

DE INVLOED VAN HET LANGS DE EEMMEERDIJK GEPROJECTEERDE WINDTURBINEPARK  
OP DE VERKEERSVEILIGHEID

Een advies uitgebracht aan de NV PGEM Energiemaatschappij voor Gelderland  
en Flevoland.

R-90-57

Dr. ir. D.A. Schreuder

Leidschendam, 1990

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV



## INHOUD

### Voorwoord

1. Inleiding
2. Hinder en gevaar voor het verkeer
3. Geluid
  - 3.1. Het geluidsniveau
  - 3.2. Verwarring met signalen
  - 3.3. Fietzers
4. Wind en windhinder
5. Lichteffecten
  - 5.1. Lichtflitsen
  - 5.2. Schaduwen
  - 5.3. Verblinding
  - 5.4. Verwarring met lichtsignalen
6. Afleiden van de aandacht
7. Schrikreacties
8. IJs
9. Nadere studie
10. Conclusies

### Literatuur

## VOORWOORD

Op 5 november 1990 heeft de NV PGEM Energiemaatschappij voor Gelderland en Flevoland de SWOV opdracht gegeven een advies uit te brengen over de mogelijke consequenties voor de verkeersveiligheid van het plaatsen en bedienen van een windturbinepark op de dijk van de Flevopolder bij de Stichtse Brug (Briefnummer M&C/MAJK/WG1/166; OZ-nummer: 69.780).

De onderhavige nota bevat dit advies. Het advies is vrijwel uitsluitend gebaseerd op de kennis die bij de SWOV direct voorhanden is. In het rapport wordt op een aantal plaatsen verwezen naar relevante SWOV-rapporten. Ook wordt ter adstructie op een aantal plaatsen naar de nota verwezen die door de PGEM over het betreffende turbinepark is opgesteld.

De omvang van de opdracht, alsmede de korte voor het uitbrengen van het advies beschikbare tijd, maakt het uitvoeren van experimenteel onderzoek onmogelijk. Ook het bestuderen van de literatuur, en het opdoen van praktijkervaring bij vergelijkbare installaties van windturbines in Nederland of in het buitenland bleken niet of nauwelijks mogelijk te zijn binnen het kader van de opdracht. In vrijwel alle opzichten blijkt de bij de SWOV beschikbare kennis afdoende om een definitief advies uit te brengen; betreffende sommige detailvragen is echter enige nadere studie gewenst.

## 1. INLEIDING

In het kader van vermindering van gebruik van fossiele brandstoffen, van vermindering van schadelijke uitstoot en van de diversificatie van energiebronnen heeft de Rijksoverheid als beleidsvoornemen gesteld dat voor het jaar 2000 in Nederland ca. 1000 MW aan windenergie zal worden gerealiseerd. In dat kader heeft de NV PGEM Energiemaatschappij voor Gelderland en Flevoland een plan opgesteld voor een windturbinepark van 15 à 20 MW te situeren langs de Eem- en Gooimeerdijk in de gemeenten Zeewolde en Almere, nabij de Stichtse Brug. Het gaat om ca. 30 turbines met elk 500 kW vermogen, te plaatsen over een lengte van ca. 5 km in de kwelstrook direct achter de dijk van het Eemmeer. De turbines bestaan uit een tweebladige rotor van ca. 33 m diameter, draaibaar gemonteerd op een mast van ca. 44 m hoog.

Details zijn te vinden in de door PGEM opgestelde nota getiteld "PGEM - Windturbinepark Stichtse Brug", d.d. 21 september 1990 (PGEM, 1990). In deze uitgebreide en gedetailleerde nota zijn allerlei aspecten aangesneden (ook de verkeersveiligheid). Uitspraken worden niet gedaan, maar de suggestie is dat de mogelijke consequenties voor de verkeersveiligheid van het plaatsen en bedienen van een windturbinepark op de dijk van de Flevopolder wel mee zullen vallen. Het onderhavige advies betreft een nadere onderbouwing van deze suggestie.

## 2. HINDER EN GEVAAR VOOR HET VERKEER

Op basis van de kennis en de ervaring die bij de SWOV aanwezig zijn, kan een aantal aspecten worden aangegeven waarbij het verkeer invloed kan ondervinden van de aanwezigheid en het bedienen van dergelijke windturbines. De inventarisatie van de aspecten is gebaseerd op deze bij de SWOV aanwezige kennis. Deze kennis is aangevuld met de gegevens die verschaft zijn in de eerder genoemde nota van de PGEM. Samengevat gaat het om de volgende punten:

1. geluid; lawaai; verwarring met relevante (geluids)signalen;
2. windhinder; luchtturbulentie; verlies aan mogelijkheden voor koershouden; verlies aan stabiliteit;
3. lichtflitsen; verblinding; schaduwen; verwarring met relevante (licht)signalen;
4. afleiden van de aandacht; verwarren met andere zaken die relevant zijn voor het verkeer;
5. schrikreacties.

Daarbij dient te worden bedacht dat er een aantal wegen van verschillend belang op verschillende afstanden van het park liggen. De invloed kan dus mogelijkwijs voor de verschillende wegen ook verschillend zijn. Het gaat in eerste instantie om de Stichtse Brug met haar op- en afritten enerzijds en de weg over de dijk van het Eemmeer anderzijds. De Stichtse Brug is een verbinding van meer dan lokaal belang, waarlangs een aanzienlijke hoeveelheid verkeer - ook sluipverkeer - van en naar Almere wordt afgewikkeld. Het is te verwachten dat een niet onaanzienlijk deel van dit verkeer "nieuw" is, d.w.z. dat de verkeersdeelnemers niet of nauwelijks aan de aanwezigheid van het windturbinepark gewend zijn. De Eemmeerdijk is van zuiver lokaal belang; het verkeersaanbod is navenant gering. Op deze weg komt relatief veel woon-werkverkeer van mensen in de buurt voor - voor een deel fietsers en bromfietzers - waarvan men mag verwachten dat ze geheel aan de aanwezigheid van het turbinepark zijn gewend.

