

De in figuur 9.1 aangegeven locaties zijn:

- 1 zicht vanaf de brug over het kanaal
- 2 zicht vanaf de Graaf Jansdijk nabij "Buitenlust"
- 3 zicht vanaf de Graaf Jansdijk nabij "Schapenbout"



Figuur 9.1 Drie locaties waarvandaan visualisaties zijn gemaakt.



Figuur 9.2 Visualisatie vanaf de brug over het kanaal 9 (positie 1, figuur 9.1)



Figuur 9.3 Visualisatie vanaf de Graaf Jansdijk nabij "Buitenlust" (positie 2, figuur 9.1)



Figuur 9.4 Visualisatie vanaf de Graaf Jansdijk nabij "Schapenbout" (positie 3, figuur 9.1)

10 OPBRENGSTEN

De opbrengst wordt met name bepaald door het windaanbod op de locatie en de posities van de windturbines onderling. Windturbines die ongunstig staan ten opzicht van elkaar, beïnvloeden in hoge mate de opbrengsten. Maatgevend voor de maximale onderlinge beïnvloeding is de turbulentie van de aanstromende lucht vlak voor de windturbine. Tabel 10.1 geeft een overzicht van de opbrengsten.

Tabel 10.1 Opbrengsten van het windpark

	Aantal turbines	Vermogen [MW]	Opbrengst [MWh]	Park rendement [%]
WP Koegorspolder	22	55	139.000	92,0

11 EINDAFWEGING

De doelstelling van Windpark Koegorspolder is om op commercieel en milieuhygiënisch verantwoorde wijze een maximale bijdrage aan de doelstelling ten aanzien van windenergie in Zeeland te leveren. Op grond van uitgebreide studies ten aanzien van uitsluitingen binnen de Koegorspolder is een opstelling ontwikkeld die voldoet aan alle gestelde criteria.

De belangrijkste beoordelingscriteria blijken energie-opbrengst, geluid en landschap, waarvan geluid uiteindelijk van doorslaggevend belang is gebleken. De parkopstelling is ontwikkeld om binnen de randvoorwaarden van het Plan van Aanpak Kanaalzone Zeeuwsch-Vlaanderen te blijven.

Gelet op het karakter van het gebied wordt de gekozen parkopstelling acceptabel geacht. De landschappelijke kwaliteit van het gebied is door de aanwezigheid van de industrie immers al gering. De aanleg van het windpark kan daardoor de landschappelijke kwaliteit slechts in beperkte mate beïnvloeden. Omdat de parkopstelling zowel akoestisch als landschappelijk verantwoord te noemen is en qua opbrengst gunstig is, verzoekt WinWind de gemeente Terneuzen medewerking te verlenen aan het realiseren van de windparkopstelling zoals beschreven in het onderhavige inrichtingsplan.

LITERATUURLIJST

- [1] Streekplan Zeeland, Uitwerking windenergie, Provincie Zeeland, 2 maart 1999
- [2] MER Grootschalige locaties Windenergieopwekking, Provincie Zeeland, 14 juli 1998
- [3] Risico van bladbreuk voor windturbines nabij spoor-, auto- en vaarwegen, ECN, februari 1999
- [4] AMvB Windturbines milieubeheer, Deel ontwerp tekst Voorzieningen en Installaties, d.d. 30 oktober 2001.
- [5] SCHADUWHINDER DOOR WINDTURBINES, Universiteit van Amsterdam, 1984.
- [6] HANDBOEK ENERGIE-OPBRENGSTEN VAN WINDTURBINES, TNO Apeldoorn, mei 1991.
- [7] KLIMAATATLAS VAN NEDERLAND, KNMI De Bilt, 1972.
- [8] RISICOANALYSE WINDPARK KOEGORSPOLDER, ontwerp februari 2002, NRG, maart 2002. Dit rapport is toegevoegd in bijlage E.
- [9] GELUIDHINDER EN WINDMOLENS. GELUID EN OMGEVING, Veen, W.J. van der en Kok, W.C., maart 1984, p.p 20-24.
- [10] HANDREIKING INDUSTRIELAWAAI EN VERGUNNINGVERLENING. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke ordening en Milieubeheer. Oktober 1998.
- [11] WINDPARK KOEGORS; LANDSCHAPPELIJKE INPASSING, Zandvoort Ordening & Advies, april 2001.
- [12] GLOBALE EVALUATIE VAN DE RISICO-TOENAME BIJ HYDRO AGRI SLUISKIL BV BIJ DE OPRICHTING VAN WINDTURBINEPARK KOEGORSPOLDER, J.M. Ham, TNO-MEP, oktober 2001
- [13] Plan van aanpak kanaalzone Zeeuwsch-Vlaanderen, eindrapport, Stuurgroep gebiedsgerichte benadering Kanaalzone, oktober 1992

- [14]** Een Frisse Wind in Nederland, Stichting Natuur en Milieu en de 12 provinciale Milieufederaties, april 2000

BIJLAGE A WINDPARK OPTIES MET GELUIDSCONTOUREN

Opstelling windturbines



BIJLAGE B COÖRDINATEN VAN DE WINDTURBINES

Windturbinenr.	X-coördinaat [m]	Y-coördinaat [m]	Locatie
1	47.043	367.726	Akker
2	47.382	367.980	Akker
3	47.735	368.202	Rand van het slibdepot
4	48.123	368.248	Rand van het slibdepot
5	48.504	368.147	Rand van het slibdepot
6	48.803	367.982	Rand van het slibdepot
7	49.004	367.736	Rand van het slibdepot
8	49.146	367.446	Rand van het slibdepot
9	47.994	367.820	Rand van het slibdepot
10	48.390	367.481	Rand van het slibdepot
11	48.724	367.069	Rand van het slibdepot
12	47.540	367.792	Langs het spoor, autosloop
13	47.613	367.460	Langs het spoor, puinbreker
14	47.739	367.157	Langs het spoor, braak terrein
15	47.921	366.926	Rand van de stortplaats
16	48.596	366.636	Langs het spoor, akkergrond
17	48.830	366.489	Terrein Waterschap
18	48.624	365.916	Akker
19	47.940	365.700	Langs het Zijkanaal
20	48.434	365.502	Langs het Zijkanaal
21	48.821	365.532	Langs het Zijkanaal
22	49.193	365.588	Langs het Zijkanaal

Deze coördinaten zijn weergegeven volgens Rijksdriehoekstelsel.

Rapport

Ref.: AS/MT/Lv/F 15617-1-RA

- snelheid personenauto's : 100 km/uur
- snelheid vrachtverkeer : 80 km/uur
- intensiteit motorvoertuigen per uur per periode: zie tabel 1 (gebaseerd op de kwalificatie: autoweg buiten de bebouwde kom).

Tabel 1 Intensiteit motorvoertuigen per uur

Voertuig	1998		Prognose tot 2010	
	Dagperiode	Nachtperiode	Dagperiode	Nachtperiode
Lichte mvt.	617,1	82,5	701,3	93,8
Middelzware mvt.	70,4	17,6	80,0	20,0
Zwaar mvt.	38,5	9,9	43,8	11,3
Totaal	726	110	825	125

De afstand tussen de Tractaatweg en de woningen van Schapenbout varieert van ca. 25 tot circa 350m (zie figuur 1).

Ten aanzien van de bodem is uitgegaan van een bodemfactor 1.

3 Rekenresultaten

De berekeningen zijn uitgevoerd volgens 'Standaard Rekenmethode 1', exclusief aftrek ex art. 103 Wgh. De berekeningen zijn uitgevoerd voor een viertal posities, gesitueerd op resp. 25, 50, 150 en 350 meter afstand van de Tractaatweg. De ontvangerhoogte bedraagt 5m. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de dag- en nachtperiode zowel voor 1998 als voor de periode tot 2010. Naast de berekende L_{eq} -niveaus (in dB(A)) zijn tevens de " $L_{eq} - 10$ " waarden in tabel 2 vermeld, daar deze grootheid mede bepalend is voor het referentieniveau van het omgevingsgeluid. Na vaststelling van het L_{95} -niveau kan het referentieniveau van het omgevingsgeluid vastgesteld worden.

Tabel 2 Geluidbelastingen L_{eq} en $L_{eq} - 10$ voor de dag- en nachtperiode voor 1998 en prognose tot 2010 in dB(A).

Afstand	1998 (ca. 11.000 mvt/etmaal)				Prognose tot 2010 (ca. 12.500 mvt/etmaal)			
	Dagperiode		Nachtperiode		Dagperiode		Nachtperiode	
	L_{eq} in dB(A)	$L_{eq} - 10$ in dB(A)	L_{eq} in dB(A)	$L_{eq} - 10$ in dB(A)	L_{eq} in dB(A)	$L_{eq} - 10$ in dB(A)	L_{eq} in dB(A)	$L_{eq} - 10$ in dB(A)
25m	63,5	53,5	56,5	46,5	64,0	54,0	57,0	47,0
50m	59,5	49,5	52,0	42,0	60,0	50,0	52,5	42,5
150m	52,0	42,0	45,0	35,0	52,5	42,5	45,5	35,5
350m	46,5	36,5	39,0	29,0	47,0	37,0	39,5	29,5

Mook, 2 april 2001.

Dit rapport bestaat uit 2 pagina's en 1 figuur.

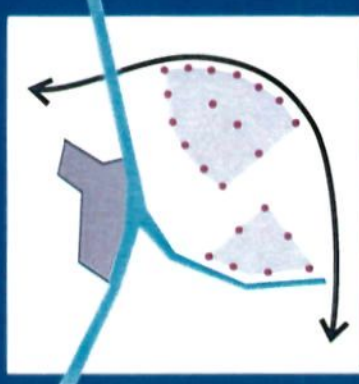
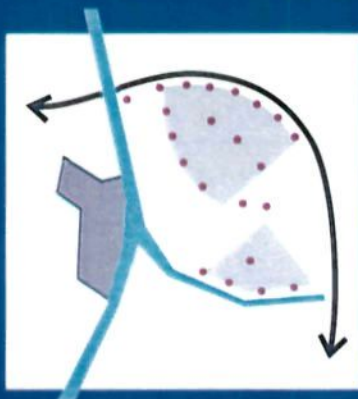
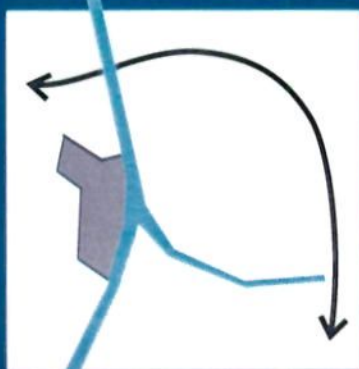
BIJLAGE D RAPPORTAGE ROYAL HASKONING

Het onder deze bijlage toegevoegde rapport is een update/herziening van het eerder uitgebrachte rapport "Windpark Koegorspolder, Landschappelijke toetsing" van april 2001.



