5.3 Analysis – Line of Sight

The figure below is a repeat of figure 2 with circles drawn around the antennae and turbines considered for the LOS analysis.

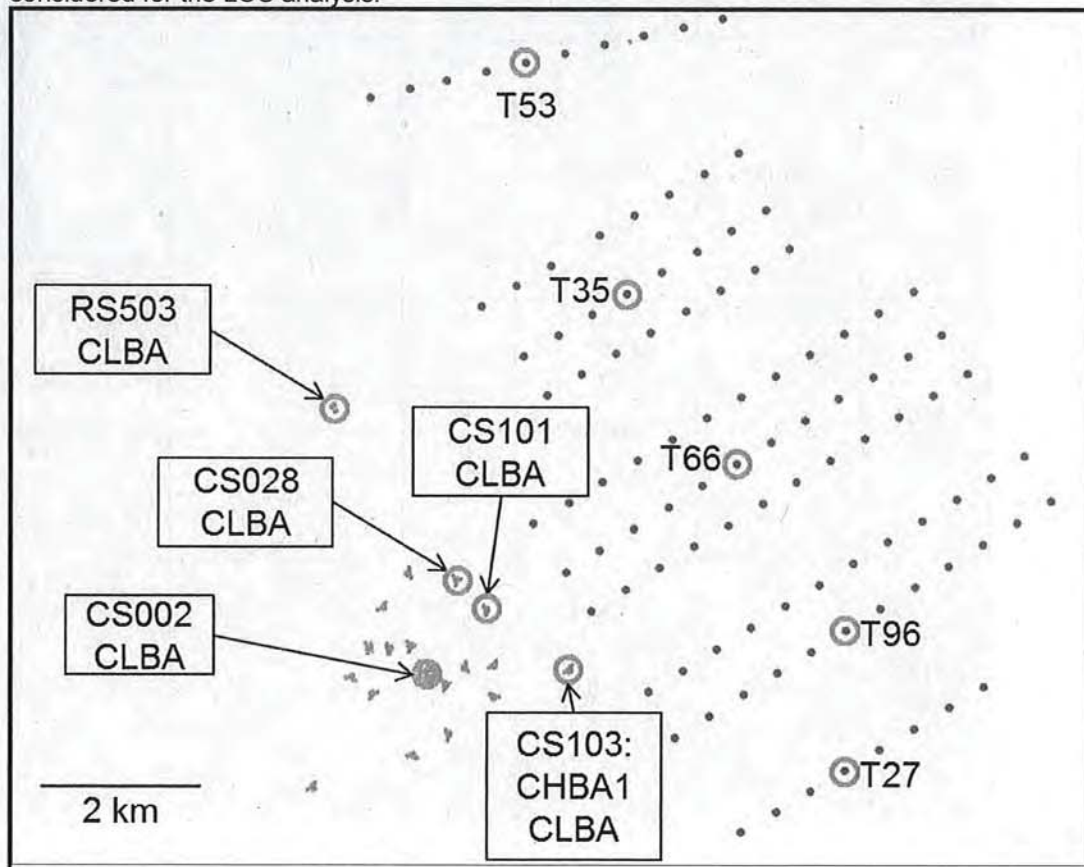


Figure 4 - Drentse Monden Wind Turbines and Assessed Antennae

Analysis has been conducted for six antenna, these are described in the table below. The reason that two antenna from one cluster (CS103) have been selected is that this is the nearest group of antennae to the development.

Antenna ID	Easting (UTM Zone 32N)	Northing (UTM Zone 32N)	Turbine	Amount of Turbine within LOS (m)	Elevation Angle from Antenna to Turbine Tip (°)
CS002-CLBA	356772	5864952	27	181	2
			35	180	2
			53	180	1
			61	183	5
			66	182	2
			96	182	2
RS503-CLBA	355596	5868318	27	173	1
			35	183	3
			53	183	2
			66	180	2
			75	186	5
			96	177	2
CS028-CLBA	357159	5866121	01	186	9
			27	179	2
			35	176	3
			53	168	2
			66	184	3
			96	173	2
CS101-CLBA	357545	5865736	27	165	2
			35	156	2
			53	169	2
			61	180	10
			66	163	3
			96	167	2
CS103-CHBA1	358620	5865034	13	185	14
			27	179	3
			35	179	2
			53	170	1
			66	184	3
			96	183	3

Antenna ID	Easting (UTM Zone 32N)	Northing (UTM Zone 32N)	Turbine	Amount of Turbine within LOS (m)	Elevation Angle from Antenna to Turbine Tip (°)
CS103-CLBA	358593	5864968	13	185	13
			27	181	3
			35	180	2
			53	177	1
			66	184	3
			96	183	3

Table 2 Line of Sight Results

5.4 Remarks – Line of Sight Analysis

The visibility of each turbine in the table above has been rounded to the nearest metre. The elevation angle to the turbine tip has been given to the nearest degree.

The table in the previous section shows that the maximum elevation angle from any antenna to the turbine tip will be 14 degrees. In most cases, the elevation angle is well below this.

5.5 Polar Coverage Assessment

The effect on the visible horizon of the central antenna (CS002-CLBA) due to the turbines has been assessed. The figure on the following page shows the result. The antenna location is the centre of the chart. The green icons represent the turbines shown at their horizontal bearing. The numbered concentric rings represent the vertical angle from the antenna. The black line represents the current horizon due to the surrounding terrain.

It can be seen that the horizon in the direction of the turbines due to the terrain is close to zero degrees. This is because the terrain is extremely flat. It can also be seen that the vertical angle to the turbine tips varies from approximately 1.2 degrees to just under 5 degrees (this maximum value is T61, the nearest turbine).

Figure 5 illustrates the scenario portrayed on the Polar Coverage Chart. This is not drawn to scale, but serves to clarify the information being presented.

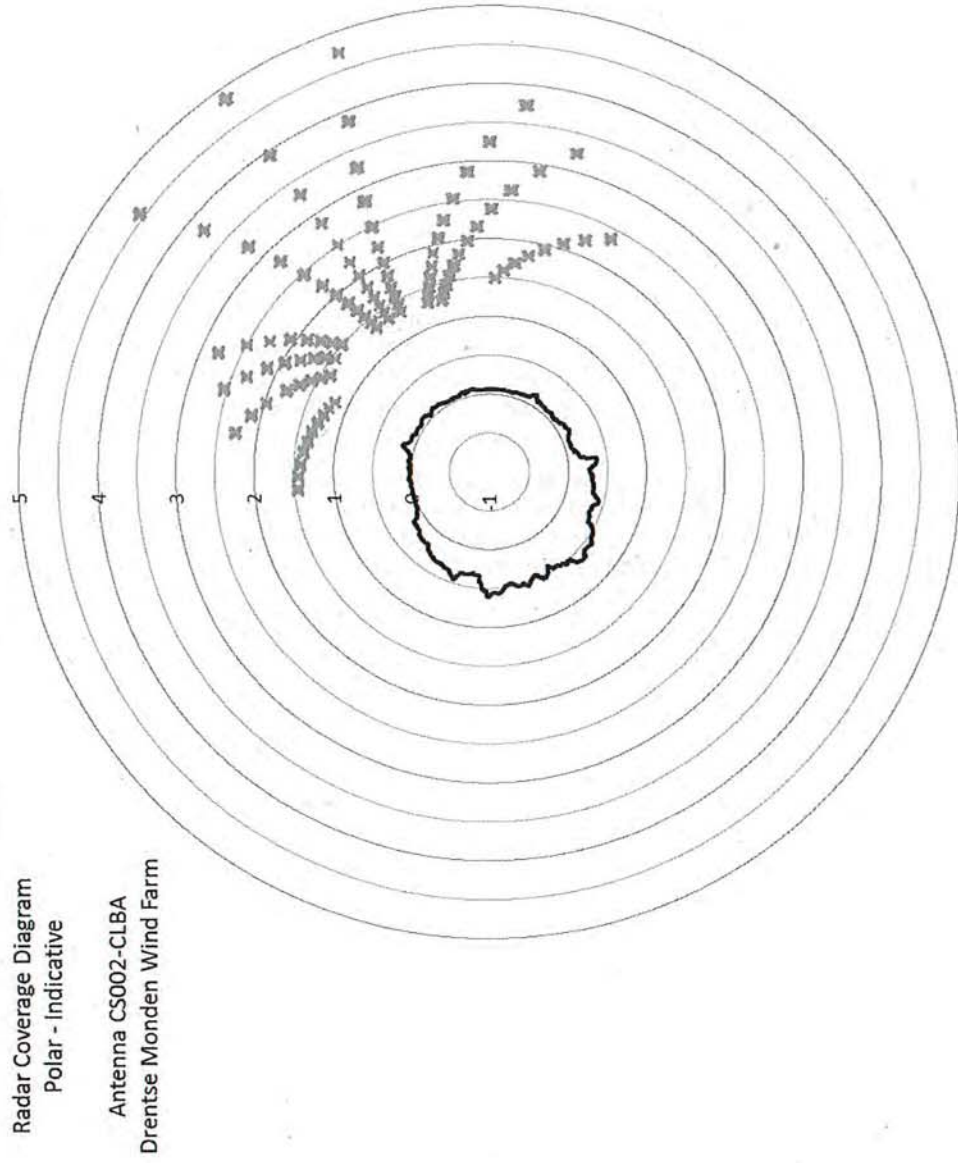


Figure 5 – Polar Coverage Diagram for CS002-CLBA

LOFAR Technical Impact Assessment

Drentse Monden Wind Development

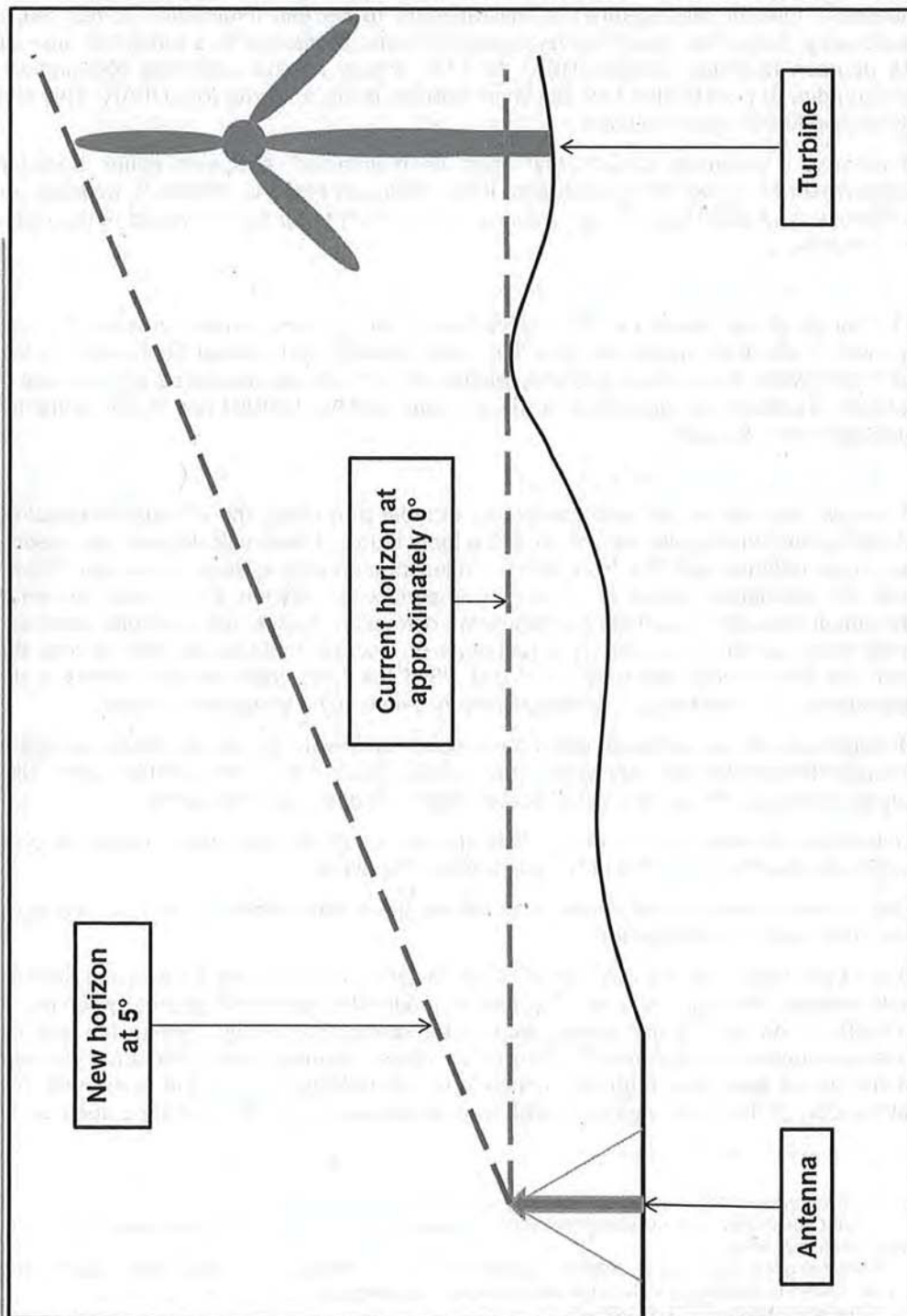


Figure 6 – Illustration of change in visible horizon (not to scale)

5.6 Required Horizon

Pager Power cannot comment on the requirements of LOFAR. However, it is understood⁴ that sensitivity data for the antennae is not available for angles of less than approximately 22 degrees⁵. One of the reasons for this appears to be this information is not required for astronomy. Since the maximum vertical angle from an antenna to a turbine is approximately 14 degrees (antenna CS103-CHBA1 to T13), it may be the case that obscuration of the horizon due to the Drentse Monden wind turbines is not an issue for LOFAR. This should be discussed further with ASTRON.

If there is a minimum horizon that must be maintained, exclusion zones based on this requirement could be easily produced. If the minimum angle is indeed 22 degrees, then the minimum separation between an antenna and a 185m to tip turbine would be approximately⁶ 460 metres.

5.7 Signal Attenuation – Overview

The impact of the turbines on the visible horizon of the array is only an issue if a significant amount of signal attenuation occurs. The array is designed to detect frequencies in the range of 10-250 MHz. It is unlikely that frequencies this low will be attenuated a great deal by wind turbines. However, as discussed in the previous section, LOFAR has the potential to detect very faint radio sources.

5.8 Attenuation Calculation

A sample calculation has been carried out in order to quantify the attenuation effect due to a single turbine, the results are shown in the table below. These calculations have been carried out in accordance with the International Telecommunications Union document ITU-R P526⁷ and the calculation sheet is shown in Appendix B. Section 4.2 of the aforementioned document describes a method for calculating diffraction⁸ losses due to a finite width screen. A finite width screen is essentially a rectangle of blocking material standing across the radio path. Of the methods described in ITU-R P526 the finite width screen method is the most appropriate for modelling the diffraction effects caused by a wind turbine tower.