Ook is te verwachten dat de lichtgesteldheid van belang kan zijn; de situatie dient zowel bij dag als bij duisternis te worden bekeken.

Van deze aspecten die invloed kunnen hebben is er een aantal dat mogelijkwijze invloed kan hebben op de veiligheid van dit verkeer. Daarbij

dient aandacht te worden besteed aan de reeds genoemde factoren van ligging van de weg en van de lichtgesteldheid, terwijl met name bij het beoordelen van de eventuele invloed van lawaai en van windturbulentie aandacht dient te worden besteed aan tweewielers.

Soms worden afbrekende en rondvliegende rotorbladen als een mogelijk gevaar genoemd voor mensen die zich dicht bij de turbines bevinden (daaronder begrepen de weggebruikers/verkeersdeelnemers). Dit punt zal hier buiten beschouwing blijven omdat mag worden aangenomen dat bij het mechanische en structurele ontwerp van de turbines met dergelijke mogelijke risico's rekening is gehouden.

Ook ijs dat zich op de rotorbladen kan vormen, kan afbreken en een gevaar vormen. De omwonenden lopen weinig risico omdat er geen huizen nabij de turbines staan. Verkeersdeelnemers en andere passanten lopen echter wel een gevaar. Omdat dit gevaar verre van denkbeeldig lijkt te zijn, is het in het onderhavige advies opgenomen.

Het onderhavige advies is opgesteld aan de hand van de hierboven genoemde punten.

### 3. GELUID

Bij dit punt is een aantal mogelijke bronnen voor risico voor de verkeersdeelnemers gesignaleerd. Er zij op gewezen dat de effecten van mogelijke "schrikreacties" ten gevolge van geluid en lawaai apart worden besproken; zie par. 7.

#### 3.1. Het geluidsniveau

Windturbines kunnen een aanzienlijk algemeen geluidsniveau produceren, waarover - voor mensen dichtbij - een pulserend geluid wordt gesuperponeerd afkomstig van de wieken zelf. Het geluid van de installatie hangt sterk af van de windsterkte, die op haar beurt het algemene geluidsniveau sterk beïnvloedt. Het gaat hierbij - zoals bij de meeste van de in dit advies aan te snijden punten - wat betreft de verkeersveiligheid om het verschil tussen de situaties met en die zonder de windturbine-installatie. Uitgangspunt van het ontwerp (mechanisch en aerodynamisch) is dat voor omwonenden het geluidsniveau ruim onder de wettelijk toegelaten maxima blijft. Dit betekent dat verkeer op de Stichtse Brug geen enkele invloed van het geluid kan ondervinden. Voorts kan men op grond daarvan aannemen dat het geluid van de installatie voor inzittenden van auto's en bestuurders van motoren en bromfietsen geen hinder zal opleveren, omdat het geluid waarschijnlijk niet of nauwelijks te horen zal zijn. Voor fietsers en voetgangers zal het geluid van de installatie waarschijnlijk duidelijk te horen zijn, en eveneens duidelijk boven het achtergrondniveau uit kunnen komen. Gevaar voor de verkeersveiligheid is echter door het geluidsniveau zelf uiterst onwaarschijnlijk te achten, vooral omdat men te maken heeft met mensen waarvan men mag verwachten dat zij de situatie goed kennen.

#### 3.2. Verwarring met signalen

Wanneer het geluid van de installatie nauwelijks waarneembaar is, zoals geschetst voor inzittenden van auto's en bestuurders van motoren en bromfietsen, is verwarring met en/of maskering van andere (relevante) geluidsignalen uiterst onwaarschijnlijk. Ter ondersteuning van deze overwegingen kan worden gewezen op het feit dat hulpverleningsvoertuigen - naast zwaailichten en/of knipperlichten - geluidssignalen voeren, die bedoeld zijn en ontworpen zijn om een maximale mate van aandacht te trekken (Oei, 1986).

De praktijk leert echter dat zelfs de sirenes, hoorns of bellen van hulpverleningsvoertuigen vaak niet voldoende opvallen om de andere weggebruikers te bereiken. Dit blijkt uit het grote aantal ongevallen dat plaats vindt met hulpverleningsvoertuigen, ook al zijn de signalen in werking. "Circa 40% van de ongevallen gebeurden terwijl het hulpverleningsvoertuig signalen voerde" (Oei, 1988, blz. 8).

### 3.3. Fietsers

Anders kan het zijn voor fietsers. Voor fietsers is er echter wel sprake van mogelijke risico's; te denken valt aan het overstemmen van claxon-signalen door het geluid van de windturbines. Het is moeilijk om een schatting te maken van dit (extra) gevaar. Onderzoek is nauwelijks gedaan. Een poging om de invloed van het dragen van "walkmans" in het verkeer (met name als fietser en als voetganger) te bepalen, heeft geen onderzoekresultaten of andere bruikbare gegevens opgeleverd. Ook over de (extra) risico's van slechthorenden in het verkeer is weinig bekend. Op basis van wat er momenteel bekend is, mag worden aangenomen dat het (extra) gevaar ten gevolge van de aanwezigheid van windturbines slechts gering is. Een nadere studie kan wenselijk zijn om deze aanname nog wat verder te onderbouwen. Een dergelijke studie kan beperkt blijven het kritisch bekijken van de situatie bij een bestaand windturbinepark, eventueel aangevuld met een globaal overzicht van de beschikbare literatuur. Theoretische of experimentele studies lijken niet nodig te zijn. Zie verder Hoofdstuk 9.

#### 4. WIND EN WINDHINDER

Wind en windhinder zijn belangrijke aspecten van de verkeersveiligheid. Op dit gebied is vrij veel onderzoek uitgevoerd dat een zekere relevantie heeft voor het onderhavige onderwerp. Het onderzoek betrof zaken als de zijwindgevoeligheid van caravancombinaties en bromfietzers, waarbij speciale aandacht is besteed aan rukwinden en aan de invloed van (passerende of gepasseerde) vrachtauto's. Over dit onderwerp zijn een aantal SWOV-rapporten gepubliceerd, die op hun beurt weer toegang verschaffen tot de algemene literatuur (Wouters & Mooyman, 1980; Wouters, 1982, 1983).