ROYAL HASKONING

Windpark
Koegorspolder
Landschappelijke toetsing
Bijlagerapport



Windpark Koegorspolder

Landschappelijke toetsing

Bijlagerapport - concept

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	1
2.	Beoordeling Koegorspolder	2
2.1.	Regionale landschappelijke context	2
2.2.	Plangebied	3
3.	Landschappelijke beoordeling	5
3.1.	Beoordelingswijze	5
3.2.	Beschrijving parkopstelling 'Geluid optimaal (37 dB(A) norm)'	6
3.3.	Landschappelijke beoordeling	7
3.3.1.	Gevolgen voor de landschappelijke opzet	7
3.3.2.	Kwaliteit van de opstelling	7
4.	Conclusies en aanbevelingen	9
4.1.	Conclusies	9
4.2.	Aanbevelingen	9

The map shows a proposed railway line (red line) running through the Zevenaar area. Key locations and features include:

- Terneuzen Nieuwe**: A large area in the center of the map.
- Zevenaar**: A town to the east of Terneuzen Nieuwe.
- Sluiskil**: A town to the west of Terneuzen Nieuwe.
- Zijkanaal C**: A waterway running along the bottom of the map.
- Polders**: Several areas labeled as 'polder', including 'Spui', 'Sparks', and 'Zevenaar'.
- Waterways**: Various canals and rivers, including 'Zijkanaal C', 'Sluiskil', and 'Zevenaar'.
- Buildings and Infrastructure**: Numerous buildings, roads, and infrastructure are shown, including 'De Sterre', 'Stortplaats', 'Kruisweg', and 'Industrie'.
- Scale Bar**: A scale bar at the bottom indicates distances up to 1000 meters.

1. Inleiding

Aanleiding

KEMA is als adviseur betrokken bij de ontwikkeling van het 'Windpark Koegorspolder', gelegen in de gemeente Terneuzen. In april 2001 is het inrichtingsplan voor de technische uitvoering van dit windpark gereed gekomen. Daarin zijn, afhankelijk van de geluidsnorm waaraan moet worden voldaan, drie mogelijke parkopstellingen beschreven, elk met eigen voor- en nadelen. Het totaal opgestelde parkvermogen bedraagt daarin 55 tot 65 MW verdeeld over 22 tot 26 turbines van 2,0 tot 2,5 MW elk. De ashoogte van de turbines bedraagt 80 tot 90 meter boven maaiveld, wat groter is dan tot dusver in Nederland gebruikelijk.

Op basis van overleg tussen WinWind en de gemeente Terneuzen is gebleken dat voldaan moet worden aan een geluidsnorm van 37 dB(A) aan de gevel van de woningen nabij Schapenbout, waardoor slechts één van de drie mogelijke opstellingen te realiseren is.

Vervolgens is KEMA gevraagd deze opstelling uit te werken en de gevolgen voor milieu en landschap te beschrijven. Royal Haskoning levert in het kader van dit uitwerkingstraject de volgende bijdragen:

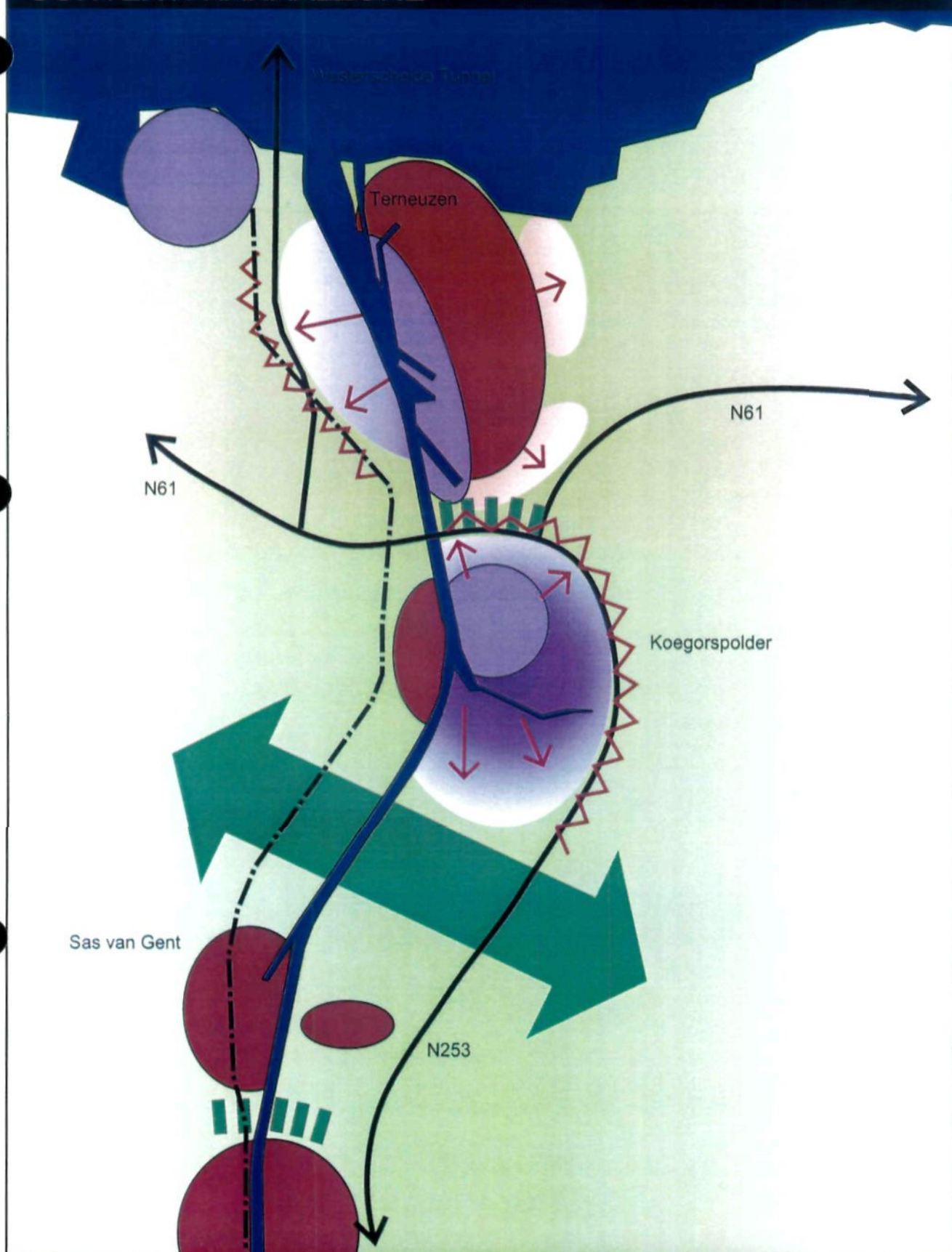
- een landschappelijke beoordeling van de locatie Koegorspolder;
- een beoordeling van de gekozen opstelling;

Royal Haskoning heeft in een eerdere fase een studie verricht naar alternatieve opstellingen die landschappelijke samenhang kunnen garanderen en daarmee een nieuwe ruimtelijke kwaliteit aan de Koegorspolder kunnen toevoegen [verwijzing rapport]. Daarbij draaide het in eerste instantie om het vinden van een opstelling met, naast de lijn langs de Tractaatweg, een tweede lijn (bijv. langs Koegorsstraat) of cluster. Echter, vanwege de vele beperkende randvoorwaarden in de Koegorspolder, zijn dergelijke alternatieven niet realiseerbaar gebleken. De landschappelijke beoordeling beperkt zich in deze fase dan ook tot de door WinWind en de gemeente gekozen voorkeursopstelling. Deze houdt rekening met alle in het gebied aanwezige belemmeringen en is afgestemd op een maximale geluidsemissie van 37 dB(A) op woningen nabij Schapenbout.

Werkwijze en opbouw rapport

De vraagstelling richt zich op twee aspecten: de landschappelijke beoordeling van de Koegorspolder enerzijds en het beoordelen van alternatieven voor de gekozen opstelling anderzijds. In hoofdstuk 2 wordt de locatie Koegorspolder zowel op regionale als op lokale schaal op haar geschiktheid voor de plaatsing van windturbines beoordeeld. Hoofdstuk 3 bevat de beschrijving en beoordeling van de parkopstelling in de Koegorspolder. Op basis van deze beoordelingen is in hoofdstuk 4 een advies geformuleerd.

CONTEXT: KANAALZONE



LEGENDA

- woon- en werkgebieden
- grootschalige industrie
- uitbreiding woon-/werkgebied
- uitbreiding woon-/werkgebied

- uitbreidingsrichting
- grens uitbreiding
- groene buffer/stadsrandzone
- groene verbinding

2. Beoordeling Koegorspolder

De locatie Koegorspolder wordt op 2 schaalniveaus beoordeeld op haar geschiktheid voor het plaatsen van windturbines. De beoordelingscriteria zijn de volgende (ontleend aan ervaringen met vergelijkbaar onderzoek):

Regionale landschappelijke context:

- *Positie binnen regionale landschappelijke structuur*
- *Relatie met turbines en andere hoog opgaande elementen*

Lokaal schaalniveau:

- *Aard gebied* – is het plangebied in aard en functie geschikt?
- *Randvoorwaarden* – is er voldoende ruimte voor een windpark?
- *Ontwikkelingen* – vormt een windpark een bedreiging voor de ontwikkeling van het gebied?