Diffraction losses are greatest when the receiver is directly behind the tower, so that the line between transmitter and receiving aerial passes through the centre of the tower. Diffraction losses are smaller if the receiver is located slightly to one side or the other.

This model assumes a flat earth. This is appropriate as this calculation relates to a scenario where the wind turbine is the only obstruction of the signal.

The calculation returns two decibel loss values, these are a minimum and an average loss. A maximum value is not returned.

One of the inputs for the calculation is the distance between the turbine and source of the radio waves. Naturally, it is not feasible to model the real-world geometry for the case of LOFAR as the signals are coming from outer space. For the purpose of the calculation, a radiation source at a distance of 100 km has been assumed. Whilst this is not representative of the actual case with regard to distance of the radiating object, the result with regard to attenuation of the radio signal is valid. This is because beyond a distance such as this, the

⁴ Correspondence between Pager Power and ASTRON, December 2011

⁵ Whilst observations are not carried out at low elevations radio information from low elevation reference sources can nevertheless be useful

⁶ This calculation assumes an antenna at ground level and a constant terrain height at the antenna and the wind turbine. Given the topography of the surrounding terrain this assumption is valid.

⁷ The latest version is ITU-R P526-13

⁸ Also referred to as Shadowing or Obstruction losses

results do not change a great deal as the wave form when it reaches the turbine does not change a great deal.

Turbine Considered	Antenna Considered	Frequency (MHz)	Average Loss in Signal (dB)
T61	CS002-CLBA	120	3.5

Table 3 Example Shadowing Calculation

The calculation suggests a loss of 3.5dB⁹. It should be noted that this is a loss associated with the scenario where the turbine is directly between the radiating source and the antenna. This scenario is unlikely given that signals are being received from space, although it could potentially occur for objects at low angles if these are detectable.

5.9 Blocking of Existing Noise Sources

If there are existing noise sources originating from beyond the wind farm, i.e. to the west of the centre of the array, the interfering signals may be partially blocked by the wind turbines. Therefore, the turbines could potentially reduce the magnitude of existing interference signals in this way. As shown in the previous subsection, such losses would be less than 2 dB and would therefore be unlikely to have significant effect in this way.

5.10 Initial Findings – Line of Sight Analysis

The wind turbines will be considerably within line of sight to the LOFAR antennae. The elevation angle to the turbine tip ranges from approximately 1° to 5° for most turbines, with a maximum value of approximately 14°.

The losses in field strength due to signal blocking is likely to be approximately 3.5 dB for a radio source which is completely obstructed by the turbine.

5.11 Recommendations – Line of Sight Analysis

Discussion with ASTRON to establish:

- 1) Whether there is a minimum horizon requirement for LOFAR; and
- 2) If so, what the minimum required elevation angle is.

This may have a bearing on the potential impact due to shadowing of the signals due to the wind turbines.

⁹ Note that in some cases obstructions can actually cause an increase in signal strength

6 ANALYSIS – REFLECTION OF EXISTING NOISE SOURCES

6.1 Overview – Reflection Issues

Existing terrestrial sources of radio emissions produce interference, or 'noise', which in some cases is detected by LOFAR. These sources are understood to include electric power cables, pirate radio, passing traffic and lawnmowers. It should be noted that ASTRON has already developed methods for filtering out unwanted interference from local sources. Radio emissions which cause such disturbances can be reflected by the wind turbine tower and blades. Therefore, it is possible that the amount of interference detected by LOFAR will increase as a consequence of the turbines due to reflections of these interfering signals.

6.2 Assumptions – Reflection of Existing Noise Sources

For the purposes of this analysis, radio signals from a transmitting location in Hoogersmilde. It is understood that the previous transmitting mast at this location burned down in July of 2011, but that plans for a new 200m mast have been accepted¹⁰. The mast details used for this assessment are shown in the table below.

Parameter	Value	Source
Location	325375E 5864600N (UTM Zone 32 N)	Approximate location of previous mast extrapolated from Google Earth.
Height above ground	300m	http://www.rtdvrenthe.nl Accessed January 2012. Advised by Agentschap Telecom that the mast was 300m tall.
Frequency	100 MHz	Typical value for FM transmissions

Table 4 Hoogersmilde Mast Data for Calculation

Diffraction losses due to terrain are considered insignificant between the transmitter and the turbines, as the transmitter will have clear line of sight to the turbine hub. However, losses due to terrain between the transmitter and the LOFAR antennae are significant as these are low to the ground, meaning that signals may be attenuated by higher terrain to the west of the array. Therefore, the diffraction losses between the transmitter location and SC002-CLBA have been accounted for¹¹.

6.3 Carrier to Interference Ratio (CIR)

When determining whether a turbine is likely to interfere with radio reception, the Carrier to Interference Ratio (CIR) is considered.

The receiver is considered to receive two signals, one directly from the transmitter and one that is reflected from the wind turbine. The CIR is expressed in decibels (dB). When assessing radio systems such as private mobile radio, the CIR is a measure of how strong the wanted signal is compared to the unwanted signals. In this case, the carrier signal is not a wanted signal, but the CIR is still a measure of the increase in noise levels due to the turbines.

The carrier to interference ratio has been calculated at the SC002-CLBA Antenna (the central receiver). Each calculation takes into account one turbine and one radio source. Three calculations have been performed for the following turbines:

- T61 (the nearest turbine);

¹⁰ Source: <http://www.rtdvrenthe.nl> Accessed January 2012

¹¹ In accordance with ITU-R526

- T66 (the approximate centre of the development; and
- T48 (the furthest turbine).

For the turbine the height of the reflecting point is taken as that of the base of the hub height.

6.4 Establishment of Radar Cross Section

There is not a generally accepted method available for modelling the effects of multiple turbines on CIR. This is because:

- RCS varies considerably and cannot be predicted at a specific time for a specific direction;
- Signals reflect from turbine to turbine.

RCS is dependent on a number of factors including shape, size, material and angle of incidence. For complex objects RCS can vary significantly, with very small changes in angle of incidence. Typical RCS values for some common objects are shown in the table below:

Object	Radar Cross Section (m ²)
Small single engine aircraft	1
Jumbo Jet	100
Car	100
Man	1
Pickup Truck	200

Table 5 Typical RCS Values

There has been a lot of work carried out to determine the Radar Cross Section of a wind turbine, and there are a number of computer models available. Unfortunately there is no generally accepted method for determining a conservative RCS value for general calculation purposes. Various values are used by various organisations. Some of these are shown in the table below:

Source	Radar Cross Section of a single wind turbine (m ²)
UK Radio Communications Agency Example	30
Wind Turbine tower where reflection is not perpendicular to tower – general values – ETSU Report	100 (S Band [†]) 1000 (L Band [‡])
Wind Turbine Rotor – general values – ETSU Report	10 – 1000 (S Band) 1000 (L Band)
Measured values from single turbine at Swaffham – FES Report	50 (approximate average) – 2,800 (Worst Case)

Table 6 Wind Turbine RCS Values

[†]L Band 1 – 2 GHz

[‡]S Band 2 – 4 GHz

It can be seen that there is a wide range of values. For modelling purposes we will use a typical value of 1000. This is considered to be a conservative figure, especially as the static reflective component is often of less interest.

6.5 Calculations – Reflection Issues

The table below shows the results of the calculation. The calculation sheets are shown in Appendix A.

Turbine	CIR at SC002-CLBA (dB)	Remarks
61	38.3	This means that approximately 0.02% of the signal strength received at the antenna location is due to reflections from the turbine.
66	46.6	This means that approximately $3 \times 10^{-5}\%$ of the signal strength received at the antenna location is due to reflections from the turbine.
48	51.4	This means that approximately $8 \times 10^{-6}\%$ of the signal strength received at the antenna location is due to reflections from the turbine.

Table 7 CIR Calculations for Hoogersmilde Transmitter at SC002-CLBA

The values in the table above indicate that the increase in noise from existing sources, based on a single turbine, will be less than 0.02%. However, it is necessary to consider the cumulative effect of the other turbines. Pager Power is unaware of any formal guidelines for assessment of cumulative effects on CIR due to reflections. One method advocated by the Joint Radio Company in the United Kingdom for analysis of telemetry links is using the formula:

$$\text{CIR}_{\text{cumulative}} = \text{CIR}_{\text{single turbine}} - 10 \log_{10} (\text{no. of turbines}) \text{ dB} \quad [\text{equation 1}]$$

Pager Power believes this method to be a good approximation for a small number of turbines which are approximately equidistant from the transmitter and receiver. This is not the case for the Drentse Monden development, which spans a large area with large differences in turbine-antenna separation. Pager Power believes a more appropriate method would be to apply Equation 1 considering only turbines within 5 km:

$$\text{CIR}_{\text{cumulative}} = \text{CIR}_{\text{single turbine}} - 10 \log_{10} (\text{no. of turbines within 5 km}) \text{ dB} \quad [\text{equation 2}]$$

The distance between T66 and SC002-CLBA is 4.739 km and the CIR considering this turbine is 46 dB, suggesting reflections from further than this are negligible. The table below shows the results considering cumulative impact on SC002-CLBA based on equations 1 and 2. In both cases, $\text{CIR}_{\text{single turbine}}$ is taken to be 38.3 dB (worst case). The number of turbines within 5 km of SC002-CLBA is 37.

Method	CIR at SC002-CLBA (dB)
Equation 1 (highly conservative)	18.2
Equation 2 (recommended)	22.6

Table 8 CIR Calculations for Hoogersmilde Transmitter at SC002-CLBA

The Hoogersmilde mast has been considered for the purposes of this analysis. Further calculations for specific known noise sources could be undertaken if required. However, it is unlikely that the conclusions will change with regard to reflection of existing noise.

6.6 Reflection of Wanted Radio Signals

Technically, the wind turbines have the potential to reflect the radio signals received from space. This could cause the same signal to arrive at different times at a receiver location (multi-path effect). However, it is considered highly unlikely that a measureable amount of energy would be reflected in this way. Furthermore, the difference in path length for the direct and indirect signals is negligible.

No issues are foreseen with regard to reflection of wanted signals.

6.7 Initial Findings – Reflection Issues

Based on the calculations carried out for the Hoorgersmilde mast, the increase in noise due to reflections of existing sources due to any one turbine will be negligible. When cumulative effects are considered, a CIR of 22.6 dB has been calculated. This means that the increase in existing noise sources will be of the order of 0.55%. Even when a far more conservative approach is taken the predicted increase is of the order of 1.51%. This is highly likely to be negligible.

No issues with regard to reflection of wanted signals are anticipated.

6.8 Recommendations – Reflection Issues

ASTRON's position with regard to reflection issues will be established.

7 ANALYSIS – RADIO EMISSIONS FROM TURBINES

7.1 Overview – Radio Emissions from Turbines

All commercial wind turbines which are installed in the Netherlands, and elsewhere in Europe, must meet emissions criteria in order to comply with legal requirements relating to health and spectrum licencing. It is understood that there are currently no formal guidelines with regard to emissions criteria in the vicinity of LOFAR. It is anticipated that the existing limits will not be conservative enough for ASTRON's requirements with regard to LOFAR.

Pager Power has considered information regarding emissions from two turbine manufacturers. The analysis for each of these turbines is described below.

7.2 Turbine Emissions – Turbine Manufacturer #1

Pondera Consult has obtained data regarding an emissions test of a large onshore wind turbine. This test made reference to EN 61000-6-4¹² (2001) guidelines which state that the industrial limit for frequencies in the range of 30 – 230 MHz is 30 dB μ V/m at a distance of 30 m. The report concluded that the turbine exceeded this value in the 30 – 40 MHz range by up to 5.6 dB. It should be noted that the report states:

In the normal used basic standards for RF emission, the measurements are performed by quasi-peak and average detectors In practice, the measurements are performed using a peak-detector, to save time. ... The peak reading is the "worst case" reading.

Furthermore, the measurements were taken with a detector which was 1 m above ground level. This is comparable to the antenna heights in the case of LOFAR.

7.3 Assumptions – Radio Emissions from Turbines – Turbine Manufacturer #1

It has been assumed for the purposes of this assessment that the turbine emits isotropically. Therefore, the field strength will reduce with the square of the distance. In order to calculate the worst case field strength at an antenna location it is important to sum the contributions from all turbines.

The emissions report for the turbine found that the limit was infringed by up to 5.6 dB for measurements taken at 30 m from the turbines. The report also found that at a distance of 60 m the levels were 3 dB below the limit. This means there are two starting points for extrapolating the field strength at a given distance from a turbine. The field strength in the calculations described below has been extrapolated based on the readings at 30 m, which is the most conservative approach. The reason that the values are not the same may be due to other atmospheric effects attenuating the signal, or due to the fact that emissions do not in fact emanate from a point source.

It has been assumed that each turbine is emitting at the maximum value reported during the emissions test (35.6 dB μ V/m).

The emissions test report states that the essential noise source in the turbine is the converter, and that the main emission comes from the turbine nacelle. It has therefore been assumed that the turbine hub is a point source from which all the emissions emanate. The field strength has been calculated by converting the value of 35.6 dB μ V/m.

¹² More recent editions of this document are now available. However, this was the document referenced in the EMC study, and the data that has been taken from the EMC test for this report relates only to the emissions from the turbine, not the actual guidance on safe levels.

Finally, it is important to note that the calculation process employed here has summed the magnitude of the predicted electric field from each turbine. This is a conservative approach, as the vector sum of the electric fields at any one point will be less than this.

7.4 Calculation Process – Radio Emissions from Turbines – Turbine Manufacturer #1

In order to calculate the worst case field strength at an antenna location it is important to sum the contributions from all turbines.

1. Assume every turbine is producing a field strength of 35.6 dB at 30 m from the turbine, accounting for the fact that this is a distance of approximately 85 m from the nacelle;
2. Convert this to an absolute value (3.63 mV/m^{-1});
3. Extrapolate the resulting field strength at the antenna location, for each turbine, based on distance and a field strength that falls away in proportion to the square of the distance;
4. Sum the contributions from all turbines;
5. Convert back to decibels.

7.5 Results – Radio Emissions from Turbines – Turbine Manufacturer #1

The table below shows the results for the same six antennae considered for the line of sight analysis. A further calculation has been undertaken for RS306-CLBA which is the central Low Band antenna for a cluster further away from the wind farm (co-ordinates 348176E 5862434N, 10.9 km from the nearest turbine, T1) in order to provide comparison with more distant clusters.

Antenna	Horizontal Distance to Nearest Turbine (km)	Worst Case Field Strength due to Turbines (dB μ V/m)
CS002-CLBA	2.182 (Turbine 61)	20.7
RS503-CLBA	2.269 (Turbine 75)	20.4
CS028-CLBA	1.215 (Turbine 1)	22.8
CS101-CLBA	1.116 (Turbine 61)	23.5
CS103-CHBA1	0.727 (Turbine 13)	25.2
CS103-CLBA	0.798 (Turbine 13)	24.9
RS306-CLBA	10.897 (Turbine 1)	11.5

Table 9 Turbine Field Strength Emissions

The table shows values of up to 25.2 dB μ V/m for the nearest antenna to the development. All six of the antennae within 2.5 km of the turbines show worst case field strengths in excess of 20 dB μ V/m. The calculation method is conservative, as described above. Furthermore, it is important to note that these high emissions are not present across the entire frequency spectrum, rather there are spikes at specific frequencies. Such spikes are present in the background spectrum also, and the typical deviation from the baseline environment is likely to be significantly less than the calculations show.