Het onderzoek heeft in algemene termen geleid tot het inzicht dat alle voertuigen hinder van wind kunnen ondervinden, maar dat de soort van de hinder en het gevaar dat ermee gepaard kan gaan, aanzienlijk kan schelen voor verschillende voertuigtypen. Bij vier- of meerwielige voertuigen gaat het in de eerste plaats om het koershouden. Zijwind, en meer in het bijzonder rukwinden van opzij, kunnen tot aanzienlijke afwijkingen in de koers van het voertuig leiden. Het voertuig kan van de rijstrook of zelfs van de weg af raken, en in botsing komen met andere voertuigen (weggebruikers) of met vaste voorwerpen. De praktijk leert dat dit alleen gevaar oplevert bij hetzij extreem zware storm, of bij onverwachte rukwinden, zoals die kunnen optreden bij het passeren van een vrachtauto. Bij gelede voertuigen kunnen extra complicaties optreden doordat de trekker en de aanhangwagen ieder op een verschillende wijze afwijken van de koers; dit is vooral van belang bij lichte trekkers en hoge aanhangers met een grote windvang; vooral caravancombinaties zijn extra gevoelig (Tromp, 1987). Voor tweewielers gaat het daarentegen vooral om de stabiliteit (Wouters, 1980). Vooral bij fietsen kan dit een gevaar opleveren omdat bij sterke wind (zeker bij sterke tegenwind) de voorwaartse snelheid gering kan worden, een factor die op zich reeds tot vermindering van stabiliteit kan leiden. Ook bij fietsen kan het gebrek aan stabiliteit leiden tot het van de weg raken, zodat aanrijdingen met (door) auto's tot de mogelijkheden behoren. Maar ook kunnen de berijders door verstoringen van de stabiliteit ten val komen.

Bedacht moet worden dat luchtstromen van enige importantie in sterke mate door het aardoppervlak worden beïnvloed. Reeds "matige" wind is vlak bij de grond nooit laminair maar steeds in meerdere of mindere mate turbulent,

hetgeen zich uit in vlagen en/of rukwinden. Het is precies om de luchtlagen waarin deze turbulentie overheerst, te vermijden dat molens (en ook de onderhavige windturbines) op een hoge constructie worden geplaatst.

De windturbines beïnvloeden uiteraard in sterke mate de passerende luchtstroom; anders zou de gewenste energie-overdracht van de luchtstroom naar de turbine niet kunnen plaats vinden. Deze beïnvloeding uit zich in een zone van (extra) turbulentie (een "zog") aan de lijzijde van de turbine. Dit zog strekt zich over een aanzienlijke lengte uit. Omdat het zog dwars op de windrichting zowel hoger als breder wordt door de dissipatie van de energie die in de turbulenties ("eddies") aanwezig is, wordt de invloed op grotere afstand geringer. Over de totale lengte van het zog staan momenteel geen gegevens ter beschikking, maar het mag als zeker worden gesteld dat het verkeer op de Stichtse Brug op geen enkele wijze kan worden beïnvloed door de turbines op de Eemmeerdiijk.

Voor verkeer op de Eemmeerdiijk is de situatie minder duidelijk. Bij zuidelijke wind kunnen geen problemen optreden, omdat het verkeer de turbines aan de loefzijde passeert. Bij afluandige (noordelijke) wind passeert het verkeer de turbines aan de lijzijde, de zijde waar het zog ontstaat. Voor het verkeer op de Eemmeerdiijk zijn geen problemen te verwachten, omdat de afstand tussen het verkeer en de turbines vrij gering (afhankelijk van de locatie van de turbines in de kwelstrook niet meer dan tien à twintig meter) is, en bovendien de onderzijde van de wieken zich op hun laagste punt nog twintig meter of meer boven het wegdek bevinden. Dit betekent dat zelfs bij afluandige (noordelijke) wind de weg onder het gebied met de hoogste turbulentie van het zog ligt, maar dat het zog waarschijnlijk geheel "over" de weggebruikers heen zal gaan. Het is mogelijk om deze verwachting nog iets nader te onderbouwen door enige nadere studie. Deze studie kan beperkt blijven tot een globaal overzicht van de literatuur en het kritisch bekijken van de situatie bij een bestaand windturbinepark. Theoretische of experimentele studies lijken niet nodig te zijn. Zie verder Hoofdstuk 9.

## 5. LICHTEFFECTEN

Bewegende voorwerpen, en meer in het bijzonder periodiek bewegende voorwerpen, kunnen een bepaalde invloed hebben op het visuele systeem; deze invloed kan vrij vaak tot hinder leiden, en soms ook tot gevaarlijke situaties. Van belang zijn daarbij de lichtflitsen en de schaduwen; verblinding kan optreden zowel in dynamische als in statische gevallen, terwijl tenslotte verwarring met relevante (licht)signalen vermeld moet worden.

### 5.1. Lichtflitsen

Periodieke lichtflitsen kunnen zeer storend zijn; in extreme gevallen kunnen ze soms leiden tot epileptische aanvallen. Op dit terrein is zeer veel onderzoek gedaan. Een aanzienlijk deel van dit onderzoek is gericht op toepassingen bij de verlichting van tunnels voor het verkeer, waar dicht opeen gemonteerde lampen bij het doorrijden periodieke lichteffecten kunnen doen ontstaan. Men spreekt wel van het "flickereffect". Het oorspronkelijke onderzoek is uitgevoerd door Schreuder (1964). Uit dat onderzoek blijkt dat de hinder van flickereffecten afhangt van de steilheid van de verlichtingskromme (plotseling aanflitsend licht stoort meer dan geleidelijk aangroeiend licht), de modulatie diepte (licht dat zeer helder is ten opzichte van de achtergrond stoort meer dan licht dat weinig van de achtergrond afwijkt), de licht/donkerverhouding (korte flitsen en lange donkerperiodes storen meer dan lange flitsen en korte donkerperiodes) en van de verhouding tussen het tijdgemiddelde van de luminantie en de adaptietoestand (helder licht stoort meer dan zwak licht). De belangrijkste factor is echter de frequentie. Het blijkt dat bij 8 à 9 Hz de hinder maximaal is, en dat bij frequenties onder ca. 2,5 Hz en boven 16 à 18 Hz nauwelijks hinder optreedt, onafhankelijk van de andere genoemde invloedfactoren. Aanvullend onderzoek heeft uitgewezen dat het gevaar voor epileptische aanvallen, ook bij epileptici, bij lichtflitsen zeer gering is. De berichten dienaangaande lijken over het algemeen nogal overdreven te zijn (Schreuder, 1981).