2.1. Regionale landschappelijke context

Positie binnen regionale landschappelijke structuur

De Koegorspolder ligt in de Kanaalzone Zeeuws Vlaanderen: een grootschalige, verstedelijkte zone waar Terneuzen, Sluiskil, Sas van Gent en de daaromheen gelegen industriegebieden deel van uitmaken. Binnen de kanaalzone zijn de industriegebieden Koegorspolder en Boerengat de meest zware en milieubelastende. De kanaalzone wordt begrensd door infrastructuur (spoor en weg) en aan weerszijden is het landschap kleinschaliger en van een heel andere aard en opbouw. Kreken, dijken, akkerbouw, boomgaarden, kleinere dorpen en vrijstaande boerderijen bepalen er het beeld.

Vanwege haar schaal en functie lijkt de kanaalzone geschikt voor het plaatsen van windturbines. Landschappelijk gezien bestaan in de kanaalzone vooral in/rondom de meest grootschalige industriegebieden én langs infrastructurele lijnen (N253, kanaal) aanleidingen voor het plaatsen van turbines. Langs het kanaal is dat echter, vanwege onder andere de nabijheid van bebouwing, maar beperkt mogelijk. Delen van de tracés van de N253 en de toekomstige N61 (verlegde Tractaatweg en de aansluiting op de Westerscheldetunnel) lijken beter geschikt.

Relatie met turbines en andere hoog opgaande elementen

In de directe omgeving van de Koegorspolder zijn geen windparken van formaat te vinden. De dichtstbijzijnde locaties zijn gelegen aan de Westerschelde, dichtbij Griete (2 turbines) en in Perkpolder (8 turbines).

De ontwikkeling van een windpark in de Koegorspolder zal dus geen onrust in het beeld, door nabijheid van andere windturbines, tot gevolg hebben. Wél zou in de planvorming rekening moeten worden gehouden met andere hoog opgaande elementen (fabriekspijpen, silo's) in en om het gebied.

- industrie inclusief evt. risicocontouren
- baggerspecie- en slibdepots
- stadsrandfuncties

-  geluidruimte
-  leidingentracé
-  min. 8-10 buiten voet spoordijk
-  bladen niet boven Tractaatweg

2.2. Plangebied

Aard gebied

Het grondgebruik in de Koegorspolder is deels industrieel, deels landbouwkundig. Langs het kanaal bevinden zich een cokes- en een stikstofbindingsfabriek, langs de Koegorsweg een stortplaats en tussen de Koegorsweg en de Tractaatweg akkerbouwbedrijven. De ruimtelijke opzet is grootschalig: een rationele verkaveling met percelen van formaat, fabrieksgebouwen die hoog zijn en/of enorme maten hebben.

In de toekomst zal het gebied steeds sterker een industrieel karakter krijgen, met de planning van onder andere een baggerspeciedepot en recyclingfuncties. Het ruimtelijk beeld zal nog sterker van een rationele opzet en grootschaligheid getuigen. Ook milieubelasting (geluid, geur) blijft aanwezig. Windturbines sluiten in schaal en functie aan bij dat grootschalige, industriële karakter. Bij plaatsing van windturbines moeten de in het gebied aanwezige hoog opgaande elementen goed in ogenschouw worden genomen.

Randvoorwaarden

Belemmeringen voor het plaatsen van windturbines in de Koegorspolder zijn op nevenstaande kaart weergegeven en worden gevormd door:

- het gebied buiten de polder;
- de leidingstraat ten zuiden van de nieuwe Tractaatweg;
- het tracé van de huidige (N253) en nieuwe Tractaatweg (N61): turbines niet met de bladen boven de weg;
- de aanwezige spoorlijnen: windturbines minimaal een halve fundatiediameter buiten de voet van de dijk –in dit geval 8 a 10 meter;
- het slibdepot en bezonkbassins: windturbines alleen buiten de dijken op minimaal een halve fundatiediameter (8 a 10 meter, in dit geval) uit de voet van de dijk;
- het (geplande) industriegebied (recyclingzone) langs de Koegorsstraat;
- de leidingstraat langs de Koegorsstraat en enkele grote (gas)leidingen;
- de ammoniakopslag en de stikstofbindingsfabriek van Hydro-Agri met bijbehorende risicocontouren;
- de geluidruimte (37 dB(A)) voor woningen in Schapenbout ten oosten van de polder, in Sluiskil ten westen van de polder en in de polder zelf;

Ten noorden van de Tractaatweg zal het terrein van de Koegorspolder worden ingevuld door kantoren. Een combinatie met windturbines is niet mogelijk.

De genoemde belemmeringen beslaan een groot deel van het oppervlak van de Koegorspolder en beperken daardoor de opstelling van windturbines sterk. Windturbines in de Koegorspolder zijn reëel, maar wél aan nogal wat belemmeringen onderhevig.

Ontwikkelingen

In de structuurvisie Koegorspolder (gemeente Terneuzen, 1998) zijn in de Koegorspolder de volgende bestemmingen vastgelegd:

- industriële zone (langs het kanaal);
- baggerspeciedepot
- voorkeur nieuw wegtracé Tractaatweg (N61) met groenzone daarlangs;

- recyclingzone (aan weerszijden Koegorsstraat);
- randstedelijke zone: een hoogwaardig bedrijfsterrein zonder kantoren (ten noorden van nieuwe Tractaatweg (N61);
- kernrandzone en landschap oostelijk van oude Tractaatweg;

Windturbines mogen niet worden geplaatst in de laatste drie zones en slechts beperkt in de eerste drie. Een windpark verhoudt zich dus niet optimaal tot de voorgestelde bestemmingen. Mogelijkheden zijn er echter wél.

3. Landschappelijke beoordeling

3.1. Beoordelingswijze

De beoordelingscriteria waaraan wordt getoetst zijn ontleend aan ervaringen opgedaan bij vergelijkbare landschappelijke toetsingen. In dit specifieke geval zijn onderstaande criteria relevant:

A: Gevolgen voor de landschappelijke opbouw

Windturbines hebben, zeker wanneer ze in groot aantal geplaatst worden, een grote invloed op de beleving van het landschap. Die invloed is niet altijd positief, echter de landschappelijke karakteristieken en kwaliteiten kunnen ook met windturbines worden benadrukt. De keuze om óf een geheel nieuwe (heldere) structuur toe te voegen óf met de plaatsing van turbines aanwezige structuren (infrastructuur, kavelrichting), te begeleiden en daarmee benadrukken, is in dit kader van belang.

B: Kwaliteit van de opstelling

De kwaliteit van de opstelling wordt bepaald door onder andere:

- voldoende afstand tussen diverse (deel)opstellingen
- strakke lijnvoering
- ontbreken van hiaten in een opstelling en gelijke tussenafstand
- kleurstellingen die specifiek zijn aangepast aan de opstelling en de landschappelijke context
- gelijkheid in type turbine (hoogte, rotordiameter, draairichting en aantal turbinebladen)

In deze fase van de planvorming, waarin het gaat om het beoordelen van een parkopstelling waarvoor kleur nog niet is bepaald, maar waarvoor wél vaststaat dat 1 type zal worden gebruikt, zijn vooral de eerste vier punten van belang.

Aanbevelingen ten aanzien van kleurstelling worden gedaan in het hoofdstuk conclusies en aanbevelingen.



LEGENDA

• Totaal aantal: 22 turbines

+ windturbines type 1

3.2. Beschrijving parkopstelling 'Geluid optimaal (37 dB(A) norm)'

KEMA heeft op basis van het overleg tussen WinWind en de gemeente en door rekening te houden met de harde belemmeringen en de geluidsnorm een parkopstelling ontwikkeld in de Koegorspolder. In totaal zijn 22 turbines te realiseren bij een grenswaarde van 37 dB(A) 's nachts op de gevels van woningen nabij Schaapsbout. De opstelling bestaat uit een viertal lijnen en een solitaire turbine:

- Een gebogen lijn van 8 turbines ten zuiden van de Tractaatweg, tussen het kanaal Terneuzen-Gent en de Spuikreekweg. Alle turbines bevinden zich op gelijke afstand van de Tractaatweg (ruim 100 meter). De onderlinge afstand tussen de turbines varieert, afhankelijk van de positie ten opzichte van de meest overheersende windrichting (ZW);
- Een lijn van 3 turbines langs de westrand van het (toekomstige) slibdepot. De turbines staan niet op 1 lijn, omdat dat vanwege de vorm en locatie van de slibdepots én vanwege aanwezige leidingen, niet mogelijk is;
- Een gebogen lijn van 6 turbines ten noorden van het goederenspoor. Een uitzondering daarop wordt gevormd door de turbine nabij de Kruisweg. Deze is gesitueerd ten zuiden van de spoorbaan op een klein perceel. Daardoor wordt het landbouwperceel aan de andere zijde van de spoorbaan ontzien van obstakels die de bewerking van het land kunnen hinderen. Vanwege de risicocontour rond de ammoniakopslag van Hydro-Agri ontbreekt in de lijn langs het spoor een turbine en schuift de turbine nabij de stortplaats iets op in noordelijke richting;
- Een lijn van 4 turbines ten noorden van het Zijkanaal C. In de lijn zit een knik, omdat de richting van het kanaal gevolgd wordt. De onderlinge afstand tussen de turbines is niet regelmatig;
- Een solitaire turbine ten oosten van de Kruisweg;

Vergeleken met het Model C 'Geluid optimaal (37 dB(A))', zoals beoordeeld in het Inrichtingsplan windpark Koegorspolder van april 2001, is een drietal wijzigingen opgetreden:

- De 3 turbines nabij het kanaal, onderdeel van de lijn langs de Tractaatweg schuiven op in zuidwaartse richting, omdat ook de toekomstige Tractaatweg en de tunnel onder het Kanaal Terneuzen-Gent wat meer zuidwaarts zal komen te liggen. De afstand tussen de lijn langs de Tractaatweg en die langs het spoor neemt daardoor af. Deze was ruim 500 meter en wordt ca 330 meter;
- Als gevolg van het in acht nemen van de risicocontouren rond ammoniak opslag van Hydro-Agri ontstaan hiaten in de lijn langs het goederenspoor en wordt de onderlinge afstand tussen turbines langs die lijn sterk variabel;
- De turbine ten oosten van de Kruisweg verschuift ca. 120 meter in zuidoostelijke richting;



Lijnen op zeer korte onderlinge afstand



Turbines in het zicht van de lijn Tractaatweg



Twee clusters, enkele turbines vallen erbuiten



Hiaten in beide clusters

3.3. Landschappelijke beoordeling

3.3.1. *Gevolgen voor de landschappelijke opzet*

Aan het woud fabriekspijpen en andere hoog opgaande elementen in het gebied wordt in deze variant een groep windturbines toegevoegd. Daarmee zal het industriegebied Koegorspolder nog sterker dan al het geval is, van verre herkenbaar zijn.