7.6 Initial Findings – Turbine Emissions – Turbine Manufacturer #1

The emissions from the turbines will affect the RF environment in the area. The calculations show values of up to 41.7 dB μ V/m for the antenna nearest the turbines. Such levels are highly likely to make the development detectable to LOFAR. This EMC report stated that *the essential noise source in the turbine is the converter*. This will be considered further in the mitigation section of this report.

7.7 Recommendations – Turbine Emissions – Turbine Manufacturer #1

Further analysis with a view to establishing exclusion zones may be required following discussions with ASTRON. This is discussed further in the next section.

7.8 Turbine Emissions – Turbine Manufacturer #2

Pondera Consult has obtained an extract of a further EMC report. The report extract shows graphs detailing measurements carried out in the 30 MHz – 300 MHz range and the 30 MHz – 1000 MHz range.

For the 30 MHz – 300 MHz frequency range the graphs show fluctuating field levels across the whole spectrum mostly between 5 dB μ V and 50 dB dB μ V with spikes up to approximately 75 dB μ V.

For the 30 MHz – 1000 MHz frequency range the graphs show spikes of up to approximately 78 dB μ V at the higher frequency end of the spectrum.

The report extract states that no difference was seen between the results with the turbine generating electricity (operational measurement) and the results with the turbine not generating electricity (reference measurement), implying that the levels measured represent the background spectrum only.

7.9 Understanding the Turbine Manufacturer #2 EMC Report

Pager Power had a teleconference with the manufacturer on the 12th of June 2012 to establish more precisely how the trials were carried out, specifically which elements of the turbine were energised during each measurement and where these were located. It has been found that for the reference measurement:

- The wind turbine was not producing any current;
- The contactor between the turbine and the grid, located inside the base of the tower, was open;
- The main switch was on in order to provide the circuit boards and other components with power;
- Other auxiliary systems, such as the azimuth motors, were still connected to the grid;
- The doors of the power cabinet and the doors to the base of the tower were closed;

7.10 Interpreting the Turbine Manufacturer #2 EMC Report

The results of the trial show that the impact on the radio environment caused by an operational turbine compared to a non-operational turbine is minimal. This is an encouraging result with regard to concerns over emissions from the turbine.

However, there are two limiting factors with regard to determination of impact with regard to emissions, these are:

- 1) There is no measurement of the background spectrum before the turbine has been physically constructed; and
- 2) There is no measurement of the background spectrum when the turbine is completely de-energised i.e. with all ancillary systems switched off and no voltage across the open contactor.

With regard to limitation 1, this is not considered to have a significant bearing on the validity of the result because the physical structure in itself does not emit electromagnetic fields. With regard to limitation 2, this may require further consideration because the presence of powered components in the reference measurement may affect the background environment. This is not of concern with regard to a 'normal' EMC test but is of concern with regard to potential

interference to the LOFAR antennae due to their extreme sensitivity. It may therefore be beneficial to consider further trials where the reference measurements is performed for a completely de-energised turbine.

7.11 Recommendations – Turbine Emissions – Turbine Manufacturer #2

Discussion of the EMC results and potential future trials with ASTRON will be the next step.

7.12 Emissions from Cables and Grid Connection

Pager Power has not modelled the electric and magnetic fields associated with the underground cables and the grid connection point. It is understood that the grid connection will be to the east of the proposed development. It is considered highly likely that fields associated with the underground cables will be significantly less than the emissions associated with the turbines themselves.

8 TECHNICAL MITIGATION MEASURES

8.1 Overview – Mitigation Measures

The purpose of this section is to introduce a number of concepts for mitigating the potential issues identified within this report. This section has been prepared on the basis that an impact with regard to turbine emissions is anticipated. The results of the EMC report for the Turbine Manufacturer #2 turbine suggest that this may not be the case. If it can be shown that a particular type of turbine will not produce measurable emissions, mitigation will not be required.

Any solution would require discussion with ASTRON prior to being progressed in order to establish;

1. ASTRON's amenability to the solution; and
2. The technical feasibility of such a solution.

The options below should be regarded as starting points for further discussion with ASTRON.

8.2 Mitigation Option 1 – Filtering Unwanted Noise

ASTRON already have processes in place for filtering out unwanted noise present in the area. This technique could potentially be applied to the specific emissions from the turbines.

8.3 Mitigation Option 2 – Exclusion Zones

Any environment has a level of background noise across the frequency spectrum due to numerous existing sources. Miniscule increases in noise will not be material if the resulting change is sufficiently small in comparison to the background. It has been shown within this report that effects due to obstruction of the horizon, reflection of existing noise and emissions from the turbines all reduce as the distance between the antennae and the turbines is increased.

It may be possible to define an acceptably small deviation from the background based on receiver sensitivity and measured or predicted background levels. The calculation methods employed within this report could then be used to construct exclusion zones that can be established around existing antennae that would ensure interference does not impair performance of the array.

This would be likely to have some bearing on the layout and the number of turbines.

8.4 Mitigation Option 3 – Modified Turbine Design

The EMC test report for the Turbine Manufacturer #1 turbine identified the converter as the essential noise source of the turbine, with the majority of the radiation originating from the nacelle. It may be possible to modify the turbine design to increase the shielding around the converter which would drastically reduce the emissions.

This would involve engagement with Turbine Manufacturer #1 or an alternative turbine manufacturer. It may be possible to physically move the converter to be lower down inside the turbine or perhaps underground. This could potentially increase the shielding effect drastically.

8.5 Mitigation Option 4 – Provision of Additional Antennae

If local effects cause impairment of the nearby LOFAR antennae, it may be possible to compensate for this by providing additional antennae further from the wind development. Pager Power is not placed to analyse the benefit of such a solution comprehensively, and further discussion with ASTRON would be required to understand whether this approach is viable.

8.6 Mitigation Option 5 – Improve Processing Algorithms

The processes for interpreting collected data and filtering out unwanted interference could potentially be developed to distinguish between the wanted and unwanted signals more accurately.

Such a solution would most likely have associated costs relating to development and/or hardware.

8.7 Mitigation Option 6 – Construct RF Shield around Antennae

The maximum elevation angle from an antenna to a turbine tip is 14°. If measurements at elevation angles this low are not required, it may be feasible to construct physical shields around the nearest antennae to the development in order to block signals from the wind development¹³.

8.8 Other Considerations – Mitigation

It may be necessary to establish additional mitigation measures with regard to radio interference. Specifically, policies regarding Wi-Fi and mobile phone use on-site should be considered. This may also extend to the use of mobile radios during construction.

8.9 Initial Findings – Mitigation Options

Meaningful conclusions and recommendations cannot be drawn prior to further discussion with ASTRON.

¹³ The shield would not have to be very high if it was near the LOFAR antennae

9 INITIAL FINDINGS

Technical Impacts

- The Drentse Monden wind turbines as obstructions will reduce the minimum horizon of the LOFAR antennae. The elevation angle to the turbine tip ranges from approximately 1° to 5° for most turbines, with a maximum value of approximately 14°. Currently the horizon is close to 0° in the direction of the turbines.
- A sample calculation has been undertaken to establish the loss in field strength due to the turbine tower as an obstruction for a radio source at 120 MHz. This has indicated an average value of 3.5dB. This will result in a slight weakening of signals from directly beyond the turbines.
- Sample reflection calculations to quantify the potential increase in existing noise sources have indicated Carrier to Interference Ratio (CIR) of 22.6 dB. In this context, the carrier signal is the existing noise source and the interference signal is the reflection of this noise from the turbines. The increase in existing noise sources will be of the order of 0.55%.
- Analysis of the Turbine Manufacturer #1 EMC report suggests the emissions from the turbines will affect the RF environment in the area. Calculations of extrapolated field values have been performed based on the results of an EMC report for a Turbine Manufacturer #1 turbine. The calculations show values of up to 25.2 dB μ V/m for the antenna nearest the turbines. Background noise levels shown in the EMC test report show values from 10 to 40 dB μ V/m for most of the spectrum from 30 MHz to 1 GHz with spikes of up to 75 dB μ V/m at specific frequencies.
- Analysis of the Turbine Manufacturer #2 EMC report suggests the turbines may not produce a noticeable change in the radio environment. The trials that have been carried out do not contain a reference measurement in which all turbine components are de-energised. Further trials may be required.
- There are a number of potential mitigation options which could be applied if a potential impact with regard to turbine emissions is identified. These should be discussed further with ASTRON. These are:
 - Filtering unwanted noise in the same way that current noise is dealt with;
 - Defining exclusion zones based on quantified parameters;
 - Modified turbine design – increased shielding of the converter to reduce electrical emissions;
 - Provision of additional LOFAR antennae;
 - Improvement of LOFAR processing algorithms;
 - Construction of RF shielding around the antennae nearest the wind farm to block emissions from the turbines at low elevation angles.

9.1 Pager Power's Initial Findings

The impact of the turbines on the horizon may not be significant, as the minimum horizon required by ASTRON for astronomy purposes is not known. This is to be discussed, and will have a bearing on the relevance of any shielding losses caused by the turbines as physical obstructions. It is understood based on correspondence between Pager Power and ASTRON that the minimum elevation angle required for astronomy may be 22. Clarification should be sought on this matter.

Pager Power considers it unlikely that reflection of existing noise sources will be of material concern.

The field strength of the turbine emissions, based on the EMC report for the Turbine Manufacturer #1 turbine, is likely to make them detectable to LOFAR. This issue may cause unacceptable interference and require technical mitigation.

10 WIND FARM LAYOUT 2015

10.1 Background

The Drentse Monden wind farm layout has been revised since the original assessment of its impact on LOFAR.

The new layout of the wind farm is recorded in this section of the report together with an assessment of the likely impact of this revised new layout.

10.2 2015 Wind Farm Layout

Wind turbine coordinates are shown in the table below:

Turbine number	Easting (RD / AME-7)	Northing (RD / AME-7)	Easting (UTM Zone 32N)	Northing (UTM Zone 32N)
DEE-1.1	259588.0	546184.0	361508,12	5862313,09
DEE-1.2	259995.7	546638.3	361938,02	5862746,28
DEE-1.3	260400.0	547088.7	362364,33	5863175,75
DEE-1.4	260858.0	547599.0	362847,26	5863662,33
DEE-1.5	261258.9	548045.6	363269,98	5864088,17
DEE-1.6	261659.7	548492.3	363692,61	5864514,12
DEE-1.7	262078.9	548959.3	364134,62	5864959,41
DEE-1.8	262473.3	549398.7	364550,49	5865378,38
DEE-1.9	262867.7	549838.1	364966,36	5865797,35
DEE-2.1	258442.3	550649.0	360588,08	5866829,12
DEE-2.2	258943.8	550999.1	361106,43	5867153,54
DEE-2.3	259445.3	551349.3	361624,77	5867478,07
DEE-2.4	259946.9	551699.5	362143,22	5867802,59
DEE-2.5	260429.2	552036.2	362641,71	5868114,6
DEE-2.6	260911.5	552373.0	363140,21	5868426,7
DEE-2.7	261393.8	552709.7	363638,71	5868738,71
RH-1.1	257851.7	551432.1	360037,63	5867640,72
RH-1.2	258397.8	551808.5	360601,83	5867989,17
RH-1.3	258901.0	552155.4	361121,72	5868310,32
RH-1.4	259388.4	552491.2	361625,26	5868621,17
RH-1.5	259904.8	552847.6	362158,8	5868951,13
RH-1.6	260382.7	553176.7	362652,52	5869255,77

Turbine number	Easting (RD / AME-7)	Northing (RD / AME-7)	Easting (UTM Zone 32N)	Northing (UTM Zone 32N)
RH-1.7	260860.4	553505.8	363146,04	5869560,41
RH-2.1	256749.7	554180.9	359075,19	5870440,87
RH-2.2	257341.8	554589.2	359686,93	5870818,86
RH-2.3	257812.8	554914.0	360173,56	5871119,54
RH-2.4	258283.7	555238.8	360660,08	5871420,23
RH-2.5	258754.7	555563.5	361146,7	5871720,82
RH-3.1	254446.0	555711.0	356851,63	5872084,43
RH-3.2	255559.1	556117.6	357983,54	5872434,56
RH-3.3	256168.5	556340.2	358603,24	5872626,24
RH-3.4	256754.3	556554.2	359198,94	5872810,51
RH-3.5	257347.1	556770.7	359801,75	5872996,93
RH-3.6	257942.0	556988.0	360406,7	5873184,05
OM1.1	253224.7	557622.5	355728,06	5874054,52
OM1.2	253802.2	557824.5	356314,88	5874227,23
OM1.3	254379.7	558026.5	356901,7	5874399,93
OM1.4	254957.3	558228.6	357488,61	5874572,74
OM1.5	255575.3	558444.8	358116,58	5874757,59
OM1.6	256319.7	558705.2	358872,98	5874980,23
OM1.7	256914.0	558913.2	359476,87	5875158,08
OM-2.1	255786.8	559788.5	358395,26	5876088,72
OM-2.2	255399.8	560153.0	358027,13	5876472,13
OM-2.3	255026.6	560504.5	357672,13	5876841,87
OM-2.4	254653.4	560856.1	357317,13	5877211,71
OM-2.5	254280.2	561207.6	356962,12	5877581,45
OM-2.6	253906.9	561559.2	356607,02	5877951,3
OM-2.7	253530.0	561914.2	356248,5	5878324,72
OM2.8	253168.5	562254.7	355904,63	5878682,9
OM-2.9	252825.5	562577.8	355578,36	5879022,77

Table 10 2015 Wind Farm Layout – Drentse Monden

The updated wind farm layout is depicted on the diagram on the following page.