Bij het ontwerp van de turbines wordt uitgegaan van een maximale omwentelingssnelheid van ca. 45 omw/min. Bij een tweebladige turbine leidt dit tot een maximale frequentie van lichteffecten van 1,5 Hz. Deze frequentie ligt dus duidelijk buiten het gebied waar hinder kan optreden, en dus

zeker buiten de "gevaarzone". Alleen al om deze reden is geen gevaar afkomstig van de windturbines voor het wegverkeer te duchten.

Lichtflitsen kunnen bij de onderhavige windturbines alleen optreden ten gevolge van gereflecteerd licht. Overdag komt alleen de zon als eventuele lichtbron in aanmerking; bij duisternis zouden in extreme gevallen de spiegelingen afkomstig van autokoplampen tot lichtflitsen aanleiding kunnen geven. Daartoe zouden de koplampen wel heel erg hoog moeten zijn afgesteld om de turbines te kunnen aanstralen. Bij een grotere afstand (bijvoorbeeld van de Stichtse Brug af gezien) zijn zelfs bij zeer sterk spiegelende oppervlakken de lichteffecten waarschijnlijk in het geheel niet waar te nemen.

De intensiteit van het weerspiegelde licht hangt uiteraard in sterke mate af van de reflectiefactor (meer specifiek de factor van spiegelende reflectie) van het oppervlak van de wieken. Het is gebruikelijk om, onder meer vanwege landschappelijke overwegingen, de wieken van grote windturbines van een niet-reflecterende coating te voorzien. Te verwachten is dat de hier gesignaleerde spiegelingen en de daaruit resulterende lichtflitsen daarmee tot acceptabele waarden zijn terug te brengen. De vraag blijft open of een mat oppervlak mogelijk bezwaren kan opleveren uit overwegingen van aerodynamica of van vuilaanhechting.

Aangezien ook een niet-reflecterende coating nog een zekere spiegelende reflectie kan vertonen, lijkt het verstandig om hier de betreffende aspecten in het kort de revue te laten passeren, ook al is het onwaarschijnlijk dat er van problemen sprake kan zijn (met uitzondering van de eventuele schaduwen).

Als gevarenbron lijken lichtflitsen voor de onderhavige windturbines verwaarloosbaar te zijn. Voor de Stichtse Brug is de afstand zodanig groot dat de turbines nauwelijks boven de horizon uitsteken. Zelfs wanneer de wieken sterk spiegelend zijn, zijn de resulterende lichtflitsen zo zwak dat ze geen storing, en dus zeker geen gevaar op kunnen leveren. Bij duisternis treden, zoals hierboven reeds is aangegeven, zeker geen lichtflitsen op. Ook voor verkeer op de Eemmeerdiijk is gevaar nauwelijks te duchten, omdat de weggebruikers daarvoor te snel passeren. Wel is te verwachten dat de lichtflitsen, ook bij een coating die de spiegelende reflectie

reduceert, waarneembaar zullen zijn. Van gevaar lijkt echter geen sprake te kunnen zijn. Indien gewenst kan deze uitspraak nog wat verder worden onderbouwd door enige aanvullende studie. Deze studie kan beperkt blijven het kritisch bekijken van de situatie bij een bestaand windturbinepark. Theoretische of experimentele studies zijn niet nodig. Zie verder Hoofdstuk 9.

### 5.2. Schaduwen

Als lichteffect dat tot hinder, en mogelijk tot gevaarlijke situaties aanleiding kan geven, zijn wel de (periodiek bewegende) schaduwen genoemd. In termen van het flikkereffect zijn dergelijke schaduwen weinig bezwaarlijk: de frequentie ligt buiten het gebied waar hinder kan optreden; zowel de modulatie diepte als de licht/donkerverhouding zijn gering; tenslotte is de luminantie van de lichtflits (bijna precies) gelijk aan de adaptietoestand. Voor passanten kunnen schaduwen dus geheel worden verwaarloosd als mogelijke bron van gevaar. Of bewoners van huizen die precies in de schaduw van de turbine liggen, hinder van de lichtwisselingen kunnen ondervinden, valt buiten het onderwerp van het onderhavige advies.

### 5.3. Verblindings

Delen van het gezichtsveld wier luminantie veel hoger is dan de adaptietoestand kunnen verblindings te weeg brengen. De bedoelde delen worden "verblindingsbronnen" genoemd. Er kan sprake zijn van twee soorten verblindings: de fysiologische (of disability) verblindings, en de psychologische (of discomfort) verblindings. Bij de eerste wordt de visuele waarneming nadelig beïnvloed, en in extreme gevallen zelfs onmogelijk - vandaar de term "verblindings". Bij de tweede is een dergelijke vermindering van de visuele prestatie niet of nauwelijks te constateren, terwijl toch van een duidelijke hinder sprake is. Een gedetailleerd overzicht van de bij de verblindings aan de orde komende effecten, alsmede van de mogelijke tegenmaatregelen zijn gegeven in Schreuder (1967, 1983); zie ook Hagenzieker (1990).

De belangrijkste conclusie voor het onderhavige advies die uit deze studies volgt, is dat "discomfort"-verblindings geen negatief effect op de verkeersveiligheid heeft. Dit verschijnsel kan dus worden verwaarloosd.

Wel is het in principe mogelijk dat de wijze waarop de verkeersdeelnemers het landschap beleven, negatief wordt beïnvloed door deze vorm van verblinding. Dit aspect blijft buiten het onderhavige advies.