Het totaalbeeld zal nogal rommelig zijn, omdat de turbines die deel uitmaken van de parkopstelling op onregelmatige onderlinge afstand staan, er hiaten in de opstelling zijn en omdat elk van de deelopstellingen een andere richting kent. Hiermee wordt aangesloten op het schijnbaar chaotisch patroon van andere hoog opgaande elementen in het gebied.

3.3.2. *Kwaliteit van de opstelling*

Voldoende afstand tussen diverse (deel)opstellingen

Voor alle lijnen in de Koegorspolder geldt dat de onderlinge afstand dusdanig klein is dat ze niet als afzonderlijke lijnen zullen worden gezien. Vooral voor de lijn langs de Tractaatweg wordt wat dat betreft een kans gemist.

Deze gebogen lijn is de enige in de polder die zich bevindt langs een weg waarlangs zich veel verkeer beweegt. Daarmee is het de enige lijnopstelling die door veel mensen 'gemakkelijk' als zodanig herkenbaar zou kunnen zijn en is het een opstelling die – mits goed uitgevoerd – een extra kwaliteit aan de Tractaatweg zou kunnen toevoegen.

De afstand tussen de gebogen lijn langs de Tractaatweg en de overige opstellingen in het gebied is echter klein: minimaal ca. 320 en maximaal ca. 650 meter. Op de pagina hiernaast is weergegeven welke turbines daardoor in het zicht van de lijn langs de Tractaatweg staan. Als gevolg daarvan zal de lijn op afstand moeilijk als zelfstandig element waarneembaar zijn. Voor waarnemers op de Tractaatweg, die vlak langs de lijn rijden, is de lijn wél als element herkenbaar.

Het geheel van lijnen (inclusief die aan de Tractaatweg) in de Koegorspolder zal worden beleefd als cluster. In grote delen van de Koegorspolder kunnen geen turbines worden geplaatst, waardoor de parkopstelling bestaat uit twee concentraties of groepen turbines. Logische grenzen van groep één zouden kunnen zijn: Tractaatweg – goederenspoor – Spuikreekweg. Landschappelijk logische grenzen van groep twee zouden kunnen zijn: Kruisweg - Koegorsstraat - Zijkanaal C.

De turbines nabij de Koegorsstraat (aan weerszijden van het spoor-) zorgen er echter voor dat beide groepen in elkaar overlopen. Het zijn vooral die turbines die voor onrust in het beeld zorgen, en die ervoor zorgen dat onduidelijkheid ten aanzien van de begrenzing (één cluster of twee clusters) ontstaat.

Ook de twee turbines langs de Tractaatweg, bij het kanaal, vallen buiten de genoemde grenzen.

Strakke lijnvoering

Alle lijnen waaruit het cluster is opgebouwd vertonen knikken en verschillen onderling van elkaar in richting. Van strakke lijnvoering is geen sprake.

Ontbreken van hiaten en gelijke tussenafstand in de opstelling

De onderlinge afstanden tussen de turbines in de Koegorspolder zijn verre van constant. De meeste 'waarnemers' zien de parkopstelling echter, terwijl ze zich over de Tractaatweg voortbewegen. Ook wanneer onderlinge afstanden wél continu zouden zijn, dan zou dat moeilijk (want: slechts vanuit 1 hoek) merkbaar zijn. KEMA heeft dat in een aantal visualisaties laten zien.

Op een drietal plekken kunnen 'gaten' of andere onregelmatigheden in de clusters voor waarnemers vanaf de Tractaatweg echter wél als storend worden ervaren:

- Het 'gat' in het cluster, dat ontstaat ter hoogte van de ammoniaktanks op het terrein van Hydro-Agri. Als gevolg van risicocontouren rond de tanks van Hydro-Agri kan de turbine in het verlengde van de twee langs de Spuikreekweg niet gerealiseerd worden. Deze schuift op in zuidelijke richting. Als gevolg daarvan ontbreekt het aan een heldere zuidelijke begrenzing van de noordelijke groep;
- De groep turbines nabij het Zijkanaal kent aan de zijde van de Koegorsstraat geen heldere begrenzing. In plaats daarvan verstoren twee 'zwevende' turbines aan weerszijden van spoor en Koegorsstraat het beeld;
- De turbines langs de Tractaatweg, ter hoogte van het goederenspoor, bevinden zich - als enige - westelijk van de spoorlijn. Dat kan onduidelijkheid in de beleving oproepen.

De solitaire turbine middenin het gebied tussen de Kruisweg en Zijkanaal C vertoont weinig samenhang met de lijn langs Zijkanaal C en staat 'verloren' middenop de kavel. Dat zal vooral voor waarnemers vanaf de Koegorsstraat of Kruisweg als onduidelijk kunnen worden ervaren. De afstand tot de Tractaatweg is zodanig dat dit voor waarnemers op die weg niet geldt.

Aanbeveling, aanpassing minimaal



- Cluster noord: 15 turbines
- Cluster zuid: 7 turbines

- + windturbine type 1

windturbine type 2

4. Conclusies en aanbevelingen

4.1. Conclusies

Beoordeling locatie

Het gebied Koegorspolder is zowel in functioneel als in ruimtelijk opzicht geschikt als windturbinelocatie:

- Windturbines passen bij het industrieel karakter van het gebied;
- Windturbines passen bij de grootschaligheid van het gebied;

Beoordeling opstelling

In de Koegorspolder is gekozen voor een optimale benutting van de beschikbare ruimte en daardoor een relatief groot aantal turbines. Dat leidt ertoe dat:

- de parkopstelling geen heldere grenzen kent;
- de voorgestelde lay-out het midden houdt tussen één of twee groepen turbines;

Voor de twee 'vrijstaande' turbines aan weerszijden van spoor en Koegorsstraat en het hiaat dat vanwege technische belemmeringen ontstaat ter hoogte van Hydro-Agri dragen bij aan onrust in het beeld en aan onduidelijkheid in de begrenzing van de (deel)opstellingen.

Vanwege de vele belemmeringen die in de Koegorspolder aanwezig zijn zal het totaalbeeld van de parkopstelling nogal rommelig zijn. Hiermee wordt aangesloten op het schijnbaar chaotisch patroon van andere hoog opgaande elementen in het gebied.

4.2. Aanbevelingen

Windturbines zijn objecten in het landschap die niet zonder meer geaccepteerd worden, omdat hun maat en schaal niet altijd aansluit bij het Nederlands cultuurlandschap en vanwege het feit dat ze vaak van verre zichtbaar zijn. Het verdient aanbeveling om de opstellingen zodanig te ontwikkelen dat ze de onrust in de beleving –van afstand- niet te sterk vergroten. Logica en helderheid op lokaal schaalniveau zijn echter van minstens even groot belang. Vandaar de volgende aanbevelingen:

Aanpassingen

Om een heldere scheiding te realiseren tussen de twee deelopstellingen wordt een wijziging van het windparkontwerp voorgesteld, conform de afbeelding op de nevenstaande pagina. De aanleg van een beschermende kap op de ammoniaktanks van Hydro-agri is in dit geval een voorwaarde. In dat geval kan wél een aaneengesloten lijn langs het spoor worden gerealiseerd en kan er een turbine in het verlengde van de twee aan de Spuikreekweg worden geplaatst. De Spuikreekweg vormt de zuidgrens van de noordelijke groep. Een tweede groep wordt begrensd door Kruisweg en Koegorsstraat. Bij een dergelijke lay-out kan eenzelfde aantal turbines worden gerealiseerd als in het voorkeursmodel (22). Voor de in oranje aangegeven turbine geldt dat deze alleen gerealiseerd kan worden als de bewoner van het pand participeert in de ontwikkeling van het windpark.

Mocht participatie niet realiseerbaar blijken dan kan amorveren overwogen worden.

Veranderingen geluidsnormen in de toekomst

De meest 'logische' en landschappelijk waardevolle lijn –de nieuwe Tractaatweg- kan wanneer de 37 dB(A) norm gehandhaafd wordt niet gerealiseerd worden. Mochten geluidsnormen in de toekomst veranderen, dan zou mogelijkwerijs de lijn langs de Tractaatweg wél voortgezet kunnen worden in zuidelijke richting. Daarbij moet voldoende afstand tot de overige turbines in het zuidelijk deel van de Koegorspolder in acht worden genomen. Bij een mogelijke wijziging van de geluidsnormen verdient het aanbeveling om de twee 'vrijstaande' turbines aan weerszijden van spoor en Koegorsstraat niet te realiseren en de Koegorsstraat de grens van het zuidelijk cluster te laten vormen.

Royal Haskoning
Divisie Ruimtelijke
Ontwikkeling

Catharijnesingel 41
Postbus 19009
3501 DA Utrecht
Telefoon
(030) 2308411
Telefax
(030) 2343421
e-mail zandvoort@zoa.nl

projectnummer
9M1646

opdrachtgever
Kema

projectleider
Lynke Koopal

*V02 Windpark
Koegorspolder
Landschappelijke
beoordeling*

**BIJLAGE E RAPPORTAGE NRG, RISICOANALYSE WINDPARK
 KOEGORSPOLDER**

Het onder deze bijlage toegevoegde rapport is een update/herziening van het eerder uitgebrachte rapport "Risicoanalyse Windpark Koegorspolder" van april 2001, november 2001 en maart 2002.

Vertrouwelijk

**Risicoanalyse Windpark
Koegorspolder**
Ontwerp juni 2002

Ir. J.L. Brinkman
Drs. E. van Wonderen

Arnhem, 3 juli 2002

20528.15/02.54116/C

In opdracht van KEMA KPS

auteur : Ir. J.L. Brinkman; Drs. E. van Wonderen

beoordeeld: Ir. R.W. van Otterloo

23 blz RDA/JLB/MP

goedgekeurd : Ir. R.W. van Otterloo

20528-15_02.54116_rapport.doc

© NRG 2002

Behoudens hetgeen met de opdrachtgever is overeengekomen, mag in dit rapport vervatte informatie niet aan derden worden bekendgemaakt en is NRG niet aansprakelijk voor schade door het gebruik van deze informatie.