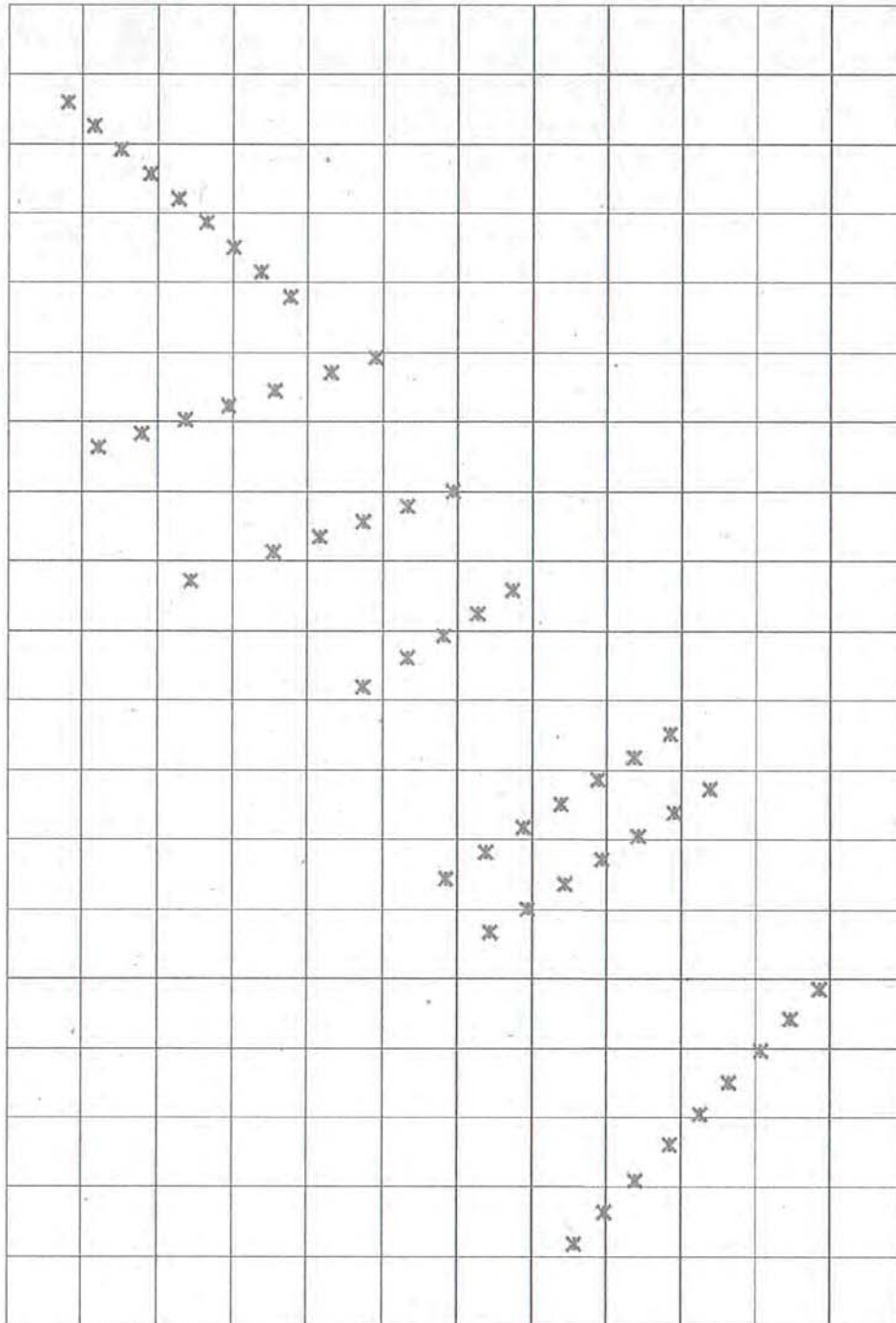


Figure 7 2015 Wind Turbine Layout

10.3 Impact Assessment

The overall impact of the 2015 wind farm layout will be less than the impact of the previous layout. This is because there are fewer wind turbines and because the turbines are further away from the LOFAR array of antennae.

Each of the main potential interference mechanisms has been considered.

10.3.1 Emissions

Any impact from emissions will be reduced because:

- The distance between the wind turbines and the antennae has increased. This means that emitted signals will be weaker at LOFAR antennae as signal strength weakens with distance from the signal source.
- There are fewer turbines. This means there will be fewer sources of electrical noise adding to the overall background noise level.

10.3.2 Obstruction

Any impact from obstruction¹⁴ losses will be reduced because:

- The volume of obstructed space will be reduced because turbines are further from the antennae meaning that the vertical angle subtended will reduce.
- The volume of obstructed airspace will be reduced because there are fewer wind turbines

10.3.3 Reflections

Any impact from reflections will be reduced because:

- The magnitude of reflections from individual wind turbines will reduce because the turbines are further from the LOFAR antennae.
- There are fewer turbines meaning that the cumulative level of reflected signals will reduce.

10.3.4 Overall Impact

Any impact of the 2015 wind turbine layout will be smaller than any impact of the previously assessed layout.

10.3.5 Mitigation

The mitigation options identified in Section 8 of this report remain valid for the revised 2015 wind farm layout.

¹⁴ Shadowing or diffraction losses

APPENDIX A CARRIER TO INTERFERENCE CALCULATIONS

Carrier Interference Ratio Calculation 3D [CarrierInterference3D01]			
Calculation Number		6439A-CI01	
Pondera Consult			
LOFAR Radio Analysis			
Radar Cross Section		1000	
Turbine	66		
Easting	Northing		
360715	5867581		
Hub Height aod	141		
Antenna 1		Radio System	
Hoogemilde Transmitter		Frequency (Hz)	
Easting	Northing	Wavelength (m)	
325375	5864600	100000000 2.997	
Height aod	214.5		
Antenna 2		CS002-CLBA	
Easting	Northing		
356772	5864952		
Height aod	5.7		
		Distance	
Antenna 1 - 2		31399.7	
Antenna 1 - WT		35465.6	
Antenna 2 - WT		4741.0	
Net Antenna Interference Rejection (dB)		0	
Amount by which forward gain exceeds interference path gain. Enter 0 for Isotropic			
RCS Factor		31.5	
Main Signal (Path Loss, dB)		-102.4	
Reflected Signal 1 (Path Loss, dB)		-103.4	
Diffraction Loss to Carrier (dB)		-10	
Diffraction Loss to Interference (dB)		0	
Reflected Signal 2 (Path Loss, dB)		-86.0	
CIR (dB)		45.6	
 PAGERPOWER aviation studies		Tool last updated 03/10/06 Copyright © 2012 Pager Power Limited	



Carrier Interference Ratio Calculation 3D [CarrierInterference3D01]			
Calculation Number		6439A-CI02	
Pondera Consult			
LOFAR Radio Analysis			
Radar Cross Section		1000	
Turbine		61	
Easting	Northing		
358555	5866210		
Hub Height aod		140	
Radio System			
Frequency (Hz)		Wavelength (m)	
100000000		2.997	
Antenna 1		Antenna 2	
Hoogemilde Transmitter		CS002-CLBA	
Easting	Northing	Easting	Northing
325375	5864600	356772	5864952
Height aod		Height aod	
		5.7	
		Distance	
Antenna 1 - 2		31399.7	
Antenna 1 - WT		33219.1	
Antenna 2 - WT		2186.3	
Net Antenna Interference Rejection (dB)		0	
Amount by which forward gain exceeds interference path gain. Enter 0 for Isotropic			
RCS Factor		31.5	
Main Signal (Path Loss, dB)		-102.4	
Reflected Signal 1 (Path Loss, dB)		-102.9	
Diffraction Loss to Carrier (dB)		-10	
Diffraction Loss to Interference (dB)		0	
Reflected Signal 2 (Path Loss, dB)		-79.2	
CIR (dB)		38.3	
		Tool last updated 03/10/06	
PAGERPOWER aviation studies		Copyright © 2012 Pager Power Limited	

Carrier Interference Ratio Calculation 3D [CarrierInterference3D01]

Calculation Number	6439A-CI01
--------------------	------------

Pondera Consult

LOFAR Radio Analysis

Radar Cross Section	1000
---------------------	------

Turbine	48
Easting	Northing
360534	5873239
Hub Height aod	137

Radio System	
Frequency (Hz)	Wavelength (m)
100000000	2.997

Antenna 1	
Hoogemilde Transmitter	
Easting	Northing
325375	5864600
Height aod	214.5

Antenna 2	
CS002-CLBA	
Easting	Northing
356772	5864952
Height aod	5.7

	Distance
Antenna 1 - 2	31399.7
Antenna 1 - WT	36204.9
Antenna 2 - WT	9101.9

Net Antenna Interference Rejection (dB)	0
---	---

Amount by which forward gain exceeds interference path gain. Enter 0 for Isotropic

RCS Factor	31.5
Main Signal (Path Loss, dB)	-102.4
Reflected Signal 1 (Path Loss, dB)	-103.6
Diffraction Loss to Carrier (dB)	-10
Diffraction Loss to Interference (dB)	0
Reflected Signal 2 (Path Loss, dB)	-91.6
CIR (dB)	51.4


PAGERPOWER
 aviation studies

Tool last updated 03/10/06

Copyright © 2012 Pager Power Limited

APPENDIX B SHIELDING CALCULATION SHEET

Diffraction Loss Calculation					
Drentse Monden Wind Farm					
Frequency (GHz)	0.12				
Wavelength (m)	2.49827				
			1	2	3
Distance from Antenna 1 to blocking point (m)		100000	100000	100000	
Distance from Antenna 2 to blocking point (m)		2182	2182	2182	
Height of blocking point (m)		135	3	3	
	v	2.613899	0.058087	0.058087	
	J dB	21.2524	6.536052	6.536052	
	jv (Loss Factor)	11.55101	2.12228	2.12228	
Shielding Loss	Jmin(v)	-0.24793			
	Jav(v)	3.453061			

APPENDIX C FORMULAE

Equation A1.1 – Standard Deviation of signal strength variability in flat urban areas

Standard Deviation over a large area

$$\sigma_L = 5.25 + 0.42 \log(f/100) + 1.01 \log^2(f/100) \text{ dB}$$

f – Frequency (MHz)

σ_L – Standard Deviation (dB)

Valid from 100MHz to 3000MHz

Source ITU-R P1406

Equation A1.2 – Free Space Path Loss

Basic transmission loss between isotropic antennae

$$L = 32.45 + 20 \log f + 20 \log d \text{ dB}$$

f - Frequency (MHz)

d – distance (km)

L – Path Loss (dB)

Source ITU Handbook

Equations A1.3 – Radio C/I Ratio due to Wind Turbine Reflection

Carrier to Interference Ratio

$$C = P_t + G_t + G_r - 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) \text{ dB}$$

A1.6.1

$$I = P_t + G_t - 20 \log \left(\frac{4\pi d_1}{\lambda} \right) - 20 \log \left(\frac{4\pi d_2}{\lambda} \right) + G_r - \Delta G + 10 \log \left(\frac{4\pi \sigma}{\lambda^2} \right) \text{ dB}$$

A1.6.2

$$C/I \text{ Ratio} = C - I \text{ dB}$$

A1.6.3

$$C/I \text{ Ratio} = -20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) + 20 \log \left(\frac{4\pi d_1}{\lambda} \right) + 20 \log \left(\frac{4\pi d_2}{\lambda} \right) - 10 \log \left(\frac{4\pi \sigma}{\lambda^2} \right) \text{ dB}$$

For isotropic antennae A1.6.4

C – Direct path signal strength at receiver (dB)

I – Strength of interference signal at receiver (dB)

P_t – Transmitter Power (dBm)

G_t – Transmitter Antenna Gain (dB)

G_r – Receiver Antenna Gain (dB)

d – Distance between transmitter and receiver (m)
d1 – Distance between transmitter and wind turbine (m)
d2 – Distance between receiver and wind turbine (m)
 σ – Radar cross section (m^2)
 λ – Wavelength (m)
 ΔG – Receiver discrimination (dB) 0 for Isotropic antennae

Source Equations A1.6.1 and A1.6.2 The establishment of guidelines for the installation of wind turbines near radio systems, HS Dabis and RJ Chignell

Source Equations A1.6.3 and A1.6.4 derived by author from A1.6.1 and A1.6.2

APPENDIX D BIBLIOGRAPHY

1. Manning, Trevor, **Microwave radio transmission design guide**, Artech House inc, 1999
2. BBC, **The impact of large buildings and structures (including wind farms) on terrestrial televisions reception**
3. International Telecommunications Union, **Attenuation in vegetation**, Recommendation ITU-R P833-4, 2003
4. International Telecommunications Union, **Assessment of impairment caused to television reception by a wind turbine**, Recommendation ITU-R BT805*, 1992
5. Bacon, DF, **A proposed method for establishing an exclusion zone around a terrestrial fixed radio link outside of which a wind turbine will cause negligible degradation of the radio link performance**, Radio Communications Agency, 2002
6. International Telecommunications Union, **Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line-of-sight systems**, Recommendation ITU-R P530-10, 2001
7. International Telecommunications Union, **Propagation by diffraction**, Recommendation ITU-R P526-13, 2013
8. International Telecommunications Union, **Protection of the radio astronomy service from spurious emissions**, Recommendation ITU-R RA611-4, 2006

Productie



Response to “LOFAR technical impact assessment” report, dated “April 2015”, and authored by

(Astron)

December 7, 2015

1 Purpose

This report details Astron’s main objections to Pager Power’s (hereafter PP) assessment of the impact of the “Drentse Monden” wind park on LOFAR observations.

2 General points

- Although this report was independently written, and therefore might stress somewhat different aspects, the most fundamental points of criticism are the same as those listed in the report “Comments on Preliminary LOFAR Technical Impact Assessment”, sent by Astron to EZ, Pondera, and PagerPower on 2012-10-22.
- The PP report in our possession, dated “April 2015” was finalized 2015-11-24, according to (PP) during our meeting on the 26th of November 2015. We do not understand why it has been back-dated to April 2015. This surely violates at least *some* integrity rules.
- The LOFAR core is an extremely sensitive array, expressly built to detect extremely faint sources of radio emission that have never before been seen. Due to an (understandably) utter lack of understanding how radio telescopes work, the “April 2015” PP report is absolutely insufficient to determine the impact of a nearby wind farm on LOFAR data. The impact may be small and acceptable, it may be big large and unacceptable. The PP does not help that assessment in any way.
- The approach followed in the PP report *is* reasonable for cases where a) the wavelength is small compared to the narrowest dimension of the obstructions; b) the signals are much stronger than the background noise and other unwanted signals. *Neither condition applies to wind turbine effects on LOFAR data.* Those conditions *do* apply to e.g. airport radar, or FM-radio and TV scattering by large buildings or hills. Given their normal line of work, it is not strange that PP took this approach.

- More precisely: PP has looked at the impact from the point of view where signals are generally much stronger than the noise. In LOFAR's case, we operate in an entirely different domain, where the received signal power from the strongest radio sources in the sky is of order 1% of the thermal noise power, and the sources we are interested in are a factor 10^9 fainter. To properly assess the impact on LOFAR, one has to consider the difference between incoherent noise (averages down after long integration times) and coherent (noise-like) interference, which, although it may have a total power at the station much below the instantaneous noise power, will become detectable after sufficiently long exposure times. The PP report does not consider this at all.
- Because of the high signal-to-noise (SNR) viewpoint, the report investigates aspects that have little relevance, while ignoring effects that are of vital importance.