"Disability"-verblinding kan in beginsel de verkeersveiligheid beïnvloeden. Ook in dit geval kan worden geconstateerd dat verblinding ten gevolge van de aanwezigheid van de windturbines alleen kan worden te weeg gebracht door reflecties van licht (de zon overdag, en autokoplampen bij duisternis) in het oppervlak van de wieken. Hierboven is reeds aangegeven dat een dof, diffuus reflecterend oppervlak voor de wieken te prefereren is. Wanneer een dergelijk oppervlak toegepast wordt, is er van verblinding geen enkel gevaar te duchten.

#### 5.4. Verwarring met lichtsignalen

Hierboven (in par. 3.2) is aangegeven dat verwarring met geluidssignalen geen gevarenbron op levert. Voor lichtsignalen geldt het zelfde, en wellicht in nog sterkere mate om twee redenen:

1. Alle voertuigen kunnen relevante geluidssignalen afgeven, terwijl relevante (periodieke) lichtsignalen alleen van hulpverleningsvoertuigen afkomstig kunnen zijn. Deze voertuigen zijn een zeldzame verschijning in het wegbeeld, terwijl ze steeds ter ondersteuning van de lichtsignalen, ook geluidssignalen voeren.
2. De intensiteit van de gevoerde lichtsignalen is zodanig hoog gekozen dat de opvallendheid ervan gewaarborgd is. Dat er desondanks zoveel ongevallen met hulpverleningsvoertuigen gebeuren (Oei, 1988), suggereert dat de opvallendheid niet afdoende is om effectieve waarneming te waarborgen. Dit punt valt buiten het onderhavige advies.

## 6. AFLEIDEN VAN DE AANDACHT

Uit de studies over het rijgedrag, en over het gewenste gedrag om ongevallen te vermijden, komt duidelijk naar voren dat de aandacht een punt van groot belang is. Aandacht heeft twee componenten: de waakzaamheid (arousal) en het attentieniveau (attention). De aandacht wordt bepaald door twee factoren: een uitwendige (de invloed van de buitenwereld) en een interne (de motivatie). We zullen de laatste, ofschoon van groot belang, hier niet verder bespreken, omdat het moeilijk voor te stellen is dat de motivatie af zou kunnen hangen van de aanwezigheid van windturbines. De invloed van de buitenwereld moet hier echter wel aan de orde komen. Deze invloed wordt vaak afgemeten aan (de aard, het aantal en de intensiteit van) de prikkels die van de buitenwereld uitgaan.

Het is bekend dat de effectiviteit van het menselijk functioneren een optimum vertoont: zowel bij te lage als bij te hoge prikkelintensiteit (belasting) is de prestatie minder dan bij een "juiste" dosering van de prikkels. Bij een lage prikkelintensiteit is de waakzaamheid gering, terwijl bij een hoge intensiteit het systeem (meer in het bijzonder het informatieverwerkingssysteem) overbelast is, en de aandacht niet kan worden gericht op de handelingen waar ze op zou moeten worden gericht om veilig aan het verkeer te kunnen deelnemen.

In de praktijk komen er steeds vele voorwerpen voor die de aandacht vragen. Van belang is de onderlinge waarde van deze voorwerpen; veel problemen in het verkeer blijken te kunnen worden teruggevoerd op een onjuiste (of ten minste een sub-optimale) verdeling van de aandacht, of met andere woorden op een sub-optimale toedeling van de waarnemingsprioriteiten. In het onderhavige geval zou dit in concreto kunnen betekenen dat de windturbines de aandacht tot zich trekken, zodat er voor de eigenlijke rijtaak te "weinig" aandacht over blijft. Dit zou ertoe kunnen leiden dat de bestuurder bijvoorbeeld van de weg raakt. Ter zijde zij opgemerkt dat deze voorstelling van zaken enigszins overgesimplificeerd is: de aandacht is geen constante grootheid die naar believen gericht en gedeeld kan worden. Recent onderzoek, dat in opdracht van de SWOV wordt uitgevoerd, geeft duidelijk aan dat het richten van de aandacht in verkeerssituaties voor het grootste deel "top down" gebeurt; dat wil zeggen dat de bestuurder beslist waar de aandacht zal worden geconcentreerd. Deze beslissing wordt

op cognitieve gronden genomen, en wordt weinig beïnvloed door toevallige kenmerken in de buitenwereld. Enige resultaten zijn reeds gepubliceerd door Theeuwes (1989). Zie ook Hagenzieker (1989).

Over de mate waarop een windturbine de aandacht tot zich kan trekken (en dus mogelijkwijs van de rijtaak af kan trekken) zijn geen resultaten van onderzoek bekend. Wel is bekend dat het met speciaal daartoe ontworpen en speciaal aangebrachte voorwerpen, die opzettelijk bedoeld zijn om de aandacht te trekken, nauwelijks gebeurt. Gedoeld wordt op de ervaringen die zijn opgedaan met reclameboodschappen langs de weg, en met verkeersborden en -tekens. Onderzoek heeft uitgewezen dat reclameborden nauwelijks worden waargenomen, en geen enkele aantoonbare invloed hebben op de verkeersveiligheid. Zie Gundy & Hagenzieker (1990).

Iets dergelijks is zelfs voor verkeersborden gevonden. Hiervan mag worden aangenomen dat ze, in tegenstelling tot reclameborden, en zeker tot windturbines, informatie bevatten die voor de weggebruiker voor zijn verkeers- taak direct van belang zijn. Ook hier heeft diepgaande studie uitgewezen dat de meeste verkeersborden en -tekens nauwelijks in staat zijn om de aandacht te trekken (Gundy, 1989). Daarom worden in gevallen dat de bood- schap essentieel is en niet mag worden "gemist", aanvullende maatregelen genomen die de aandacht trekken (knipperlichten; lichtgevende verkeersbor- den; herhalingen enz).

Geconcludeerd kan worden dat geen toename van de verkeersonveiligheid zal resulteren van het feit dat de windturbines mogelijk tot zekere hoogte de aandacht zullen trekken. Ten eerste is te verwachten dat dit "aandacht trekken" nauwelijks zal gebeuren, en ten tweede dat, zo dit al gebeurt, dit geen invloed op de verkeersveiligheid zal hebben.