Inhoudsopgave

Lijst van tabellen	4
Lijst van figuren	4
Samenvatting	5
1 Inleiding	7
2 Analysemodel	7
2.1 Basismodel	7
2.2 Simulatie	8
3 INVOERPARAMETERS VOOR HET MODEL	9
3.1 Windturbinegegevens	9
3.2 Gegevens terrein en windgesteldheid	9
3.3 Bladbreukfrequentie	11
3.4 Locatie turbines	11
4 ANALYSES	11
4.1 Treffrequentie	11
4.2 Individueel risico:	11
4.3 Persoonlijk risico (PR)	12
4.4 Individueel Passanten Risico (IPR)	12
4.5 Groepsrisico:	13
4.6 Maatschappelijk risico (EV):	13
4.7 De relatie tussen treffen en bezwijken	13
4.7.1 Ondergrondse leidingen	14
4.7.2 Ondergrondse kabels	14
4.7.3 Opslagtanks	14
4.7.4 Ketelwagens	14
4.7.5 Fabrieken, gasontvangststation	15
5 RESULTATEN EN BESPREKING	16
5.1 Risicocontouren	16
5.2 Trefkansen en risico's	16
5.2.1 Terrein Hydro Agri	17
5.2.2 Goederenspoorlijn	18
5.2.3 Wegen	19
5.2.4 Leidingentracé	21
6 Conclusies	22
Literatuur	23

Lijst van tabellen

tabel 1	Trefkans objecten op het terrein van Hydro Agri per afworp en per jaar; tussen haakjes staan de resultaten van vorige configuratie	16
tabel 2	Trefkans per afworp voor de goederenspoorlijn	18
tabel 3	Trefkans per afworp Tractaatweg	20
tabel 4	Trefkans per afworp Industrieweg	20
tabel 5	Maatschappelijk risico (EV) op de Tractaatweg en Industrieweg	20
tabel 6	PR op de Tractaatweg en Industrieweg	21
tabel 7	Trefkans leidingentracé per afworp en per jaar	21

Lijst van figuren

figuur 1	Windroos met relatieve windrichtingsverdeling; de meeste wind komt uit het zuidwesten tot westen	10
figuur 2	Windsnelheidsverdeling uit het zuidwesten	10
figuur 3	Locaties van de turbines met hun trefkanscontouren (binnencontour: $1 \cdot 10^{-6}$ /jaar; buitencontour $1 \cdot 10^{-8}$ /jaar); kaartcoördinaten in meters	15
figuur 4	Locatie van de verschillende objecten op het terrein van Hydro Agri.	17

Samenvatting

Doelstelling

In de Koegorspolder is een windpark voorzien. In dit rapport zijn de risico's berekend die mensen en objecten lopen door het bezwijken van bladen van de windturbines van dit park.

Analyse

Als eerste stap zijn de zogenaamde risicocontouren van de windturbine bepaald met behulp van een ballistisch model. Deze contouren verbinden punten met een gelijke trefkans met elkaar. Hierbij is onder andere rekening gehouden met de hoogte waarop de rotoras is geplaatst, de lengte van de bladen, de overheersende windrichting en de kans op bezwijken van de bladen. Op basis van deze risicocontouren en de plaats van de verschillende turbines is de trefkans en het daarmee samenhangende risico bepaald voor:

- De wegen aan de rand van het windpark, te weten de Tractaatweg en de Industrieweg
- De goederenspoorlijn
- Het gasontvangststation
- De leidingenstraat
- Door Hydro Agri aangegeven objecten:
 - Beide opslagtanks voor ammoniak
 - 2 fabrieken (Salpeterzuur 6 & 7)
 - Het opstelspoor voor ketelwagens

De resultaten zijn zo mogelijk vergeleken en getoetst aan bestaande normen of bekende risico's.

Conclusies

Personen

- 1) De VROM norm van $1 \cdot 10^{-6}$ /jaar van het individuele risico (IR) wordt bij elke turbine binnen een straal van ongeveer 130 m overschreden.
- 2) Gezien de bevolkingsdichtheid in het gebied is het groepsrisico (GR) niet aan de orde.
- 3) Bij een correctie op de risicocontouren voor niet 24 uren aanwezigheid van personen is er bij een verblijfsfractie kleiner dan 10% een aanvaardbaar risico.

Objecten

- 4) De bijdrage van het windpark aan de bezwijkkans per jaar is
 - verwaarloosbaar voor de leidingen en kabels in het leidingentracé;
 - verwaarloosbaar voor salpeterzuurfabriek 6 van Hydro Agri
 - $3,8 \cdot 10^{-6}$ per jaar (eens per 260 000 jaar) voor salpeterzuurfabriek 7 van Hydro Agri
 - nihil voor beide ammoniaktanks op het terrein van Hydro Agri
 - een factor 10 lager dan de bezwijkkans voor ketelwagens

OPMERKING: Het additionele risico ontstaan door het treffen van de ketelwagens is te voorkomen door de ketelwagens elders op het terrein op te stellen.

- $1,3 \cdot 10^{-5}$ per jaar (eens per 77 000 jaar) voor het gasontvangststation

Voor de fabrieken (Salpeterzuur 6 en 7) en het Gasontvangststation is geen vergelijking beschikbaar.

1 Inleiding

Dit is een geactualiseerde versie van het eerder uitgebrachte rapport “Risicoanalyse Windpark Koegorspolder, definitieve locaties”[1]. De in dit rapport berekende risico’s voor de beide ammoniakopslag tanks op het terrein van Hydro Agri hebben geleid tot een verplaatsing van een aantal turbines met het oogmerk deze risico’s terug te reduceren. De verplaatsing heeft geleid tot een herberekening van het risico van:

- Beide ammoniaktanks
- De salpeterzuurfabrieken 6 en 7
- Het opstel terrein voor ketelwagens

In de Koegorspolder is een windpark voorzien. In dit rapport zijn de risico’s berekend die mensen en objecten lopen door het bezwijken van bladen van de windturbines.

Als eerste stap is voor verschillende afstanden tot de turbine de kans bepaald dat een blad daar neerkomt. Hierbij is onder andere rekening gehouden met de hoogte waarop de rotoras is geplaatst, de lengte van de bladen, de overheersende windrichting en de kans op bezwijken van de bladen. Door de punten met een gelijke trefkans met elkaar te verbinden ontstaan contouren rondom de turbine met een gelijke kansdichtheid: de zogenaamde risicocontouren. Op basis van deze risicocontouren en de plaats van de verschillende turbines is de trefkans en het daarmee samenhangende risico bepaald voor:

- De wegen aan de rand van het windpark, te weten de Tractaatweg en de industrieweg
- De goederenspoorlijn
- Het gasontvangststation
- De leidingenstraat
- Door Hydro Agri aangegeven objecten:
 - Beide opslagtanks voor ammoniak
 - 2 fabrieken (Salpeterzuur 6 & 7)
 - Het opstel spoor voor ketelwagens

De resultaten zijn zo mogelijk vergeleken en getoetst aan bestaande normen of bekende risico’s.

2 Analysemodel

2.1 Basismodel

Het model dat gebruikt wordt, staat uitgebreid beschreven in [2]. De basis van het model wordt in het hierop volgende gedeelte kort toegelicht.

Een blad dat afbreekt wordt gelanceerd met een bepaalde snelheid. Deze snelheid is afhankelijk van het toerental op het moment van de breuk en de ligging van het zwaartepunt van het blad. De plaats waar het zwaartepunt van een afgebroken blad de grond treft is afhankelijk van vele parameters:

- De hoek waaronder het blad gelanceerd wordt;
- De tipsnelheid van het blad op het moment van breuk;
- De ligging van het zwaartepunt van het blad;
- De lengte van het blad;
- De hoogte van de turbine as boven het maaiveld;
- De stand van de rotoras t.o.v. de noord-zuid lijn op het moment van breuk.

Voor een model waarbij aërodynamische beïnvloeding verwaarloosd mag worden zijn bovenstaande gegevens nodig en voldoende om te berekenen waar een blad terecht zal komen.

Voor een model met luchtweerstand zijn de volgende additionele gegevens nodig:

- C_D (drag coëfficiënt) en C_L (lift coëfficiënt).
Deze C_D en C_L zijn zelf weer (niet-lineair) afhankelijk van de:
 - dichtheid lucht (functie van de hoogte)
 - aanstroomhoek van het blad
 - relatieve snelheid van het blad t.o.v. de omringende lucht
- De windsnelheid en de windrichting (beide afhankelijk van de hoogte)
(Nodig om de relatieve snelheid van het blad t.o.v. de omringende lucht te bepalen)
- De hoek die de rotoras maakt t.o.v. de windrichting (gierhoek) op het moment van breuk.
Normaal staat de turbine as gericht in dezelfde richting als de windrichting; door hysteresis, wrijving en vertragingen in de regelmechanismen treden in de praktijk (kleine) verschillen op.
- De ruwheidslengte. Deze "lengte" is een maat voor de wrijving die de stromende lucht over het aardoppervlak ondervindt tengevolge versturende elementen in het landschap als bomen, gebouwen, bergen, etc. Hoe kleiner de ruwheidslengte, des te lager de wrijving.

Het model dat in dit rapport gebruikt is, is een model dat luchtweerstand in acht neemt, maar met enkele beperkingen teneinde het geheel berekenbaar te houden. Deze beperkingen zijn:

- De gierhoek is altijd gelijk aan 0;
- De dichtheid van de lucht, de windsnelheid en de windrichting zijn onafhankelijk van de hoogte waarop het afgeworpen blad zich bevindt. De normale specificaties van windsnelheid en windrichting worden gegeven voor 10 m hoogte. Deze getallen zijn getransformeerd naar de windsnelheid en windrichting ter hoogte van de turbine-as;
- Liftkrachten kunnen verwaarloosd worden. Door de chaotische rotatie van een afgeworpen blad zal de liftkracht voortdurend van richting veranderen. Gemiddeld over de "vlucht" kan deze liftkracht op 0 gesteld worden;
- De invloeden van windvlagen worden verwaarloosd.