3 PP: Executive summary

Regarding the expected mechanisms listed in the executive summary, we can remark the following:

- Last paragraph page 5: RF emission field values of 25 dB $\mu\text{V}/\text{m}$ correspond to 10^{-20} W/m²/Hz if spread out over 100 MHz band width. This corresponds to 100× the brightest sources in the sky (Cassiopeia A and Cygnus A). Our Eemshaven observations have shown that the level of RF emissions from wind turbines is likely more than a factor 1000 lower than stated in the PP report. Being at least a factor 1000 wrong makes one question the methodology used to estimate the expected effect. We are still worried, because any interference from the turbines needs to be *at least* a factor 200 less than the detection threshold of the observations we have currently conducted in order not to be problematic.
- The PP report expressly states several times, for example on page 6, that "Pager Power considers it unlikely that reflection of existing noise sources will be of material concern". This has been proven wrong in our Eemshaven experiments, in which it was shown that this is in fact the dominant effect!

4 PP: LOFAR interference issues

On page 18 of the PP report, they consider the most important mechanisms through which wind turbines can affect radio propagation:

- Obstruction of signals by turbines as physical structures.
- Reflections of existing sources of noise.
- RF emissions from turbines themselves.

Astron finds that:

- The probability of an interesting source being obstructed is extremely low.

- If obstructed, the mean attenuation is not of any concern; it is the modulation of that signal by the rotor blades that we worry about. The absolute attenuation is therefore absolutely uninteresting. Instead, we need to know the fraction of the signal that is modulated by the rotor blades. It is this fraction that may interfere with pulsar research.
- PP talks about reflection of existing sources of noise, as if all noise is equal, but it is not. Reflections of (noisy) sources of interference will seem to emanate from the turbines and the rotor blades, which makes them spatially coherent to our array, and therefore behave very similar to the signals we detect from the sky: their contribution will *not* average down as a function of time, and will at some level begin to form a “floor” of interference in our maps that we cannot penetrate, obscuring the signals we are most interested in.
- We too think that RF emissions from the turbines can be problematic. In the same way, in fact, in which reflections from currently invisible sources of interference are problematic: because of the fixed wind turbine locations there is spatial coherence in the signals that will not be reduced by observing longer.

Astron’s worries align only partially with that the PP list. We think that the most important effects are (in decreasing order of importance):

- Scattering of RF emissions from elsewhere (close to or far from the turbines) into the LOFAR beam’s side lobes. Both the mean amount and the variable, modulated amount are of interest.
- RF emissions from the turbines themselves.
- Modulation of sky signals through time-variable multi-path propagation.
- Modulation of sky signals through time-variable obstruction.

The following sections list more detailed comments.

5 PP: Line of sight

- PP worries about signal attenuation for celestial sources close to horizon. We do not intend to do sensitive observations below 5 deg, so we are not particularly worried about this aspect.
- We would be worried about bouts of time-variable attenuation when a very bright source is right behind a set of rotor blades. Such variability may negatively impact pulsar observations. Due to the Earth’s rotation, such events would last approximately $40/D$ minutes per event for the brightest celestial source, where D is the distance to the particular shadowing turbine in km. These events would be 100% predictable, enabling us to deal with them when scheduling observations.
- Attenuation calculations were performed according to ITU-R P526, however, the formulas used by PP from this report are only valid if the radio

wavelength is much less than the size of the structure (Sect. 4 in ITU-R P526). They would be valid for, e.g., large office buildings. However, wind turbines are very narrow structures. The widths of the conducting parts of the rotor blades and the tower are similar to or smaller than typical LOFAR observing wavelengths. These calculations are therefore not applicable, unless separate detailed diffraction calculations show them to be valid under these conditions. Diffraction “cares” about the narrowest dimension of a structure, not the tallest.

- “Blocking of existing noise sources”. Interference west of the turbines is currently typically not seen because it is shielded by the Earth. Diffraction and scattering would bring them into view. We consider it *highly* unlikely that wind turbines would *reduce* the amount of interference.

6 PP: Reflection of existing noise sources

- Again, PP considers “interference” and “noise” the same thing, which it might be if one is interested in high signal-to-noise ratio radio/TV links, but which is *absolutely wrong* if one observes signals at a fraction of the noise power using a cross-correlating interferometer array such as LOFAR.
- We have done measurements that confirm the order-of-magnitude of the CIR as calculated in the PP report for the case of a transmitter that is much further from the LOFAR station than the wind turbine is from the LOFAR station.
- PP uses radar cross sections determined at L-band for estimates at frequencies a factor 10–50 lower. This is a very risky approach that would need separate validation to see if it makes any sense.
- “especially as the static reflective component is often of less interest”. No it is not. Different science cases are bothered by different aspects. Pulsars: modulated reflections from the rotor blades. Epoch of Reionization / extremely “deep” imaging: static component.
- “Reflection of wanted signals”: “the difference in path length for the direct and indirect signals is negligible.” Again, a grave misunderstanding of how radio telescopes work. It is the absolute difference, measured in wavelengths, that is important. The relative difference (fraction of the distance between cosmological source and radio telescope) is irrelevant. It is the absolute path length difference that can cause frequency-dependent multi-path fading, which *could* be problematic, although I do not know the magnitude of that effect at this moment. I am at this moment not yet worried about reflections from astrophysical sources.
- In 6.7: again, confusion between interference signals (potentially signals from over the horizon that are currently out of view) and noise. If even 0.55% of a currently invisible source of RFI is reflected into our beam, that constitutes immediate loss of the part of the dynamic spectrum occupied by that source.

7 PP: Radio emissions from turbines

- We agree that existing limits and norms are likely insufficient due to LOFAR's extreme sensitivity.
- It is not clear from the EMC reports if actual interference from the wind turbines was measured or if only background radiation was detected. This is compounded by the fact that at least manufacturer 2 had not done any background spectrum measurements before the turbine was installed.
- We share PP's interest in doing EMC measurements of wind turbines that are both energized and de-energized, rotating, and non-rotating. We currently simply do not yet have the data to establish if RFI from wind turbines themselves will pose a problem for the LOFAR core or not

8 PP: Potential mitigation

- 8.2: Filtering unwanted noise:** This only works if the interference is very different from celestial radiation, which it does not seem to be. This is therefore likely much more difficult than the PP makes this appear, and may even be unfeasible.
- 8.3: Exclusion zones** "Miniscule increases in noise": here, again, PP ignores the fact that reflected or generated interference is spatially coherent. Eemshaven experiments have shown that, if local interference close to a turbine exists, 6 km distance is not far enough from an antenna station. In fact, what matters equally much, is the distance between interference source and wind turbine. If a direct line-of-sight to the turbines would be maintained, the Eemshaven experiments suggest that wind turbines should be placed at least 60 km away. Fortunately, long before that, damping by terrain obstruction begins to kick in, leading us to prefer a minimum distance of 15 km between a wind park and the LOFAR core. Additionally, in terms of exclusion zones, it seems necessary to extend LOFAR zone II to any area within 2–5 km of a wind turbine closer than 15 km to the core.
- 8.4: Modified turbine design** We agree that installing the converter as low as possible, and inside a well shielded room is very important to reduce self-generated interference. We nevertheless want to mention that many other pieces of equipment might generate RF interference. It would therefore be preferable if agreements can be made to retrofit the wind turbines if measured interference levels turn out to be destructive to our science.
- 8.5: Provision of additional antennae** A great idea! However, given the science we do, we would need another full (24+ station) core area of 2×3 km somewhere where there are no houses or other physical structures at the site, and at least 15 km away from current or future wind developments.
- 8.6: Improve processing algorithms** Such solutions would also need time (likely years) and brain power to be developed. This would involve new scientific signal processing research. It is not simply a matter of adding a

couple servers or some nice buttons to a web site. In addition, any such solution may not use too many degrees of freedom from our calibration algorithms, for otherwise we lose the information needed to image the sky.

8.7: RF Construct RF shield around antennae *All core stations* need to be shielded. Here, it is important to realize that any shielding should be at least a few hundred meter away from any station. This would either lead to a very large wall at the N through E edge of the core, or to a complicated set of ridges inside the core, effectively destroying the nature reserve's landscape.

8.8: Other considerations PP is worried about WiFi and mobile phones (or even mobile radios). Save for 27 MHz and 6 m radios (likely not used during construction due to their bulky antennas), all of these operate at vastly different frequency bands, and pose no risk to LOFAR observations at all.

Productie 

Verslag 10 okt overleg analyse meetvarianten, AT.

Aanwezig:
(verslag).

Publicatie rapport

Het rapport met de meetmethode is gedeeld met de fabrikanten. Belangstellenden kunnen het rapport krijgen. deelt de meetmethode binnen de ECC en de Italianen.

Software

Er moet ook software gemaakt worden voor het aansturen van de meetmethode (Python modules) los van wat gemaakt is voor meetmethode.

Stand van zaken antennes

Input van over de antennepatronen is voldoende voor . Voor 30 MHz zijn 88 antennes nodig voor 1000 sec integratietijd en 33 antennes voor 2 uur integratietijd (thermische gevoeligheid), zijlussen van andere bronnen zijn daarin nog niet meegenomen. Uitrekenen op basis van patronen gaat mee aan de slag. Dit is met 5 graden elevatie. Met de gain op 2,5 graden elevatie worden het meer antennes. Is 5 graden elevatie voldoende? Mis je dan niet EM-straling van grondapparatuur onderin de molen? Storing op grondniveau die niet naar boven komt, is geen probleem voor LOFAR.

Voorversterker

de antenne gaan we kopen. Hoe zit het met de voorversterker? Ruisgetallen van ontvanger en versterker moet je bij elkaar optellen, afhankelijk van wat je nog wilt kunnen zien, moet je een ontvanger kiezen geeft aan. Dit uitzoeken kost tijd. Vraag/opdracht is als wij het zouden doen, welke keuzes maken we dan? : dan zouden we ene Ettus USP ontvanger nemen, gevoeligheid moet wel gecheckt worden van tevoren. gaat kijken waar een geschikte LNA aan moet voldoen. NB: het gaat om de ruistemperatuur.

Voorwaarden windrichting en windkracht tijdens meting

: welke voorwaarden verbinden we bij de meting aan de windrichting? het beste is te kijken waar statistisch het vaakst de wind vandaan komt, voor LOFAR is dat waarschijnlijk Zuidwestenwind. : er zijn 2 metingen nodig: een meting met molenwiek oriëntatie hoofdrichting op antenneveld, met een afwijking van max 20 graden en eentje met de rotor loodrecht op 90 graden. Tijdens de meting is vol vermogen noodzakelijk, tussen de windkracht 4 en 6.

Indeling rapport

We beschrijven kosten, doorlooptijd en eventuele risico's. Gaat om hard- en software meetinstrument en uitvoering van de meting. Installatietijd van het antenneveld moet er ook bij in.

We spreken af dat alle input tot nog toe in een raamwerk zetten en dat donderdag rondsturen zodat iedereen verder kan schrijven, op 24 oktober is schrijfdag om het stuk definitief te maken.

Actielijst na 10 sept

- ; vraagt aan communicatie hoe het rapport praktisch op de site kan komen.
- Aanleveren outline uiterlijk donderdag om verder te invullen
- rekent aan het aantal antennes op basis van antennepatronen van

- maakt analyse van ontvanger specificaties voor minimale pre-amp en schrijft op wat ontwikkeling zou kosten en de doorlooptijd. Concept legt voor aan en r .
- schrijft het hoofdstuk over de variant waarbij de te testen turbines alvast geplaatst worden op de locatie van het windpark.
- Beschrijven en becijferen procesrollen bij meten / operationele stuk / validatie

Productie **22**

Van: Windpark De Drentse Monden en Oostermoer

Aan:

Agentschap Telecom

Ventolines

Ventolines

DNV-GL

Dare!!

Betreft: voortgangs- en afstemmingsoverleg aanbesteding windturbines – onderdeel EMC aanpassing
vrijdag 16 maart 2018, aanvang 14.30 uur, Agentschap Telecom, Piet Mondriaanlaan 54 te Amersfoort.
(melden bij AT receptie)

De aanbesteding van windturbines voor ons windpark is in volle gang. Het windpark moet uiterlijk per december 2020 volledig operationeel zijn. Een essentieel en keuze bepalend onderdeel daarbij is het kunnen realiseren van de afgesproken reductie van elektromagnetische stoorstraling.

Welle aanpassingen zijn daarvoor noodzakelijk? Welke fabrikant is daarin het bekwaamst? Welk turbinetype biedt de beste mogelijkheden? Kan de turbinefabrikant met een gefundeerd plan zondermeer aannemelijk maken dat door het uitvoeren van dit plan een voldoende mate van EM reductie worden bereikt? Welke mogelijkheden hebben we om de prestaties van de turbinefabrikant te borgen?

Het overleg is bedoeld om de initiatiefnemers inzicht aan te kunnen reiken in de reductiemogelijkheden zodat zij goed voorbereid de gesprekken met turbinefabrikanten kunnen voeren. Dat moet uiteindelijk leiden tot een betoog waarin aannemelijk en toetsbaar wordt gemaakt dat reductie met minimaal 35 dB mogelijk is.

Namens Windpark De Drentse Monden en Oostermoer nodig ik u uit deel te nemen aan dit overleg.

De voorzitter van de coördinatiecommissie zal het inhoudelijke gesprek leiden.

Met vriendelijke groet,

Namens Windpark De Drentse Monden en Oostermoer

14 maart 2018

Productie **23**

Mediastrategie windmolenonderzoek en Lofar

Extern onderzoek invloed van windturbines en windparken op radiodiensten

In 2016 voert Agentschap Telecom een breder onderzoek uit naar de invloed van windturbines en windparken op radiodiensten. Dit vakgebied is in beweging en het agentschap wil haar kennis op dit vakgebied vergroten. Het breder onderzoek is gericht op heel Nederland. De eindresultaten van dit totale onderzoek worden eind dit jaar verwacht. De resultaten van het onderzoek ASTRON Lofar worden hierin meegenomen. Projectleider van dit onderzoek is (Spectrummanagement).

Mogelijk te verwachten persvragen (nog beantwoorden):

- Wat is de aanleiding van dit onderzoek?
- Zijn er bij Agentschap Telecom signalen binnengekomen die erop wijzen dat windturbines en windparken storingen veroorzaken op radiodiensten?
- Waarom besteedt Agentschap Telecom dit onderzoek uit?
- Worden de resultaten van dit onderzoek meegenomen in het Lofar onderzoek?

Tekst Tendersnet:

- In de week van 9 mei wordt onderstaande tekst op Tendersnet geplaatst.

Het bestaan (en toekomstige aanleg) van windmolenparken heeft mogelijk invloed op de performance van verschillende radiodiensten zoals; omroep, mobiel, straalverbindingen, radar en radiozendamateurs. Agentschap Telecom wil met een technisch extern onderzoek laten onderzoeken hoe groot deze invloed is. Ook metaonderzoek van bestaande Europese en Internationale onderzoeken maken onderdeel uit van de onderzoeksvraag.

Agentschap Telecom voorziet de volgende onderzoeksvragen:

1. Wat zijn de mogelijke beïnvloedingen van windturbines en windparken op de verschillende radiodiensten?
2. Welke oplossingsrichtingen zijn er denkbaar indien er substantiële beïnvloedingen van windmolens en windmolenparken op deze radiodiensten kan worden aangetoond?