Deze conclusie geldt voor zover de windturbines minder, of ten hoogste even sterk de aandacht trekken als reclameborden en verkeersborden. Uiteraard is dit te verwachten: de windturbines worden bepaald niet met het expliciete oogmerk geplaatst om de aandacht te trekken. Voorts is het maken van "opvallende" turbines om een groot aantal andere redenen af te raden - zoals bijvoorbeeld landschappelijke redenen. Aangezien de wind- turbines lager zijn dan de ter plaatse geldende minimale vlieghoogte, zijn de markeringen voor obstakels (rood/witte blokken en obstakellichten) niet

nodig. Wel wordt aangeraden om de turbines niet speciaal op te laten vallen als een "kunstwerk". Andere redenen om ze speciaal opvallend te maken zijn nauwelijks denkbaar.

Windturbines zijn momenteel een nog zeldzame verschijning in het Nederlandse landschap. Weggebruikers hebben nog weinig gelegenheid gehad om aan het verschijnsel "windturbinepark" te wennen. Daarom kan het - ondanks de geringe kans dat er problemen voor de verkeersveiligheid kunnen ontstaan - wenselijk zijn de eventuele afleiding van de aandacht nader te bekijken. Dit kan gebeuren door bestaande parken kritisch te observeren. Voor literatuurstudie of voor experimenteel onderzoek kan men nauwelijks een grond aanwijzen. Zie ook Hoofdstuk 9.

Er zij op gewezen dat dit alles alleen geldt voor zaken die op een bekende wijze in het gezichtsveld aanwezig zijn: plotselinge verschijnselen worden hierna in Hoofdstuk 7 besproken onder "schrikreacties". Die kunnen wel degelijk tot gevaarlijke situaties leiden.

## 7. SCHRIKREACTIES

Schrik is een begrip dat in wetenschappelijke termen moeilijk precies is te definiëren, maar het is algemeen bekend. We zullen een in de psychologie veelvuldig toegepast gebruik volgen, waarmee een begrip niet verder wordt gedefinieerd, maar waar uitsluitend wordt gekeken naar het "gedrag", in dit geval naar de reacties die bij het bloot stellen aan schrik te constateren zijn.

Schrikreacties kunnen optreden wanneer een (niets vermoedende) waarnemer plotseling met een onverwachte situatie wordt geconfronteerd. Over de reacties van het menselijk organisme op plotselinge, onverwachte gebeurtenissen is veel - psychologisch en fysiologisch - onderzoek gedaan. Bekend is dat de afscheiding van hormonen in sterke mate door de emotionele impact van de schrik kunnen veranderen, hetwelk tot vergaande psychologische, organische en ook motorische reacties kan leiden.

Voor de verkeersveiligheid zijn de direct op de schrik volgende reacties van belang, en dan met name de motorische reacties, omdat die op hun beurt direct gerelateerd zijn aan de snelheid en de koers van de weggebruiker en van het bestuurde voertuig. In hoofdzaak kunnen de reacties van tweeërlei aard zijn:

- Panische schokreacties, die tot verdooving leiden - er vindt geen enkele uitwendig te constateren reactie plaats. De betreffende mens is letterlijk "verstijfd van schrik". Dit houdt in dat ontwijkmanoeuvres, die in meer normale omstandigheden zonder bezwaar kunnen worden uitgevoerd, achterwege blijven. Dit kan uiteraard onder omstandigheden waarbij de ontwijkreacties noodzakelijk zijn, tot ongevallen leiden. We zullen deze paniekreacties hier niet verder bespreken, omdat het vanzelf spreekt dat de windturbines geen "echt" gevaar opleveren, zodat geen enkele ontwijkmanoeuvre noodzakelijk is.

- A-functionele motorische reacties die min of meer autonoom optreden. Deze reacties zijn reflexhandelingen, die enerzijds bepaald worden door eerdere ervaringen (voorwaardelijke reflexen), maar anderzijds weinig of geheel geen relatie vertonen met de door de situatie noodzakelijk geworden ontwijkreacties. Autobestuurders hebben geleerd om te remmen bij gevaar; daarom is bij bestuurders van motorvoertuigen (en wellicht ook bij andere weggebruikers) de eerste reactie bij een plotselinge, onverwachte dreiging

meestal: "op de rem gaan staan". Bekend is dat vele ongevallen in dichte mist op deze wijze ontstaan: een enkele automobilist schrikt, remt zeer sterk, en het achteropkomend verkeer kan de eerste auto niet ontwijken. Objectief gezien was de noodstop meestal geheel overbodig; deze reactie is dus duidelijk a-functioneel (men zou zelfs kunnen zeggen anti-functioneel). Een tweede min of meer autonome reactie die vaak optreedt is het (onbeheerst) sturen, waarbij de positie van de handen de veranderingen in de positie van het hoofd volgt; bij stuurwielen van de gebruikelijke constructie betekent dit dat "met de kijkrichting mee" wordt gestuurd - iets wat gewoonlijk niet functioneel is.

Het is niet bekend in hoeverre dergelijke schrikreacties kunnen optreden bij de onderhavige windturbines. Maar drie dingen kunnen in ieder geval worden opgemerkt:

- op grote afstand is, ook bij plotseling opdoemen, een schrikreactie niet te verwachten. Dus op de Stichtse Brug is van gevaar door schrikreacties geen sprake;
- wanneer de windturbines "geleidelijk" het gezichtsveld binnen komen, kan de aandacht worden afgeleid (zie par. 6), maar schrikreacties zijn onmogelijk omdat die alleen bij plotselinge, onverwachte gebeurtenissen optreden. Overdag bij helder weer is er van schrikreacties geen sprake, ook niet op de Eemmeerdijs;
- wanneer de situatie bekend is, zijn ook de plotselinge gebeurtenissen niet meer onverwacht, maar zijn in het verwachtingspatroon opgenomen. Dus ook bij slecht zicht is er van een schrikreactie bij habituele gebruikers van de Eemmeerdijs geen sprake.