2.2 Simulatie

Om de trefkans te bepalen is het bovenstaande model in een simulatieprogramma ondergebracht. Hiermee wordt voor een groot aantal combinaties van de invoerparameters de inslaglocatie van een blad bepaald. De variabelen "snelheid op moment van breuk", "lanceerhoek", "windsnelheid" en "windrichting" worden in de analyse als stochastische variabelen voorgesteld elk met een eigen verdeling:

- Lanceerhoek: homogeen verdeeld tussen 0 en 2π .
- Windsnelheid, gegeven een windrichting: Weibullverdeling met parameters α en β bepaald door de ruwheidslengte van het terrein, de hoogte van de turbine-as en de geografische lengte en breedte van de locatie van de turbine.
- Windrichting, ongeacht de windsnelheid: KNMI-verdeling
- Lanceersnelheid op moment van breuk. Deze verdeling is niet bekend. Aangenomen wordt dat er twee mechanismen bepalend zijn voor het optreden van breuken:
 - Sterktebreuken, omdat de rotor in overtoeren is geraakt.
 - Vermoeiingsbreuken, dit zijn breuken die ook bij nominaal toerental op kunnen treden.

Voor de eerste categorie wordt aangenomen dat deze breuken homogeen verdeeld op kunnen treden tussen het nominale toerental en het zogenaamde vrijlooptoerental. Dit laatste toerental wordt bereikt bij verlies van koppeling met het net indien het blad voordien al niet afbreekt. Het vrijlooptoerental is afhankelijk van de windsnelheid.

Bij de tweede categorie wordt verondersteld dat de breuk plaats vindt om en nabij het nominale toerental. Verondersteld wordt verder dat de kans op een breuk in de categorie 1 gelijk is aan de kans op een breuk in de categorie 2. De risicocontouren blijken weinig gevoelig voor de keuze van deze parameter.

3 INVOERPARAMETERS VOOR HET MODEL

3.1 Windturbinegegevens

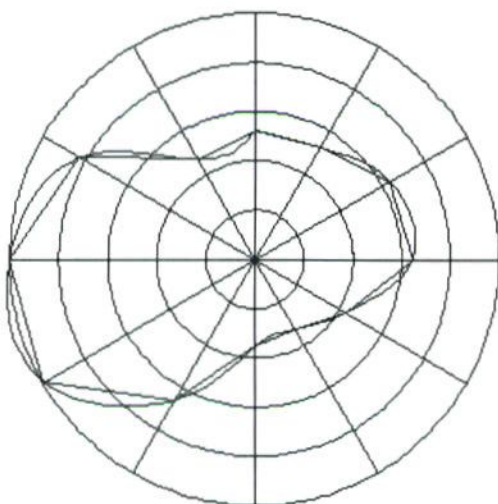
Toerental	19.2 omw/min
Aantal bladen	3
Cut in windsnelheid	3.5 m/s
Cut off windsnelheid	25 m/s
Lengte bladen	38.8 m
Straal rotornaaf	2.4 m
Zwaartepunt blad	1/3 vanaf naaf
Oppervlakte blad	85 m ²
Massa per blad	10 ton
Fractie van de tijd in bedrijf	75%
Hoogte as	85 m

3.2 Gegevens terrein en windgesteldheid

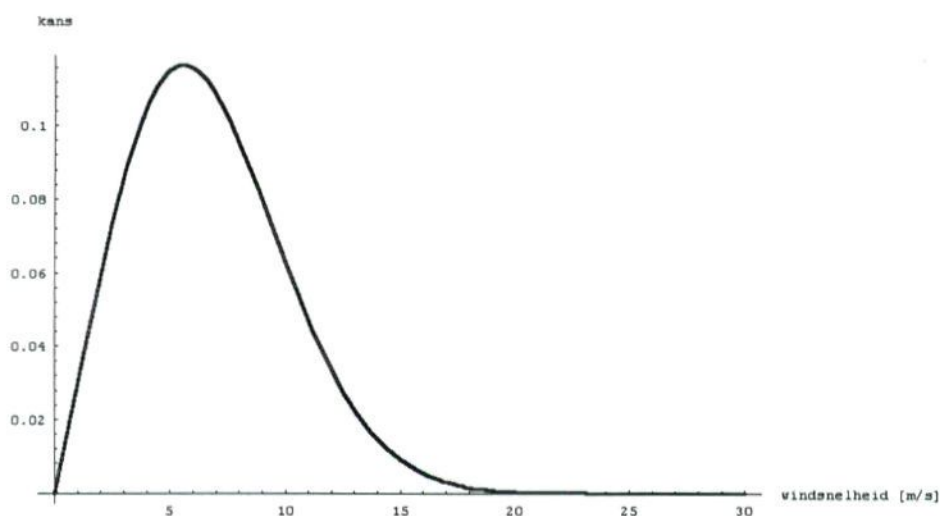
ruwheidslengte	0.03 m
windroos	zie figuur 1
windsnelheid	zie figuur 2

Gegevens voor de windroos en windsnelheden zijn ontleend aan de KNMI-gegevens van het weerstation Vlissingen. In figuur 1 is de berekende windroos opgenomen. De windsnelheden (die normaal op 10 m hoogte zijn betrokken) zijn gecorrigeerd voor de ashoogte van de windturbine. Er is rekening mee gehouden dat de windsnelheidsverdeling afhankelijk is van de windrichting. Per 30° zijn de windsnelheidsgegevens gefit op een Weibullverdeling met twee parameters. In totaal gebruikt het programma dus $360^\circ/30^\circ = 12$ verschillende Weibullverdelingen. Figuur 2 geeft de windsnelheidsverdeling in de richting waaruit de wind het meest frequent waait.

Relatieve windrichtingsverdeling



figuur 1 Windroos met relatieve windrichtingsverdeling; de meeste wind komt uit het zuidwesten tot westen



figuur 2 Windsnelheidsverdeling uit het zuidwesten

3.3 Bladbreekfrequentie

De bladbreekfrequentie bedraagt 0,00125 per jaar per turbine rekening houdend met een bedrijfsfractie van 75% [3]. Aangenomen is dat de turbine geen bladtips heeft en voorzien is van een bliksembeveiliging.

3.4 Locatie turbines

De turbinelocaties zijn aangegeven in figuur 3.

4 ANALYSES

De uitgevoerde analyses kunnen in drie groepen worden uitgesplitst:

- 1) Berekenen van de risicocontouren van de turbines;
- 2) Berekenen van de treffrequentie van een object;
- 3) Berekenen van verschillende risico's:
 - Individueel Risico (IR)
 - Persoonlijk Risico (PR)
 - Individueel Passanten Risico (IPR)
 - Groepsrisico (GR)
 - Maatschappelijk risico (EV)

De gehanteerde definities worden hieronder toegelicht.

4.1 Treffrequentie

De treffrequentie van een object is het verwachte aantal keren per jaar dat een object getroffen wordt door het blad van een turbine.

Voor een mens wordt verondersteld dat de effectieve oppervlakte die een mens beslaat 1 m² bedraagt. Voor objecten als gebouwen en opslag tanks wordt het geprojecteerde oppervlak gebruikt om de hoogte van het object te verdisconteren.

4.2 Individueel risico:

De definitie van VROM van het individueel risico, vertaald naar de context van dit rapport luidt:

Het individueel risico is gelijk aan de overlijdensfrequentie (als gevolg van een afgeworpen blad van een windturbine) van personen die zich **24 uur per etmaal** zonder enige bescherming op een coördinaat (x,y) bevinden.

Uiteraard kan iemand maar één keer overlijden, maar in dit model wordt ervan uitgegaan dat een overleden persoon steeds vervangen wordt. M.a.w. het gaat om de vierentwintig-uurs aanwezigheid van niet persé dezelfde persoon. Bovendien wordt een persoon slechts aanwezig **gedacht** op

de coördinaten (x,y) en hoeft dus niet daadwerkelijk aanwezig te zijn. M.a.w. in een natuurgebied waar nooit iemand komt bestaat toch een individueel risico. De overheid (VROM) heeft een limietwaarde van $1 \cdot 10^{-6}$ /jaar vastgesteld voor het individuele risico, die voor alle gebied geldt, waar mensen een onvrijwillig risico lopen ("Buiten de hekken van de industriële activiteit").

Deze limietwaarde voor het individueel risico ($1 \cdot 10^{-6}$ /jaar) van VROM, wordt in de context van een windturbinepark als zeer zwaar ervaren. Immers wordt voor de evaluatie van het individueel risico een 100% aanwezigheid van personen verondersteld in een gebied dat vrijwel leeg is. Het is om deze reden dat het meer reële PR en IPR geïntroduceerd zijn.

4.3 Persoonlijk risico (PR)

De zeer conservatieve aanname van de 24-uurs aanwezigheid en geen bescherming wordt verzacht in de definitie van het **persoonlijk risico**.

Het persoonlijk risico in de context van dit rapport is het individuele risico, gewogen met de fractie van de tijd (α) dat een persoon (*niet persé steeds dezelfde persoon*) op de coördinaten (x,y) aanwezig is. Door deze benadering worden de risicocontouren zoals bepaald voor het IR een factor $(1-\alpha)$ lager. De maximum waarde van α is 1, waarmee het PR gelijk wordt aan het IR. In het algemeen zal de $1 \cdot 10^{-6}$ contour dichterbij de turbine komen te liggen. De $1 \cdot 10^{-6}$ contour zal zelfs verdwijnen als het product van α en het maximale risico aan de voet van de turbine kleiner is dan $1 \cdot 10^{-6}$.

Voordeel van de benadering van het PR is dat deze direct aansluit bij de definities en presentatievorm van VROM.

Het maximaal toelaatbare PR wordt gesteld op $1 \cdot 10^{-6}$ /jaar

4.4 Individueel Passanten Risico (IPR)

Dit risico is gebaseerd op het rapport "Windturbines langs auto-, spoor- en vaarwegen" (beoordeling van veiligheidsrisico's) uitgebracht door de werkgroep Windenergie [6].