Het onderzoek moet voor 1 november 2016 zijn afgerond.

Communicatiestrategie:

Aankondigingen op Tendersnet worden door media opgepikt. Op dit moment wordt Agentschap Telecom op dit onderwerp nauwlettend door de media in de gaten gehouden. Er is veel interesse (Dagblad van het Noorden, Omroep Flevoland) in verstoringen die mogelijk door windturbines en windmolenparken worden veroorzaakt. De tekst op Tendersnet zal leiden tot persvragen.

Gelijktijdig met het plaatsen van de tekst op Tendersnet publiceren we een nieuwsbericht op onze website. In dit nieuwsbericht beantwoorden we de mogelijk te verwachten persvragen (zie hierboven). Op deze manier pakken we de regie en blijven we zelf in control. In het nieuwsbericht

leggen we uit wat de aanleiding is van dit onderzoek en geven we antwoord op de waarom vraag. De waarom vraag kan beantwoord worden m.b.v. een citaat van Hoofd S-MT of de projectleider van het onderzoek.

Planning:

9-13 mei	Tekst op Tendersnet
9-13 mei	Nieuwsbericht op website Agentschap Telecom

Onderzoek Lofar:

Op maandag 2 mei stond op de voorpagina van het Dagblad van het Noorden *"Molens desastreus voor Lofar"*. Het dagblad schrijft vervolgens dat Agentschap Telecom heeft bevestigd dat de vijftig geplande windmolens in de Drentse Monden desastreus uitpakken voor de megatelescoop Lofar.

Het dagblad trekt deze conclusie na het lezen van het gespreksverslag "Bij ASTRON te Dwingeloo" (7 maart 2016). Dit gespreksverslag is geschreven door Agentschap Telecom en gereviewd door ASTRON. Het gespreksverslag is een interpretatie van het experiment dat door ASTRON is gedaan aan de windturbines bij de Eemshaven. Op pagina 2 staat: *Dit brengt de conclusie dat Drentse Monden een desastreuze invloed op Lofar gaat hebben*. Deze conclusie trekt ASTRON en staat in hun onderzoeksrapport.

De kop van het Dagblad van het Noorden wordt niet een op een overgenomen door andere media. Trouw geeft aan dat volgens het instituut de windmolens voor 'desastreuze' wetenschappelijke schade zal zorgen.

Media overzicht:

Dagblad van het Noorden	http://www.dvhn.nl/drenthe/Molens-desastreus-voor-Lofar-21320607.html
Newscientist	http://www.newscientist.nl/nieuws/waarom-windmolens-desastreus-kunnen-lofar-telescoop/
Agriholland	http://www.agriholland.nl/nieuws/artikel.html?id=180574
Groene Courant	http://groenecourant.nl/windenergie/agentschap-telecom-noemt-gevolgen-drentse-windmolens-telescoop-lofar-desastreus/
Nu.nl	http://www.nu.nl/politiek/4256088/megaclaim-dreigt-vanwege-plannen-windmolens-in-drenthe.html
Trouw	http://www.trouw.nl/tr/nl/6700/Wetenschap/article/detail/4293612/2016/05/03/Windplan-Drenthe-rampzalig-voor-ruimteonderzoek.dhtml
RTV Noord	http://www.rtvnoord.nl/nieuws/162532/Astron-Claim-is-nog-niet-aan-de-orde

Aanvullende persvragen / woordvoeringslijn:

Is de Drentse Monden desastreus voor Lofar?

De conclusie die het Dagblad van het Noorden trekt vinden wij voorbarig. Agentschap Telecom doet op dit moment in opdracht van de minister van Economische Zaken een onafhankelijk onderzoek naar de mogelijke verstoringen op Lofar. De resultaten worden rond de zomer verwacht. Op dit moment kunnen we niet vooruitlopen op de resultaten en conclusies van dit onderzoek.

Waarom wordt er in het gespreksverslag door een van uw medewerkers gesproken over desastreuze invloed op Lofar?

Begin maart hebben een medewerker van Agentschap Telecom en ASTRON met elkaar gesproken over het experiment dat door ASTRON is gedaan aan de windturbines bij de Eemshaven. Het gespreksverslag heeft betrekking op dit experiment. Een van de conclusies n.a.v. dit experiment is dat de Drentse Monden een desastreuze invloed op Lofar gaat hebben. Deze conclusie uit het eindrapport van ASTRON is in het gespreksverslag overgenomen.

Volgens Encyclopedie.nl betekent desastreus: 1. Funest, 2. Fataal, 3. Heilloos, 4. Noodlottig, 5. Rampspoedig, 6. Rampzalig, 7. Vernietigend.

In onze optiek betekent desastreus dat er geen manieren meer zijn waarmee je de impact op Lofar kunt verkleinen of wegnemen. In het gespreksverslag worden enkele mitigatie mogelijkheden genoemd die mogelijke verstoringen kunnen verminderen. Hiervoor is vervolgonderzoek nodig.

Of de conclusie van ASTRON n.a.v. het experiment in de Eemshaven ook op de Drentse Monden van toepassing is, dat wordt op dit moment door Agentschap Telecom onderzocht.

Is er nog wel sprake van een onafhankelijk onderzoek?

Ja, bij dit onderzoek zijn meerdere experts vanuit Agentschap Telecom betrokken. We zullen de problematiek vanuit een breder perspectief bekijken. (geen waardeoordeel)

Heeft het agentschap wel de benodigde technische kennis in huis om tot gedegen advies te kunnen komen?

Bij dit onderzoek zijn vanuit Agentschap Telecom meerdere experts betrokken. Het agentschap heeft kennis van de Lofar techniek en kan het phased array radio techniek goed doorgronden.

Waarom loopt er op dit moment een aanbesteding voor een breder windmolenonderzoek? Hoe verhouden beide onderzoeken zich tot elkaar?

Hoe gaat het Agentschap de mogelijke verstoringen op Lofar onderzoeken?

Agentschap Telecom onderzoekt welke verstoringen er kunnen optreden bij Lofar in de Drentse Monde. Het onderzoek bestaat uit enkele analyse van bestaande onderzoeken en metingen uitgevoerd voor Agentschap Telecom. De onderzoeksopzet, resultaten en conclusies worden met de media gedeeld zodra het onderzoek is afgerond. Dit zal medio zomer zijn.

Communicatiestrategie:

Zolang het onderzoek loopt houden we ons aan de vastgestelde woordvoeringslijn. Dit betekent dat we niet vooruit lopen op de onderzoeksresultaten en geen inhoudelijke mededelingen over het onderzoek doen.

De media verwacht veel van het onderzoek dat Agentschap Telecom uitvoert. Alle ogen zijn op het agentschap gericht. Zodra het onderzoeksrapport definitief is en naar de minister is gestuurd, organiseren we een media moment. De resultaten worden met de media gedeeld en we geven de media de mogelijkheid om aanvullende vragen over het onderzoek te stellen. Hiermee kunnen we onze expert rol en onze onafhankelijke positief verstevigen. Als agentschap houden we ons aan de feiten, we geven geen waardeoordeel. Het is uiteindelijk aan de minister om een beslissing te nemen over het windmolenpark in de Drentse Monden.

Extra: Onderzoekplan Lofar

Onderzoeksteam:

Naam:	Functie:	Telefoonnummer:

To do: Onderzoeksopzet Lofar:

- ☐ Vaststellen onderzoeksvraag en aanpak. Bij voorkeur is dit document geaccordeerd door Den Haag (opdrachtgever), hierbij communicatie laten meelesen;
- ☐ Planning maken en voortgang rapporteren;
- ☐ Metingen inplannen, uitvoeren en conclusies trekken;
- ☐ Resultaten verzamelen en conclusies trekken;
- ☐ Eerste versie onderzoeksrapport gereed, hierbij communicatie betrekken en laten meelesen;
- ☐ Opmerkingen verzamelen en verwerken;
- ☐ Tweede versie voor een review versturen naar opdrachtgever;
- ☐ Opmerkingen verzamelen en verwerken;
- ☐ Opstellen definitieve onderzoeksrapport;
- ☐ Minister informeren (houdt rekening met een termijn van zes weken)
- ☐ Definitieve rapport met de media delen en naar de kamer versturen. > **voor 8 juli i.v.m. zomer reces.**

Productie 



**Analyse meetinstrument en
meetscenario's gebaseerd op
de Meetmethode voor EM
stoorstraling van windturbines**

==> -35 dB variant

Colofon

Aan
Van
Nummer
Datum
Leden

Coördinatie commissie
Technisch overleg meetproject
V1.0

28 november 2017

- AT

- AT

- AT

- ASTRON

- Movares

Copyright

Agentschap Telecom ©2017

Inhoud

1	Ontwikkeling meetinstrument	4
1.1	Samenstelling meetapparatuur	4
1.2	Kosten en inspanningsuren berekening meetapparatuur	6
1.3	Totalen ontwikkeling meetinstrument	10
1.4	Opmerkingen	12
2	Vorbereiding en installatie op locatie	13
2.1	Eisen aan het terrein	13
2.2	Installatie Reuleaux driehoek	13
2.3	Opmerkingen	14
3	Uitvoering van de meting	15
4	Totale kosten implementatie	16
5	Variant met turbine op beoogd windpark	17

Inleiding/Update instapmodel implementatie -35 dB

Als vervolg op de ontwikkeling van de Meetmethode EM stoorstraling van windturbines heeft de *Coördinatiecommissie van het Convenant co-existentie windpark de Drentse monden & Oostermoer en LOFAR* aan de leden van het meetproject een beschrijving gevraagd van een mogelijke implementatie van de meetmethode. Dit document voorziet in die vraag door voor een realistische variant een analyse van de kosten, de doorlooptijd en de processen van zo'n mogelijke implementatie op een rij te zetten. Doel van deze rapportage is om inzicht te verschaffen in de genoemde elementen die relevant zijn bij de ontwikkeling van een meetinstrument.

Een andere versie van dit rapport geeft een analyse voor het meten van 50 dB onder de Norm uit het Convenant. De onderhavige versie beschrijft de situatie voor het meten van 35 dB onder de Norm uit het Convenant.

Uitgangspunten voor implementatie

- Het meetinstrument moet tot -35 dB t.o.v. de Norm uit het convenant kunnen meten.
- Het meetinstrument moet ingezet kunnen worden om een windturbine te kunnen testen op het voldoen aan de reductie-eisen vóór de ingebruikname.
- Het meetinstrument is geschikt voor monitoring na ingebruikname.
- Het meetinstrument is onder het toezicht van Agentschap Telecom inzetbaar voor validering van de windturbine.

Afkadering varianten

Er zijn twee varianten te onderscheiden en er is één meetinstrument. De basis voor het meetinstrument is voor beide varianten namelijk hetzelfde: een container met meetapparatuur en een antenneveld. Het verschil zit in de logistiek bij opbouw en uitvoering. De twee varianten zijn:

1. Meten met een antenneveld bij een testlocatie van een turbinefabrikant. Dit kan een permanent veld of een mobiel veld zijn.
2. Meten met een antenneveld bij het beoogde windpark waar alvast een of meerdere test windturbines worden geplaatst binnen het plangebied van het beoogde windpark.

Disclaimer

Alle genoemde bedragen, uren en doorlooptijden zijn beredeneerde inschattingen op basis van zoveel mogelijk harde cijfers. Desondanks moet rekening worden gehouden met een foutmarge van 50 procent naar boven en naar beneden.

Leeswijzer

Hoofdstuk 1 begint met de omschrijving van de kosten en doorlooptijd voor de ontwikkeling van de hard- en software voor het meetinstrument.

Hoofdstuk 2 beschrijft wat nodig is voor de voorbereiding en installatie op locatie van het antenneveld, hoofdstuk 3 analyseert de uitvoering van de meting zelf en hoofdstuk 4 geeft de totalen van de kosten en doorlooptijd in één tabel.

De tweede variant gebruikt hetzelfde meetinstrument als variant 1 en wordt als laatste beschreven in hoofdstuk 5.

1 Ontwikkeling meetinstrument

1.1 Samenstelling meetapparatuur

Het meetsysteem bestaat uit een antenneveld opgebouwd uit een X-aantal identieke secties die zijn opgebouwd uit een antenne, een voorversterker, een lange coaxkabel en een ontvanger, die is verbonden met een faciliteit voor dataopslag. De kabel heeft een demping en de ontvanger een bepaalde ruisvloer.

Om de gewenste gevoeligheid te bereiken in combinatie met de gekozen antenne, is per antenne een voorversterker nodig. Een klok distributiesysteem zorgt voor synchronisatie van de ontvangers. Er is een aparte referentie signaalbron aanwezig om ter plekke een systeemkalibratie uit te voeren.

Voor de praktische opbouw is uitgegaan van een opbouw in twee delen: het antenneveld wat bijvoorbeeld op een weiland ingericht wordt, en een container waarin de overige apparatuur geplaatst is. De antennes van het antenneveld worden stuk voor stuk middels een geijkte kabel verbonden met de apparatuur in de container. De keuze van de verschillende componenten wordt bepaald door de gewenste gevoeligheid van het systeem in de richting van de windturbine en de gevoeligheid in de richting van de bronnen aan de hemel.

De relevante specificaties voor de ontvanger zijn aangegeven in tabel 1.

Met name de eigenschappen van de eerste versterkertrap, in dit geval de Low Noise Amplifier (LNA), net na de antenne zijn belangrijk. Die moet ervoor zorgen dat het hele systeem minimaal skynoise limited is. Liefst bedraagt de versterkerruis 10-20% van de melkwegruis zoals in LOFAR's lage band en ten hoogste 100% in de hoge band om het aantal benodigde antennes zo klein mogelijk te houden.

De lineariteit van het hele systeem moet voldoende zijn om te voorkomen dat intermodulatieproducten van sterke ongewenste zenders in de meetband komen. Ook dit wordt in hoge mate bepaald door de eerste versterkertrap.

Er is een apart low pass filter gedefinieerd, dat noodzakelijk is indien de ontvanger geen ingebouwd anti aliasing filter heeft.

Voor de volgende inschattingen van benodigdheden bij de bouw van het meetinstrument is uitgegaan van de commercieel verkrijgbare discone antenne Diamond D130J, Icom die bedoeld is voor het frequentiebereik van 30 tot 240 MHz.

In principe kan de band overigens ook worden opgedeeld in twee delen: van 30-88 MHz en 110-240 MHz. Dit is afhankelijk van de real time bandbreedte van de te kiezen ontvanger. In dat geval kan ook voor een oplossing met een aparte antenne per band in plaats van een breedbandantenne worden gekozen. Wij raden het opdelen in twee frequentiebanden af, gezien de tijd die nodig is voor het wisselen van antennes.