Blijft alleen de mogelijkheid over dat onvoorbereide weggebruikers op de Eemmeerdijs plotseling en onverwacht met de windturbines worden geconfronteerd. Bedacht moet worden dat deze confrontatie niet per se van visuele aard hoeft te zijn: mensen kunnen ook van een plotseling geluid schrikken. Het is te verwachten dat deze situatie zich slechts zelden zal voordoen; de resultaten kunnen echter ernstig zijn. Daarom is een effectieve maatregel nodig. Voor deze maatregel komt uiteraard allereerst een waarschuwing in aanmerking. Wanneer een mens is gewaarschuwd, is per definitie het onverwachte element afwezig, en kan dus geen schrikreactie optreden. Voor waarschuwingen komen vooral borden in aanmerking. Bedacht moet worden dat windturbineparken momenteel nog slechts sporadisch voorkomen, zodat de

meeste mensen er nog nooit of slecht zelden mee zijn geconfronteerd. Hiermee moet bij het ontwerp en bij de uitvoering (en plaats) van de waarschuwing rekening worden gehouden.

Een tweede factor van belang is het feit dat grote objecten zoals windturbines alleen bij slechte zichtomstandigheden plotseling in het gezichtsveld kunnen opdoemen: duisternis, mist, of een combinatie van de twee. Nu zijn onder die omstandigheden gewone waarschuwborden eveneens onzichtbaar; de waarschuwing moet dus zo worden uitgevoerd en opgesteld dat ze ook onder ongunstige zichtomstandigheden effectief kan zijn. Hierboven is reeds - in ander verband - gewezen op het feit dat informatiedragers langs de weg gewoonlijk slecht worden waargenomen; daarmee moet rekening worden gehouden. Voor de bedoelde waarschuwingen komen verlichting van de borden, knippersignalen en herhaalde waarschuwingen in aanmerking. Op zichzelf zijn dit bekende technische oplossingen; nieuwe producten hoeven niet te worden ontwikkeld. Wel moet men ervoor waken dat de waarschuwing niet op zichzelf een bron voor ongewenste afleiding van de aandacht of zelfs schrikreacties oplevert.

We laten hier de derde soort reactie die bij schrikken kan optreden, onbesproken. Dit zijn de functionele motorische reacties, die bedoeld zijn om het opgedoemde gevaar het hoofd te bieden of te ontwijken. Aangezien er van een windturbine-installatie, ook wanneer die onverwacht in het gezichtsveld opdoemt, nooit een reëel gevaar voor de verkeersveiligheid kan uitgaan (behoudens de hierboven genoemde uitzonderingsgevallen), zijn functionele reacties (bijvoorbeeld ontwijkreacties) niet aan de orde.

Ofschoon gevaren voor het wegverkeer ten gevolge van schrikreacties slechts gering lijken te zijn, wordt aangeraden om deze zaak nader te bekijken, aangezien de gevolgen mogelijk van ernstige aard zijn. Omdat het gaat om schrikreacties die kunnen optreden wanneer een (niets vermoedende) waarnemer plotseling met een onverwachte situatie wordt geconfronteerd, is het niet mogelijk om over schrikreacties iets te weten te komen door andere installaties met windturbines te gaan bekijken. In tegendeel; een dergelijke observatie kan gemakkelijk de mening doen post vatten dat het "allemaal best meevalt"; immers, wanneer men voorbereid, blijken de voorvallen waar men onvoorbereid hevig van schrikt, inderdaad meestal niet veel voor te stellen. Ook experimenteel onderzoek is om dezelfde reden

moeilijk uitvoerbaar. Een nadere - globale - studie van de relevante literatuur is echter wenselijk en goed uitvoerbaar. Zie verder Hoofdstuk 9.

## 8. IJS

Hierboven is (in Hoofdstuk 2) reeds genoemd dat de mogelijkheid dat wieken of gedeelten ervan kunnen afbreken en passanten in gevaar brengen, door een deugdelijk technisch ontwerp van de windturbine te vermijden is. Maar wel kan zich ijs op de wieken afzetten; dit ijs kan in brokken van de wieken vallen en passanten treffen. De kans voor het direct treffen is uiteraard zeer klein, maar ook de stukken ijs die op de weg blijven liggen kunnen op zichzelf een gevaar opleveren, vooral bij slecht zicht en/of duisternis. Het is de vraag of de risico's erg groot zijn, maar de remedie is eenvoudig: het oppervlak van de wieken moet zo worden gekozen dat zich geen grote ophopingen van ijs kunnen vormen. De coating die voor de wieken zal worden gebruikt, is mede gekozen om de aanhechting van vuil te beperken; de kans dat zich ijs afzet is daarmee ook beperkt. Bovendien is ijsafzetting een mogelijk gevaar voor de stabiliteit van de rotatie; bij mogelijke ijsvorming wordt de turbine gestopt. De mogelijkheid dat het afgezette ijs wordt weggeslingerd is dus zeer gering. Als er ijs afgezet is, zal dit bij dooi naar beneden vallen en grotendeels onder de turbine, dus naast de weg, terecht komen.

Ijsafzetting lijkt dus geen gevaar van betekenis voor het verkeer te kunnen opleveren. Indien gewenst kan - als uiterste maatregel - verwarming in de wieken worden aangebracht. Een bordje "gevaar voor ijzel" heeft geen nut; de kans erop is zo klein dat geen enkele weggebruiker een dergelijke waarschuwing ter harte zal nemen. Bovendien is het niet duidelijk welke (re)actie van de weggebruiker wordt verwacht. Dergelijke "waarschuwingen worden veel gebruikt als "zwarte Piet": de verantwoordelijkheid bij een eventueel ongeval lijkt daarmee bij de weggebruiker te zijn geplaatst.

## 9. NADERE STUDIE

De hier gepresenteerde overwegingen leiden ertoe te stellen dat de effecten op de verkeersveiligheid van het plaatsen en bedrijven van een installatie voor windturbines op de dijk van het Eemmeer gering zullen zijn. Nader onderzoek om deze uitspraak te funderen is niet nodig. Wel zijn een aantal punten genoemd waarbij een nadere studie nuttig kan zijn om de uitspraken nader te onderbouwen, of om "puntjes op de i" te zetten.