Het Individueel Passanten Risico is een risicomaat die aansluit bij de individuele beleving van de passant, namelijk de overlijdenskans per passant per jaar. Hierbij wordt de passant gevolgd gedurende zijn bezigheden in de nabijheid van het windturbinepark. IPR houdt dus rekening met de aanwezigheidsfractie van een passant; dit is de procentuele verblijfsduur in de 'gevaarlijke' omgeving gedurende een jaar. Het verschil met het persoonlijk risico is tweeledig:

- Bij het IPR gaat het om de tijdsfractie van één passant, terwijl het bij het persoonlijk risico het om de tijdsfractie van een willekeurig persoon gaat. Het PR gaat bij een weg bijvoorbeeld uit van alle auto's (passanten) die per uur passeren. Het IR beschouwt alleen het aantal maal per uur dat een specifiek persoon passeert.

- Bij het PR en het IR is het risico gekoppeld aan een coördinaat (x,y), wat in de praktijk neerkomt op 1 m². Het IPR bepaald het risico over de hele lengte van het traject langs de turbine.

Het maximaal toelaatbaar Individueel Passanten Risico wordt gesteld op $1 \cdot 10^{-6}$ /jaar.

4.5 Groepsrisico:

Dit is de overschrijdingsfrequentie (/jaar) dat een groep van 10, 100, 1000 personen tegelijkertijd overlijdt als gevolg van een industriële activiteit.

De bevolkingsdichtheid wordt hier in tegenstelling tot het individueel risico in rekening gebracht. Aanwezigheidspercentages en de mate van bescherming worden meegewogen op dezelfde wijze waarop dit bij de evaluatie van het persoonlijk risico werd toegepast.

Groepsrisico's zijn in tegenstelling tot het individueel- en het persoonlijk risico onafhankelijk van de coördinaten.

De overheid heeft normen gesteld aan het groepsrisico (VROM), welke niet mogen worden overschreden.

Deze normen luiden: de overschrijdingsfrequentie voor overlijden van een groep van 10 personen moet kleiner zijn dan $1 \cdot 10^{-5}$ /jaar, de overschrijdingsfrequentie voor overlijden van een groep van 100 personen moet kleiner zijn dan $1 \cdot 10^{-7}$ /jaar, etc.

4.6 Maatschappelijk risico (EV):

De verwachtingswaarde van het aantal doden per jaar. Dit is het product van het gemiddeld aantal doden per passage en het aantal passages per jaar

Feitelijk is het EV hetzelfde als het IPR alleen wordt nu met alle passages gerekend, in plaats van met het aantal passages van een enkel persoon. Het EV maakt dus van dezelfde frequentie gebruik als het PR. Maatschappelijk Risico (EV) = (IPR / Aantal passages per passant per jaar) x Aantal passages per jaar.

In [7] wordt afgeleid dat door VROM per industriële installatie een acceptabele risiconiveau wordt aangehouden van $2 \cdot 10^{-3}$ doden per jaar. Dus het maximaal toelaatbaar maatschappelijk risico van $2 \cdot 10^{-3}$ doden per jaar per industriële activiteit (=windturbinepark) sluit aan bij het externe veiligheidsbeleid bij VROM. Deze waarde wordt in dit rapport derhalve aangehouden ter toetsing.

4.7 De relatie tussen treffen en bezwijken

Voor de mens is het getroffen worden door een blad gelijk gesteld aan overlijden, ook wanneer de mens zich in een auto, trein, etc. bevindt.

Voor tanks, leidingen en gebouwen etc. geldt echter niet dat getroffen worden gelijk staat aan bezwijken.

4.7.1 *Ondergrondse leidingen*

Voor ondergrondse leidingen kan het volgende worden gesteld. Door de chaotische rotaties waar het blad tijdens zijn vlucht aan onderhevig is, is elke bladstand bij het neerkomen t.o.v. het maaiveld ongeveer even waarschijnlijk. Er moet (kwalitatief) aan drie voorwaarden worden voldaan om de leiding te doorboren, gegeven een treffer in de buurt van de leiding:

- De hoek die de baan van het zwaartepunt van het blad maakt met het maaiveld (ongeacht de oriëntatie van het blad) moet groter dan 20 graden zijn, anders gaat het blad glijden [2].
- De richting van de lengteas van het blad moet bij het neerkomen ongeveer gericht zijn op de middellijn van de leiding, anders schampt het blad langs de leiding.
- De energie bij het neerkomen gegeven de correcte oriëntatie moet voldoende zijn om zowel het gronddek als de leiding te doorboren.

Een realistisch kwantitatief model opstellen om de kans te bepalen dat aan bovenstaande voorwaarden wordt voldaan (en de leiding dus breekt), is niet voorhanden. Indien de kans op het optreden van elk van bovenstaande drie voorwaarden (conservatief) op 0.1 wordt gesteld, dan is een grove schatting voor de breukkans van een ondergrondse leiding, gegeven een treffer van het grondoppervlak gelijk aan 0,001.

4.7.2 *Ondergrondse kabels*

Ondergrondse kabels zijn kwetsbaarder dan leidingen. De eerste voorwaarde en deels de derde (doorboren gronddek) die gelden voor leidingen zijn ook van toepassing op kabels. Aangenomen wordt dat raken van de kabel betekent dat de kabel elektrisch gezien faalt. Een conservatieve schatting van de kans op falen gegeven het neerkomen van het blad op het tracé is 0,05.

4.7.3 *Opslagtanks*

De ammoniaktanks zijn voorzien van een betonmantel van 30 cm. De kans dat een betonmantel van 30 cm doorboord wordt door een volledig blad is zeer klein. Vervolgens moet de stalen wand van 20 mm nog doorboord worden.

Neemt men bovendien mee dat het blad is gemaakt van kunststof, dat makkelijk versplintert bij inslag dan is een doorboringskans van de tank van 0,001 zeker conservatief.

Voor het onbeschermd dubbelwandige dak van 16 mm kan een kans van 0,1 aangehouden worden.

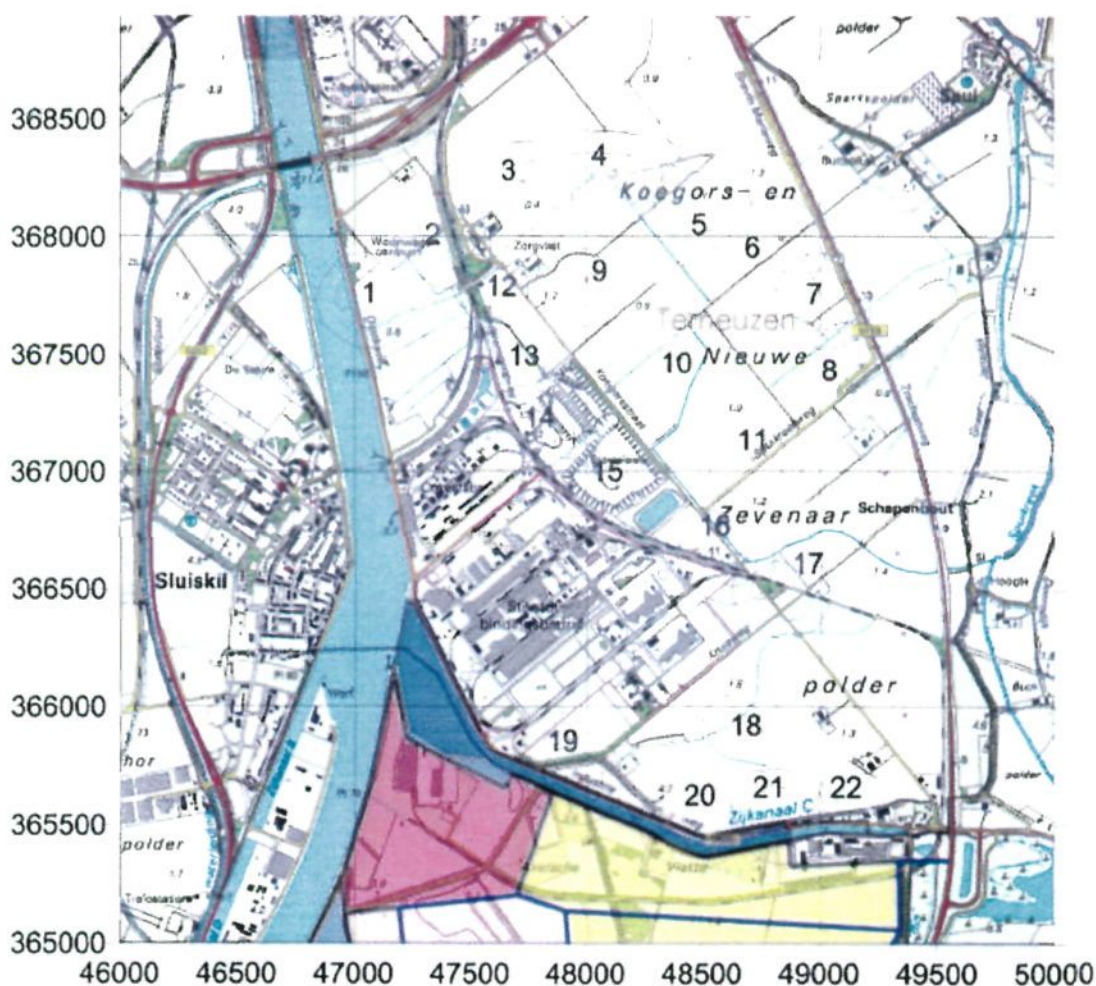
4.7.4 *Ketelwagens*

Ketelwagens voor het transport van gasen onder druk zijn gemaakt van 18 mm plaatstaal. Aan dit staal zijn speciale eisen gesteld ten aanzien van de maximale rekgrens en treksterkte en de

minimale rek bij breuk. Dit om te bevorderen dat bij een inslag op de ketel wel vervorming optreedt maar geen (explosieve) breuk. Zonder verdere analyse is echter moeilijk aan te geven of een ketelwagen een inslag zal kunnen weerstaan. Als conservatief uitgangspunt wordt aan genomen dat treffen gelijk staat aan bezwijken.

4.7.5 Fabrieken, gasontvangststation

Omdat een fabriek bestaat uit van alles en nog wat en deels beschermd wordt door het stalen statief is het moeilijk aan te geven wat de doorboringskans is. Als conservatief uitgangspunt wordt aan genomen dat treffen gelijk staat aan bezwijken.



figuur 3 Locaties van de turbines met hun trefkanscontouren (binnencontour: $1 \cdot 10^{-6}$ /jaar; buitencontour $1 \cdot 10^{-8}$ /jaar); kaartcoördinaten in meters

5 RESULTATEN EN BESPREKING

5.1 Risicocontouren

De individuele risico's die worden aangetroffen vormen een continuüm. Voor de risico-evaluatie wordt dit continuüm teruggebracht tot een tweetal discrete waarden: de $1 \cdot 10^{-6}$ /jaar contour, de grenswaarde voor het IR volgens VROM en de $1 \cdot 10^{-8}$ /jaar contour, de "verwaarlozingsgrens" van VROM.