Required level below norm value	Required # of antennas at 30 MHz with array size D	Required # of antennas at 60 MHz with array size D	Required # of antennas at 120 MHz with array size D	Required observation time (s)
-35	24 (D=75 m)	24 (D=75 m)	24 (D=75 m)	1000
-40	30 (D=75 m)	30 (D=75 m)	24 (D=75 m)	1000
-45	30 (D=75 m)	30 (D=75 m)	30 (D=100 m)	7200
-50	96 (D=175 m)	84 (D=125 m)	96 (D=175 m)	7200

Tabel 0: Array omvang voor verschillende levels bij gebruik voorbeeld antenne

X: het aantal antenne secties

De keuze van de antenne is een belangrijke factor bij het bepalen van het aantal antennes en daarmee het aantal secties. De tabel geeft een minimum aantal van 24 antennes maar we adviseren er zes bij te plaatsen om onverwachte omstandigheden op te vangen en enige marge in te calculeren. De genoemde voorbeeldantenne leidt dan ten gevolge van zijn gevoeligheid dicht bij de horizon en bundelvorm aan de rest van de hemel tot een benodigd aantal van $X=30$ waarbij de antennes in een array met een diameter van 75 m geplaatst worden om in 1000 sec waarneemtijd een ruisniveau te kunnen bereiken dat een factor 10 onder het -35 dB niveau ligt.

Voor de zekerheid maken we nog een kanttekening bij deze bewuste antenne: tussen 60 en 70 MHz vertoont deze een resonantie die hem voor die frequenties onbruikbaar maakt. Als deze antenne gebruikt zou worden moet hiervoor een oplossing bedacht worden.

Component	Relevante specificaties
Antenne	Omnidirectioneel (niet strict vereist, maar praktisch in de uitvoering) Frequentiebereik: 20-240 MHz Gain richting windturbine: 10dB beter dan Lofar LBA antenne Gemiddelde gain richting zenith: slechter dan Lofar LBA antenne
LNA	Gain: 50dB IIP3: >10 dBm
Ontvanger	Noisefloor: beter dan -155dBm/Hz
Antennekabel	Kabeldeemping: beter dan -20dB/150 m Afscherming 20-240MHz: >80dB

Tabel 1: Voorbeeld specificaties belangrijke delen meetinstrument

1.2 Kosten en inspanningsuren berekening meetapparatuur

De volgende tabellen bevatten schattingen van de noodzakelijk inspanning en kosten bij de verschillende onderdelen van een meetsysteem. Op een aantal punten zijn keuzes mogelijk, bijvoorbeeld het aanschaffen of zelf maken. Deze keuzes bepalen een deel van de kosten en inspanningen.

Kosten en inspanning voor antennes en LNA	Kosten	Uren	Doorlooptijd
Aanschaf X stuks Antenne 30-240 MHz	X*150	-	1 maand
Antenne validatie gewenste parameters		1 week	1 week
LNA aanschaf of design en validatie gewenste parameters	X*(2*600)	1 week	1 week
LNA bouw en validatie, in geval van zelf bouwen	X*200	3 maanden (RF technicus)	6 maanden
Bepalen mismatch losses van de combinatie LNA en antenne op basis gemeten impedanties.	-	1 dag	1 dag
Subtotaal antennes en LNA (aanschaf)	X*1550	3wk	4wk
Subtotaal antennes en LNA (zelfbouw)	X*350	16wk	26wk

Tabel 2: Kosten en inspanning antennes

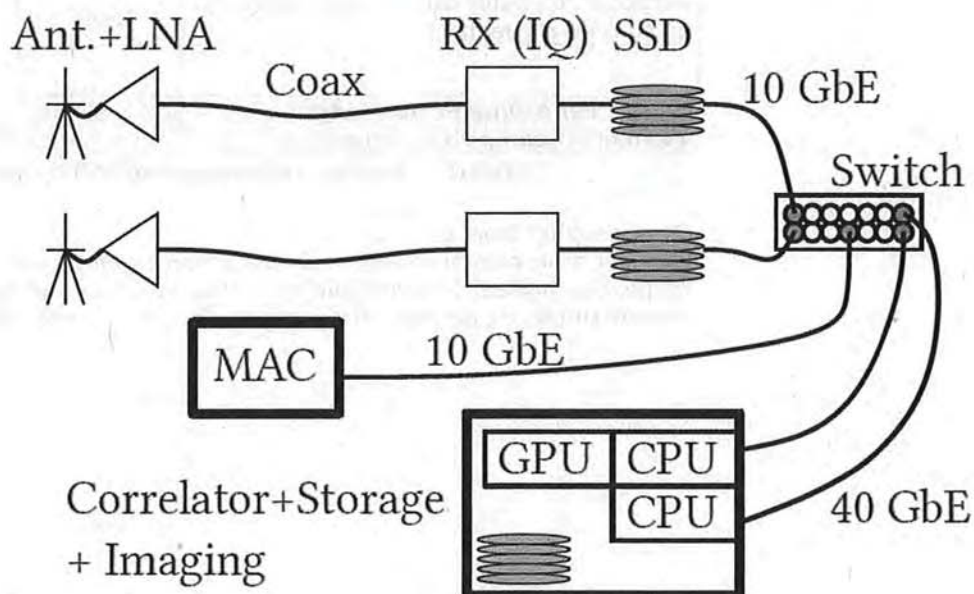
Activiteiten voor bekabeling	Kosten	Uren	Doorlooptijd
Aanschaf en beoordeling coax X*150 meter	X*(300 tot 1500)	1 week	2 weken
N connectoren x2	X*2*6	-	-
Op maat maken RF kabels (Lengte kalibratie)	-	2 weken (RF technicus)	2 weken
Aanschaf kabel clock distributie	X*(3 tot 15)	-	-
Op maat maken Clock kabels (Lengte kalibratie)	-	1 week	1 week
Subtotaal bekabeling (lage inschatting)	X*322	4wk	5wk
Subtotaal bekabeling (hoge inschatting)	X*1522	4wk	5wk

Tabel 3: Kosten en inspanning bekabeling

Activiteiten voor ontvangers	Kosten	Uren	Doorlooptijd
Aanschaf ontvangers	X*3000	1 week	1 maand
Validatie ontvangers	-		
Aanschaf clock en distributiesysteem	X*220		
Aanschaf clock	2000		
Aanschaf stroomvoorziening ontvangers X*25W	Incl		
Aanschaf stroomvoorziening LNA's x*24V*2*0.75A	1000		
Bias T voor voeding LNA	X*200		
Subtotaal ontvangers	X*3420 + 3000	1wk	4wk

Tabel 4: Kosten en inspanning ontvangers

Doordat de array grootte, waarnemingstijd en daardoor de hoeveelheid te verwerken data drastisch vermindert als niet tot -50 dB maar tot -35 dB betrouwbare metingen nodig zijn, kan ook de architectuur van de dataopslag en verwerking eenvoudiger worden gemaakt. Bijvoorbeeld zoals hieronder weergegeven



Activiteiten voor storage	Kosten	Uren	Doorlooptijd
Aanschaf X harddrives voor snelle dataopslag bij 2 metingen in 2 afzonderlijke banden	X*2100	-	1 week
Aanschaf netwerk switch + randapparatuur (kabels etc)	1000-5000	-	1 week
Programmeren software monitoring and control (MAC)	-	4 maanden programmeur, + netwerk specialist	3 maanden
Subtotaal storage	X*2100 + 3.000	17wk	15wk

Tabel 5: Kosten en inspanning storage

Activiteiten voor offline verwerking	Kosten	Uren	Doorlooptijd (mnd)
Scripts programmeren voor flagging, correlatie, kalibratie, verwijderen van astronomische bronnen etc.	-	8 maanden wetenschappelijk Programmeur	8 maanden
Data analyse van meetresultaten in de ontwerpfase ter begeleiding wetenschappelijk programmeur	-	2 maand data-analist	
Aanschaf computer cluster voor correlator en storage als eenheid	15.000	4 weken	3 maanden
	-		
Subtotaal offline verwerking (aanschaf computercluster)	15k (voor alle metingen)	44wk	36wk

Tabel 6: Kosten en inspanning offline verwerking

Opmerking bij tabel 6

Voor het programmeren van de scripts (regel 1 van tabel 6) is ASTRON bereid de scripts beschikbaar te stellen die zijn ontwikkeld voor het testen van de meetmethode. Bij de inschatting van de uren is hiermee rekening gehouden.

Activiteiten voor integratie	Kosten	Uren	Doorlooptijd
Aanschaf container	10.000	2 Weken	1 maand
Inrichting container	7.000	2 weken	1 maand
Aanschaf control computer	1500	-	-
Aanschaf, referentiebron	Niet realistisch		
Huur referentiebron en drone	10.000 per meting	-	2 maanden
Zelf ontwerpen referentiebron	5000	2 maand	2 maanden
Ontwerpen montage referentiebron, mast, drone, op windturbine. (Keuze is bepalend voor doorlooptijd en kosten)	6000	2 weken	1 maand
Integratie van clock/power/netwerk/storage/ontvangers/MAC	-	2 maanden mechanisch ontwerp	3 maanden
Subtotaal integratie (inhuur referentiebron en drone)	18500+10k/meting	15wk	26wk
Subtotaal integratie (zelf ontwerpen referentiebron en montage)	29500	25wk	26wk

Tabel 7: Kosten en inspanning integratie

1.3 Totalen ontwikkeling meetinstrument

Tabel nr	Subtotalen per onderdeel	Kosten	Uren	Doorlooptijd
2	Subtotaal antennes en LNA (aanschaf)	X*1550	3wk	4wk
	Subtotaal antennes en LNA (zelfbouw)	X*350	16wk	26wk
3	Subtotaal bekabeling (lage inschatting)	X*322	4wk	5wk
	Subtotaal bekabeling (hoge inschatting)	X*1522	4wk	5wk
4	Subtotaal ontvangers	X*3420 + 3000	1wk	4wk
5	Subtotaal storage	X*2100 + 3.000	17wk	15wk
6	Subtotaal offline verwerking (aanschaf computercluster)	15k (voor alle metingen)	44wk	36wk
7	Subtotaal integratie (inhuur referentiebron en drone)	18500+10k/meting	15wk	26wk
	Subtotaal integratie (zelf ontwerpen referentiebron en montage)	29500	25wk	26wk

Tabel 8: Inventarisatie subtotalen

Minimale doorlooptijd ontwikkeling meetinstrument: 36 weken

De minimale doorlooptijd is ongeveer 36 weken als gekozen wordt voor de optie aanschaffen uit tabel 2. Dan hoeft niet gewacht te worden op het zelfbouwproject van de antennes. De 36 weken wordt bepaald door het voorbereiden van de offline verwerking (tabel 6).

Voor verdere inschattingen is het praktisch met ronde bedragen te werken. In tabel 9 is aangenomen dat een manweek 5.000 euro kost en X=30 (het aantal antennesecties). Op basis daarvan is elke regel / activiteit in geld uitgedrukt.

Vervolgens is op basis van deze gegevens een optie uitgewerkt in tabel 10 met minimale doorlooptijd en risico.

Tabel nr	Subtotalen per onderdeel	Kosten	Uren	Uren in duizend €	Kosten totaal in duizend €	Doorlooptijd
2	<i>Subtotaal antennes en LNA (aanschaf)</i>	X*1550	3wk	15	62	4wk
	<i>Subtotaal antennes en LNA (zelfbouw)</i>	X*350	16wk	80	91	26wk
3	<i>Subtotaal bekabeling (lage inschatting)</i>	X*322	4wk	20	30	5wk
	<i>Subtotaal bekabeling (hoge inschatting)</i>	X*1522	4wk	20	66	5wk
4	<i>Subtotaal ontvangers</i>	X*3420 + 3000	1wk	5	111	4wk
5	<i>Subtotaal storage</i>	X*2100 + 3.000	17wk	85	151	15wk
6	<i>Subtotaal offline verwerking (aanschaf computercluster)</i>	15k (voor alle metingen)	44wk	220	235	36wk
7	<i>Subtotaal integratie (inhuur referentiebron en drone)</i>	18500+10k/meting	15wk	75	93,5 + 10 per meting	26wk
	<i>Subtotaal integratie (zelf ontwerpen referentiebron en montage)</i>	29500	25wk	125	154,5	26wk

Tabel 9: activiteiten uitgedrukt in euro en weken

Kosten ontwikkeling meetinstrument met kortste doorlooptijd

In tabel 10 is gerekend met de kortste doorlooptijd en het minste risico door zoveel mogelijk zekerheid te kopen door inhuur en bestaande apparatuur. Overigens blijkt bij deze -35dB variant zelfbouw niet tot kostenreductie te leiden.

De kosten zijn € 692.500 voor één meting, € 732.500 voor vijf metingen en € 782.500 voor tien metingen.

Tabel nr	Subtotalen per onderdeel	Kosten	Uren	Uren in duizend €	Kosten totaal in duizend €	Doorlooptijd
2	Subtotaal antennes en LNA (aanschaf)	X*1550	3wk	15	62	4wk
	Subtotaal antennes en LNA (zelfbouw)	X*350	16wk	80	91	26wk
3	Subtotaal bekabeling (lage inschatting)	X*322	4wk	20	30	5wk
	Subtotaal bekabeling (hoge inschatting)	X*1522	4wk	20	66	5wk
4	Subtotaal ontvangers	X*3420 + 3000	1wk	5	111	4wk
5	Subtotaal storage	X*2100 + 3.000	17wk	85	151	15wk
6	Subtotaal offline verwerking (aanschaf computercluster)	15k (voor alle metingen)	44wk	220	235	36wk
7	Subtotaal integratie (inhuur referentiebron en drone)	18500+10k/meting	15wk	75	93,5 + 10 per meting	26wk
	Subtotaal integratie (zelf ontwerpen referentiebron en montage)	29500	25wk	125	154,5	26wk
Totaal kortste doorlooptijd en minste risico					682,5 + 10 per meting	36wk

Tabel 10 kortste doorlooptijd en minste risico

1.4 Opmerkingen

Achterliggende gedachte van het meetprojectteam is dat een derde, deskundige partij de realisatie van het meetinstrument uitvoert in opdracht van de initiatiefnemers waarbij gedacht kan worden aan TNO, Thales of andere bedrijven uit de radar- of defensie-industrie.

Voor advies en controle van het project is het aan te raden ASTRON en AT te vragen om ieder bij de start 3 dagen en gedurende de bouw ruwweg 1 dag per maand voor de opdrachtnemer beschikbaar te zijn voor advies en overleg.

2 Voorbereiding en installatie op locatie

Nadat het meetinstrument gebouwd is, kan er een vrachtwagen gaan rijden met de meetapparatuur. Het antenneveld kan als mobiele variant of als vaste variant worden uitgevoerd.