Deze studie kan in hoofdzaak beperkt blijven tot het kritisch bekijken van bestaande installaties. Daarbij spelen in eerste instantie de door ervaren verkeersveiligheidsexperts gemaakte inschattingen een rol; aanvullend kunnen enige eenvoudige metingen worden uitgevoerd. Het gaat hierbij vooral om de volgende aspecten:

- mogelijke verwarring (vooral voor fietsers) die kan optreden door het maskeren van geluidssignalen van het overige verkeer ten gevolge van het door de turbines veroorzaakte geluid;
- hinder en mogelijke problemen in het koershouden die fietsers kunnen ondervinden door beïnvloeding van de zijwind door de turbines;
- afleiding van de aandacht.

De omvang van deze observaties kan beperkt blijven tot enige bezoeken aan installaties in Nederland.

Op enige plaatsen is voorts vermeld dat de studie van de relevante literatuur nadere, nuttige informatie kan opleveren. In de meeste gevallen kan worden besloten een eventuele nadere literatuurstudie uit te voeren na de hierboven genoemde observaties. Alleen in het geval van de schrikreacties en de daarbij mogelijke gevaren voor het verkeer zijn observaties - zoals in Hoofdstuk 7 toegelicht - niet mogelijk. Een korte literatuurstudie over dat onderwerp lijkt gewenst. Maar, zoals hierboven duidelijk is gesteld, zal de nadere studie geen wezenlijke veranderingen opleveren in het hier gegeven advies; wel kunnen in een aantal gevallen "puntjes op de i worden gezet". Bovendien maakt een nadere studie de resultaten gemakkelijker toepasbaar (generaliseerbaar) ook voor andere installaties voor windturbines.

## 10. CONCLUSIES

- Uit de hier gepresenteerde overwegingen kan worden geconcludeerd dat de effecten op de verkeersveiligheid van het plaatsen en bedrijven van een installatie voor windturbines op de dijk van het Eemmeer gering zullen zijn.
- Het is niet mogelijk om een kwantitatieve schatting te geven van de kans dat een verkeersongeval plaatsvindt direct of indirect ten gevolge van het plaatsen en bedrijven van een installatie voor windturbines op de dijk van het Eemmeer.
- Ten behoeve van de implementatie van de installatie is deze kans echter zo laag te schatten dat ze in de praktijk verwaarloosd kan worden.
- De mogelijke - geringe - kans op een ongeval dat op directe of indirecte wijze aan het plaatsen en bedrijven van een installatie voor windturbines op de dijk van het Eemmeer kan worden toegeschreven, kan verder worden verminderd door een aantal - meest simpele - maatregelen te nemen, die in de tekst van het advies zijn toegelicht.
- In een aantal opzichten kunnen deze conclusies door aanvullende studies nog verder worden verstevigd.
- Nadere studie kan ertoe bijdragen dat de resultaten van de hier gepresenteerde overwegingen ook bij het nagaan van de effecten op de verkeersveiligheid bij andere installaties van windturbines kunnen worden toegepast.

LITERATUUR

- De Boer, J.B. (ed.) (1967). Public lighting. Centrex, Eindhoven, 1967.
- Gundy, C.M. (1989). Verkeersborden en verkeersveiligheid; Een literatuurstudie. R-89-29. SWOV, Leidschendam, 1989.
- Gundy, C.M. & Hagenzieker, M.P. (1990). Reclameborden en verkeersveiligheid. SWOV, Leidschendam (Niet gepubliceerd).
- Hagenzieker, M.P. (1989). Visuele selectie in het verkeer. Interimrapport. R-89-60. SWOV, Leidschendam, 1989.
- Hagenzieker, M.P. (1990). Visuele waarschuwing en motorvoertuigverlichting overdag (MVO); Een literatuurstudie. SWOV, Leidschendam (In voorbereiding).
- Oei Hway-liem (1986). De verkeersveiligheid van hulpverleningsvoertuigen. R-86-22. SWOV, Leidschendam, 1986.
- Oei Hway-liem (1988). Garanderen sirene en blauw zwaailicht een veilige doortocht? R-88-17. SWOV, Leidschendam, 1988.
- PGEM (1990). Windturbinepark Stichtse Brug. PGEM, Arnhem, 21 september 1990 (Niet gepubliceerd).
- Schreuder, D.A. (1964). The lighting of vehicular traffic tunnels. Centrex, Eindhoven, 1964.
- Schreuder, D.A. (1967). Theoretical basis of road lighting design. Chapter III in: De Boer (ed.) 1967.
- Schreuder, D.A. (1981). De verlichting van tunnelingangen. R-81-26 I en II. SWOV, Voorburg, 1981.
- Schreuder, D.A. (1983). Glare in road lighting. CIE Journal 2 (1983) 53-57.

- Theeuwes, J. (1989). Conspicuity is task dependent; evidence from selective search. IZF 1989 C-8. IZF-TNO, Soesterberg, 1989.
  
- Tromp, J.P.M. (1987). De veiligheid van vakantie- en recreatieverkeer. R-87-4. SWOV, Leidschendam, 1987.
  
- Wouters, P.I.J. (1980). Problemen bij het rijden op fietsen en bromfietsen. R-80-3. SWOV, Voorburg, 1980. Artikel Verkeerskunde 31 (1980) 2 : 66 t/m 69.
  
- Wouters, P.I.J. (SWOV) & Mooyman, ir. G.L. (IW-TNO) (1980). Wind; Een gevaar op de weg. R-80-8. SWOV, Voorburg, 1980. Artikel Verkeerskunde 31 (1980) 3 : 104 t/m 108.
  
- Wouters, P.I.J. (1982). Windhinder voor het wegverkeer. R-82-24. SWOV, Leidschendam, 1982
  
- Wouters, P.I.J. (1983). Wind en wegverkeer. R-83-8. SWOV, Leidschendam, 1983.