In figuur 3 zijn deze risicocontouren voor alle beschouwde turbines met een risico van $1 \cdot 10^{-6}$ /jaar en $1 \cdot 10^{-8}$ /jaar ingetekend op de kaart van het gebied.

De individuele risicolimiet van $1 \cdot 10^{-6}$ /jaar wordt binnen een straal van ca. 130 m rond de turbinevoet van elk van de turbines overschreden (zie figuur 3). Het maximale individuele risico wordt aangetroffen aan de voet van de turbine en bedraagt $8,5 \cdot 10^{-6}$ /jaar.

De $1 \cdot 10^{-8}$ -contour heeft een straal van ongeveer 200 m.

De verste worp die in 100 000 simulaties is opgetreden bedraagt bijna 250 m. Hoewel een verder worp niet is uit te sluiten is de kans daarop erg klein.

De bevolkingsdichtheid in het gebied is vrijwel gelijk aan nul, daarmee is het groepsrisico (GR) verwaarloosbaar.

5.2 Trefkansen en risico's

Op basis van de ligging van de verschillende risicocontouren is bepaald welke turbines in de trefkansanalyse van de verschillende objecten betrokken moeten worden. Ten opzichte van de vorige analyse zijn de turbines 15 en 16 verplaatst. Ter vergelijking zijn de oorspronkelijke kansen tussen haakjes weergegeven.

tabel 1 Trefkans objecten op het terrein van Hydro Agri per afworp en per jaar; tussen haakjes staan de resultaten van vorige configuratie

Object	Turbine	Trefkans [%/afworp]	Trefkans [-/jaar]	Bezwijkkans [-/jaar]
Ammoniaktank 1, totaal	15	0 (0,80)	0 ($1,0 \cdot 10^{-5}$)	0 ($1 \cdot 10^{-8}$)
Idem, dak	15	0 (0,05)	0 ($6,3 \cdot 10^{-7}$)	0 ($6,3 \cdot 10^{-8}$)
Ammoniaktank 2, totaal	16	0 (0,50)	0 ($6,3 \cdot 10^{-8}$)	0 ($6,3 \cdot 10^{-9}$)
Idem dak	16	0 (0,03)	0 ($3,8 \cdot 10^{-7}$)	0 ($3,8 \cdot 10^{-8}$)
Opstelsporen ketelwagens	15	0,04 (4,2)	$5,0 \cdot 10^{-7}$ ($5,3 \cdot 10^{-5}$)	$5,0 \cdot 10^{-7}$ ($5,3 \cdot 10^{-5}$)
Fabriek Salpeterzuur 6	15	0 (0,1)	0 ($1,4 \cdot 10^{-6}$)	0 ($1,4 \cdot 10^{-6}$)
Fabriek Salpeterzuur 7	15	0,3 (0,1)	$3,8 \cdot 10^{-6}$ ($1,4 \cdot 10^{-6}$)	$3,8 \cdot 10^{-6}$ ($1,4 \cdot 10^{-6}$)
Gasontvangstation	17	1,0	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$

5.2.1 Terrein Hydro Agri

De objecten waarvan de trefkans en het risico's is bepaald staan in figuur 4. In tabel 1 wordt de trefkans aangegeven voor de verschillende objecten, gegeven een afworp van een blad van de aangegeven turbine. Daarnaast wordt de totale trefkans per jaar gegeven. Tabel 1 geeft ook de bezwijkkans. Deze is gebaseerd op de overwegingen in §4.7.

Uit de tabel blijkt dat het risico voor beide ammoniaktanks nihil is. Dit blijkt ook al uit figuur 4, waar duidelijk te zien dat de tanks ver buiten de 10^{-8} -contour liggen.



figuur 4 Locatie van de verschillende objecten op het terrein van Hydro Agri.

Bron [4] levert voor ketelwagens een bezwijkkans van $5 \cdot 10^{-7}$ /jaar. Op de opstelsporen staan gemiddeld 10 wagens zodat de kans op het bezwijken van willekeurige ketelwagen op het terrein $5 \cdot 10^{-6}$ /jaar is. Deze kans is een factor 10 hoger dan de additionele kans als gevolg van de geplaatste turbine.

Het additionele risico voor Salpeterzuurfabriek 6 is nihil. Salpeterzuurfabriek 7 heeft een trefkans van $3,8 \cdot 10^{-6}$ per jaar. Het gasontvangstation heeft een trefkans van $1,3 \cdot 10^{-5}$ /jaar. Of er vervolgens sprake is van een gevaarlijke situatie (bezwijken procesvat of van een gasstraat etc.) is niet geanalyseerd, maar zal ongetwijfeld nog weer een orde van grootte (of meer) lager liggen dan de trefkans.

5.2.2 Goederenspoorlijn

A TREFKANS SPOORLIJN EN TREIN

De spoorlijn kan worden geraakt door een afgeworpen blad van de turbines vermeld in tabel 2.

De trefkans is niet voor iedere molen afzonderlijk bepaald. De trefkans als gevolg van de turbines 2 en 12 tot en met 16 zijn gelijkgesteld aan de trefkans van turbine 16. Dit is gebaseerd op de grote mate van overeenstemming van de geometrie (de molens staan op vergelijkbare afstand van het spoor). De totale trefkans per jaar van de spoorlijn wordt nu de kans op treffen maal de kans van een afworp:

$$P_{\text{spoor}} = 202\% \cdot (1/800) = 2,5 \cdot 10^{-3} / \text{jaar}$$

tabel 2 Trefkans per afworp voor de goederenspoorlijn

Turbine	Trefkans [-/afworp]
2	28%
12	28%
13	28%
14	28%
15	28%
16	28%
17	34%

Dit is de kans over het hele traject van ongeveer 3,5 km. Bij een treinlengte van 100 m wordt gemiddeld ongeveer 3% van het spoor bezet. Het aantal treinen bedraagt y per dag. Bij een trajectlengte van ongeveer 3,5 km en een gemiddelde snelheid van 10 km/uur is de aanwezigheidsduur van de trein op het traject 0,35 uur (21 minuten). De tijdsfractie dat een trein aanwezigheid is dus $(0,35 \cdot y) / (24) = y \cdot 0,015$. Hierin is y het aantal treinen dat per dag passeert. De kans dat een trein wordt geraakt bedraagt dus:

$$P_{\text{trein}} = 0,03 \cdot y \cdot 0,015 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} / \text{jaar} = y \cdot 1,15 \cdot 10^{-6} / \text{jaar}.$$

B RISICO'S

Voor het treinpersoneel (machinist en rangeerder) zijn het IPR en het PR bepaald. Het IPR is een factor 100 kleiner dan de kans dat de trein geraakt wordt. Dit komt omdat het IPR uitgaat van een persoon (met een oppervlak van 1 bij 1 meter) in plaats van een 100m lange trein. Het maatschappelijk risico is tweemaal zo groot als het IPR omdat slecht twee personen per trein aanwezig zijn:

$$\text{IPR: } y \cdot 1,15 \cdot 10^{-8} / \text{jaar}$$

$$\text{EV: } y \cdot 2 \cdot 1,15 \cdot 10^{-8} / \text{jaar}$$

6 Conclusies

Personen

- 1) De VROM norm van $1 \cdot 10^{-6}$ /jaar van het IR wordt bij elke turbine binnen een straal van ongeveer 130 m overschreden.
- 2) Het maximale risico aan de voet van de turbine bedraagt $8,5 \cdot 10^{-6}$ /jaar
- 3) Gezien de bevolkingsdichtheid in het gebied is het groepsrisico (GR) niet aan de orde.
- 4) Bij een correctie op de risicocontouren voor niet 24 uren aanwezigheid van personen is er bij een verblijfsfractie kleiner dan 10% een aanvaardbaar risico
- 5) De risico's op de Tractaatweg, de Industrieweg en de goederenspoorlijn waarin rekening wordt gehouden met niet 24-uren aanwezigheid (PR, IPR en EV) voldoen ruimschoots aan de gestelde eisen.

Objecten

- 5) De bijdrage van het windpark aan de bezwijkkans per jaar is
 - verwaarloosbaar voor de leidingen en kabels in het leidingentracé;
 - verwaarloosbaar voor salpeterzuurfabriek 6 van Hydro Agri
 - $3,8 \cdot 10^{-6}$ per jaar (eens per 260 000 jaar) voor salpeterzuurfabriek 7 van Hydro Agri
 - nihil voor beide ammoniaktanks op het terrein van Hydro Agri
 - een factor 10 lager dan de bezwijkkans voor ketelwagens

OPMERKING: Het additionele risico ontstaan door het treffen van de ketelwagens is te voorkomen door de ketelwagens elders op het terrein op te stellen.

 - $1,3 \cdot 10^{-5}$ per jaar (eens per 77 000 jaar) voor het gasontvangststation

Voor de fabrieken (Salpeterzuur 6 en 7) en het Gasontvangststation is geen vergelijking beschikbaar.

Literatuur

- [1] Brinkman, J.L., Van Wonderen E.L.M.J., Risicoanalyse Windpark Koegorspolder, definitieve locaties", 910558/01.54174/C, NRG, 2 november 2001
- [2] Van Zadel, A., Onderzoek betreffende de kwantificering van de risico's van windturbines, 40760-NUC 94-4350, KEMA, 1994
- [3] Failure of Danish Wind Turbines, Energy & Miljodata, 1998
- [4] Handleiding voor het opstellen en beoordelen van een Extern Veiligheidsrapport (EVR), IPO, 1994
- [5] Elektriciteitsdistributienetten, EnergieNed, 1996
- [6] De Joode, P.H., Onnink, S., Van den Horn, B.A., Windturbines langs auto-, spoor- en vaarwegen, VRWP-R-990004, RWS, 1999
- [7] Van Hengel, W., Windturbineparken, Veiligheidsfilosofie, WBR-R-97009, RWS, 1997