2.1 Eisen aan het terrein

Het veld dient tussen de 800 en 1200 m bij de wind turbine vandaan te liggen. Een geschikt veld is ruim 20 m breder dan de grootste diameter van de array en op vlak terrein. De opstelling is ver weg (minstens enkele keren de array diameter) van grote, hoge metalen structuren zoals silo's of fabrieken. Nabij het veld mag geen werkend schrikdraad zijn, noch mag er een hoogspanningsleiding het veld kruisen. Vanaf iedere plek in het veld dient er een rechtstreekse zichtlijn te zijn naar ten minste 80% van de gehele hoogte van de windturbine. Ook dient er van tevoren met een enkele antenne en spectrum analyzer een site survey gedaan te worden om vast te stellen of het lokale spectrum op 1s / 1 kHz resolutie voldoende leeg is. Bij voorkeur wordt de site survey gedaan met antennes die qua ontwerp gelijk zijn aan degenen die tijdens de certificeringsmetingen worden gebruikt.

Grondcondities zijn ook belangrijk. Is de grond hard, zacht, rotsachtig? Zijn er bijzondere obstakels of objecten in de buurt? Is het toegankelijk met een vrachtwagen of kraan? Is er sprake van beschermde flora en fauna?

Een landmeetkundige survey is ook aan te raden om te kijken hoeveel grondwerk al dan niet nodig is om het veld binnen enkele decimeters vlak te krijgen, en om te kijken hoe het met afwatering en dergelijke zit.

Voer (na vlakken indien dat nodig was) een gedetailleerde landmeetkundige survey van het veld / antenneposities uit, zodat een 3D model van de locaties van de antennes gemaakt kan worden.

2.2 Installatie Reuleaux driehoek

Een Reuleaux driehoek kan bijvoorbeeld met eenvoudige middelen met touw en worden uitgezet in het veld (enkele uren werk). Een landmeter kan dan de coördinaten van de piketpaaltjes die de antennelocaties markeren inmeten, bij voorkeur in het ITRS systeem, aangezien dat de benodigde sterrenkundige berekeningen makkelijker maakt.

Coax kabels kunnen bovengronds gelegd worden. Denk hierbij ook aan het wegwerken van overlengten. Installatie van antennes kan afhankelijk van het type, lokale logistiek en ervaring van de bouwploegen al gauw zo'n 30 tot 60 minuten per antenne duren.

Antennes (+LNAs), coaxkabels en ontvangeringangen dienen allemaal een unieke streepjescode te hebben (coaxkabels gelabeld aan beide uiteinden) zodat makkelijk te traceren valt wat waar aangesloten is. Het bouwen van een 30 elements array met een bouwploeg van een man of 2-3 kost waarschijnlijk 2 tot 3 dagen tijd

De container met meetapparatuur en dataopslag wordt buiten de driehoek en niet tussen de driehoek en de windturbine geplaatst.

[Tabel 11 is vervallen]

Activiteiten voor installatie antenneveld	Kosten	Uren	Doorloop tijd
Terreinkeuze (onderzoek beschikbaarheid)	-	2 weken	2 maanden
Site survey met spectrum analyzer/antenne	-	1 week	1 week
Landmeetkundige survey (onderzoek geschiktheid)	-	1 dagen	1 dagen
Grondwerk	Nvt		
Eindinspectie geschiktheid terrein (onafhankelijke partij)	(reiskosten)	1 dag (ex reis)	1 dag (ex reis)
Inmeten antenneposities	-	1 dag	1 dag
Installatie antenneveld: plaatsing antennes	-	1 weken	1 week
Subtotaal installatie antenneveld	Reiskosten+ evt. huur terrein	5wk	11wk

Tabel 12: Kosten en inspanning installatie antenneveld

2.3 Opmerkingen

Voor de meetresultaten is verschil in omgeving en terrein per meetlocatie niet relevant, zolang de algemene omgevings- en terreineisen worden gevolgd, omdat we met een ijkbron werken, zowel bij het doen van testmetingen vooraf als gedurende het meten aan de windturbine.

De controle activiteiten voor AT die bij dit onderdeel horen kunnen het best voorafgaand aan een daadwerkelijke meting uitgevoerd worden: 3 dagen voor 2 man.

3 Uitvoering van de meting

Onderstaande inschatting betreft één meting op een locatie in het buitenland.

Voorwaarden windrichting en windkracht tijdens meting

De wind moet tijdens de meting constant zijn en van voldoende kracht: tussen windkracht 4 en 6. Het beste is te kijken waar statistisch het vaakst de wind vandaan komt en op grond daarvan een zelfde geometrie (windturbine-antenneveld-windrichting) te kiezen als die statistisch gezien het vaakst optreedt bij de LOFAR superterp. Er zijn twee metingen nodig: een meting met de oriëntatie van de windturbine in de hoofdrichting van het antenneveld, met een afwijking van maximaal 20 graden en een meting met de rotor loodrecht op 90 graden gedraaid ten opzichte van het antenneveld.

Activiteiten bij uitvoering meting	Kosten	Uren	Doorlooptijd
Logistieke voorbereiding, transport, accommodatie	pm	pm	pm
Huur vrachtauto met chauffeur	1000	2 dagen	2 dagen
Plaatsen container en aansluiten aan lichtnet	-	1 dag	1 dag
Installatie ijkbron (vast of drone?)	-	0,5 dagen	0,5 dagen
Aansluiten meetapparatuur en bekabeling+preamp en bias-Ts (genummerd) en aansluiten aan container	-	2 dagen	1 dag
Controles: Verifieer signaalpaden Verifieer dataopslag Test image-ing	-	0,5 dagen	0,5 dagen
Site survey (test registratie vlak voor meting)	-		
Wachttijd tot geschikte windomstandigheden	Onbekend		
Uitvoering van de meting	-	3 dag	1 dag
Data preprocessing (validatie)	-	1 uur	1 uur
Archivering data < 4 uur indien twee metingen / dag	-	< 1 uur	< 1 uur
Processing data en rapportage van de meting (offline)	-	4 weken	2 weken
Subtotaal (meting + offline rapportage)	1000	2wk + 4wk	1wk + 2wk

Tabel 13: Kosten en inspanning bij uitvoering meting

Opmerkingen

Hier moet misschien onderscheid gemaakt worden tussen de allereerste meting met het systeem (extra tests en checks en vertrouwd raken met apparatuur en verwerking), de eerste meting op een (nieuwe) locatie (extra checks), en vervolgmetingen.

De adviserend expert rol van ASTRON bij de processing zal ook een afnemende zijn, maar wordt per meting op minstens 1wk geschat. De checks van AT bij de verschillende fases, na opbouw, tijdens de meting en bij de processing/interpretatie worden (exclusief reistijd) geschat op 2 manweken (2 man gedurende 1wk).

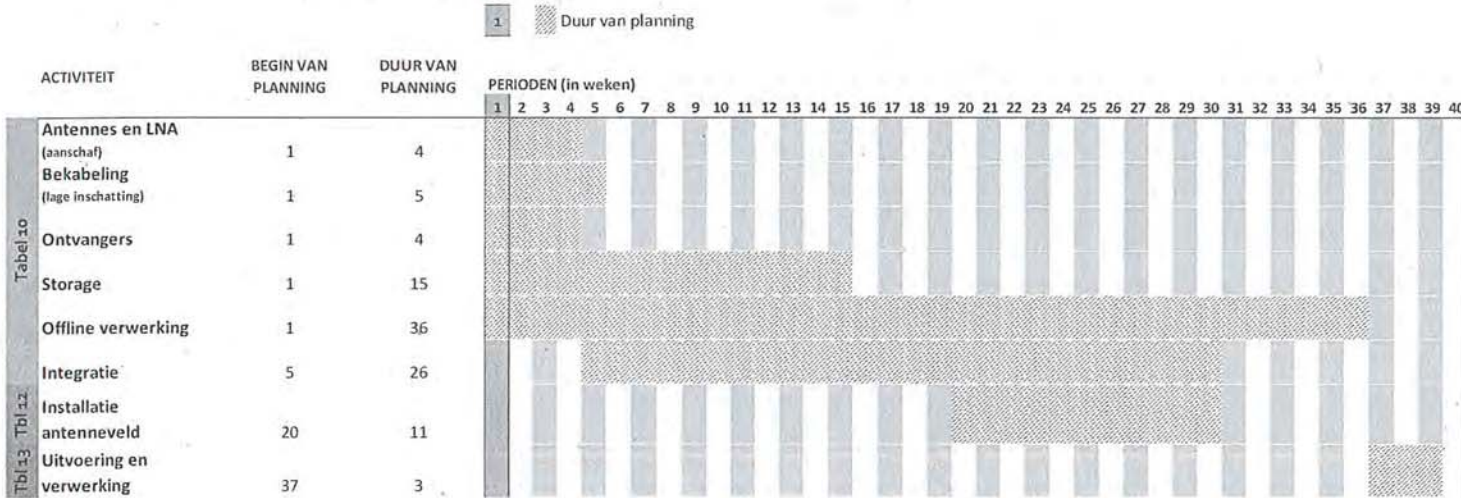
4 Totale kosten implementatie

In tabel 14 staan alle subtotalen uit hoofdstuk 1 t/m 3 onder elkaar.

Subtotalen per hoofdonderdeel		Kosten incl. uren in duizend €	Doorloop tijd (mnd)
Hfdstk 1	Totaal kortste doorlooptijd, minste risico	682,5 + 10 per meting	36wk
Hfdstk 2	Installatie antenneveld	Reiskosten+ evt. huur terrein + 25	11wk
Hfdstk 3	Uitvoering van een meting + verwerking	31	1wk + 2wk
Inhuur ASTRON bij 1, 2 en 3 (4+0+1 manweek)		25	
Inhuur AT bij 1, 2 en 3 (4+1+2 manweek)		35	
Totaal implementatie één meting		808,5	39wk

Tabel 14: Kosten en inspanning bij uitvoering meting

Totale doorlooptijd



Tabel 15: Doorlooptijden

Totale kosten en doorlooptijd implementatie

De kosten voor één meting zijn ruwweg €800.000 met een minimale doorlooptijd van 39 weken.

5 Variant met turbine op beoogd windpark

Het willen testen van windturbines op de locatie van het windpark heeft een aantal consequenties.

Windturbine

Het sequentieel plaatsen van de te testen windturbines leidt ertoe dat de totale doorlooptijd voor alle testen evenredig is met het aantal te plaatsen windturbines. Ook de totale kosten voor de te plaatsen windturbines – en de verwijdering hiervan – zijn evenredig met het aantal windturbines. Een eerste conclusie is dat bij meerdere windturbines de doorlooptijd hierdoor lang is en de kosten hoog. Indien de metingen worden uitgevoerd aan slechts één windturbine, moet er een voorselectie plaatsvinden zonder aantoonbare resultaten van metingen.

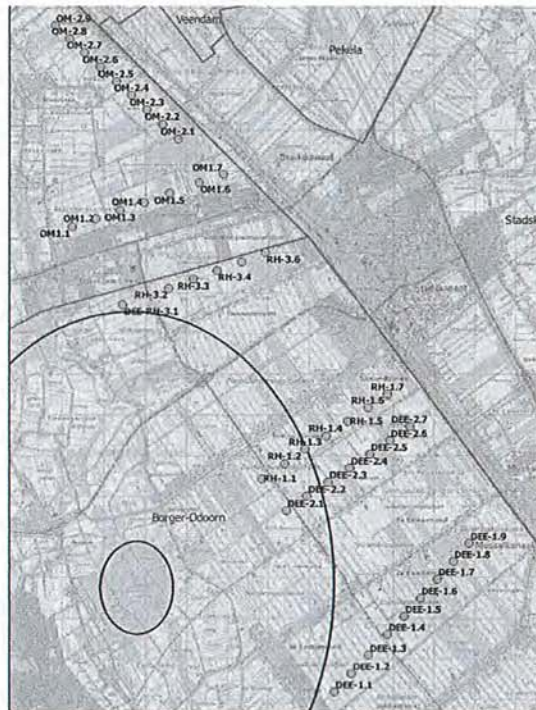
Antenneveld

De afmetingen en uitvoering van het antenneveld zijn identiek aan de situatie wanneer een antenneveld bij een fabrikant wordt gerealiseerd. De afstand tot de testturbine dient dus ook hier ca. 1 km te bedragen en de grootte bedraagt ca. 200 bij 200 m.

Daarnaast verdient de positionering van het veld ten opzichte van de testturbine aandacht. De meest voorkomende windrichting met bruikbare snelheden is zuidwest. Het ligt daarom voor de hand het antenneveld ten zuidwesten van de testturbine te realiseren om zoveel mogelijk meetmomenten te creëren. Bij meerdere windturbines heeft daarom voor elke windturbine een apart antenneveld de voorkeur.

Geschikte windparkposities voor meting

De posities die het dichtst bij Enexis stations Gasselte, Stadskanaal of Musselkanaal liggen komen het meest in aanmerking voor het plaatsen van een te testen windturbine. In Figuur 1 zijn dit de locaties zoals OM 1.2, OM 2.9, DEE-RH3.1, RH3.2, RH1.7 en DEE 2.7. Voor deze locaties bevindt de netaansluiting zich het dichtst bij een windturbine en is de vereiste toegangsweg tot de turbinepositie relatief kort, dan wel grotendeels reeds aanwezig.



Figuur 1: locaties windturbines

Bereikbaarheid positie testturbine

Voor het opbouwen van de te testen turbine dient een toegangsweg met kraanopstelplaats en een netaansluiting gerealiseerd te zijn. De vereiste vergunningen hiervoor zijn reeds aangevraagd en worden in het eerste kwartaal van 2018 verwacht.

Aansluiting op het elektriciteitsnetwerk

Voor het uitvoeren van metingen moet de testturbine energie produceren. Daarom is een aansluiting op het elektriciteitsnet vereist. De realisatiekosten bedragen tussen de € 500.000 en € 1.000.000 en is afhankelijk van de locatie van de testturbine ten opzichte van de stations van Enexis. De vastrechtkosten per aansluiting per maand bedragen ca. €2.000.

Conclusie variant bij beoogd windpark

Met deze variant zijn dezelfde kosten en inspanningen voor het ontwikkelen van het meetinstrument en de voorbereiding en installatie op locatie van het antenneveld gemoeid als hiervoor beschreven. Het verschil is dus de logistiek van het eventueel (sequentieel) plaatsen/verwijderen en meten van de windturbines met de daaraan verbonden extra's voor doorlooptijd en kosten.

Productie





Analyse meetinstrument en meetscenario's gebaseerd op de Meetmethode voor EM stoorstraling van windturbines

Colofon

Aan
Van
Nummer
Datum
Leden

Coördinatie commissie
Technisch overleg meetproject
V0.8
3 november 2017
- AT
- AT
- AT
- ASTRON
- Movares

Copyright

Agentschap Telecom ©2017

Inhoud

1	Ontwikkeling meetinstrument—4
1.1	Samenstelling meetapparatuur—4
1.2	Kosten en inspanningsuren berekening meetapparatuur—5
1.3	Totalen ontwikkeling meetinstrument—8
1.4	Opmerkingen—11
2	Vorbereiding en installatie op locatie—12
2.1	Eisen aan het terrein—12
2.2	Installatie Reuleaux driehoek—12
2.3	Opmerkingen—13
3	Uitvoering van de meting—14
4	Totale kosten implementatie—15
5	Variant met turbine op beoogd windpark—16